UNIVERSITNÍ KNIHOVNA BRNO
4 723.405
G 11

Číslo 63.

ZÁSOBOVÁNÍ MĚST VODOU.

Prof. Ing. V. HLAVINKA.

Vydal DONÁTŮV FOND

BRNO, Česká Technika 1925.

100

ZÁSOBOVÁNÍ MĚST VODOU.

Prof. Ing. Vinc. Hlavinka.

Vydal Donátův fond.
Brno, Česká technika 1924

MZK-UK Brno
2619305079
4-723405
(není tisků)

Úvod.

1./ Účel staveb vodárenských.

Vodárenské stavby mají účel opatřiti obyvatelstvu měst, venkovských osad nebo jednotlivých osídlení a příbytků :

a/zdravou pitnou vodu,

b/užitkovou vodu pro domácnosti k vaření, praní, koupání a p.,

c/vodu pro veřejné účely ke kropení ulic a polévání sadů ,

d/vodu pro účely průmyslové .

Vodárenské stavby jsou nevyhnutelnou podmínkou zdárného vývoje každého města a důležitým úkolem obecní samosprávy, neboť opatření zdravé pitné vody a dobré užitkové vody jest nejen požadavkem pohodlí, nýbrž ve velké míře i požadavkem zdravotním .

Zkušenost totiž učí, že užívání nezdravé a nečistotami nakažené vody bývá příčinou různých epidemických nemocí, proti nimž nelze jinak zakročiti, než-li zavedením ústředního zásobování vodou. Každý člověk potřebuje k svému životu vzduch, světlo, potravu a vodu a čím více lidí bydlí na jednom místě, tím tíže lze tyto nezbytné potřeby lidského života v náležité míře a bezvadné jakosti opatřiti. Technickými prostředky a novověkými výzkumy lze však tyto otázky pro dnešní potřeby uspokojivě řešiti. Zlepšeným způsobem pozemních staveb a účelnou úpravou ulic dle promyšleného regulačního plánu je postaráno, aby každý příbytek obdržel dostatečné množství vzduchu a světla. Zlepšenou dopravou zásobují se města potravinami ze vzdálených krajů a assanačními stavbami vodárenskými a kanalisačními odstraňují se závady, které plynou ze soužití velkého počtu obyvatel na malém místě.

Stavbami vodárenskými opatřujeme obyvatelstvu vodu k pití a k potřebám v domácnosti a k účelům veřejným. Stavbami kanalisačními odvádíme

z domácností, ulic a průmyslových závodů spotřebovanou vodu, výkaly a konečné produkty stravování v těle lidském i zvířecím. Člověk požívá potravu, stravuje, t.j. spaluje ji v těle za součinnosti vzduchu a vylučuje plícemi, ledvinami i kůží produkty tohoto spalovacího procesu. Nestravitelný pak zbytek odchází s výkaly, které jsou po svém složení podvrženy hnilobě a nutno je z příbytků lidských co nejrychleji odstraniti, aby nekazily svými výpary vzduch který dýcháme, nekazily půdu na které bydlíme a neotravovaly spodní vodu, kterou požíváme.

Stavbami vodárenskými a kanalisačními podporuje se čistota měst, jako první podmínka veřejného zdravotnictví a čelí se hygienickým závadám následkem soužití velkého počtu obyvatel na jednom místě v přelidněných městech a průmyslových střediscích.

Novodobými výzkumy lékařskými je totiž zjištěno, že se s výkaly vylučují z těla lidského též zárodky nemocí, které dále žijí, šíří se povrchovou vodou a vzduchem a přišedše požitkem vody do těla lidského, jsou příčinou epidemických nemocí. Zejména jest zjištěno, že se cholera, dysenterie a tyfus a j. šíří, jestliže choroboplodné zárodky těchto nemocí přijdou do pitné vody. Člověk však není jedinou příčinou znečišťování půdy, vody a vzduchu. K výkalům lidským přidružují se výměty domácích zvířat, odpadní vody z továren a z domácností, nečistoty a prach na ulicích atd., které nutno odstraniti a z města odvésti a toho dosáhneme účelnou kanalisací. Z toho plyne, že nestačí když opatříme městu zdravou pitnou vodu, nýbrž že se třeba též postarati o to, aby se zamezilo shromažďování nečistých vod a odpadků na povrchu a zabránilo škodlivým výparům do vzduchu, prosakování nečistot do půdy a infekce spodní vody choroboplodnými zárodky epidemických nemocí.

Stavby vodárenské a kanalisační stojí proto v úzké souvislosti; jedny podmiňují druhé. Ústřední zásobení vodou vyžaduje kanalisaci a s druhé strany nelze opět účelnou kanalisaci provésti bez ústředního zásobení vodou, poněvadž dnes všeobecně užívaná soustava splaškové kanalisace vyžadu-

je velké množství vody k proplachování stok, které je po ruce pouze p ústředním zásobením města vodou. Dnes nelze vůbec říci které z těchto dvou druhů staveb jsou pro veřejné zdravotnictví důležitější, zda-li stavby vodárenské nebo stavby kanalisační. Jisto je, že žádné město, dbalé zdraví svého obyvatelstva, nemůže se bez nich obejíti, zejména velká města a industriální střediska, jichž obyvatelstvo rychle roste. Assanační stavby můžeme považovati jako znamení kulturní vyspělosti měst ; statistikou jest též dokázáno, že byl až do polovice 19 věku počet úmrtí ve velkých městech větší, než-li počet narození a že teprve zavedením assanačních staveb vodárenských a kanalisačních, úmrtnost klesla.

2./ H i s t o r i c k ý v ý v o j v o d á r e n s k ý c h s t a v e b .

Vodárenské stavby nejsou novověkým výzkumem, neboť potřeba zdravé pitné vody byla známa kulturním národům již ve starém věku. Hyppokrates, tvůrce vědeckého lékařství /460 př. Kr./ prohlásil za první úlohu lékaře, když přijde do města vykonávati své povolání, aby se přesvědčil o jakosti vody která se pije, poněvadž některé choroby vznikají požitkem špatné vody. Opatření zdravé pitné vody bylo odvěkou snahou lidstva a zdroje takové vody prameny, studny, cisterny a řeky, bývaly předmětem zvláštní péče ba i náboženské úcty. To jest i pochopitelno, když se uváží, že staří kulturní národové obývaly horké kraje kolem středozemního moře a kraje subtropické v Asii a Africe, kde klimatické poměry : velké horko, malé srážky a jejich nestejnoměrné rozdělení průběhem roku vyžadovaly obzvláštní péče o zásobení vodou pitnou i užitkovou . Není bez významu, že u orientálních národů , Indů, židů, Arabů , Peršanů a j. bylo koupání a péče o zdraví zařazeno do konce do úkonů náboženských a musela se proto voda k těmto účelům opatřovati.

Indové stavěli velké nádrže, v nichž se zachycovala voda dešťová a říční k účelům vodárenským i zemědělským ; Číňané vyznali se ve stavbě

hlubokých artézských studní ; Assyřané a Babyloňané stavěli nádrže a rybníky ; Řekové zřizovali cisterny na dešťovou vodu; Egyptané kopali v údolí Nilu studně, ze kterých se čerpala spodní voda. Obzvlášť vyvinuty byly vodárenské stavby u Římanů, kteří zachycovali prameny a odváděli je hliněnými, později též olověnými rourami nebo zděnými přiváděči na velké vzdálenosti do měst. Tam kde nebylo pramenů, zřizovali studně k jímání spodní vody a v jiných krajinách zachycována dešťová voda v otevřených nádržích, nebo ve zděných cisternách, z nichž největší byly v Alexandrii. Všude kam Římané přišli stavěli silnice a zřizovali vodovody, jichž zbytky a zříceniny svými rozměry a svým dokonalým provedením překvapují i novověkého technika .

Celkem omezovaly se však vodárenské stavby ve starém věku jen na hlavní kulturní střediska tehdejší doby , avšak i tyto řídké stavby za všeobecné kulturní stagnace ve středním věku zanikly. Systematické zásobování měst vodou a zároveň stokování měst, začalo se ujímati teprve v druhé polovici minulého století, hlavně z důvodů zdravotních, když si epidemické nemoce, zejména cholera a tyfus vyžádaly na různých místech velkých obětí a když při pátrání po příčinách shledáno, že tyto nemoce stojí v úzké souvislosti s pitnou vodou ze studní nakažených hnilobnými látkami, kterými jest městská půda prosáklá. /Pettenkofer 1855 /.

Byly to tedy hlavně epidemické nemoce a požadavky hygienické profilaxe, které vedly k ústřednímu zásobování vodou nejprve ve velkých městech a sice v Anglii, odkudž přešly na evropský kontinent. V novější době zavádí se tyto stavby vzhledem k výhodám a pohodlí jež poskytují, též v malých městech ba i venkovských obcích.

3./ V o d á r e n s k é s o u s t a v y .

Průběhem času použito k zásobování různých systémů :

a./ S o u s t a v a d o m o v n í c h s t u d n í .

Nejstarší a nejjednodušší způsob zásobování vodou byly domovní a ve-

řejné studny, ze kterých se čerpala spodní voda. Voda z těchto studní je dobrá v krajinách méně zalidněných a méně kultivovaných, kde poskytují takové studny při větší hloubce zpravidla bezvadnou vodu. Avšak v městech při vzrůstajícím počtu obyvatelstva se spodní voda vsakováním povrchové vody a nečistot do půdy kolem lidských příbytků zhoršuje, ba často choroboplodnými zárodky nakazí, což má v zápětí nemoce, které si vyžadovaly často velkých obětí na lidském životě.

Vědou lékařskou a pátráním po příčinách těchto nemocí v druhé polovici minulého století konaném v různých městech evropského kontinentu bylo epochálními pracemi Pettenkofera , Pasteura, Kocha a j. nade vší pochybnost zjištěno, že příčinou těchto, epidemicky se objevujících nemocí, zejména cholery, tyfu a dysenterie jsou některé bakterie, jichž zárodky se přenášejí kontaktem, jídlem, vzduchem a hmyzem, mouchami, kom[illegible] všemi a pod., ale že jest pitná voda dobrým prostředkem k šíření [illegible]ečných nemocí, jestliže mikroby těchto bakterií přijdou s výkaly chorých lidí do spodní vody a odtud do domovních studní.

Nebezpečí infekce spodní vody jest největší u mělkých studní, které se nalézají uprostřed příbytků lidských, poněvadž jest zde půda přesycena animalickými odpadky a nečistotami ze záchodů, stok a žump, ze kterých mohou nečistoty prosakovati do spodní vody a studní. V hlubokých studních jest voda zpravidla prosta bakterií, tedy sterilní, poněvadž podzemní vrstvy povrchovou vodu, která prosakuje do spodiny, vlivem t. zv. přirozené filtrace zemní očistí a sice nejen mechanicky, nýbrž i bakteriologicky. Čím hlubší jest spodní voda, tím jest čistší a sterilnější. Totéž platí o vodě pramenité, která vyvěrá na povrch z hlubokých vododajných vrstev. Takové vody jsou sterilní, ba dokonce shledáno, že bakterie, které se do nich úmyslně nasadí hynou, poněvadž jim teplota a celá disposice okolí nevyhovuje. Úmyslné otravování studní bacily cholery v době války nepřítelem jest proto jen lichou pověstí.

Jest zajímavo, že souvislost epidemických nemocí s pitnou vodou ze studní a pramenů neušla pozornosti ani ve starých dobách a že bývaly proto veřejné studny hlídány a jejich zúmyslné znečištění přísně trestáno. Také ve středním věku věnována při častých epidemiích studnám náležitá pozornost a hromadná onemocnění připisována požitku špatné vody. To bylo i správné, jen příčina nakažení vody infiltrací zárodků choroboplodných bakterií nebyla známa, poněvadž nebyl znám mikroskop, jako nezbytná pomůcka bakteriologické a biologické vědy při zkoumání vody, jímž jedině možno mikroorganismy a bakterie v jinak na oko úplně čisté a čiré vodě pozorovati. Příčina těchto nemocí a nakažení studní hledána jinde a dotyčná pátrání jsou příznakem středověké kulturní tmy, neznalost přírodních věd a náboženské nesnášenlivosti. Obviňovali se židé, že otravovali studny a vyháněli se proto do židovských měst ; soudní tribunály odsuzovaly s celým cirkevně-judicielním aparátem čarodějnice, které ve spojení s ďáblem , otravovaly domělé studny, začež jim bylo pykati na hranicích ; jindy označovány byly epidemické nemoce a mor jako metla boží na hříšné pokolení lidské, které se mělo odvrátiti modlitbami, náboženskými výkony, zakládáním křížů, božích muk a mariánských soch . Pomoženo tím ovšem nebylo nic, neboť mikroorganismy ve vodách a jejich zárodky, jako jedna z hlavních příčin epidemických nemocí, žily amnožily se dále, aniž mohly býti prostým okem pozorovány. Teprve vynález mikroskopu / Leewenhock v 18 století/ a pokrok vědy přírodovědecké i lékařské objevily tyto mikroorganismy a zjistily jejich souvislost s epidemickými nemocemi. To dalo hygienické profylaxe a při zásobování vodou novou směrnici a vzbudilo také nedůvěru ku spodní vodě z domovních studní, ve které se hemží tisíce nejen mikroorganismů, nýbrž i velké množství hrubších živočichů / makr organismů /, červů, vodního hmyzu a jeho larv, hlíst, stonožek a pod. patrných již prostým okem.

b./ S o u s t a v a p r a m e n ů a s p o d n í v o d y .

Špatné zkušenosti se spodní vodou z domovních studní vedly k ústřednímu zásobování měst z horských pramenů, které se jímaly a odváděly gravitačními neb výtlačnými vodovody z velkých vzdáleností do měst. V tom ohledu vznikly zejména v letech 70 - 80tých minulého století velké monumentální stavby /Vídeň/ a zbytky takových staveb máme též z dob římských.

Stejné povahy jako horské prameny jest spodní voda z chráněného území mimo město. S počátku se však myslilo, že není možno zásobiti spodní vodou ze studní, dříve k jímání spodní vody všeobecně užívaných, velká města, ale tyto obavy ukázaly se býti nedůvodněnými a ve spodní vodě , jímané v chráněném území mimo města, shledán výdatný zdroj čisté, zdravé vody bezvadné jakosti , jestliže se jímá na pravém místě a s náležitou opatrností.

Ukázalo se ovšem, že se spodní nebo pramenitá voda následkem geologického uložení spodiny všude nenajde, nebo jen v nedostatečném množství, které se záhy vyčerpá a při úsilovném čerpání, že se změní chemická povaha vody a zhorší její kvalita. Vedle toho má někdy spodní voda i některé vady, nehledě ani k eventuelní infekci vody v mělkých studních povrchovou vodou při velmi propustné spodině. Ona totiž obsahuje někdy značné množství minerálních solí, které přicházejí do vody vyluhováním z hornin, s nimiž přišla voda do styku . Zejména jsou to soli železa a manganu, některých alkalických zemin, které činí spodní vodu v mnoha případech neupotřebitelnou anebo se musí spodní voda škodlivých příměsů zbaviti, totiž voda odželezovati, odmanganovati, změkčiti, odkyseliti. Otázka čištění spodní vody není dosud úplně řešena ; v některých případech se podařilo /odželezování / , v některých se nepodařilo / odmanganování /, anebo ji nelze prováděti z ekonomických důvodů, poněvadž jsou zde vzhledem k velkému množství spotřebované vody přípustné jen methody jednoduché, jež nevyžadují velkého nákladu.

c/ S o u s t a v a ř í č n í.

Tam, kde není na blízku pramenů, používá se povrchové vody z řek, jezer a umělých nádrží, která se však musí pro účely vodárenské zpravidla čistiti. Toto čištění dělo se z počátku výhradně mechanickou filtrací v pískových filtrech, kterými se říční voda pozvolna cedila. Říční soustavy použito bylo k zásobování vodou nejprve v Anglii, odkudž se rozšířila do měst evropského kontinentu a Ameriky.

Vzrůstem měst na řekách ležících, jakož i rozmachem průmyslu a intensivního zemědělství říční voda se velmi znečišťuje. Do řek vypouští se splašky městských kanalisací; u řek staví se továrny, jichž odpadové vody se odvádějí do řek jako přirozených odpadů a dnešní zákon o vodním právu jest bohužel takový, že proti znečišťování řek nelze zakročiti; každý může vodu říční znečistiti jak chce a čím chce.

Následkem toho bývá čištění velmi kalné vody jednoduchou pískovou filtrací čím dále tím obtížnější. Bylo totiž novějšími pracemi /Koch, Piefke, Fränkel a j./, provedenými při pátrání po příčinách epidemických nemocí, které se objevily v městech zásobených filtrovanou vodou říční - Hamburg 1891 - dokázáno, že mechanické čištění říční vody v pískových filtrech neposkytuje vždy dostatečnou bezpečnost po stránce bakteriologické obzvláště když jest říční voda velmi znečištěna. Není totiž vyloučena možnost, že drobounké bakterie a jejich zárodky proniknou filtrem, jestliže se filtrační blána na povrchu filtrů náhodou protrhne a vytvoří se ve filtrační pískové vrstvě průchody, kterými prochází syrová voda a infikuje čistou vodu zárodky choroboplodných bakterií, obsažených náhodou v syrové vodě.

Tato nespolehlivost jednoduché pískové filtrace vedla k tomu, že užito bylo k čištění povrchové vody dokonalejších prostředků, které poskytují bezpečnost jak po stránce fysikální a chemické, tak i po stránce biologické. Hygienická profylaxe vyžaduje totiž, aby byla voda sterilní, t.j. aby neobsahovala žádné choroboplodné bakterie a aby vodárenské za -

řízení poskytovalo úplnou bezpečnost, že se voda nahodilou infekcí ani během provozu vodárny nenakazí.

V důsledku těchto požadavků vznikla v poslední době celá řada zlepšených způsobů čištění povrchové vody, kterými se čištění vody v pískových filtrech doplňuje a zdokonaluje. Sem náleží :
předčištění kalné vody říční v hrubocezích, aby se voda provzdušila a zbavila nejhrubších příměsů, předčištění chemickými přísadami, které působí jako srážidla a podporují vyčištění vody mechanickou sedimentací, dvojitá filtrace, dočištění vody sterilisací atd.

Těmito dokonalejšími prostředky se však výroba vody a vodárenský provoz zdražuje a v důsledku toho se v poslední době od používání říční soustavy upouští a navrhuje se jen tam, kde není možno získati pro zásobení města jinou vodu.

Konečně bylo v krajích, kde není po ruce ani povrchové vody, ani pramenů a podzemní vody , použito k zásobení dešťové vody, která se zachycovala a shromažďovala v krytých cisternách .

V krajinách krasových, močálovitých, rašelinovitých a podél břehů mořských s brakickou spodní vodou jest tento způsob dosud v užívání.

Z předcházejícího krátkého nástinu vodárenských staveb a upotřebených soustav ústředního zásobování vodou jest patrno, že se průběhem času užilo ku zásobení vodou různé v přírodě se vyskytující vody a dnes můžeme dle nabytých zkušeností říci, že lze upotřebiti zásadně každou vodu, tedy vodu dešťovou, povrchovou, říční, pramenitou i spodní. Při tom není vyloučeno, že upotřebíme za daných okolností i méně způsobilou vodu , která v původním stavu požadavkům pitné vody nevyhovuje, ale musí se v tom případě vhodným způsobem mechanicky nebo chemicky zlepšiti, čistiti a eventuelně sterilisovati. Při velké spotřebě vody měst nelze často vůbec vybírati, poněvadž jsme odkázáni jen na určitou vodu, která je v dostatečném množství vůbec po ruce. Je-li po ruce více zdrojů vodních, vybereme ovšem onu vodu, která je lepší a ekonomicky výhodnější.

4./ Rozvrh vodárenských staveb.

Vodárny jsou stavby k jímání a přivádění vody pitné a užitkové do měst, kde se rozvádí do ulic a dodává do domů, což se děje dnes účelným přetlakem v rozváděcím potrubí, kdežto starší vodárny byly zařízeny jen na volný výtok ve veřejných studnách a kašnách, ze kterých se voda nabírala a nosila v nádobách do domů. Dle toho pozůstávají vodárny z těchto hlavních součástek:

a/ Stavby k opatření jímání vody spojené eventuelně se zařízením ku zlepšení jakosti vody.

b/ Hlavní přiváděcí řád k přivádění vody od zdroje vodního a jímacího zařízení do zásobovacího vodojmu. Hlavní přiváděč jest buď gravitační, když voda přitéká do zásobeného území přirozeným spádem, anebo výtlačný, jestliže se voda z jímacího zařízení čerpá a tlačí do zásobovacího vodojmu.

c/ Zásobovací vodojem k vyrovnání nestejné spotřeby vodní průběhem dne, ku krytí nahodilé velké spotřeby a k ustálení tlaku v rozdělovací síti

d/ Napájecí řád, kterým se voda odvádí ze zásobovacího vodojmu do města a rozdělovací síť k odběru vody v ulicích a domech.

e/ Čerpací stanice při vodovodech výtlačných.

Dle způsobu zásobování rozeznáváme vodovody jednotné a vodovody dvojité, dle toho, zda-li se přivádí pitná i užitková voda jedním vodovodem anebo se zřídí jeden vodovod pro vodu pitnou a druhý vodovod pro vodu užitkovou.

Stavba vodárny a sestavení vodárenského projektu vyžaduje obsáhlá přípravná šetření, týkající se stanovení jakosti vody, velikosti spotřeby vody, vyhledání zdroje vodního, prozkoumání geologických a hydrologických poměrů území, ve kterém se voda jímá, stanovení vydatnosti zdroje vodního a geodetická měření, potřebná ku sestavení projektu.

Přípravné práce a šetření trvají často několik let, vyžadují velký náklad a musí se provésti s obzvláštní pozorností a největší přesností a důkladností, poněvadž zde učiněné chyby nelze později napraviti.

I. DÍL.

OPATŘENÍ VODY K ÚSTŘEDNÍMU ZÁSOBOVÁNÍ.

§. 1. JAKOST PITNÉ VODY.

Voda jest podstatnou součástkou těla lidského /50 - 60 % / a organického života vůbec. Ona je nevyhnutelně potřebnou k udržení tělesného ústrojí a stejně důležitou podmínkou zachování funkcí tělesných. Slouží k rozpouštění i přeměně živin v těle lidském na tvar, jaký organismus ku své výživě potřebuje ; voda slouží k oběhu životních šťáv v těle a rovněž jako regulátor teploty, poněvadž organickým bytostem, živočichům i bylinám jest výhodnou jen určitá teplota, kterou nelze překročiti ; jinak člověk chabne a bylina vadne.

Z tohoto biologického významu vody pro organismus lidský plyne potřeba, aby pitná voda vyhovovala určitým požadavkům fysikálním i chemickým a aby neobsahovala žádné zdraví lidskému škodlivé příměsy. Tyto příměsy mohou býti ve vodě rozptýleny nebo ve vodě rozpuštěny, jsou plynné a pevné a pocházejí od látek , s kterými přišla voda v ovzduší, na povrchu zemském, nebo ve vrstvách zemských do styku. Ve vodě mohou však býti obsaženy též hrubí neb drobní živočiši a prostým okem neviditelné bakterie, dle kterých se posuzují biologické vlastnosti vody.

1./ Fysikální vlastnosti vody.

Fysikální vlastnosti vody posuzujeme dle barvy, chutě a vůně, tedy okem, ochutnáváním a čichem ; jejich prozkoumání považujeme jako doplněk chemického rozboru vody. Barva, chuť a teplota vody pitné mají býti příznivé ; nepříznivé fysikální vlastnosti činí vodu i když tyto vlastnosti nejsou zdraví lidskému přímo škodlivé k pití nepřípustnou , odpuzující neb podezřelou.

Co se týče barvy, má býti pitná voda bez barvy, čistá, čirá a bystrá. Je-li voda zřetelně přibarvena nebo zakalena, tedy soudíme, že je znečištěna nějakými minerálními neb organickými příměsy, které jsou ve vodě mechanicky rozptýleny a dle své specif. váhy ve vodě buď plovou, nebo se ve vodě vznášejí , nebo se, když jsou těžší než voda, usazují na dně nádoby. Voda může býti však zbarvena též chemicky rozpuštěnými látkami minerálního neb organického původu.

Je-li látek kalících málo, vykazuje voda slabou opalisaci, je-li jich více, jest voda více nebo méně zkalena a dle stupně zakalení a zabarvení nebo množství sedliny soudíme na množství příměsů ve vodě obsažených. Tento úsudek nemá však bez současného chemického kvalitativního a kvantitativního rozboru velkého významu a mohl by vésti ku klamným úsudkům, neboť různé látky zakalují vodu v nestejné míře a také může býti zakalení vody, jestliže pochází od minerálních látek úplně neškodné. Voda říční bývá z pravidla vždy, obzvláště při velké vodě zakalena, ale nemusí býti proto zdraví lidskému škodlivá. Rovněž tak bývá spodní voda, která obsahuje železo neb sloučeniny kyseliny humínové zabarvena do žlutohněda a sice hned nebo po delším stání ; ale toto zabarvení jest ze stanoviska zdravotního bezvýznamné a nečiní vodu zdraví lidskému škodlivou .

Naopak může býti voda spodní ze studně úplně čirou, bezbarvou, chladnou a občerstvující chuti a přece může obsahovati zdraví škodlivé organické příměsy a bakterie.

Z těchto důvodů jest posudek čistoty vody jen dle vnějšího vzhledu , zbarvení a čistoty bez chemického rozboru neúplný. Nicméně se přece vyžaduje, aby voda i po svém vnějším vzezření byla čirá i bezbarvá, a aby neusazovala při delším stání žádnou ssedlinu. Kalná nebo zabarvené voda budí ošklivost, odpuzuje od požívání a jestliže ji chceme přece upotřebiti k zásobování vodou, musíme ji čistiti. Pochází-li přibarvení vody od látek rozptýlených, pomine zbarvení když se rozptýlené částice usadily nebo byly filtrováním z vody vyloučeny. Zbarvení vody, pocházející od látek rozpuště-

ných / látky huminové, železité, rozložené látky dusíkaté / filtrováním z vody však nevymizí.

Čirost, dotyčně stupeň zakalení vody, posuzuje se ve skleněném válci z bezbarvého skla, který se proti světlu pozoruje. Při tom přihlíží se též k tomu, zda-li čirost vody při styku se vzduchem je trvalá nebo se mění.

Čirost vody měří se stupnicí jako voda úplně čirá, slabě opalisující, zřetelně opalisující, slabě zkalena, zkalena, silně zkalena.

Dobrá pitná voda musí býti dále prosta zápachu a příchutě. Zápach vody pozná se nejlépe zahřátím na teplotu 40 - 60° v uzavřené lahvičce zpola naplněné. Po zahřátí se lahvička potřepe a po otevření láhve se pozná případný zápach.

Příčina zápachu může býti různá a dle něho řídí se povaha zápachu. Vody spodní silně železité, zapáchají po sirovodíku ; vody spodní pramenící z rašelinisk, zapáchají po trouchu nebo bahnu, voda znečištěná zahnívajícími organickými látkami vykazuje zápach po amoniaku, voda spodní znečištěna odpadními vodami průmyslových závodů, jež vsakují do půdy, vykazuje charakteristický zápach těchto odpadních vod.

Pitná voda musí občerstvovati a svojí příjemnou osvěžující chutí vábiti k požívání, což závisí v první řadě na obsahu kyslíku /vzduchu / a volné kyseliny uhličité, jakož i obsahu některých minerálních solí, solí alkalických zemin, od nichž závisí tvrdost vody.

Dobrá pitná voda musí obsahovati určité množství kyslíku a volné kyseliny uhličité. Vařená a destilovaná voda, ze které jest vypuzen veškerý vzduch a kyselina uličitá, nechutná ; teprve po delším stání na vzduchu, přelévání sprchami neb přercnem v kaskadách , přibere voda opět vzduch a stává se způsobilou k pití. Velké množství vzduchu / více než 1 cm^3 v 1 m^3 / není však rovněž výhodné, poněvadž taková voda rozežírá následkem svoji oxidační činnosti / korose/ železné i olověné roury. Velké množství vzduchu jest též závadou v potrubí, poněvadž se vzduch z vody vylučuje

hromadí ve vrcholcích potrubí a zúžuje jeho příčný profil. To vyžaduje zvláštní vyvzdušovací aparáty / vzdušníky/, kterými se vzduch z potrubí vypouští.

Velmi užitečným jest ve vodě malé množství kyseliny uhličité, které činí vodu svěží, dává ji občerstvující chuť a podporuje v těle zažívání. Kyselina uhličitá přichází ve vodách ve stavu volném, polovázaném jako kyselé uhličitany alkalických zemin nebo vázaném jako uhličitany různých kovů. Velké množství volné kyseliny uhličité na př. u minerálních kyselek a některých přirozených pramenů není však rovněž výhodné, ba zdraví lidskému škodlivé ; voda taková rozčiluje a způsobuje bolení hlavy. Taková voda rozežírá též potrubí ze železa, zinku, olova, mědi, jakož i maltu, beton , zdivo přiváděčů a vodojemů. Má-li se proto voda, která obsahuje větší množství kyseliny uhličité , použíti k ústřednímu zásobení vodou, musí se odkyseliti, t.j. této kyseliny pomocí různých zařízení / mramorových filtrů / zbaviti. Přirozené kyselky nehodí se k ústřednímu zásobení vodou.

Dobrá chuť pitné vody závislá je též na přiměřeném obsahu minerálních solí a tvrdosti vody. Nejvýhodnější tvrdost pitné vody udává se 10 - 20° něm. Měkká voda vykazuje mdlou, prázdnou chuť, která připomíná na dešťovou vodu, ačkoliv si lidé na takovou vodu zvyknou, na př. vodu dešťovou v cisternách, vodu spodní v prahorních útvarech. Voda velké tvrdosti má příchuť po vápně. Chuť vody zkouší se při teplotě v jaké se pije /10° / a vodě zahřáté na 30 - 35° teplé, poněvadž při této teplotě cizí příchuť vody nejlépe vyniká.

Pokud se týče solí, kterých může voda spodní nabývati určité příchuti vyšetřeno, že největší vliv na chuť mají chloridy a sírany alkal. zemí. /Cl Na, Cl Mg, Mg SO_4 , Ca SO_4 /.

Menší vliv na chuť vody vykazují dusičňany, jichž slaná příchuť nedá se v pitné vodě dobře postihnouti, poněvadž při větším množství dusičňanů vykazuje voda příjemnou chladivou chuť .

Dusičňany vyskytují se ve velkém množství ve studničních vodách uprostřed měst a pocházejí ze silně znečištěných vrstev povrchových, ze kterých byly vyplaveny prosakující vodou do spodiny. Voda taková obsahuje v 1 lit. 200 - 1000 mg kysličníku dusičnatého / vedle značného množství chloridů / a mívá následkem toho nápadně chladivou příchuť, kterou si lidé dokonce libují, nevědomce že se jedná vlastně o vodu, která je ze stanoviska zdravotního hrubě závadnou.

Teplota vody jest výslednicí teploty prostředí, ve kterém se voda nalézá, pohybuje a jímá. Voda v potocích, řekách a rybnících vykazuje souběžné kolísání teploty s teplotou ovzduší. V jezerech a hlubokých nádržích kolísá teplota vody na povrchu s teplotou ovzduší, ve hloubce asi 8 m má však voda konstantní teplotu, která se rovná průměrné roční teplotě dotyčného kraje.

Teplota spodní a pramenité vody závisí na teplotě ovzduší a teplotě prostředí, ve kterém se voda nalézá ; tato jest pak závislá na klimatických poměrech území, teplotě a druhu srážkové vody, která do půdy prosakuje /sníh, déšť/, poloze sběrného území vůči stranám světa, propustnosti spodiny , jakož i na chemických pochodech v kůře zemské, kterými se teplota váže nebo uvolňuje. Podzemní voda, která se nalézá blízko povrchu území, vykazuje souběžně kolísání teploty s teplotou ovzduší. Čím ve větší hloubce se však spodní voda nalézá, tím menší jest kolísání její teploty, poněvadž jsou zeminy špatným vodičem tepla. Ve hloubce asi 8 m vykazuje spodní voda po celý rok konstantní teplotu, která se rovná průměrné teplotě roční dotyčného kraje. Toto t.zv. neutrální pásmo může však dle klimatických poměrů kraje a dle mechanického složení spodiny a rychlosti prosakování ležeti též ve větší neb menší hloubce. Je-li totiž půda velmi propustná, anebo jsou-li v půdě široké průchody, jak to bývá ve vyluhovaných vápencových horách Krasu , nebude míti spodní voda ani ve větší hloubce konstantní teplotu, poněvadž voda srážková proniká rychle krycími vrstvami a otepluje spodní vodu. Naopak, když jsou spodní vrstvy složeny z jemnozrnného,

UNIVERZITNÍ BRNO KNIHOVNA

málo propustného materiálu, ve kterém prosakuje voda velmi pozvolna, bude míti podzemní voda stálejší teplotu.

Dle toho jsou prameny, jichž voda svoji teplotu nápadně mění vždy podezřelé, poněvadž jest to znamením, že jsou krycí vrstvy nad vodovodnou vrstvou slabé mohutnosti, anebo že voda povrchová pronikla rychle půdou, takže se nemohla dobře očistiti a že není při tom vyloučena ani infekce vody nečistotami, prosáklými s povrchu území do půdy.

Celkem má však spodní voda ve větší hloubce stálou teplotu. Počínaje od neutrálního pásma však teploty s hloubkou přibývá a sice každých asi 30 m o 1 stup.C.t.zv. geocentrický gradient. Voda z hlubokých artézských studní má teplotu 14 - 20° C. Voda teplých pramenů čili teplic, má teplotu 20 - 80° C i více a tato teplota pochází z větší teploty hlubokých vrstev kůry zemské anebo jest vulkanického původu. Teplice jsou buď indiferentní, když neobsahuje voda žádné minerální příměsy / Akrotherma, Wildbad, Gastein Teplice v Čechách, Stubice a Topusko v Chorvatsku, Vöslau v Dol.Rakousích, Trenčanské Teplice/ anebo obsahují různé minerální soli, dle nichž se označují jako minerální teplice na př.

sirnaté teplice / Baden, Krapinské teplice, Varaždínské teplice, Sarajevo, Píšťany / ;

alkalické teplice čili halothermy /Karlovy Vary a j./

Jaká teplota jest pro pitnou vodu nejvýhodnější, nelze obecně říci; klíma, obyčeje a místní poměry kraje hrají zde vážnou úlohu. V jižních krajinách spokojuje se obyvatelstvo s vodou teplejší než-li v krajinách severních. V krajinách středoevropských platí teplota 10° C za nejvýhodnější ; smesitelncu jest teplota v hranicích 10 ± 3°, tedy v mezích 7 - 13°C Voda chladnější než 5° C jest zdraví lidskému škodlivou, dráždí útroby, bývá příčinou žaludečních katarhů a škodí též zubům. Teplejší voda než 14° C nechutná, neosvěžuje a nehasí žízeň, obzvláště v létě, když se chceme vodou osvěžiti.

Důležitou úlohou vodárenských zařízení jest udržeti vodu v konstantní teplotě, což při velké spotřebě vody a delším přiváděcím řádu není snadnou věcí. V dlouhých přiváděcích řádech se voda vždy o několik stupňů ohřeje. Aby bylo toto oteplení co nejmenší, nutno především dbáti, aby se jímacím zařízením udržela konstantní teplota a dále aby se náležitou isolací přiváděče i vodojemu zamezilo ohřátí vody, na př. dostatečnou hloubkou potrubí, vysokým zásypem zásobovacího vodojmu, volbou polohy vodojmu i vodovodu vzhledem ku slunci. Nejvýhodnější by bylo položiti přiváděcí potrubí do neutrálního pásma, což však prakticky nelze provésti a proto musíme s nějakým oteplením vody vždy počítati. Tato ztráta jest obráceně úměrná s hloubkou a průměrem potrubí, tedy průtočným množstvím vody a je závislá na podnebí dotyčného kraje. Při dobrém provedení vodovodu nemá býti rozdíl mezi počáteční teplotou zdroje vodního a konečnou teplotou při odběru vody na místě spotřeby větší než 1 - 2° .

2./ Chemické vlastnosti vody.

Chemické vlastnosti a chemická povaha vody závisí na obsahu minerálních a organických příměsů, které jsou ve vodě buď mechanicky rozptýleny nebo chemicky rozpuštěny. Ony přicházejí do vody vyluhováním hornin, s kterými přišla voda do styku, nebo splachováním organické neb minerální hmoty na povrchu zemském. Tyto příměsy nevylučují vodu od užívání, pokud nemají vliv na barvu, chuť a vůni vody. Větší množství těchto příměsů jest však na újmu jakosti vody.

Příměsy jsou buď minerálmího nebo organického původu.

a/ Minerální příměsy přicházejí do vody vyluhováním minerálních solí za součinnosti kyseliny uhličité a kyslíku ve vzduchu. Druh a množství těchto příměsů závisí na petrografickém složení vrstev, ve kterých se voda pohybuje, hromadí a jímá. Chemicky čistou vodou H_2O není ani dešťová voda, která obsahuje vedle prachu, plynů ze vzduchu, kyselinu uhličitou a stopy kyseliny dusičné , dusíkaté a amoniaku, které se tvoří v ovzduší elektrickým výbojem. Když pak vnikne voda srážková do půdy , rozpouští

zeminy a vyluhuje z nich lehce rozpustné minerální soli. Některé ne - rosty rozpouští voda sama, na př. kuchyňskou sůl, sádru a v malé míře též vápence, ale většinou rozkládají se horniny teprve vlivem ve vodě obsažené kyseliny uhličité a kyslíku, které přijímá z ovzduší. Kyselina uhličitá vzniká v půdě též rozkladem trouchu v půdě a při různých přeměnách hornin v kůře zemské. Velké množství kyseliny uhličité v kyselkách zdá se však, že je vulkanického původu a že přichází do půdy z hlubokých vrstev kůry zemské.

Kyslíkem ve vzduchu okysličují se sirníky, na př. sirník železnatý /pyrit / na síran železnatý a kyselinu sírovou, která působí dále na hlínu a vápenec a tvoří anhydrit, sádru / $CaSO_4$/, Glauberovu sůl /$NaSO_4$/, hořkou sůl/ $MgSO_4$/ kamenec draselnatý , sodnatý a železnatý. : $KAl\ /SO_4/_2$, $NaAl\ /SO_4/_2$, $FeK\ /SO_4/_2$:

Voda, která obsahuje kyselinu uhličitou, mění nerozpustné uhličitany vápna, hořčíku na rozpustné dvojuhličitany, které přecházejí v roztoku do vody, avšak jakmile přijde voda na vzduch, uvolní se část poluvázaného kyslíku uhličitého a z kyselého uhličitanu vápenatého vytvoří se normální uhličitan vápenatý, který se usazuje na stěnách nádoby a v přírodě usazuje se z vápenité vody uhličitan vápenatý buď jako amorfní prášek, tuf, neb kristalinický vápenec. Chemický pochod vyjádřen je rovnicí :

$$Ca/CO_3H/_2 + O = CaCO_3 + H_2O + CO_2 .$$

Veliké množství vápna obsahují spodní vody, jež protékají vápencovými horninami. Voda dešťová s kyselinou uhličitou když vnikne do země, rozpouští vápenec, vyluhuje jej a vytvořuje svojí mechanickou činností podzemní průchody, štěrbiny a jeskyně, kterými voda odtéká a když přijde na povrch území, nebo do volných jeskyní a průchodů, vylučuje se ztrátou kyseliny uhličité opět vápenec ve způsobu krápníků, vápenného tufu neb vápenného prášku.

Voda, která obsahuje kyselinu uhličitou, rozkládá sirník železnatý, pyrit a tvoří dvojuhličitan železnatý a sirovodík, jako stálý průvodce silně železité spodní vody. Dvojuhličitan železnatý rozpouští se ve vodě, okysličuje se na vzduchu a tvoří hydrát železitý, který se vylučuje z vody jako žlutohnědý kal $2Fe/CHO_3/_2 + O + H_2O = Fe_2/OH/_6 + 4\ CO_2$, který tvoří jemný povlak na kamenech a j. místech, kde voda spodní vyvěrá. Podobně chovají se příměsy manganu.

Voda s kyslíkem a kyselinou uhličitou rozkládá pozvolna skoro všechny nerosty, které přecházejí potom v roztocích do spodní pramenité i říční vody. Zejména nalézáme ve vodách spodních velmi často rozpuštěné soli alkalických kovů a alkalických zemin / K, Na, Ca, Mg, Ba./ železa a manganu.

Celkem můžeme však říci, že minerální příměsy nejsou zdraví lidskému škodlivé a nevylučují vodu od užívání pokud nepřekročí jejich množství určité meze a pokud nemají vliv na chuť, barvu a vůni vody. Ba naopak jest voda chemicky úplně čistá na př. destilovaná voda, bez jakýchkoliv minerálních příměsů anebo voda dešťová, ale i voda pramenitá vyvěrající z těžko rozpustných prahor a křemenitých filtrů zdraví lidskému nepříznivá, chutná mdle a působí dokonce poruchy v zařívadlech, neboť lidský organismus a rovněž tak i rostliny, tyto soli při životních úkonech potřebují. Velké množství minerálních příměsů jest však na újmu jakosti vody.

Některé příměsy, jež přijala voda z ovzduší nebo rozpustila ve vrstvách povrchových a vodonosných, lze považovati vůbec jako přirozené součásti vody, jichž druh se řídí dle složení vrstev, kterými voda protékala. Mezi těmito příměsy jsou látky, které se vyskytují rozpuštěny v každé spodní vodě a látky vzácnější, které se vyskytují jen v některých vodách spodních.

Vedle příznivých součástí obsahuje však voda nahodile i některé látky znečišťující, které voda rozpustila a odplavila ze znečištěných vrstev povrchových.

Nejdůležitějšími minerálními součástkami každé vody jsou sloučeniny vápenaté a hořečnaté, na kterých závisí povaha a tvrdost vody

Tvrdost vody stanoví obsah minerálních solí ve vodě rozpuštěných hlavně obsah solí kysličníku vápenatého a hořečnatého, které přicházejí ve vodě nejvíce jako uhličitan a síran vápenatý a hořečnatý. Tvrdost vody měří se poměrnými čísly čili stupněmi tvrdosti, při čemž odpovídá tvrdosti 1° něm. obsah 1 dílu vápna CaO na 100.000 dílů vody anebo dle váhy 10 mg vápna na 1 litr vody. /1 kg = 1, 000.000 mg /. Voda má tedy tvrdost 1, 2, 3... něm. stupňů, jestliže je obsaženo ve 100.000 dílech 1, 2, 3 . díly vápna nebo v 1 litru 10, 20, 30 mg vápna

Při výpočtu tvrdosti béře se jeden díl kysličníku hořečnatého ekvivalentním 1.4 dílu vápna. Je-li na př. v 1 litru vody obsaženo

vápna CaO = ... 78 46 mg

hořčíku MgO = 21.78 x 1.4 ..... 30.43 ,,

Dohromady vápna a hořčíku .....108.89 mg

jest tvrdost vody v něm. stupních 10.89 stupňů.

Mimo to měří se tvrdost vody též stupni francouzskými a anglickými.

1° franc. odpovídá obsahu $\frac{1}{100.000}$ uhličitanu vápenatého.

1° anglický odpovídá obsahu $\frac{1}{125.000}$ vapna CaO

Při tom jest 1° franc = 0.56° něm , 1° angl = 0.8° něm.

Rozeznáváme tvrdost pomíjející / temporaerní / a tvrdost trvalou /permanentní /. Tvrdost přechodná ztrácí se při vaření a pochází od uhličitanů Ca. Mg Tvrdost trvalá vařením se neztrácí a pochází od neuhličitanů hlavně síranu vápenatého. Dle toho mluvíme též o tvrdosti uhličitanové a neuhličitanové / Karbonathärte . Nichtkarbonathärze /. Oboje tvrdosti, přechodná i trvalá stanoví tvrdost úhrnnou / Gesamthärte/.

Voda, která se v přírodě vyskytuje, má různou tvrdost. Voda dešťová jest měkká voda , v potocích a řekách ma tvrdost 2 - 5° , voda spodní a pramenitá v naplaveninách alluviálních a diluv. ních vykazuje dle

složení vododajných vrstev tvrdost 5 - 20°. Pramenitá voda, která vyvěrá z velmi tvrdých skal a prahor jest měkká; za to voda, která se nachází ve vápencových útvarech, opuce, slínu, mí obyčejně velkou tvrdost, 20 - 60° i více. Velmi tvrdou vodu mívají studniční vody v území městském, pro- sáklém nečistotami.

Tvrdá voda chutná lépe než měkká a jest organismu lidskému výhodnější než-li úplně měkká voda. Přijde však mnoho na zvyk. Jako přiměřená tvrdost platí 10 - 20° něm. čili 100 - 200 mg vápna v 1 litru vody, při tom může býti jeden díl vápna zastoupen síranem hořečnatým a sádrou; větší příměsy těchto s_í ve vodě jsou však škodlivé a způsobují průjem.

Tvrdost vody větší než 25° není sice zdravotní závadou, ale taková voda má vápennou příchuť, nehodí se v domácnostech k praní a vaření. Také pro průmyslové potřeby hodí se lépe měkká než tvrdá voda. Velmi tvrdé vody vápenné a sádrové usazují v parních kotlech kotelní kámen, který je na úkor výhřevnosti paliv. Pivovary vyžadují tvrdost 10 - 20°; cukrovary vyžadují rovněž měkkou vodu bez dusičňanů a síranů alkalických kovů /Na,K/. Prádelny, textilní továrny, koželužny, továrny na celulosu, klihárny, potřebují vesměs měkkou vodu bez železitých příměsů. Voda, která vykazuje velkou tvrdost, musí se pro účely průmyslové zbaviti vápna a změkčiti.

Vedle dosud zmíněných rozpuštěných solí alkalických kovů a alkal. zemin, které se v každé vodě vyskytují, obsahují některé spodní vody, jiné vzácnější látky, jež dodávají vodě určitý charakter. Vody, obsahující velké množství těchto solí nazýváme vodami minerálními; mezi tyto vzácněji se vyskytující látky patří: železo, mangan, kysličník křemičitý a hlinitý, chlor, kyselina sírová, sírovodík, kyselina dusíková a dusičná, amoniak a kyselina fosforečná.

Železo vyskytuje se v některých vodách spodních a současně s ním též mangan. Železo bývá ve vodách spodních obsaženo nejčastěji jako dvojuhličitan železnatý neb jiné soli kysličníku železnatého, který se dostává do spodní vody ze silikatů železnatých, rozložených kysličníkem uhličitým.

Velké množství železa ve spodních vodách pochází z diluviálních naplavenin, z vrstev kaolinových a břidlic.

Obsah železa ve vodě spodní kolísá a obnáší obyčejně 1 - 3 mg/l., může však dostoupiti až 150 mg/lit.

Ze stanoviska zdravotního jest malé množství železa, rozpuštěného ve vodě, neškodné ; při větším obsahu dodává však vodě metalickou příchuť po inkoustu, ku které se přidružuje často zápach po sirovodíku , vznikající rozkladem siřníku železnatého./Viz dále /. Taková silně železitá voda nehodí se k pití.

Železité vody jsou na vzduchu nestálé. Kyselý uhličitan železnatý ve vodě rozpuštěný se na vzduchu okysličuje a tvoří hydroxyd železitý $Fe_2/OH/_6$, který se vylučuje z vody a zakalí ji.

$$2\ Fe\ /CO_3H/_2 + O + H_2O = Fe_2\ /OH/_6 + 4\ CO_2 .$$

Následkem toho mění železitá voda po načerpání do otevřené nádoby svůj vzhled. Po jisté době počne opalisovati, potom se nažloutle zakalí, načež vyloučí se z ní žlutohnědé vločky, které klesají ke dnu a tvoří tam žlutohnědou usazeninu, která tvoří na prádle, na fontánách, rezavé skvrny a v potrubí vodovodním zanechává železité usazeniny, jimž může býti celý profil ucpán. V přírodě tvoří železitá voda nápadný žlutohnědý povlak na kamení /okr/ a místech, kde vyvěrá na povrch.

Silně železitá voda jest nezpůsobilou nejen k pití, nýbrž i k účelům technickým, obzvláště pro prádelny, bělidla, barvírny, pro továrny textilní, továrny na papír a celulosu, koželužny, které vyrábějí světlé druhy kůží a j.

Ukázalo se též, že ve vodě , která obsahuje železo, rostou některé řasy, které svojí biologickou činností rozkládají soli železité a čerpají z nich potravu. Jsou to řasy z rodu Crenotrix, Leptotrix, Galionella, Clamydotrix, které rostou a množí se v železité vodě , obsahující též jistý podíl organických látek rozpuštěných, potřebných ku vzniku organické hmoty řas. Železité řasy vylučují ve vodovodním potrubí železo z roztoku

a bývše prostoupeny hydroxydem železitým, tvoří hustou hmotu, která může vodovodní potrubí úplně ucpati.

Mangan vyskytuje se ve vodách spodních, které se pohybují v naplavených vrstvách, obsahujících manganové rudy. Bývá stálým průvodcem železa a obsažen jest ve vodě ve způsobu soli kysličníku manganového, nejčastěji jako kyselý uhličitan manganatý, které se provzdušením okysličují. Při tom tvoří se hydroxyd manganitý $Mn_2 /OH/_6$, který se z vody vylučuje jako černohnědý kal a činí vodu k pití a průmyslovým účelům nezpůsobilou.

Kysličník křemičitý a hlinitý jsou v přírodě velmi rozšířeny ve způsobu křemičitanů též ve vodě spodní a pramenité. Zdravotně jsou tyto přísady nezávadny ; vyskytují-li se však ve větším množství, zvětšují tvrdost vody. Velké množství křemičitanů obsahují teplé prameny Geysir na Islandě a Yellowstonpark v Sev. Americe .

Chlor nalézá se v některých vodách pramenitých a spodních a sice ve způsobu chloridů alkalických kovů, zejména kuchyňské soli, kterou můžeme považovati jako usazeninu moří dřívějších geologických period. Malé množství této soli vodě neškodí, větší množství jest však u pitné vody závadou. Kuchyňská sůl a jiné soli chloru přicházejí do vody vyluhováním hornin ; chlor jest v tom případě původu minerálního a jako takový jest nezávadným . Podezřelou jest přítomnost chloru jen tehdy, když vznikl rozkladem živočišných odpadků, na př. z moče, výkalů, splašků a žump, poněvadž jest to důkazem, že jest voda znečištěna organickými hnilobnými látkami a není při tom vyloučena možnost infekce vody zárodky choroboplodných bakterií z fekalií chorých lidí. Jako přípustné množství chloru minerálního původu udává se 50 - 300 mg v 1 litru vody. Větší množství kuchyňské soli vyskytuje se v některých vodách minerálních a sice často vedle solí spřízněných kovů jodu a bromu.

Olovo, měď a zinek přicházejí v roztoku různých solí těchto kovů v některých vodách minerálních a jsou zdraví lidskému škodlivé, neboť poškozují ústrojí žaludeční a způsobují kolika. To platí zejména o olovu,

které přichází ve vodách jako sirník, síran a uhličitan olovnatý, jež voda vyluhovala z hornin. Olovo přichází do vody též roztok m solí, které vznikly účinkem ve vodě obsažené kyseliny na olověné trouby vodovodní ; taková voda jest zdraví lidskému velmi škodlivá. Na štěstí jest ale nakažení vody olověnými rourami velmi řídké, poněvadž se olověné trouby, jichž se užívá jen pro domovní instalaci, obloží účinkem ve vodě obsaženého vápna za krátkou dobu tvrdým a nepromokavým povlakem, takže voda nepřijde s olovem vůbec do styku.

Kyselina sírová /SO_3 / vyskytuje se ve spodní vodě ve způsobu síranů, které se vytvořily okysličením sirníků. Větší množství síranů přichází jen v minerálních vodách sírnatých : hořké soli, Glauberově soli, kamenci, sádře a j. Volná kyselina sírová vyskytuje se celkem zřídka a sice v takových vodách, které při prostupu povrchovými vrstvami stýkají se se zvětralým kýzem železným. Vody takové obsahují též síran železnatý, velké množství sádry a jiné sírany. Taková abnormální kyselá voda spodní je zdraví škodlivá a nezpůsobilá k požívání.

Sirovodík /H_2S / vyskytuje se v některých vodách spodních vedle sirníků a síranů alkalických kovů a alkalických zemin. Sirovodík dostává se do vody spodní, jestliže se ve vodonosných vrstvách nalézá sirník železnatý, který se kysličníkem uhličitým rozkládá. Při rozkladu tom vzniká rozpustný kyselý uhličitan železnatý vedle sirovodíku.

$$Fe\ S + 2CO_2 + 2\ H_2O = Fe\ /CHO_3/_2 + H_2\ S\ .$$

Dále vzniká sirovodík též redukcí síranů uhlovodíkem, vzniklým z bitumenů, obsažených v půdě.

$$Na\ SO_4 + CH_4 = H_2\ S + NaO + H_2O + CO_2.$$

Síran vápenatý /sádra/ rozkládá se uhlovodíkem na sirník vápenatý, který se účinkem kysličníku uhličitého rozkládá na uhličitan vápenatý a sirovodík.

$$Ca\ SO_4 + CH_4 = Ca\ S + CO_2 + 2\ H_2O$$

$$Ca\ S + CO_2 + H_2O = Ca\ CO_3 + H_2S\ .$$

Sirovodík pozná se ve vodě svým charakteristickým zápachem, který však brzy vyvětrá. Sám sirovodík není zdraví lidskému škodlivý, podezřelý je jen svým původem. Sirovodík vzniklý z minerálních solí shora uvedenými pochody chemickými je nezávadný, ačkoliv jeho zápach odpuzuje. Sirovodík může však vzniknouti též hnilobou organických látek animalického původu /bilkovin/, které přišly do spodní vody studní prosakováním splašků ze stok, domovních žump a záchodů do povrchových vrstev. Sirovodík jest v tom případě příznakem znečištění spodní vody výkaly a odpadními vodami a taková voda jest k užívání nezpůsobilou. Z toho důvodu musí se při chem. rozboru prozkoumati též původ sirovodíku a jestliže se zjistí, že vznikl hnilobou organických látek, jest vodu od užívání jako podezřelou z infekce vyloučiti.

Čpavek amoniak NH_3 vzniká ve vodě hnilobou organických látek dusíkatých a jeho přítomnost nasvědčuje , že je voda znečištěna živočišnými odpadky, výkaly a splašky ze stok a žump, které se ve vodě rozkládají. Taková voda jest jako pitná voda k užívání nezpůsobilou, poněvadž není vyloučena možnost , že do vody vnikly zároveň s organickými nečistotami zárodky chorobopodných bakterií, které mohou býti příčinou infekciosných nemocí.

Vyjímečně může pocházeti čpavek z redukce organických látek vegetabilních, na př. z humínových látek ve vodách, které vyvěrají z rašelinišť nebo ve vodách silně železitých. Přítomnost čpavku je v takových případech nezávadnou.

Kysličník dusíkový N_2O_3 vzniká ze čpavku rozkladem organických látek vlivem anaerobních bakterií. Vyjímečně může vzniknouti též při chemické redukci kysličníku dusičného ve vodách železitých, nebo při provzdušení a odželezování vody okysličením čpavku.

Sám o sobě není kysličník dusíkatý, když se ve vodě vyskytuje v malém množství, závadou ; podezřelou je jeho přítomnost, když se vyskytuje ve spodní vodě současně se čpavkem a kysličníkem dusičným, poněvadž jest to příznakem, že je spodní voda znečištěna organickými látkami, splašky a výkaly, které ve vodě zahnívají a není při tom vyloučena možnost infekce vody zárodky choroboplodných bakterií. V takovém případě jest voda k pití nezpůsobilou.

Kysličník dusičný N_2O_5 vyskytuje se v přírodě ve způsobu různých dusičňanů, zejména dusičňanů alkalických kovů / $NaNO_3$, KNO_3 /, které vznikly oxydací organických látek za přítomnosti alkalických látek, obsažených v půdě. Dusičňany jsou ve vodě rozpustny a přicházejí v roztoku do spodní vody .

Kysličník dusičný vyskytuje se však též ve vodách znečištěných organickými látkami a lze jej považovati jako zadní produkt oxydace organických látek. Jeho přítomnost, vyskytuje-li se v malém množství, není zdravotně závadnou ; ona nasvědčuje , že byly povrchové vrstvy, kterými spodní voda prosakovala sice znečištěny organickými látkami, které se však postupnou oxydací proměnily /mineralisovaly / na neškodnou hmotu a že se voda přirozenou filtrací úplně očistila. Velké množství kysličníku dusičného , anebo když se vyskytuje současně s kysličníkem dusíkovým a čpavkem , jest jeho přítomnost podezřelou, poněvadž je to příznakem, že je voda znečištěna organ. látkami, jichž hniloba není dosud ukončena.

Kyselina fosforečná obsažena je v abnormálně znečištěné spodní vodě a pochází z moče, prosáklého do povrchových vrstev. Její přítomnost jest podezřelá, poněvadž nasvědčuje, že je voda znečištěna močí a výkaly.

b./ Organické příměsy.

Vedle roztoků minerálních solí , jež možno považovati za přirozenou součástku vod, obsahuje voda povrchová a spodní nahodilé příměsy organické původu vegetabilního nebo animálního. Úplně čistou není žádná voda, po -

něvadž se na povrchu zemském a v půdě nalézají všude zbytky vegetabilní hmoty, které na vzduchu hnijí a trouchnatí a rovněž tak prosakují do povrchových vrstev půdy různé organické odpadky z domácností a domovní kanalisace. Půda má sice, jak již řečeno, dobrou vlastnost, že prosáklé nečistoty t.zv. přirozenou filtrací zadržuje, ale není přece vyloučeno, že se v půdě vytvoří trhliny a průchody, kterými vniká povrchová voda zároveň s rozpuštěnými nečistotami do spodní vody. Důkazem toho jsou vody v domovních studnách v nejbližších okolí lidských obydlí, zejména v městech , které jsou většinou anebo bez výjimky zkaženy a zdravotně závadny. Ve slabé krycí vrstvě , kterou voda prosakuje, nemohou se organické látky v půdě úplně t. zv. samočištěním rozložiti a zmineralisovati a pronikají proto ve stadiu rozkladu do vodovodní vrstvy. V krycích vrstvách dostatečně silných, probíhá však samočištění účinněji ; organické látky dusíkaté se účinkem bakterií rozkládají na kysličník uhličitý, čpavek, kysličník dusitý a kysličník dusičný. Půda absorbuje čpavek a bakterie, přivádí jej současně s kysličníkem dusitým na kysličník dusičný. Kysličník uhličitý zůstává ve formě plynné v porech půdy. Kysličník dusičný jako poslední produkt rozkladu není půdou zadržován a vodou rozpuštěn, odplavuje se do spodiny . Když je však stálým prosakováním výkalů absorbce půdy vyčerpána, propouští půda i čpavek a kysličník dusitý do spodiny. Při dobré filtraci prochází tedy povrchovou vrstvou do spodiny z organických látek znečišťujících pouze kysličník dusičný, chlor a sírany při špatné filtraci a vyčerpané absorbční schopnosti proniká do spodiny s vodou též čpavek a kysličník dusitý.

Organické látky vegetabilní na př. zbytky listí, dřeva, jsou nezávadny a zdraví lidskému neškodí Tím nebezpečnější jsou však příměsy organických látek animalického původu, poněvadž není vyloučena možnost infekce zárodky choroboplodných bakterií, které přicházejí do vody s výkaly a odpadky. Samy o sobě nejsou organické příměsy zdraví lidskému škodlivé, neboť člověk sní v potravinách na př. v mase, sýru, salámu , mnohem

větší množství organických hnilobných látek a bakterií, aniž by jeho zdraví škodily. Nebezpečné jsou organické příměsy jen svým původem a možností infekce vody.

Ve vodách bohatých na organické látky, žije též množství mikro - a makroskopických živočichů / hlíst, červů, hmyzu, bakterií /, které mohou býti zdraví lidskému škodlivé a od požívání vody odpuzují. Charakteristickým příznakem znečištění vody organickými příměsy animaliského původu jest přítomnost kyseliny dusíkové vedle kyseliny dusičné, kyseliny fosforečné, amoniaku, sirovodíku a chloru, které jak již shora řečeno, nejsou nebezpečny samy o sobě, nýbrž jsou podezřelé jen svým původem. Jestliže vznikly hnilobou organické látky, jest to příznakem, že jest voda znečištěna příměsy animalického původu, které nejsou ještě úplně na neškodnou minerální hmotu okysličeny. Vše to vyžaduje rozbor vody, který jest nutný nejen při zakládání vodárny, nýbrž též během provozu, aby se kontrolovalo, zda-li se voda nezhoršila.

Množství organických příměsů ve vodě zkoumá se kvalitativním a kvantitativním rozborem pomocí manganistanu draselnatého / $K Mn O_4$ /, kterým se organická látka okysličuje. Dle množství upotřebeného manganistanu usuzujeme na množství organické látky . Vedle toho stanoví se obsah organických látek též odpařením vody a vyžíháním výparku. Ztráta výparku na váze po vyžíhání a vyprání popele, odpovídá obsahu organických látek a zbytek / popel / jsou minerální příměsy .

Znečištění povrchových vrstev zahnívajícími látkami mívá též za následek zvýšení tvrdosti vody, poněvadž se v takové vodě nalézá kysličník uhličitý CO_2, vzniklý při rozkladu organických látek a vodnatý roztok kysličníku uhličitého rozpouští uhličitan vápenatý v krycích vrstvách, který zvětšuje tvrdost spodní vody

3./ B i o l o g i c k é v l a s t n o s t i v o d y .

a./ Bakteriologický rozbor. Chemický rozbor vody byl do nedávna jediným spolehlivým prostředkem k prozkoumání jakosti vody, ale i dnes lze složení a čistotu vody posouditi jen dle výsledku chemického, kvalitativního a kvantitativního rozboru. Toto zkoumání ukázalo se však ze stanoviska hygieny nedostatečným, neboť chemický rozbor stanoví jen druh a množství příměsů minerálního neb organického původu, ale nedotýká se bakteriologické povahy vody. Ve vodě chemicky a fysikálně úplně bezvadné mohou býti totiž nahodile neb trvale drobounCí živočiši, bakterie a jejich zárodky / mikroorganismy/, které nelze prostým okem pozorovati a které mohou býti příčinou nakažlivých nemocí. Proto se musí voda ze stanoviska hygieny prozkoumati nejen rozborem fysikálním a chemickým, nýbrž i rozborem bakteriologickým, kterým se ustanoví , zda-li jsou ve vodě obsaženy bakterie, kterého druhu a v jakém počtu. Tento bakteriologický rozbor provádí se nejen při pracech přípravných, hydrologických, když posuzujeme jakost vyhlédnutého zdroje vodního, nýbrž i později během provozu vodárny, aby bylo jisto, že se voda při jímání, čištění , přivádění a rozvádění nezhoršila.

V každé vodě, která přijde do styku se vzduchem, nacházejí se drobounCí živočiši nejnižších zoologických řádů, bakterie a jejich zárodky, které lze konstatovati jen drobnohledem o velkém zvětšení. Žijí ve vodě z organických látek a rozmnožují se velkou rychlostí a v ohromném počtu. Nejvíce bakterií obsahují voda splašková 100.000 - 1,000.000 zárodků v 1 cm^3 a voda říční, když do ní ústí městské splašky. Ve velkém počtu nalézají se bakterie též ve vodě v mělkých studní uvnitř lidských příbytků, kde jest půda přesycena odpadními vodami z domácností, nečistotami ze záchodů, žump a stok.

Voda pramenitá a voda v hlubokých studnách jest sterilní, t.j. prosta spodních vrstev, poněvadž se očistí přirozenou filtrací nejen od minerál-

ních a organických, ve vodě rozptýlených příměsů, nýbrž i od bakterií. Čím ve větší hloubce se spodní voda nalézá, tím je čistší a sterilnější. Jakmile však přijde na povrchu zemském nebo ve studnách do styku s nějakými předměty, ba i se vzduchem, objeví se v ní ihned bakterie, které se chromnou rychlostí rozmnožují.

Bakterie jsou na povrchu zemském všude přítomné, ve vzduchu, ve vodě a v zemi. Jsou to organismy nejnižších řádů živočišných /Protozoe prvoci/ velmi malé asi 0.001 mm /mikron/ šířky a 0.002 mm délky. Jejich hutnost je taková jako voda ; na váhu 1 mg je potřeba 640 milionů jedinců.

Počítá se, že je v celém zažívacím ústrojí u člověka obsaženo 400 miliard mikrobů a že se jich vyloučí denně výkaly 12 - 40 miliard.

Vědou lékařskou je dokázáno, že jsou některé bakterie příčinou různých epidemických nemocí. Poznání to datuje z prvé polovice minulého století a hlavní zásluhy o tom přísluší francouzskému učenci Pasteurovi /1822 - 1894/. Známe již více choroboplodných bakterií, které působí určité epidemické nemoce : cholera, tyfus, antrax, dysenterie, mor, lepra a j. a tyto bakterie přenášejí se přímým kontaktem , potravinami, hmyzem a dobrým prostředkem k jejich přenášení jest též pitná i užitková voda.

Vedle mikrobů choroboplodných žije ve vodě a v těle lidském spousta jiných bakterií, které zdraví lidskému neškodí, ba jsou mu k životním úkonům dokonce potřebné a prospěšné na př. bacilus coli, který se naléza ve střevách každého člověka. Dle toho rozeznáváme při rozboru vody pro účely vodárenské bakterie pathogenní čili choroboplodné a bakterie ne - pathogenní čili neškodné / saprophity /.

Pitná voda nesmí ze stanoviska hygienického obsahovati žádné bakterie pathogenní, ale ona nesmí obsahovati ani velký počet bakterií nepathogenních, poněvadž jest to znamením velkého znečištění vody organickou hmotou. Jako přípustný počet zárodků udává se dle Rob. K o c h a 100 jedinců v 1 cm^3, čili v 1 gr vody ; mezi nimi nesmí býti ovšem žádný zárodek

pathogenních bakterií. Vody, které obsahují choroboplodné bakterie nelze používati jako pitné vody, anebo se musí taková voda dříve zbaviti škodlivých bakterií / sterilisovati/.

Přítomnost a počet bakterií stanoví se rozborem bakteriologickým, nejčastěji methodou Eijkmanovou, která pozůstává v tom, že se ve vodě konstatuje bacilus coli. Tento bacil žije ve velkém množství ve střevách a přichází s výkaly do odpadní vody. Sám o sobě jest neškodný, ale jeho přítomnost jest indirektním důkazem, že jest voda znečištěna splašky a výkaly a že by ve vodě mohly býti obsaženy i bacily pathogenní, po jichž přítomnosti nutno dále pátrati.

Bacilus coli nachází se však nejen ve střevách ssavců a ve výkalech, nýbrž je v přírodě i jinde rozšířen a proto pouhý nález bact. coli nestačí k správnému posouzení vody. Zjistí-li se však bakteriologickým i chemickým rozborem ve vodě vedle bact. coli čpavek nebo kysličník dusitý, bývá jasno, že je voda znečištěna organickými hnilobnými látkami a fekaliemi a není způsobilou jako pitná voda.

K bakteriologickému rozboru potřebuje se asi jeden litr vody, která se musí nabrati u samého zdroje do naprosto čistých nádob, které se hermeticky uzavrou, aby voda nepřišla do styku se vzduchem nebo nějakými předměty. K tomu účelu vezme se nová láhev z čistého bílého skla, která se vypaří v čisté, pokud možno destilované vodě a potom se několikráte vypere v teplé vodě a ve vodě, která se má zkoumati. Ruce se musí při tom dobře umýti. Voda naleje se do láhve a uzavře skleněnou neb korkovou zátkou, která se ve vodě rovněž dobře vyvaří/ sterilisuje/. K témuž účelu slouží též různé speciální přístroje, na př. vzduchoprázdná skleněná křivule od Flügge-ho , které se urazí pod vodou špice, aby se naplnila vodou a potom uzavře se špice zatavením.

Zkoumání vody na obsah bakterií jest úlohou bakteriologa.

b./ Biologický rozbor. Ve vodě povrchové i spodní mělkých studní mohou býti obsaženy vedle bakterií a jejich zárodků též živoucí organismy

nižších řádů zoologických, červi, larvy, hmyz, ráčci a j., patrné prostým okem nebo drobnohledem/ makroorganismy/. Obsah těchto makro- i mikroorganismů, které se zjistí biologickým rozborem .

K tomu účelu procedí se hedvábným sítem větší množství vody, asi 100 lit. a na sítě zadržená hmota vyšetří se mikroskopem. Mezi suspendovanými látkami jsou vedle hmoty minerální a vegetabilní /písek, hlína, řasy, vlasy a tkáně rostlinné/ též řečené organismy nižších řádů zoologických, které tvoří ve vodě t. zv. plankton . Tyto organismy mohou býti zdraví lidskému škodlivé nebo odpuzují od používání a musí se v případě použití takové vody k účelům zásobovacím odstraniti pískovou filtrací.

4./ P o s u z o v á n í p i t n é v o d y.

Voda pitná studniční, pramenitá i povrchová, posuzuje se na základě rozboru fysikálního, chemického , biologického i bakteriologického, jakož i místním ohledáním zdroje vodního.

V některých případech stačí rozbor fysikální a chemický ; ukáže-li se však voda na základě rozboru chemického podezřelou, musí se provésti i rozbor bakteriologický.

Zhruba lze posouditi vodu již z jejich fysikálních vlastností. Určitější posudek vody je možný teprve na základě chem. rozboru, pro který udávají někteří autoři / Flügge, Tiemann, Gärtner a j./ určité krajní hodnoty látek ve vodě obsažených , které nemají býti u dobré pitné vody překročeny. Tyto krajní hodnoty nemají však dle dnešních názorů velkého významu, poněvadž při posuzování pitné vody hraje úlohu nejen absolutní množství příměsů, nýbrž i jejich původ a celkové složení vody.

Za normálních poměrů vyžadujeme po stránce fysikální, aby voda byla bez barvy, bez příchutě, bez vůně a zápachu a aby vykazovala konstantní teplotu asi 10° C . Po stránce chemické nemají překročiti příměsy v 1 litru vody tato čísla :

Výparek při 100° pozůstávající z látek minerálních i organických

	100 - 500 mg
Organické látky stanovené žíháním výparku	30 - 50 ,,
Celková tvrdost nemá býti větší než 10 - 20° dílí	100 - 200 ,,
Chloru ve tvaru kuchyňské soli.....	30 - 50 ,,
Kysličník sírový, sulfaty.....	30 - 50 ,,
Kysličník dusičný, nitraty.....	5 - 10 ,,
Kysličník dusíkový, nitraty.....	ani stopy
Kysličník fosforečný	ani stopy
Amoniak	ani stopy

K oxydaci organických látek smí se spotřebovati 8 - 10 mg manganistanu draselnatého.

Po stránce bakteriologické nemá voda obsahovati více než 100 - 300 zárodků bakterií v 1 cm^3, mezi nimi nesmí býti žádné zárodky pathogenních bakterií.

Jako příklad rozboru vody pro vodárenské účely buďtež v následujícím uvedeny některé rozbory dobré a špatné vody a sice :

Rozbor vody z vodovodu města Brna v Březové.

a. Rozbor fysikální : Teplota 8.5 - 9° C. V městě 9°. Průměrná teplota 8.75°C. Vzhled : čirá, bezbarvá, jasného lesku, občerstvující a bez zápachu.

b. Rozbor chemický : V 1 litru vody jest obsaženo:

Výparek, tedy obsah mechanicky rozpuštěných látek	250.00 mg
Ztráta žíháním	105.00 ,,
Kyselina křemičitá SiO_2	6.60 ,,
Kysličník železito-hlinitý $Fe_2O_3 + Al_2O_3$	1.2 ,,
Volná kyselina uhličitá CO_2	26.90 ,,
Chlor Cl	4.0 ,,
Uhličitan vápenatý $CaCO_3$	111.0 ,,
Uhličitan hořečnatý $MgCO_3$	10.7 ,,
Uhličitan železnatý $FeCO_3$	2.60 ,,
Síran draselnatý K_2SO_4	15.80 ,,
Chloru ve tvaru alkalických solí	9.80 ,,
Kyselina dusičná NO_3	stopy
Kyselina dusíková N_2O_5	ø
Amoniak NH_3	ø
Organická hmota měřena spotřebou manganistanu draselnatého	5.0 ,,
Tvrdost v německých stupních uhrnná	12.6°
-,, - - ,, - - ,, - přechodná	11.1°

c. Rozbor bakteriologický : Voda jest sterilní.

Celkový usudek : Voda jest bezvadné jakosti.

·_·_·_·_·_·

Rozbor vody z pramenů ,, Brunngraben'' řeky ,, Salza''

pro II. vodovod města Vídně.

a. Rozbor fysikální : Teplota 5°. Vzhled : bez barvy, čistá, čirá, občerstvující chuti, bez zápachu. Reakce neutrální.

b. Rozbor chemický : V jednom litru vody jest obsaženo mg

Celkový výparek	160.00 mg
Ztráta na váze vypálením	3.00 ,,
Kysličník železitý i hlinitý Fe_2O_3 Al_2O_3	ø
Kysličník vápenatý	67.0 ,,
Kysličník hořečnatý	16.9 ,,
Kysličník křemičitý	2.2 ,,
Chlor	stopy
Kyselina sírová	2.0 ,,
Kyselina dusičná	stopy ,,
Kyselina dusíková	ø
Amoniak	ø
Kyselina uhličitá volná	ø
Kyselina uhličitá vázaná	70.00 ,,
Potřeba kyslíku k oxydaci organ. látek v 1 litru	ø
Celková tvrdost	9.07°
Tvrdost pomíjející	6.60°
tvrdost stálá	2.47°

c. Rozbor bakteriologický : Voda je sterilní.

Celkový úsudek : Voda je bezvadné jakosti.

Rozbor vody z městského vodovodu v Prostějově.

a. Rozbor fysikální : Teplota 9.8°C. Vzhled : čirá, bezbarvá. Zápach a chut: bez chuti a zápachu .

b. Chemický rozbor : v jednom litru vody jest obsaženo miligramů :

Výparek při 100°	228.0 mg
Barva výparku	bílá
Kysličník železitý a hlinitý Fe_2O_3, Al_2O_3	Ø
Vápno CaO	77.26 ,,
Hořčík MgO	21.28 ,,
Chlor Cl	6.40 ,,
Kyselina dusíková N_2O_3	Ø
,, dusičná N_2O_5	Ø
,, sírová SO_3	9.60 ,,
Sirovodík H_2S	Ø
Ammoniak NH_3	Ø
Proteidamoniak	Ø
Organické látky	22.10 ,,
K oxydaci organ. látky v 1 litru vody bylo spotřebováno :	
Manganistanu	4.42 ,,
Kyslíku	1.12 ,,

Celková tvrdost 10.71°.

c. Rozbor bakteriologický :

Počet zárodků vyrostlých z 1 cm^3 vody v 8 dnech 18

Eijkmanova methoda k dokázání bakteria coli :
výsledek po 72 hodinách negativní.

Celkový úsudek : Voda jest bezvadné jakosti .

Rozbor spodní vody pro vodovod v Mor. Ostravě.

a. Rozbor fysikální : Teplota 10° C. Vzhled : čirá, bezbarvá, na vzduchu se po 24 hod. zakalí a na dně usadí se hnědý kal. Chuť metalická po železe.

b. Rozbor chemický:

Výparek při 100° C	292 mg
Žíháním se ztrácí	77 ,,
Zbytek po vyžíhání	215 ,,
Kysličník vápenatý	76.5 ,,
Kysličník hořečnatý	11.9 ,,
Chlor	20 ,,
Amoniak	Ø
Albuminoid -amonak	Ø
Kyselina dusíková	Ø
Kyselina dusičná	Ø
Kyselina sírová	63.5 ,,
Sirovodík	Ø
Kyselina fosforečná	Ø
Kyselina křemičitá	Ø
Kysličník draselnatý	Ø
Kysličník sodnatý	Ø
Kyselina uhličitá , vázaná	44.0 ,,
Spotřeba manganistanu draselnatého	6.95 ,,
Kysličník železnatý	40.0 ,,

./.

Kysličník manganový	1.12	mg
Tvrdost celková	9.4°	
Tvrdost trvalá	3.8°	

c. Rozbor bakteriologický : Voda je sterilní .

Celkový posudek : Voda vyhovuje požadavkům pitné vody ; závadou je velký obsah železa a manganu, které nutno odstraniti.

°_°_°_°_°_°_°

Rozbor pramenité vody pro vodovod Mor Ostravy

a. Fysikální rozbor : čirá, bezbarvá, bez vůně a bez příchuti , 9.5°
b. Chemický rozbor :

Výparek při 100° C	106	mg
Ztráta výparku žíháním	23.5	,,
Zbytek po vyžíhání	82.5	,,
Kysličník vápenatý	25	,,
,, hořečnatý	4.4	,,
,, železnatý	0.14	,,
,, manganový	Ø	
,, draselnatý	Ø	
,, sodnatý	18.6	,,
Chlor	25.0	,,
Ammoniak	Ø	
Kyselina dusíková	Ø	
,, dusičná	Ø	
,, fosforečná	Ø	
,, sírová	10.9	,,
,, křemičitá	Ø	
Sirovodík	Ø	
Kyselina uhličitá vázaná	16.5	,,
Spotřeba manganistanu	8.21	,,
Tvrdost celková	3.1°	
Tvrdost trvalá	1.0°	

c. Rozbor bakteriologický : Voda jest sterilní.

Celkový posudek: Voda vyhovuje požadavkům pitné vody.

°_°_°_°_°_°_°

Rozbor vody z domovní studně v Slav. Osieku.

a. Fysikální rozbor. Teplota : 10.2° C . Vzhled : čirá, bezbarvá, slabé alkalické reakcie. Zápach a chuť : bez chuti a zápachu .

b. Chemický rozbor: V jednom litru vody jest obsaženo miligramů :

Výparku při teplotě 105° C	1380	mg
Kysličník železitý a hlinitý F_2O_3 , Al_2O_3	24.40	,,
Kysličník vápenatý CaO	149.30	,,
Kysličník hořečnatý MgO	71.00	,,
Chloru	78.00	,,
Alkalické sulfáty	ø	
Kyselina dusíková N_2O_3	stopy	
Kyselina dusičná N_2O_5	262	,,
Kyselina sírová SO_3	86	,,
Sirovodík H_2S	stopy	
Ammoniak NH_3	stopy	
K oxydaci 1 litru vody spotřebovaného bylo : Manganistanu	7.80	,,
Kyslíku	1.90	,,

Celková tvrdost 24.87°.

c. Rozbor bakteriologický .

Voda usazuje málo kalu, ve kterém se nalézají bakterie, vegetabilní zbytky a mnoho infusorií.

Celkový posudek .

Tato voda jest značně znečištěna a nelze ji použíti, vyjma nutné potřeby, a pak jest nutno vodu vyvařiti.

·_·_·_·_·_·_·

§2. POTŘEBA VODY.

1./ Průměrná spotřeba vody.

Množství vody, jež k ústřednímu zásobování města neb osady potřebujeme, závisí především na počtu obyvatelstva, ale mimo to mají na spotřebu vody vliv : klimatické poměry, ráz města, je-li velkoměsto, průmyslové, venkovské, lázeňské atd., blahobyt obyvatelstva, větší neb menší požadavky čistoty, kropení ulic, množství veřejných sadů a zahrad, jež se polévají vodou z vodovodu, je-li v městě kanalisace, jsou-li v domech koupelny, je-li voda uvedena do domů nebo se odebírá ve veřejných výtokových stojanech a uličních studních , počet budov, stav chovu dobytka, je-li vodovod pro pitnou a užitkovou vodu jednotný neb dělený a j.okolnosti .

Velký vliv na spotřebu vody má též cena vody a způsob odběru vody, je-li totiž volný neb se měří vodoměry. Zvýšená spotřeba vody při ústředním zásobení vodou jest sice měřítkem pro zdravotní úroveň obyvatelstva, ale s druhé strany učí zkušenost, že vodovodem poskytnutá možnost snadného odběru vody vede k velké spotřebě, která vybočuje často až k bezohlednému plýtvání vodou, jemuž se nelze jinak ubrániti, než zavedením vodoměrů do domů a bytů.

Spotřeba vody vyjadřuje se obyčejně průměrnými čísly, vyvozenými z vodárenských výkazů měst zásobených vodou . Zpravidla udává se denní spotřeba jednoho obyvatele jako aritmetický průměr celé roční spotřeby. V této spotřebě zahrnuta jest voda k pití, voda k potřebám v domácnosti ; vaření, mytí, praní, čištění, voda spotřebovaná ve veřejných útvarech : školách, kasárnách, nemocnicích, lázních, prádelnách, jatkách, tržnicích, hotelích, na nádražích a pod. ; voda k veřejným účelům : kropení ulic, polévání sadů pro výtokové stojany uliční, vodotrysky a veřejné záchody; voda pro průmyslové závody : pivovary. lihovary, barvírny, koželuhárny, parní motory, plynové motory atd. ; voda pro stavby na maltu a voda pro požáry.

Potřeba vody pro soukromé, veřejné a průmyslové účely je patrna z těchto průměrných čísel .

K pití, vaření, praní a čištění na osobu a den	20 - 40 lit.
K napájení a čištění dobytka, denně na kus velkého dobytka	50 ,,
,, ,, ,, ,, ,, ,, drobného ,,	10 - 20 ,,
Na porážku velkého dobytka , za 1 kus	300 -400 ,,
,, ,, drobného ,, ,, 1 kus	150 -200 ,,
Jedno propláchnutí klosetu	10 ,,
Jedna vanová koupel	350 ,,
Jedna sprchová koupel	20 - 35 ,,
Jedno čištění kočáru, auta.....	200 ,,
Školy, na jednoho žáka denně.....	2 ,,
Kasárny, na jednoho vojáka denně.....	20 ,,
Kasárny, na jednoho koně denně.....	40 ,,
Nemocnice a ošetřovny na ošetřovanou osobu denně.....	100 -150 ,,
Veřejné lázně, na jednu vanovou koupel	350 -500 ,,
Prádelny, na 100 kg prádla.....	400 ,,
Tržnice, na 1 m^2 zastavěné plochy denně.....	5 ,,
Nádraží, na každou lokomotivu ve službě denně.....	6000-8000 ,,
Jedno kropení dlážděných ulic na 1 m^2	1 ,,
Jedno kropení štěrkovaných ulic na 1 m^2.....	1.5 ,,
Jedno kropení sadů na 1 m^2	1.5 ,,
Veřejný záchod s přetržitým proplachováním na hodinu	60 ,,
Veřejný záchod s nepřetržitým proplachováním na hodinu...	200 ,,
Veřejné výtokové studny s přetržitým /úsporným/ výtokem	3000 ,,
Pivovary na 1 hl uvařeného piva	500 ,,
Pivovary při umělém chlazení a výrobě ledu na 1 hl piva	1200-1500 ,,

K hašení požárů odebírá se jedním hydrantem 3 - 5 li./sek.

Průměrně počítá se normální denní spotřeba v našich městech asi 100 - 200 litrů , v malých městech bez kanalisace a ve venkovských obcích

40 - 80 litrů na obyvatele ; z toho připadá asi 20 - 40 litrů na spotřebu v domácnosti a ostatek je voda užitková ; tato okolnost vede v případě malé vydatnosti zdroje vodního zavedení dvojitého vodovodu , jeden pro pitnou, druhý pro užitkovou vodu. Při zásobovacích stavbách cisternami, kde jest nouze o vodu, počítá se na obyvatele a den jen 10 - 20 litrů vody.

Při stanovení celkové spotřeby vodní pro město nutno počítati na to, že vodovod musí vyhověti bez značných rekonstrukcí nejen pro dnešek, nýbrž aspoň pro nejbližší budoucnost ; proto se musí vzíti zřetel nejen na spotřebu nynější, nýbrž na konečnou spotřebu po několika desítiletích.

Vzrůst spotřeby vodní jest především následek postupného vzrůstu obyvatelstva, který lze ustanoviti ze statistických výkazů. Obnáší-li nynější počet obyvatelstva N a obnášel-li počet obyvatel před n lety M, obdržíme z rovnice $N = M / 1 + \frac{p}{100}/^n$ percentuální roční přírůstek obyvatelstva čili populační koeficient $\log /1+ \frac{p}{100}/ = \frac{\log N - \log M}{n}$. Je-li znám populační koeficient p, vypočte se konečný počet obyvatelstva za n let $N_n = N /1 + \frac{p}{100} /^n$. Tento pravděpodobný počet obyvatelstva možno ustanoviti za předpokladu stejnoměrného vzrůstu též graficky ; jestli-že totiž naneseme po způsobu pravoúhlých souřadnic na osu úseček X časová období jako úsečky a odpovídající počet obyvatelstva jako pořadnice, určíme stejnoměrným prodloužením obalové křivky pravděpodobný počet obyvatelů za několik desítiletí.

Takto počtem nebo graficky vyšetřený konečný počet obyvatelstva jest ovšem jen přibližný a slouží jen k odhadnutí počtu obyvatel v nejbližší budoucnosti, neboť vzrůst obyvatelstva nebývá ve městech vždy stejnoměrný, neboť se posoruje zejména v průmyslových městech následkem přírůstku industriálního dělnictva náhlý vzrůst, takže konečný počet obyvatel po několika desítiletích nelze přesně stanoviti.

Nejvíce rostou u nás města střední velikosti s 25.000 - 100.000 obyvateli, méně velkoměsta přes 500.000 a malá města pod 20.000 bez průmyslu ;

u venkovských obcí ukazuje se dokonce následkem odchodu obyvatelstva do průmyslových středisk velmi často klesání počtu obyvatel./Vylidňování venkova/.

Průměrně obnáší roční přírůstek obyvatelstva v naších městech 1 - 3%.

Vedle vzrůstu obyvatelstva mají vliv na zvětšení potřeby vody, tedy i stanovení konečné spotřeby i jiné okolnosti, obzvláště vzrůst průmyslu, zakládání nových průmyslových podniků, zavedení splaškové kanalisace, připojení předměstí a osad, které leží na periferii města, změna v názorech zdravotních, zvětšené požadavky čistoty v domech, na ulicích , ve veřejných ústavech a pod.

Vodárenská zařízení musí tedy vyhověti i zvětšené potřebě v nejbližší budoucnosti, tedy konečné potřebě po několika desítiletích a nutno zejména hlavní přiváděč a s ním souvisící stavby na př. aquadukty, shybky a pod. zaříditi pro konečnou spotřebu, předpokládaje ovšem, že vodní zdroj pro konečnou spotřebu vůbec stačí. Vycházíme při tom ze stanoviska vyhnouti se v pozdější době velkým obtížím při rozšíření a rekonstrukci vodovodu. Méně padají na váhu budovy, vodojemy a vodovodní rozdělovací sítě které se mohou každou dobu dle skutečné potřeby rozšířiti ; ještě méně padají na váhu různá strojní zařízení, pro čerpání vody a pro pohon strojů, která se projektují vůbec jen pro potřeby nynější nebo nejbližší budoucnosti, poněvadž se během doby opotřebují a také jejich konstrukce vývojem strojnictví zastarají.

Na otázku, na jakou dobu má vodovodní zařízení postačiti, lze těžko odpověděti. Obecně se vyžaduje, aby první zařízení vyhovovalo asi pro příštích 25 let ; nicméně nutno dbáti, aby se dal vodovod i po uplynutí této doby vhodně rozšířiti. Ekonomicky nebylo by též správné prováděti vodovodní zařízení, která budou potřebná teprve za delší řadu let, poněvadž v nich investovaný kapitál leží neupotřeben ladem a jest lépe s investicemi , které nejsou nutny posečkati a eventuelně ukládati k tomu účelu nějaký kapitál na úrok, neboť při 4% zúrokování se uložený kapitál asi za 18 let zdvojnásobí.

2./ Kolísání spotřeby vody.

Z vodárenských výkazů měst vysvítá, že spotřeba vody není po celý rok a každý den stejnoměrnou, nýbrž že v určitých mezích kolísá a toto kolísání má podstatný vliv na uspořádání vodárenského zařízení, které slouží k jímání, přivádění vody a k jejímu shromažďování ve vodojmech. Kolísání spotřeby pozorujeme v období celoročním, v období měsíčním, období denním a hodinovém.

a./ Spotřeba celoroční mění se dle klimatických poměrů kraje, zejména dle úhrnných deštoměrných srážek a průměrné roční teploty. V mokrých letech jest potřeba menší, v suchých větší, což jest dosti nevýhodné, poněvadž stojí vydatnost zdrojů vodních v obráceném poměru s potřebou . Průběhem několika let různí se maxima a minima oproti průměrné celoroční spotřebě o ± 10%.

b./ Spotřeba měsíční kolísá dle ročních časů ; nejmenší bývá v zimě, největší v létě v měsících červnu, červenci, srpnu a září. V obcích venkovských pozoruje se maximum v důsledku většího počtu dobytka na podzim. Označíme-li celoroční spotřebu číslem 100, obnáší průměrná měsíční spotřeba $\frac{100}{12}$ = 8.33% celoroční spotřeby. Ve skutečnosti kolísá spotřeba měsíční v mezích 8.33 ± 2%, tedy v mezích 6 + 10% průměrné roční spotřeby.

c./ Spotřeba denní rovněž tak během týdne kolísá a toto kolísání závisí na místních poměrech, na roční době a způsobu zaměstnání. V létě bývá spotřeba větší, v zimě menší. Pozoruje se též, že je spotřeba vody v soboty a ve dny před svátky větší, než v obyčejné všední dny a nejmenší spotřeba vody pozoruje se v neděle a svátky. Je-li průměrná spotřeba denní t.j. celoroční spotřeba dělena $\frac{Q}{365}$ = 1, můžeme odhadnouti maximální denní spotřebu 1.5 průměrné denní spotřeby, tedy 1 ± 50% = 0.5 - 1.5 průměrné spotřeby v jednotlivých měsících, vyjadřují denní spotřebu tato čísla :

Měsíc :	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Denní spotřeba :	0.6	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.7

Maximální denní spotřeba rovná se tedy 1.5 průměrné denní spotřeby.

d./ Spotřeba hodinová během dne rovněž kolísá a toto kolísání jest pro vodárenská zařízení, zejména pro výpočet potrubí a stanovení kubického obsahu vodojemu velmi důležité. Označíme-li Q = 100 průměrnou denní potřebu, bude průměrná hodinová potřeba $\frac{Q}{24} = \frac{100}{24} = 4.17$ % denní potřeby. Ve skutečnosti obnáší však hodinová potřeba až 1.5 průměrné hodinové potřeby, jak patrno z tohoto výkazu, vzatého z výkazu maximální denní spotřeby města Lipska dne 13. června 1890. Spotřeba v jednotlivých hodinách q % obnáší v %

Hod.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q % =	1.85	1.79	1.80	1.78	1.83	2.75	5.28	5.25	6.0	6.31	5.95	6.04
Hod.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
q % =	5.83	5.77	5.78	5.55	5.16	5.18	5.04	4.69	3.59	2.93	2.38	1.77

Vezme-li se zřetel i na kolísání denní spotřeby, která se rovná jak shora řečeno až 1.5 násobné průměrné denní spotřebě, bude maximální hodinová spotřeba obnášeti Q = 4.17 . 1.5 . 1.5 = 10.0, t.j.asi 10% čili jedné desetině průměrné denní spotřeby.

Příklad: Počet obyvatelstva nynější 16.000, konečný 20.000,
Průměrná denní spotřeba 150 litrů na osobu.

Denní průměrná potřeba = 20.000 . 0.150 = 3.000 m^3 .
Denní maximální potřeba = 1.5 . 3.000 = 4.500 m^3.
Měsíční potřeba průměrná = 3.000 . 30 = 90.000 m^3.
Roční ,, ,, = 3.000 . 365 = 1,095000 m^3
Hodinová ,, ,, = 3.000 . 0.0417 = 125.10 m^3
,, ,, maximální = 3.000 . 10% = 300 m^3.

Aby se udání o spotřebě vody a jejím kolísání s náležitou bezpečností zjistilo, musí se ve vodárnách vésti stálé výkazy o spotřebě vody a sice na základě měření vodoměry, osazenými do hlavního potrubí, kterým se přivádí voda do města.

§5. ZDROJE VODY PITNÉ.

Vyhledávání vody, která by odpovídala po stránce kvalitativní a kvantitativní jest velmi důležitou úlohou při projektování vodáren, poněvadž jsou požadavky, jež klademe na zdravou pitnou vodu dnes velmi přísné a mnohem větší než-li v dobách dřívejších, kdy naše vědomosti o hygieně a vztahu epidemických nemocí k vodě pitné nebyly známy. Také se názory o požadavcích na pitnou vodu během času proměnily a ktomu vyžadují dnešní velká města tak ohromné množství vody, že jest vyhledání vhodného zdroje vodního těžkou úlohou technickou i hospodářskou.

Vyhledávání vody k ústřednímu zásobení města jest kombinovanou úlohou inženýra, geologa a hygienika. Geolog má podati úsudek o geologickém původu vody a při spodní a pramenité vodě o petrografickém složení a uvrstvení půdy, o mohutnosti a rozloze vodovodné vrstvy, jakož i pravděpodobné vydatnosti zdroje vodního. Hygienik má posouditi, zda-li vyhlédnutý zdroj vodní vyhovuje požadavkům pitné vody a zda-li území, ve kterém se voda jímá jest hygienicky bezvadné. Nicméně jest nutno, aby se inženýr, projektující vodárnu, náležitě obeznámil s těmito pomocnými vědami hydrotechniky, totiž geologií a hygienou, z nichž poslední lze považovati jako výslednici mediciny, bakteriologie, přírodních věd, chemie, fysiky a stavitelství.

Na zdroj vodní klademe tyto požadavky:

a / Voda musí býti bezvadné jakosti jak po stránce fysikální a chemické, tak i po stránce biologické ; ona musí býti prosta všech zdraví lidskému škodlivých příměsů a také musí býti nade vší pochybnost zjištěno, že takové příměsy ani v budoucnosti do zdroje vodního nepřijdou. Z toho důvodu navrhujeme při jímání povrchové nebo spodní vody ochranná pásma, aby se zabránilo nakažení vody, na př. kopáním studní, lámáním kamene, kutáním na rudy, intensivním pěstováním zemědělských bylin, obděláváním a hnojením pozemků , skládáním smetí a odpadků, přiváděním neb prováděním splašků a nečistých vod odpadních ve sběrném území.

b./ Vody musí býti dostatečné množství, aby se kryla potřeba pitné i užitkové vody nynější i v nejbližší budoucnosti, a aby se nemuselo s vodou spořiti. Při tom se musí pamatovati na možnost eventuelního rozšíření města následkem pravidelného přírůstku obyvatelstva, chovu dobytka a průmyslu. Pokud možno zavede se vždy vodovod jednotný, který jest z technických, zdravotních i finančních důvodů nejvýhodnější. Není-li však možno získati dostatečné množství vody pro všechny potřeby, zřídí se vodovod dvojitý, jeden pro pitnou a vodu potřebnou v domácnostech a druhý k dodání vody horší jakosti pro účely veřejné / kropení ulic, polévání sadů, průmysl a j./. V takovém případě musí se uspořádati armatury pro odběr vody tak, aby nenastal snadno omyl a obzvláště aby odběr vody pitné a užitkové pro domácnost byl úplně oddělen a odběrná zařízení aby byla viditelným způsobem označena.

c./ Voda nesmí býti příliš drahá, t.j. náklad na stavbu, udržování a provoz vodárny musí zůstati v přiměřených mezích, aby stavba vodárny vyhovovala nejen požadavkům technickým a hygienickým, nýbrž aby byla i ekonomickou. Obecně můžeme říci, že čím lepší jest jakost vody, čím větší jest vydatnost zdroje vodního a čím menší jest náklad na stavbu a provoz vodárny, tím výhodnější a způsobilejší jest zdroj vodní pro projektovanou vodárnu.

d./ Vedle těchto všeobecných úvah směrodatny jsou pro volbu zdroje vodního místní poměry města, možnost rozšíření vodárny, očekávaný vzrůst obyvatelstva, vznik nových průmyslových odvětví, možnost připojení okolních osad a předměstí na městskou vodovodní síť, finanční stav obce, právní poměry zdroje vodního, výškové poměry zdroje vodního vůči zásobenému území, od kterých závisí, zda-li se může voda přiváděti do místa spotřeby přirozeným spádem / gravitací/ nebo se musí uměle čerpati síla potřebná ku pohonu čerpacích strojů a její cena a j.

Někdy máme na výběr více zdrojů vodních, někdy odkázání jsme pouze na určitý zdroj a často jsme přinuceni upotřebiti pro vodovod i méně způsobi-

lou vodu, která se musí ovšem přiměřeným způsobem čistiti a zlepšiti, ale tomu se třeba z technických i ekonomických důvodů pokud možno vyhnouti.

Přehlédneme-li různé v přírodě se vyskytující zdroje vodní, které se mohou k ústřednímu zásobení vodou upotřebiti, tedy vidíme, že veškerá voda na povrchu zemském pochází z vody srážkové, která odtéká na povrchu, tvoří potoky a řeky anebo se shromažďuje v rybnících, jezerech nebo umělých nádržích. Částečně vsakuje voda srážková a říční do vnitra země, hromadí se ve vododajných vrstvách a tvoří spodní vodu, která buď stojí nebo se pozvolna pohybuje a jestliže vododajná vrstva vyrazí na povrch svahů nebo v údolí, tvoří se prameny, takže jsou voda spodní a voda pramenitá co se týče původu a jakosti vody vlastně totéž.

Voda mořská nehodí se pro svou hořkou a slanou příchuť k pití a kdyby se ji chtělo použíti jako pitné vody, musila by se destilovati.

Tímto přehledem vyskytování se vody v přírodě, vyznačeny jsou zároveň i zdroje, jichž můžeme k ústřednímu zásobení vodou upotřebiti; jsou to:

1./ Voda dešťová, která se zachycuje a shromažďuje v otevřených neb krytých nádržích.

2./ Voda povrchová, která se jímá v potocích a řekách, jezerech a umělých nádržích.

3./ Voda spodní, která se nalézá ve vododajných vrstvách spodiny, kde stojí nebo se pohybuje. Sem náleží též t.zv.voda nassávaná, která vzniká prosakováním vody říční do půdy podél toků.

4./ Voda pramenitá, která vyvěrá z vododajných spodních vrstev na povrch území.

·_·_·_·_·_·_·

§4. ZÁSOBOVÁNÍ VODOU DEŠŤOVOU.

1./ Povaha dešťové vody.

Dešťová voda tak jak z ovzduší na zemi padá nehodí se dle obvyklých názorů valně k pití ; ona jest sice čistá, prostá škodlivých příměsů, ale je velmi měkká, podobně jako destilovaná voda bez minerálních solí, následkem čehož mdle chutná. Ve skutečnosti jest však dešťová voda , když je dobře uschována dobrá, zdravá a kdo si na ni zvykne, chutná mu právě tak, jako voda pramenitá.

Nevýhodou při užití dešťové vody jest, že vždy neprší a že se musí následkem nestejnoměrného rozdělení deště průběhem roku shromažďovati v nádržích - cisternách , aby se kryla potřeba za bezdeští. Tato okolnost vylučuje použití cisteren pro ústřední zásobení větších měst vodou, poněvadž by to vyžadovalo velký počet cisteren. Nicméně nelze v některých případech zásobiti města a osady jiným způsobem než-li zachycováním dešťové vody v cisternách.

To platí zejména o krajinách Krasu v Dalmacii, Istrii, Chorvatském Přímoří, Hercegovině, Řecku , Albanii, Malé Asii atd. Tyto krajiny trpí při celkových dosti hojných dešťových srážkách velkým nedostatkem vody v letních měsících, poněvadž zde zpravidla po 3 - 6 měsíců vůbec neprší . Přirozených toků vodních zde následkem konfigurace terrainu vůbec není, anebo jsou jen výjimkou, ale i tenkráte mají ráz horských bystřin, ve kterých odtéká voda jen periodicky za doby vydatných dešťů anebo když sníh na jaře náhle roztaje. Voda dešťová propadá v krasovém území trhlinami ve dně nálevkovitých propadlin „ ponikvemi čili ponory “ do země. Spodní voda, jak ji nalézáme u nás v diluviálních neb terciérních naplaveninách, rovněž zde není ; t.zv. skrytá podzemní voda koncentruje se zde v rozčleněné síti kanálů, průchodů a kotlin, vyluhovaných vodou, z nichž vyvěrá jako mohutný pramen, v náhorních rovinách i nížinách zvaných „ Polje “, kde po krátkém povrchovém toku padá do ponorů a mizí zase do země. Následkem

toho trpí hornaté krajiny Krasu, vyjímaje řečené nížiny v létě nedostatkem vody a tento nedostatek pociťuje se nejen v domácnostech, nýbrž i při chovu dobytka, od kterého tamější obyvatelstvo skoro výhradně žije. Tyto hornaté, většinou devastované kraje, hodí se totiž jen k lesnímu hospodářství, pastvinářství a chovu dobytka, ale bez vody nelze na vydatný chov dobytka pomýšleti. Není žádnou řídkostí, že se voda pro domácnosti musí donášeti neb dovážeti ze vzdálenosti 5 - 10 km, což jest zajisté velmi obtížné. Proto jest zásobování vodou v Krasu důležitou životní otázkou hospodářského i kulturního významu a nelze ji velmi často jiným způsobem řešiti, než-li zachycováním dešťové vody v cisternách, aby byla v zásobě pro doby suchého počasí a bezdeští. Také nalézáme v krasovém území periodické prameny, které vykazují sice v zimě a na jaře dostatečnou vydatnost, ale v létě a na podzim úplně vyschnou. V takových případech zřídí se vedle pramene krytý vodojem, který se naplní vodou, aby v něm byla uschována dostatečná zásoba, když pramen vyschne.

Konečně užívá se cisteren také v krajinách močálovitých, rašelinovitých a též podél břehů mořských, kde se pod povrchem území sice najde spodní voda, ale nehodí se k pití, poněvadž je pomíchána se slanou vodou mořskou. Celkem můžeme říci, že dnes významu cisteren při zásobování měst vodou ubývá a že se přihlíží všude k tomu, získati třebas i překonáním velkých technických i finančních obtíží jiný, vhodnější zdroj vodní.

2./ N á d r ž e n a d e š ť o v o u v o d u , c i s t e r n y .

Cisterny jsou do země pohřížené nádrže, jež slouží k shromažďování dešťové vody. Pozůstávají ze sběrné plochy, na které se srážková voda sbírá a krytého nebo otevřeného vodojmu, ve kterém se srážková voda uschová; dešťové srážky, které padají na sběrnou plochu, odvádějí se krytým kanálem nebo hliněným potrubím do vodojemu a sice buď přímo, nebo po předcházejícím pročištění v pískovém filtru.

Cisterny pro pitnou vodu zřizují se vždy jako kryté zděné vodojemy, aby se voda neoteplila a neznečistila, ale ku shromažďování užitkové vody, která slouží k napájení dobytka, staví se též otevřené vodojemy v Dalmacii zvané lokve. Při navrhování cisteren důležito je ustanoviti velikost sběrné plochy a kubický obsah vodojemu.

Velikost sběrné plochy ustanoví se z úhrnné spotřeby a množství ročních srážek. Co se týče denní spotřeby, to se při zásobování vodou dešťovou z cisteren spokojujeme s minimálním množstvím pitné a užitkové vody pro domácnost a chov dobytka ; počítá se na člověka 10 - 15 litrů , na jednoho koně a kus hovězího dobytka 15 - 20 litrů a na drobný dobytek 5 - 10 litrů.

Přítok dešťové vody do cisterny ustanoví se z deštoměrných pozorování nejbližší ombrometrické stanice, které se sestaví do výkazu, neb pro lepší přehled do vhodného diagramu. Nutno vyšetřiti úhrnné roční srážky, jejich maxima a minima, střední roční srážky a střední měsíční srážky z delší řady let. Dále jest nutno vyšetřiti nejdelší trvání absolutního sucha, t.j. nejdelší periody bezdeští, jež se považují za nepřerušeny srážkami menšími než 5 mm, jakož i dobu relativního sucha, t.j. dobu kdy sice prší, ale dešťové srážky ku krytí potřeby nestačí.

Je-li množství celoroční spotřeby M a obnáší-li průměrné roční srážky v metrech h a koeficient odtoku pro sběrnou plochu m, budeme potřebovati pro zásobení vodou minimální sběrnou plochu $P = \frac{M}{h.m.}$ m^2 . Často jest sběrná plocha místními poměry již dána a v tom případě jest množství vody, které lze na ni zachytiti $M = P.h.m.m^3$. Koeficient odtoku obnáší pro sběrné plochy, pozůstávající ze střech a nepromokavé dlažby 60 - 80 % ; průměrně může se počítati, že přijde asi 70% srážek na cisterny. Jako sběrné plochy upotřebí se v první řadě střech soukromých nebo veřejných budov/škol, kostelů / s dobrým, čistým krytem. Jestliže takových budov není vyhledá se k tomu účelu rovná plocha v území, ze které se dešťová voda odvádí do cisterny.

Použije-li se k plnění cisteren též periodických pramenů, při kterých vyvěrá voda jen určitou roční dobu, na př. v zimě a na jaře, naplní se cisterna vodou, aby v ní byla zásoba ku krytí potřeby za doby když pramen úplně vyschne, nebo jeho vydatnost klesne.

Stanovení kubického obsahu cisteren jest velmi důležitou otázkou při zásobování dešťovou vodou, poněvadž jsou dešťové srážky nestejnoměrně v roce rozděleny a zásobou vody v cisterně má se kryti potřeba za doby bezdeští a nedostatečných srážek, t.j. doby absolutního a relativního sucha. V krasových krajinách, kde se tohoto způsobu zásobování nejvíce užívá, bývá nejvíce srážek v podzimních a zimních měsících, kdežto v letních měsících jsou srážky velmi nepatrné, nebo vůbec žádné a proto se musí voda z větších srážek zimních uschovati pro letní sucho. Čím nestejnoměrněji jsou srážky rozděleny a čím delší je doba absolutního sucha, tím větší musí býti kubický obsah cisterny.

Kolik vody mutno v cisterně zadržeti, stanoví se výpočtem nebo graficky ; výhodnější jest způsob grafický znázorněný v tab. 1. K tomu cíli vypočte se z denní potřeby vody potřeba v jednotlivých měsících a úhrnná potřeba roční M . Pomocí poslední ustanovíme velikost sběrné plochy $P = \frac{M}{h.m.}$. Dále vyšetří se z víceletých dešťoměrných výkazů průměrné měsíční srážky a z těchto srážek a velikostí sběrné plochy, vypočte se přítok v jednotlivých měsících, který se vynese ve vhodném měřítku do diagramu, sestaveném po způsobu pravoúhlých souřadnic. Na srážky menší než 5 mm nebéřeme zřetel ; tyto srážky se prostě vynechají . Z průměrných měsíčních srážek, tedy měsíčního přítoku a průměrné měsíční spotřeby odběru, konstruuje se součtová čára přítoku a potřeby, anebo se vypočte pro jednotlivé měsíce přebytek a nedostatek, ze kterých se konstruuje součtová čára přebytků a nedcstatků.

Na každý způsob musí se při určování kubického obsahu cisteren vzíti zřetel na leta s nejmenšími srážkami. Není však dobře projektovati cisterny

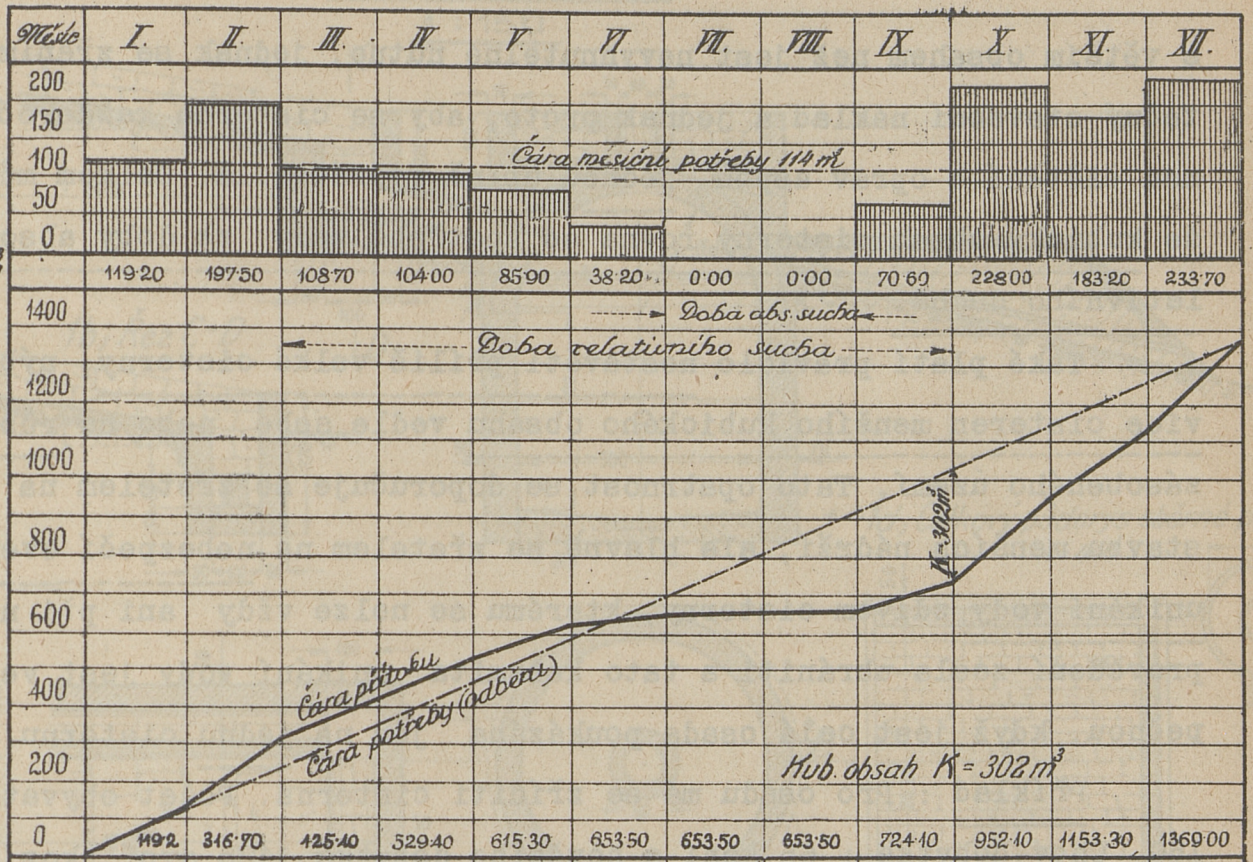
Grafické stanovení kubického obsahu cisteren.

1.

I.

Plochový diagram přítoku a potřeby.

65mm = 50m³



II.

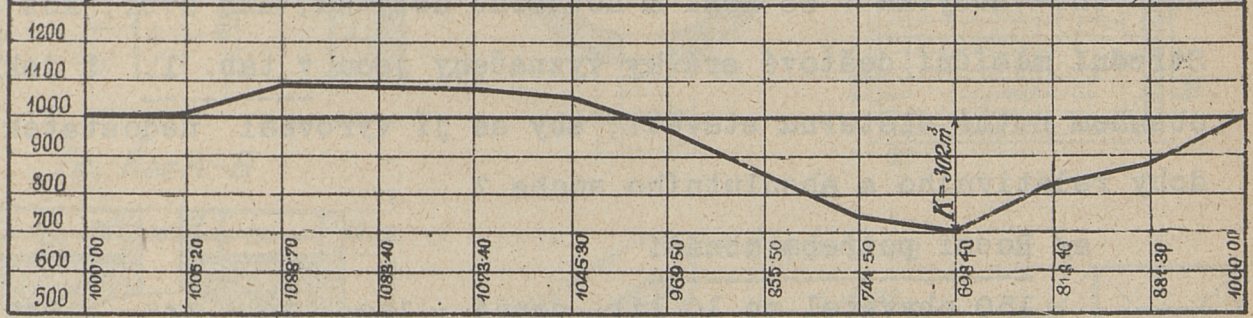
Součtová čára přítoku a potřeby.

5mm = 100m³

III.

Součtová čára přebytku a nedostatku.

5 m/m = 100 m³



Měsíc	Měsíční srážky mm	Přítok m³ jednotl.	Přítok m³ dohrom.	Potřeba m³ jednotl.	Potřeba m³ dohrom.	Přebytek +m³	Nedost. -m³	Ordinata součtové čáry	Poznámka
leden	125	119·20		114		5·2	—	1000·00 1005·20	
únor	207	197·50	316·70	114	228	83·5	—	1088·70	
březen	114	108·70	425·40	114	342	—	5·3	1083·40	relat. sucho
duben	109	104·00	529·40	114	456	—	10·0	1073·40	„ „
květen	90	85·90	615·30	114	570	—	28·10	1045·30	„ „
červen	40	38·20	653·50	114	648	—	75·80	969·50	„ „
červenec	—	—	653·50	114	798	—	114·00	855·50	absol. sucho
srpen	—	—	653·50	114	912	—	114·00	741·50	„ „
září	74	70·60	724·10	114	1026	—	43·40	698·10	relat. sucho.
říjen	239	228·00	952·10	114	1140	114	—	812·10	
listopad	192	183·20	1135·30	114	1254	69·2	—	881·30	
prosinec	245	233·70	1369·00	114	1369	118·7	—	1000	
dohromady	1435	1369·0							

s větším obsahem než jest nevyhnutelně nutno, jednak se zřením na zbytečný stavební náklad a jednak proto, aby se cisterna každoročně za příčinou čištění a oprav aspoň jednou úplně vyprázdnila. Celkem můžeme říci, že kubický obsah cisterny rovná se spotřebě vody za doby absolutního a relativního sucha.

Také platí pravidlo nestavěti příliš velké cisterny, nýbrž raději více cisteren menšího kubického obsahu vedle sebe, nebo na různých místech zásobeného území. Tato opatrnost se doporučuje se zřetelem na snadnější stavbu menších nádrží, ale hlavně se zřetelem na nebezpečí eventuelního unikání vody zdivem cisterny, kterému se nelze vždy ani při nejpečlivějším provedení zcela ubrániti a tato kalamita unikání vody jest velmi nebezpečnou, když jest celá osada poukázána jen na jednu cisternu.

Příklad : Pro osadu má se zříditi cisterna. Počet obyvatelstva je 150. Chov dobytka : 65 koní a hovězího dobytka, 425 ovcí, koz a telat. Střední měsíční dešťové srážky vyznačeny jsou v tab. 1. S jakým kubickým obsahem nutno cisternu stavěti, aby se jí vyrovnal nedostatek vody za doby relativního a absolutního sucha ?

a/ Roční potřeba obnáší

150 obyvatel po 10 lit. denně ; 150 . 10 . 365 = 547.50 m^3

65 koní a skotu po 15 lit. denně ; 65 . 15 . 365 = 355.88 m^3

425 drobného dobytka po 3 lit. denně ; 425 . 3 . 365 = 465.38 m^3

Úhrnná roční potřeba 1.368.76 m^3

okrouhle = 1.369 m^3.

Průměrná měsíční potřeba obnáší $\frac{1369}{12}$ = 114 m^3 .

b/ Přítok z dešťoměrných srážek obnáší

Úhrnné střední roční srážky h = 1.435 mm = 1.435 m^2

Koeficient odtoku sběrné plochy m = 0.75 = 75 %

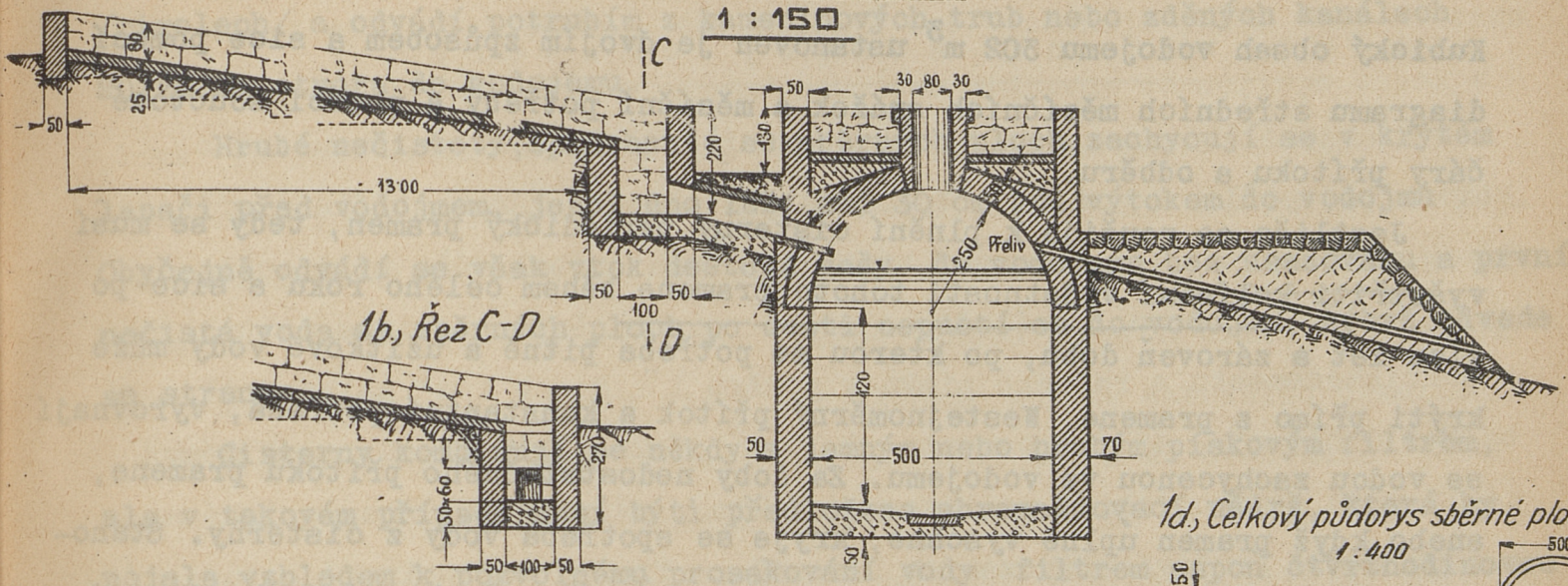
Sběrná plocha $P = \frac{1369}{1.435 . 0.75}$ = 1272 m^2 .

Redukovaná sběrná plocha P = 1272.0.75 = 954 m^2 .

CISTERNY

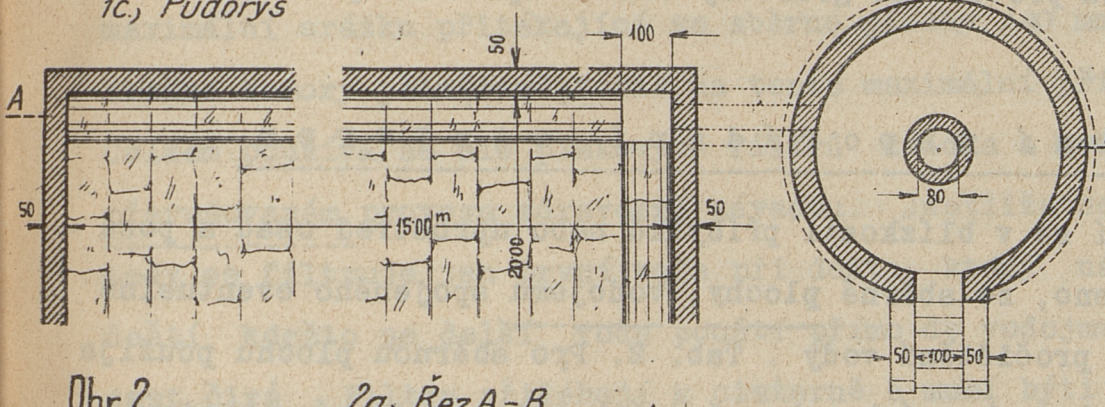
1 : 150

Obr. 1. 1a, Řez A-B



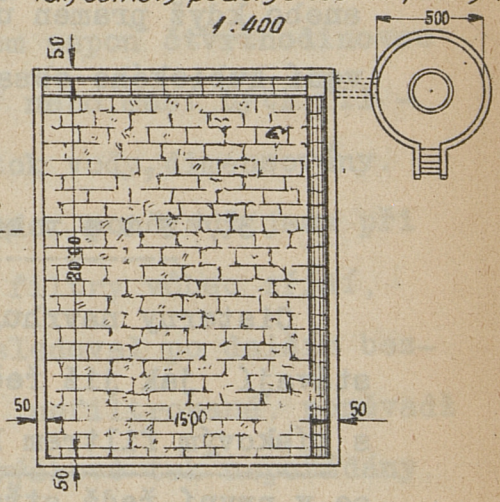
1b, Řez C-D

1c, Půdorys

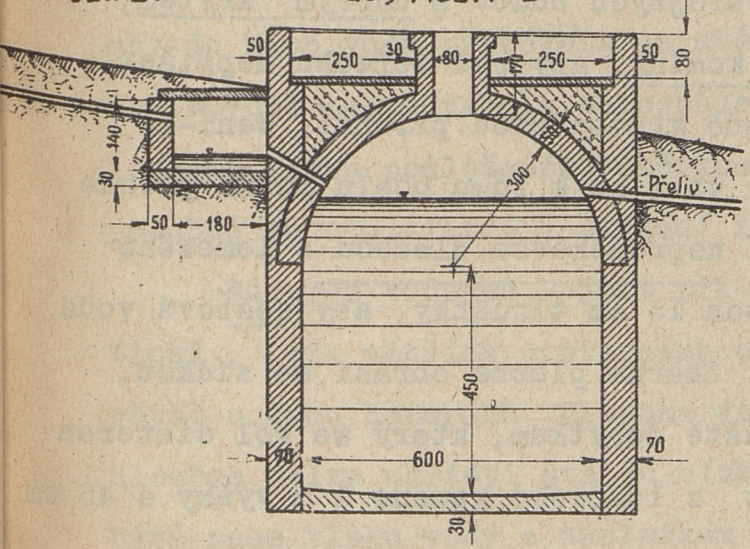


1d, Celkový půdorys sběrné plochy.

1 : 400

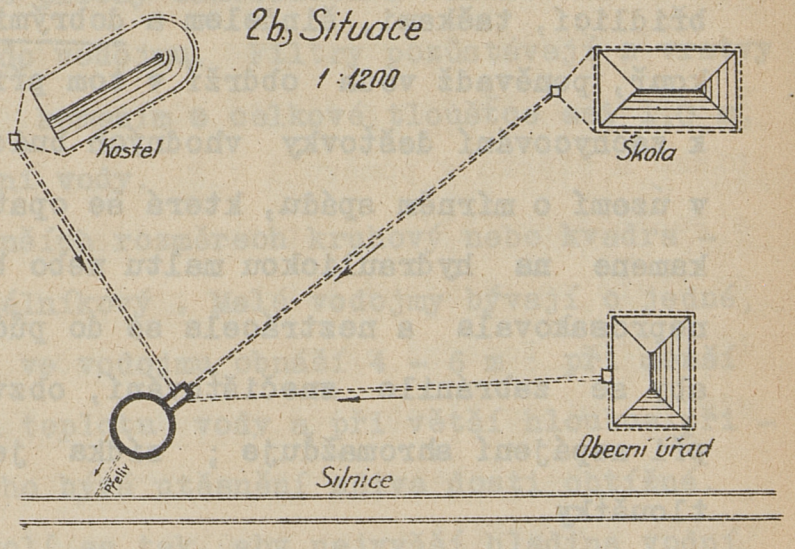


Obr. 2. 2a, Řez A-B

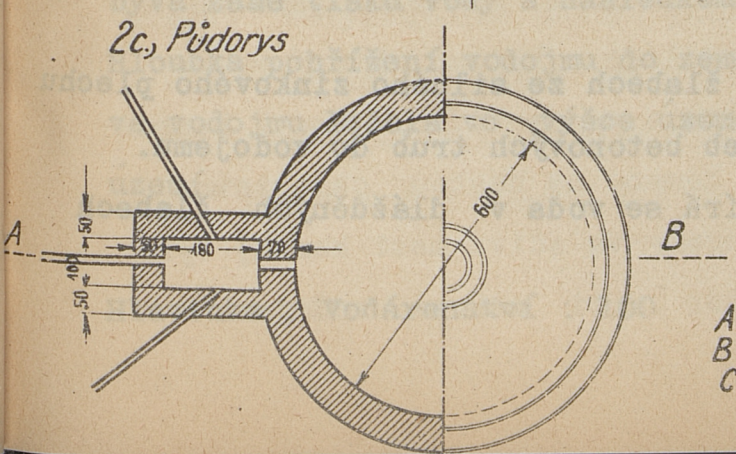


2b, Situace

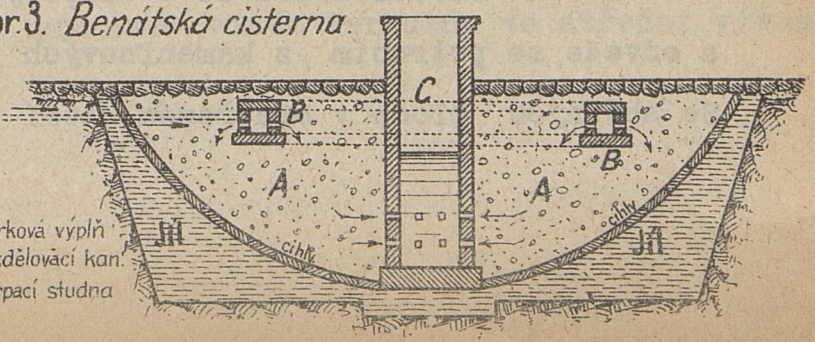
1 : 1200



2c, Půdorys



Obr. 3. Benátská cisterna.



Kubický obsah vodojemu 302 m^3 ustanoven je dvojím způsobem a sice pomocí diagramu středních měsíčních srážek a měsíční potřeby a pomocí součtové čáry přítoku a odběru.

Jestliže se použije k plnění cisterny periodický pramen, tedy se musí vyšetřiti kolísání vydatnosti tohoto pramene během celého roku a sice po více let a zároveň dobu, po kterou se potřeba pitné a užitkové vody může krýti přímo z pramene. Nestejnoměrný přítok a konstantní potřeba, vyrovnají se vodou zachycenou ve vodojemu. Za doby nedostatečného přítoku pramene, anebo když pramen úplně vyschne, kryje se spotřeba vody z cisterny. Stanovení kubického obsahu provede se graficky tímtéž způsobem jak shora uvedeno.

3./ Stavební uspořádání cisteren.

Cisterny navrhují se v blízkosti příbytků nebo uprostřed osad a pozůstávají jak již řečeno, ze sběrné plochy, vodojemu spojeného eventuelně s pískovým filtrem k pročištění vody . Tab. 2. Pro sběrnou plochu použije se v první řadě střech soukromých neb veřejných budov s dobrým krytem, břidlicí, taškami, šindelem a dobrými komíny, aby pod střechu nepřišel kouř, poněvadž voda obdrží v tom případě kreosotovou příchuť. Není-li k zachycování dešťovky vhodných budov, volí se k tomu účelu rovná plocha v území o mírném spádu, která se opatří nepromokavou dlažbou z lomového kamene na hydraulickou maltu nebo beton 15 cm tloušťky, aby dešťová voda neprosakovala a neztrácela se do půdy. Sběrná plocha chrání se zídkou, aby se zabránilo znečišťování, obzvláště dobytkem, který se kol cisteren při napájení shromažďuje ; zídka jest z lomového kamene 1 m výšky a 45 cm tloušťky.

Voda se střech sbírá se v okapových žlabech ze silného zinkového plechu a odvede se potrubím z kameninových neb betonových trub do vodojemu. Se sběrných ploch v otevřeném území sbírá se voda v dlážděných žlabech

/rigolech/ a odvádí potrubím z kameninových trub nebo zděných kanálech 20/20 cm otvoru do vodojemu.

Hrubé nečistoty, spláchnuté se sběrných ploch, zachycují se v krytém lapači před vodojmem, jehož dno leží asi 30 cm pod výtokem do vodojmu. Obyčejně odvádí se však vtok dešťové vody do vodojemu bez usazováku a první nečistá voda se sběrných ploch po dešti nepustí se do vodojmu, nýbrž odvede se stranou

Cisterny kombinují se někdy s jemným nebo hrubým pískovým filtrem, ale v takovém případě musí býti předložena shromažďovací nádrž, která by pojala vzhledem k pozvolnému prosakování vody filtrem aspoň čtvrthodinovou maximální srážku přitékající se sběrné plochy /40 mm/ nebo musí býti filtrační komory přiměřeně, totiž na tento maximální přítok vody, dimensovány. Celkem používá se ale pískových filtrů zřídka a nerado, poněvadž jsou při přerušovaném provozu zdravotní závadou. Jestliže se filtry vůbec zřídí, tedy se filtruje jen první voda při dešti, který následoval po dalším bezdeští, kdežto se další voda pouští přímo do vodojmu nefiltrovaná, poněvadž jest čirá. Filtry přiléhají k cisterně a musí býti výškově tak uspořádány, aby do nich voda přitékala se sběrné plochy samospádem a filtrovaná voda aby rovněž tak odtékala samospádem do vodojmu. Filtry pozůstávají z vrstvy jemného písku podloženého štěrkem a kamením o celkové tloušťce asi 1.0 m, podobně jako u filtrů k čištění říční vody.

Půdorys vodojmu jest při menších rozměrech kruhový nebo kvadratický; při větších cisternách obdélníkový. Malé vodojmy bývají o jedné, větší o dvou komorách. Hloubka vody ve vodojmu obnáší 4 - 6 m; při menší hloubce nelze udržeti stálou nízkou teplotu vody a při větší hloubce přibývá zase tlaku vody a následkem toho bývá utěsnění zdiva dosti obtížné. Hloubka pohřížení vodojmu do země volí se tak, aby nejvyšší hladina vodní ve vodojmu ležela ve výšce území a při svahovitém terrainu ve střední výšce území.

4./ P r o v e d e n í s t a v b y c i s t e r e n .

K stavbě cisteren používá se v první řadě dobrého a trvanlivého kamene bez průlin a trhlin. Vyloučen jest lomový kámen střílený při lámání dynamitem. Kámen nemusí býti opracován, nýbrž může býti zcela nepravidelného tvaru, poněvadž se získá rozčleněným pletivem malty z portlandcementu a režného písku v poměru 1 : 3 ; k 1 m^3 malty potřebujeme 0.346 m^3 = 491 kg cementu, 1.10 m^3 písku a 200 l vody . K témuž účelu může se upotřebiti nastavovaná malta z vápna s cementem a také se k tomu účelu používá přirozených cementů : Trasu, Santorinské a Puzzolánské hlíny, které se míchají s obyčejným vápnem. V krajinách Krasu užívá se k hydraulické maltě též zde velmi rozšířené červené hlíny / červenice, terra rossa/, která vykazuje, pomíchána s obyčejným vápnem, hydraulické vlastnosti. Poměr míchání vápna a červené hlíny je 5 : 4 . Před stavbou se dle Ballif-a / Wasserbauten in Bosnien u. Herzegovina / červená hlína nakope, rozmočí a dobře prošlape v homogenní hnětenici, která se míchá za přídavku vody a hašeného, dobře vyleželého vápna na hustou maltu. Připravená malta má před upotřebením několik dní ležeti.

K stavbě cisteren může se upotřebiti též pěchovaný beton, zejména k základům, ke dnu a dlažbě sběrné plochy. Beton míchá se z cementu, písku a štěrku v poměru 1 : 2 : 4 - 1 : 3 : 5, anebo z vápna , Santorinské a Puzzolánské hlíny a štěrku ; také se užívá betonu z červenicové malty, do které se přimíchá štěrk v poměru 3 díly vápna, 4 díly červenice a 7 dílů štěrku. Konečně užívá se v poslední době ku stavbě cisteren, obzvláště stropu, místo klenby též vyztuženého betonu.

Stavba cisterny musí se provésti velmi pečlivě. Stavební jáma se vykope a vystřílí a dno vodojmu vyzdí se nejlépe z betonu, který se na povrchu vyhladí cementovou maltou 1 : 2 , anebo se opatří dlažbou z kamene na maltu. Obvodní zdi staví se z lomového kamene na hustou cementovou maltu, při čemž nutno dbáti, aby veškeré mezery ve zdivu mezi kameny byly dobře vyplněny a vypěchovány maltou . Prostor mezi zdivem vodojmu

a svislými stěnami stavební jámy pečlivě se vypěchuje jílem nebo betonem z červenicové malty, aby byla nepromokavost cisterny co nejlépe zabezpečena. To jest nutno též z důvodů statických, aby se zdivo vodojmu dobře spojilo s půdou boků stavební jámy a zamezilo tvoření se trhlin ve zdivu následkem tlaku vodního. Valená nebo kulovitá klenba nad vodojmem provede se z lomového opracovaného kamene anebo dobrých cihel / zvonivek/ na cementovou maltu. Shora opatří se klenba, aby se zabránilo pronikání povrchové vody do vodojmu, cementovou omítkou, která se eventuelně ještě natře horkým asfaltem. Tloušťka obvodních zdí může se ustanoviti graficky nebo výpočtem z velikosti tlaku vodního, ale spolehlivější jest držeti se rozměrů skutečně provedených staveb, poněvadž se tlak vodní ve studni ruší aktivním a pasivním tlakem zeminy okolo vodojmu a nejedná se jen o stabilitě zdiva, nýbrž hlavně o jeho nepromokavost. Uvnitř opatří se dno a stěna vodojmu do výšky asi 30 cm nad nejvyšší hladinou vodní nepromokavou, 3 cm tlustou omítkou z cementové malty v poměru míchání 1 2 která se cementem dobře vyhladí / vypálí /. Nad klenbou provede se nadezdívka a zásyp, který se opatří shora nepromokavou dlažbou z kamene na cementovou maltu, anebo dlažbou z pěchovaného betonu. Dlažbě dá se malý postranní sklon, aby se na ní nezadržovala povrchová voda. K odběru vody z vodojmu ponechá se v klenbě okrouhlý otvor 60 - 80 cm světlosti, na kterém se postaví válcovité hrdlo asi 70 cm výšky. Okolo dlažby zřídí se ohradní zídka 60 - 80 cm výšky, aby se zamezil volný přístup a zabránilo nahodilému, nebo zůmyslnému znečišťování vodojmu. K udržení hladiny vodní v určité maximální výšce slouží přeliv. Není však možno vždy takový přeliv zalcžiti a u cisteren, které se nalézají blízko příbytků lidských, není přeliv nevyhnutelně nutný, poněvadž jest cisterna pod stálým dozorem, a když se naplní, tedy se přítok vody ze střech zastaví.

Voda čerpá se z cisterny obyčejně nádobou na provaze a sice buď prostou rukou anebo pomocí kladky zavěšené na stojanu nad hrdlem cisterny.

K témuž účelu užívá se též čerpadel, postavených do vododojmu. Ssací roura sahá ke dnu vodojmu a končí cedníkem k odvrácení eventuelních plovoucích hmot. Také se ukládá ssací roura do dírkovaných trub zárubních 80 - 150 mm průměru , vyplněných filtrační hmotou / pískovou /, anebo se cedník ovine jemným pletivem z bronzového drátu, podobně jako u trubních studní ku jímání spodní vody. Pumpa stojí na obvodu cisterny ; odpadová voda padá při čerpání do mušle a odvádí se potrubím stranou. K napájení dobytka postaví se u cisterny vál / žlab/ z kamene, betonu nebo ze dřeva.

V tab. 2 znázorněny jsou hlavní typy cisteren, užívaných v krajinách Krasu, v Istrii, Dalmacii a Chorvatském Přímoří. V obr. 1, znázorněna jest cisterna 5 m průměru. 6.75 m hloubky a 85 m^3 obsahu. Vodojem kruhového půdorysu proveden jest z lomového kamene , klenba rovněž z kamene. Sběrná plocha zřízena jest ve volném území, má tvar odbélníku 21 m délky a 16 m šířky. Dešťová voda sbírá se z nepromokavé dlažby v postranních rigolech a odvádí se zděným kanálem do vodojmu. V obr. 2, znázorněna jest cisterna z Chorvatského Přímoří a Dalmacie , jest 6 m průměru , 6.4 m hloubky a 180 m^3 obsahu. Vodojem kruhového půdorysu proveden jest z lomového kamene, klenba rovněž z kamene. Dešťová voda sbírá se na střechách okolních veřejných budov a odtéká kameninovým potrubím do vodojmu.

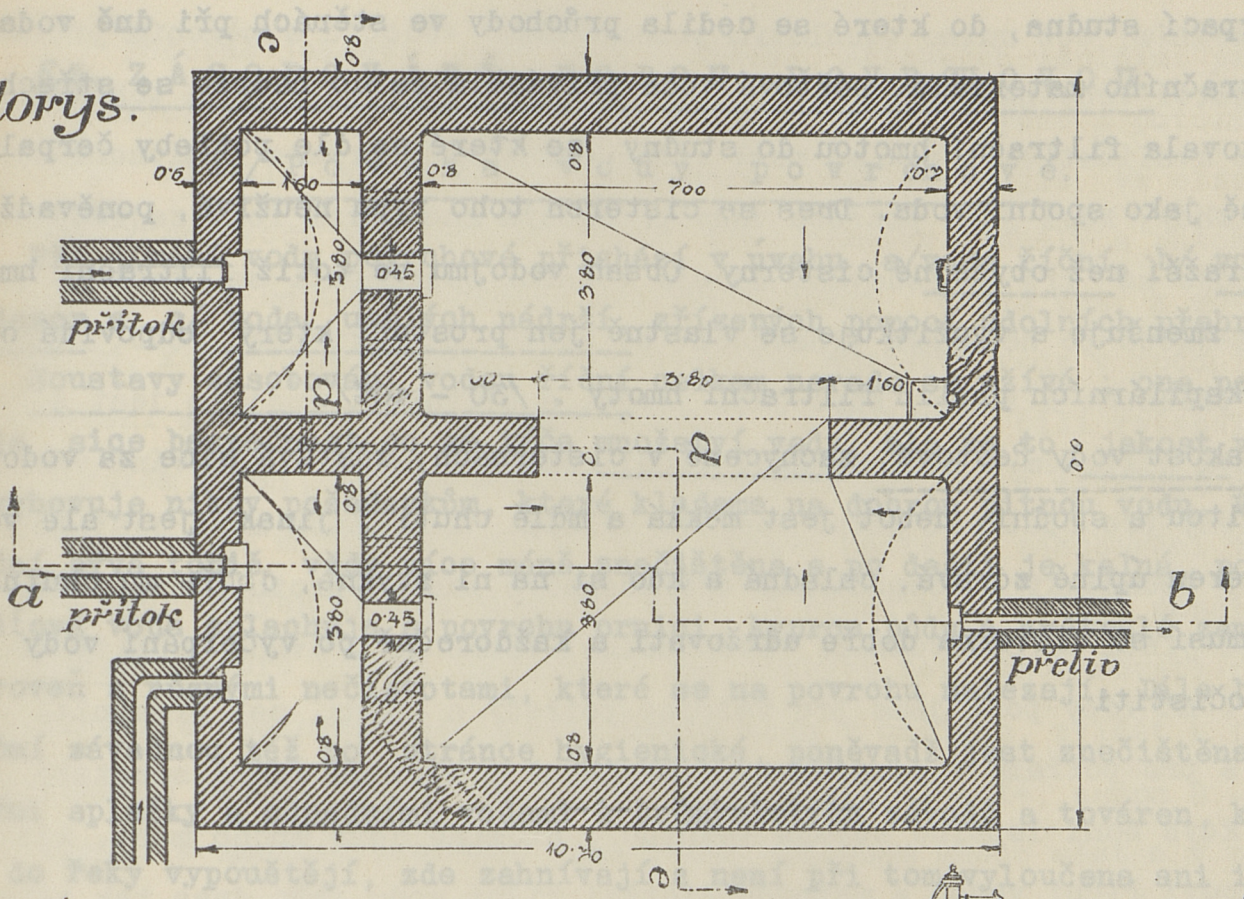
V tab. 3 znázorněn jest typ cisteren,užívaných v Istrii. Pozůstává z dvoudílného vodojmu 10.7 m délky, 10.0 m šířky a předloženými filtračními komorami, vyplněnými štěrkem a pískem. Dešťová voda sbírá se na střechách nebo volném území a odvádí se sběrným kanálem 25/25 cm otvoru do filtračních komor, kde se přetlakem v důsledku výškového rozdílu hladiny vodní ve vodojmu a filtračních komorách cedí a přichází do vodojmu, ze kterého se čerpá pumpou. Vodojem proveden jest z lomového kamene, valená klenba z cihel.

Staré benátské cisterny tab 2, obr. 3, měly tvar obráceného kůžele nebo kulové úseče a byly vyplněny štěrkem a pískem. Uprostřed nacházela

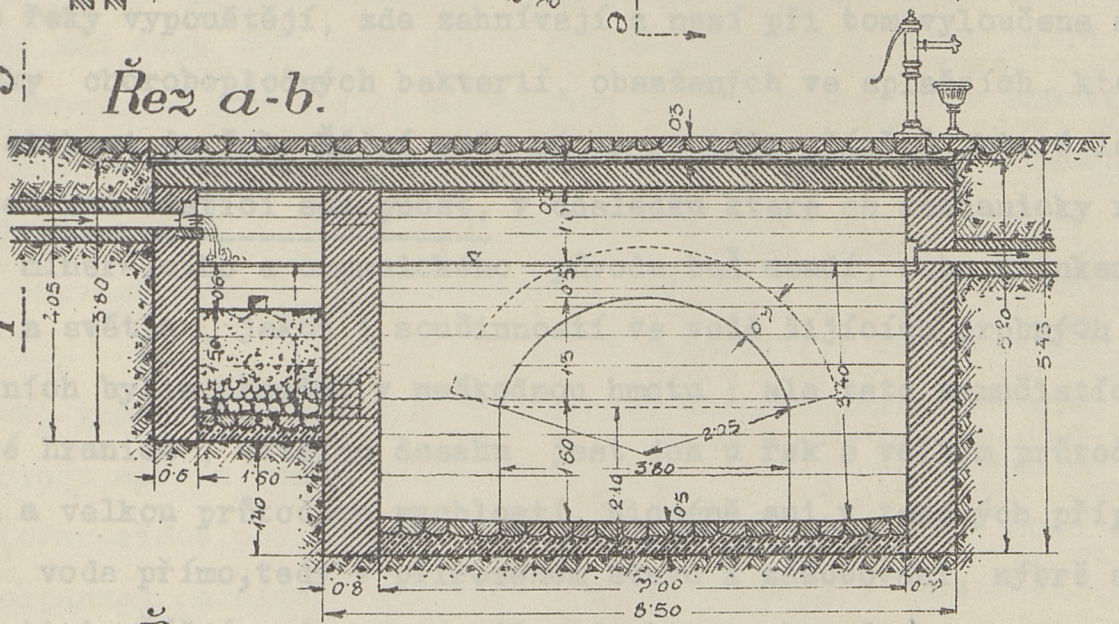
3

DVOUKOMOROVÁ CISTERNA.

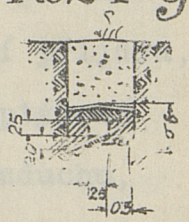
Půdorys.



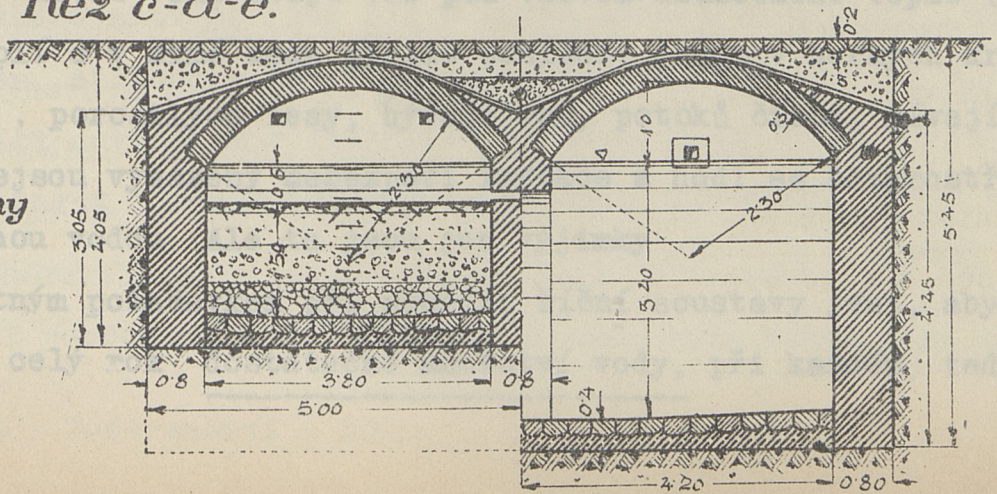
Řez a-b.



Řez f-g.



Řez c-d-e.

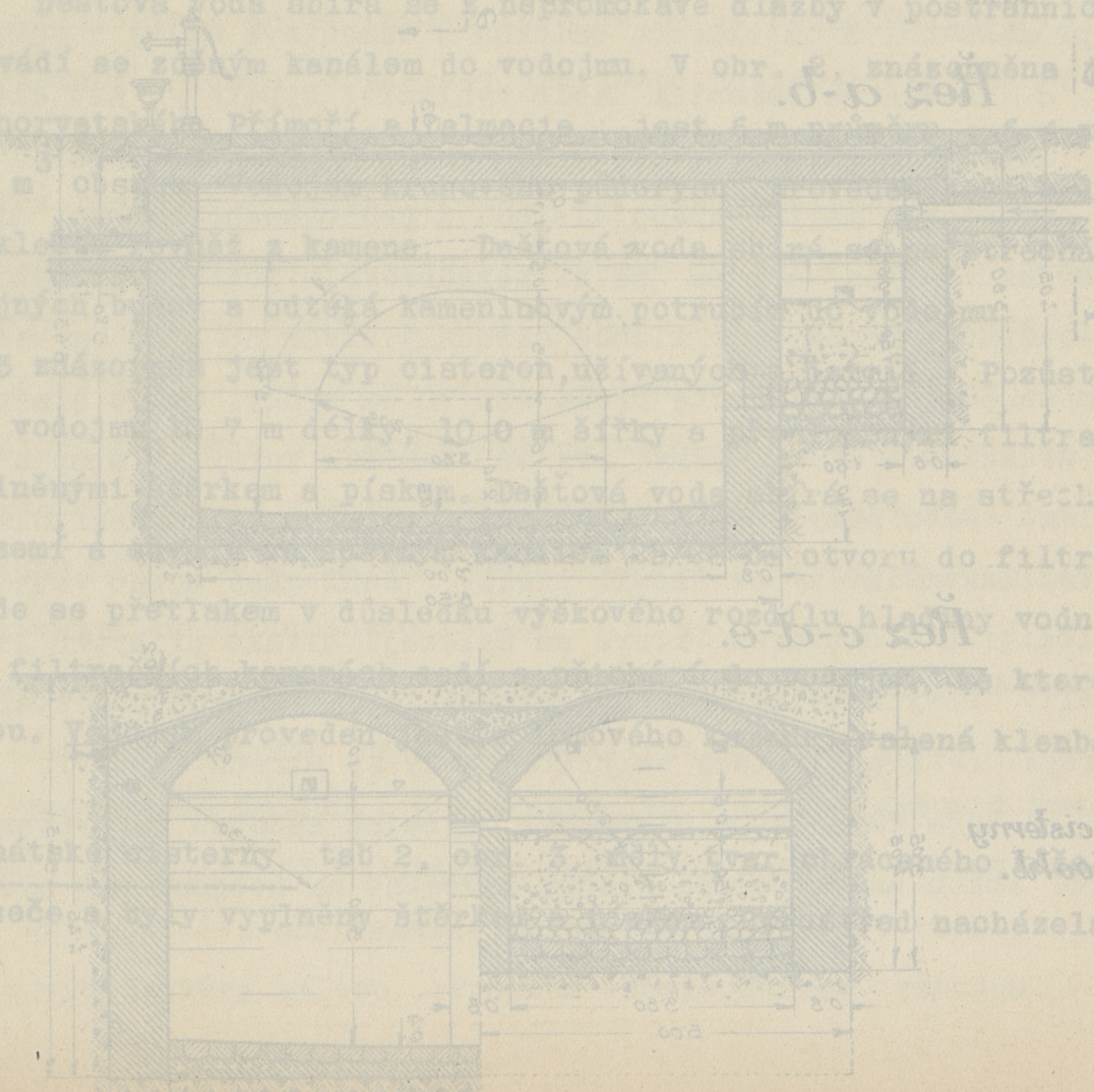


Obsah cisterny 2000 hl.

Měřítko 1:100.

se čerpací studna, do které se cedila průchody ve stěnách při dně voda z filtračního materiálu. Dešťová voda přiváděla se do nádrže se střech, prosakovala filtrační hmotou do studny, ze které se dle potřeby čerpala. podobně jako spodní voda. Dnes se cisteren toho typu neužívá, poněvadž jsou dražší než obyčejné cisterny. Obsah vodojmu se totiž filtrační hmotou značně zmenšuje a využitkuje se vlastně jen prostor který odpovídá obsahu nekapilárních prům in filtrační hmoty . /30 - 40%/.

Jakost vody deštové, zachycené v cisternách, zůstává sice za vodou pramenitou a spodní, neboť jest měkká a mdlé chuti ; jinak jest ale voda z cisteren úplně zdravá. chladná a kdo si na ni zvykne, dobře mu chutná Ovšem musí se cisterna dobře udržovati a každoročně po vyčerpání vody dobře očistiti.



§5. ZÁSOBOVÁNÍ VODOU POVRCHOVOU.

1./ Povaha vody povrchové.

Při jímání vody povrchové přichází v úvahu a/voda říční, b/ voda z jezer a c/ voda umělých nádrží, zřízených pomocí údolních přehrad.

Soustavy zásobování vodou říční celkem nerado se užívá ; ona poskytuje sice bezpečnost co se týče množství vody, ale za to jakost vody nevyhovuje nikdy požadavkům, které klademe na dobrou pitnou vodu. Voda říční bývá totiž vždy více méně znečištěna a po dešti je kalná, poněvadž dešťová voda splachuje s povrchu ornici, kyprou půdu a zvětralé zeminy zároveň s různými nečistotami, které se na povrchu nalézají. Dále bývá voda říční závadnou též po stránce hygienické, poněvadž jest znečištěna městskými splašky a odpadními vodami z průmyslových závodů a továren, které se do řeky vypouštějí, zde zahnívají a není při tom vyloučena ani infekce zárodky choroboplodných bakterií, obsažených ve splaščích, které přicházejí stokami do řek. Říční voda má co se týče příměsů, které do ní přijdou, určitou samočistící schopnost, v důsledku které se mechanicky rozptýlené látky minerálního a organického původu buď usadí, nebo účinkem vzduchu, tepla a světla , jakož i součinností ve vodě žijících drobných živočichů a vodních bylin přemění v neškodnou hmotu ; ale tato samočistící schopnost má své hranice , většího dosahu jest jen u řek s velkým průtočným množstvím a velkou průtočnou rychlostí. Nicméně ani v takových případech nehodí se voda přímo,tedy v přirozeném stavu k zásobování, nýbrž se musí uměle čistiti. Říční voda stojí též pod vlivem slunečního tepla , v létě se příliš oteplí a v zimě zase příliš ochladí. Jenom v horkých krajinách neobydlených , porostlých lesy, bývají vody potoků čisté, mívají výhodnou teplotu, nejsou vysazeny nebezpečí infekce a hodí se bezprostředně k zásobování pitnou vodou. Ale to jsou jen výjimky .

Nezbytným požadavkem při použití říční soustavy jest, aby bylo zajištěno po celý rok dostatečné množství vody, při každém, tedy i nejmenším

stavu vodním, což nutno víceletým pozorováním vodočtů a měřením průtočného množství vody nade vší pochybnost zjistiti. Nevyhovuje-li tok ani po stránce kvalitativní, pak se musí říční soustava naprosto zamítnouti. Ale i tehdy, když jest potřeba vody průtočným množstvím řeky zajištěna, doporučuje se při vyhledávání zdroje vodního ohlédnouti se přece po jiné vodě, zejména po horských pramenech, po spodní neb artézské vodě, kterým dáváme přednost i tehdy, když její jímání a přivádění spojeno jest s větším stavebním nákladem. Také se hodí říční soustava jen k zásobování větších měst, tedy pro opatření pitné vody ve velkém. U menších měst jest tato soustava technicky i hospodářsky nevýhodnou a musíme proto pátrati tím spíše po jiném zdroji vodním. Eventuelně vezme se v úvahu dvojitý vodovod. Říční vody použijeme pro veřejné potřeby a spodní neb pramenité vody k pití a pro potřeby v domácnosti. Obyčejně používáme říční soustavy jen tehdy, když není lepšího zdroje vodního ; nicméně jest mnoho měst, které se zásobují říční vodou a methody čištění říční vody jsou dnes tak zdokonaleny, že očištěná voda vyhovuje všem požadavkům pitné vody po stránce fysikální a chemické a že poskytuje též dostatečnou bezpečnost po stránce hygienické. Příklady toho druhu zásobování jsou města : Altona, Hamburg, Magdeburg, Königsberg, Lubek, Bremen, Petrohrad a j. V Sev. Americe jsou města zásobena většinou filtrovanou říční vodou.

Voda v jezerech sladkovodních vyhovuje požadavkům pitné vody jenom v krajinách horských, jestliže do jezer vyvěrají prameny a voda spodní, nebo ústí do nich čistá voda horských potoků. Voda se zde dobře ustojí, takže jest úplně čistá, v hloubce asi 8 m vykazuje teplotu, rovnající se roční průměrné teplotě dotyčného kraje a při tom je voda v této hloubce též sterilní. V této hloubce se voda obyčejně jímá a použije se ji k zásobování buď přímo, nebo po předchozím očištění v pískových filtrech. Příklady toho druhu zásobování jsou města Zürich, Lindau, Friedrichshafen na Bodamském jezeře a j.

Podobné jakosti jest voda z nádrží, zřízených údolními přehradami, ve kterých se sbírá voda dešťová, voda pramenitá a voda z potoků. Takových nádrží užívalo se pro účely zásobovací a závlahové již ve starých dobách k zachycení vody pro dobu bezdeští, když prameny ochably a potoky vyschly. Dnes zřizují se takové nádrže pro různé účely : chovu ryb, k motorickým účelům, k vyrovnání nestejného průtočného množství vody v potocích, ku zvětšení malé vody zavodňování pozemků a k zadržení čili retensi velké vody v horském území, aby se odvrátilo nebezpečí povodní v nížinách podél řek. Avšak v hojné míře používá se vody těchto nádrží k zásobování vodou, neboť když není jiných zdrojů vodních, když je říční voda příliš znečištěna, pramenů a dobré spodní vody není, pak nezbývá než zachycovati pro účely vodárenské dešťovou vodu a povrchovou vodu v umělých, zvlášť k tomu účelu zřízených nádrží které musí býti ovšem dosti hluboké, aspoň 8 - 12 m . V Anglii a Americe zásobeno jest tímto způsobem mnoho měst a v posledních letech postaveno jest též v ostatní Evropě mnoho nádrží s údolními přehradami, které slouží buď výhradně k zásobování měst vodou, nebo současně též k jiným účelům. Sem patří přehrady a nádrže v povodí Wuppery a Porýní, jež slouží k zásobení měst Solingen, Barmen, Essen, Sas. Kamenice a j.

V nádržích shromažďuje se voda dešťová a povrchová, eventuelně i pramenitá ; voda se ustáním očistí, vlnitým pohybem hladiny vodní a dotykem se vzduchem se dobře provětrá /aerace/; ve hloubce asi 8 m pod hladinou vykazuje voda přiměřeně nízkou teplotu, která jest pro pitnou vodu výhodnou. Rovněž tak je dokázáno, že se v této hloubce nenalézají ve vodě nádržkové téměř žádné bakterie a mikroorganismy.

Zkušenosti nabyté s vodou z nádrží jsou vůbec velmi příznivé a voda z nich vyhovuje požadavkům pitné vody jak po stránce fysikální i chemické, tak po stránce bakteriologické. Jest však nutno vyhledati pro stavbu takových nádrží území málo kultivované a málo zalidněné s mnoho pramenů, nejlépe v horském dobře zalesňovaném území a v prameništi řek, kde jest znečišťování povrchové vody, zejména infekce vody bakteriemi vyloučena .

Od tohoto přísného požadavku však často upouštíme a zřizujeme údolní přehrady k zachycování povrchové vody i v krajích méně k tomu způsobilých, tedy v krajích obydlených. Ve vodě zde shromážděné vznikne ovšem bujná vegetace vodních bylin, řas a objeví se i velké množství makroorganismů /plankton /, které se však mechanickou filtrací v jednoduchých neb dvojitých filtrech odstraní a voda očistí.

Vody z nádrží použije se k zásobování buď přímo nebo po předchozím očištění v pískových filtrech, eventuelně i sterilisačních aparátech. Zpravidla musí se však voda z nádrží a jezer čistiti, ale jsou případy, že se nadržovaná voda odvádí přímo k zásobování. Vody z mělkých rybníků nelze použíti k zásobování pitnou vodou, poněvadž jest v létě teplá a ve velké míře znečištěná organickými příměsy živočišnými a rostlinnými, které ve vodě rybniční zahnívají.

2./ Jímání říční vody.

Vodárny říční soustavy pozůstávají ze zařízení k jímání a zařízení k čištění vody říční v usazovacích nádržích a pískových filtrech, jelikož voda v přirozeném stavu nikdy nevyhovuje požadavkům pitné vody. Jímání vody říční děje se z bezpečnostních důvodů co možná daleko nad obvodem města proti proudu na místě, kde jest voda poměrně nejčistší a není znečištěna odpadními vodami z městských stok, továren a průmyslových závodů. Při splavných řekách jímá se voda v řece nad přístavem, nad zdýmadly a splavnými komorami.

Jímání vody provádí se různým způsobem ; u malých toků zřídí se k tomu účelu jez, nebo se upotřebí některý stávající jez, aby se získala náležitá hloubka vody a konstantní výška hladiny vodní tak, aby se voda mohla ze vzdutého hladiny odvésti pokud možno přirozeným spádem do usazovacích nádrží a filtrů. Postaveného jezu použije se někdy též k pohonu čerpadel vodárny.

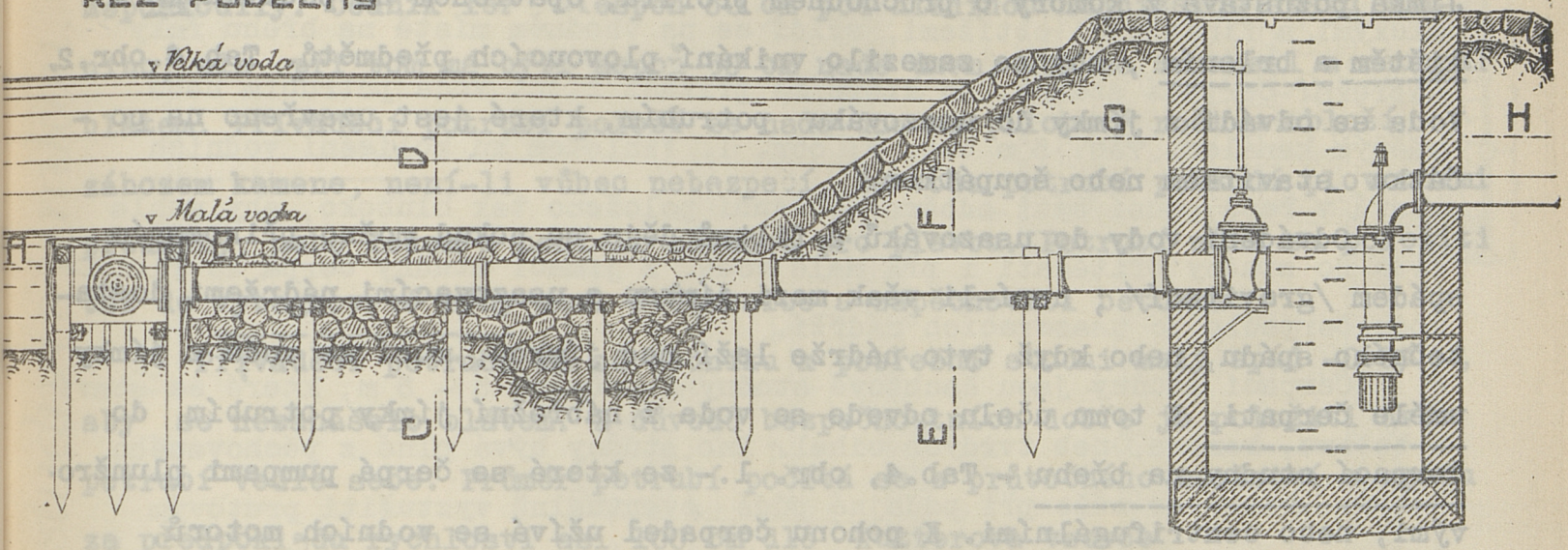
Jímka postaví se blízko jezu na jednom břehu v takové hloubce pod vzdutou hladinou vodní, aby mohla voda z řeky volně do jímky přitékati

JÍMÁNÍ ŘÍČNÍ VODY K ÚČELŮM VODÁRENSKÝM.

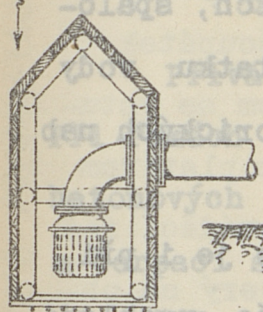
OBR 1.

1:100

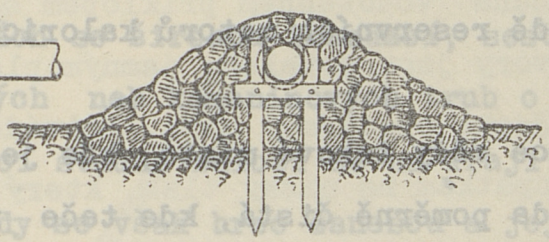
ŘEZ PODÉLNÝ



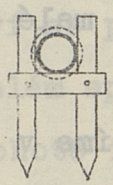
ŘEZ A-B



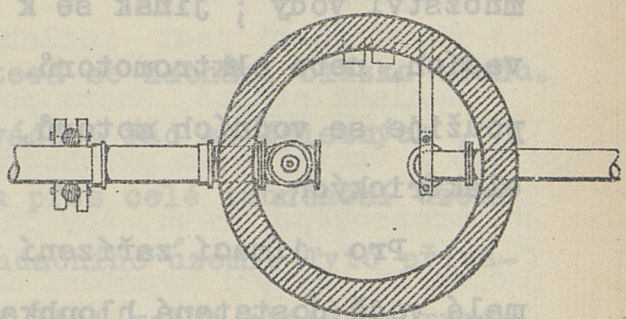
ŘEZ C-D



ŘEZ E-F

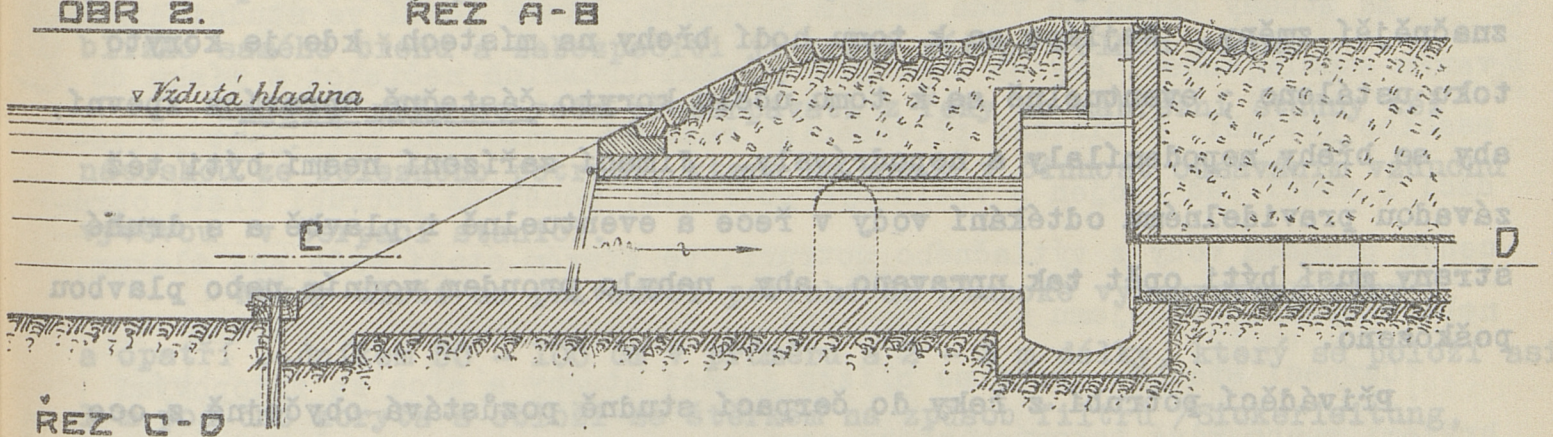


ŘEZ G-H

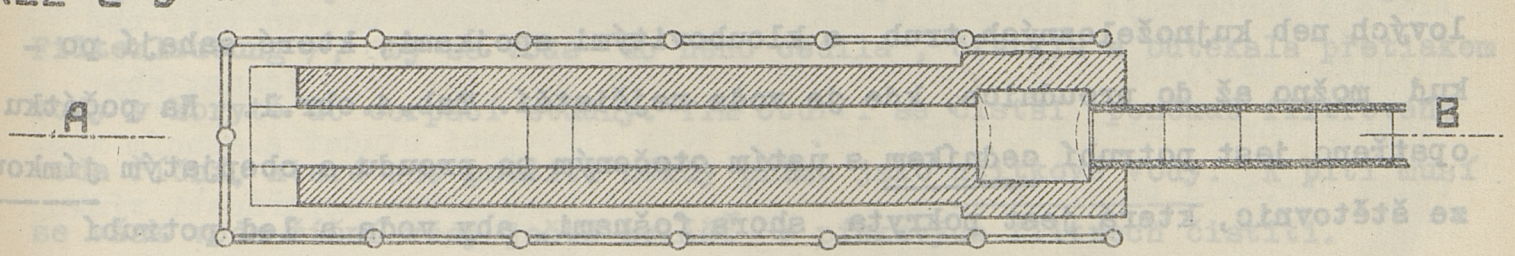


OBR 2.

ŘEZ A-B



ŘEZ C-D



Jímka pozůstává z komory o průchodném profilu, opatřeném na počátku kalištěm a brlením, aby se zamezilo vnikání plovoucích předmětů. Tab.4.obr.2. Voda se odvádí z jímky do usazováku potrubím, které jest uzavřeno na počátku stavítkem nebo šoupátkem.

Odvádění vody do usazováků a filtrů děje se pokud možno přirozeným spádem /gravitací/ ; není-li však mezi jímkou a usazovacími nádržemi dostatečného spádu, nebo když tyto nádrže leží nad jímkou, musí se voda z jímky uměle čerpati. K tomu účelu odvede se voda z nábřežní jímky potrubím do čerpací studny na břehu - Tab.4, obr. 1.- ze které se čerpá pumpami plunžrovými, nebo centrifugálními. K pohonu čerpadel užívá se vodních motorů, turbiny, když získáme při jezu dostatečný spád a když protéká dostatečné množství vody ; jinak se k pohonu čerpadel použije motorů parních, spalovacích, nebo elektromotorů. Také se může pohon měniti ; při dostatku vody použije se vodních motorů, při malé vodě reservních motorů kalorických neb elektrických.

Pro jímací zařízení volíme v řece vždy takové místo, kde je i při malé vodě dostatená hloubka, kde je voda poměrně čistá, kde teče rychleji, kde není půda koryta bahnitá a kde nelze očekávati ve směru a tvaru koryta značnější změny. Nejlépe se k tomu hodí břehy na místech, kde je koryto toku ustáleno ; eventuelně se k tomu účelu koryto částečně upraví a zpevní, aby se břehy nepodemílaly a nepodrývaly. Jímací zařízení nesmí býti též závadou pravidelnému odtékání vody v řece a eventuelně i plavbě a s druhé strany musí býti opět tak upraveno, aby nebylo proudem vodním nebo plavbou poškozeno.

Přiváděcí potrubí z řeky do čerpací studně pozůstává obyčejně z ocelových neb kujnoželezných trub s kloubovitými spojkami, které sahají pokud možno až do proudnice, kde je voda nejčistší. Tab.4.obr.1. Na počátku opatřeno jest potrubí cedníkem s ústím otočeným po proudu a obepjatým jímkou ze štětovnic, která jest pokryta shora fošnami, aby voda a led potrubí

nepoškodily. Cedník leží alespoň 50 cm pod hladinou nejnižšího stavu vodního, ale při tom má býti aspoň 50 cm nade dnem, aby se nezanesl a neucpal blátem. Přiváděcí potrubí položí se nade dno na pilotový rošt a obloží záhozem kamene, není-li vůbec nebezpečí, že voda potrubí poškodí plovoucími předměty, nebo ledem a není-li závadou pro plavbu. Potrubí může se položiti též do vybagrované rýhy mezi štětovnice a zapěchovati betonem.

Přiváděcí potrubí má od cedníku k pobřežní studni malý spád -0.5% -, aby se nezanášelo blátem. Z důvodů bezpečnostních dobře je položiti dvě potrubí vedle sebe. Průměr potrubí počítá se z průtočného množství a spádu za předpokladu rychlosti asi 100 cm dle Kutterova vzorce

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \sqrt{RJ} \quad ; \quad b = 0.25 \quad ; \quad Q = F.\ v. \quad ; \quad v = 1\ m .$$

Přiváděcí řád ústí do čerpací studny, která se nachází blízko břehu. Při řekách se širokou inundací, sestaví se přiváděcí řád ze železných, betonových neb kameninových trub o malém spádu přes celé inundační území a čerpací studna založí se na kraji tohoto inundačního území. Tyto přiváděcí řády se však brzo zanesou a jejich čištění činí velké obtíže, proto jest lépe zříditi přiváděcí řád co nejkratší a čerpací studnu postaviti blízko samého břehu a zabezpečiti ji proti zátopě velkou vodou.

Konečně může se voda přečerpávati z řeky do nábřežní studny též násoskou ze železného potrubí, která se uvede v činnost odsáváním vzduchu vývěvou v čerpací stanici.

Někdy uloží se přiváděcí potrubí do hluboké vybagrované rýhy a opatří cedníkem 50 - 100 cm v průměru a 2 - 3 m délky, který se položí asi 1 m pod dno koryta a obloží se štěrkem na způsob filtrů /Sickerleitung, Filterlautung /, aby se voda do něho cedila, čistila a odtékala přetlakem vody v korytě do čerpací studny. Tím obdrží se čistší poněkud filtrovaná voda říční, které lze použíti někdy přímo jako užitkové vody. K pití musí se však voda říční vždy ještě zvlášť v pískových filtrech čistiti.

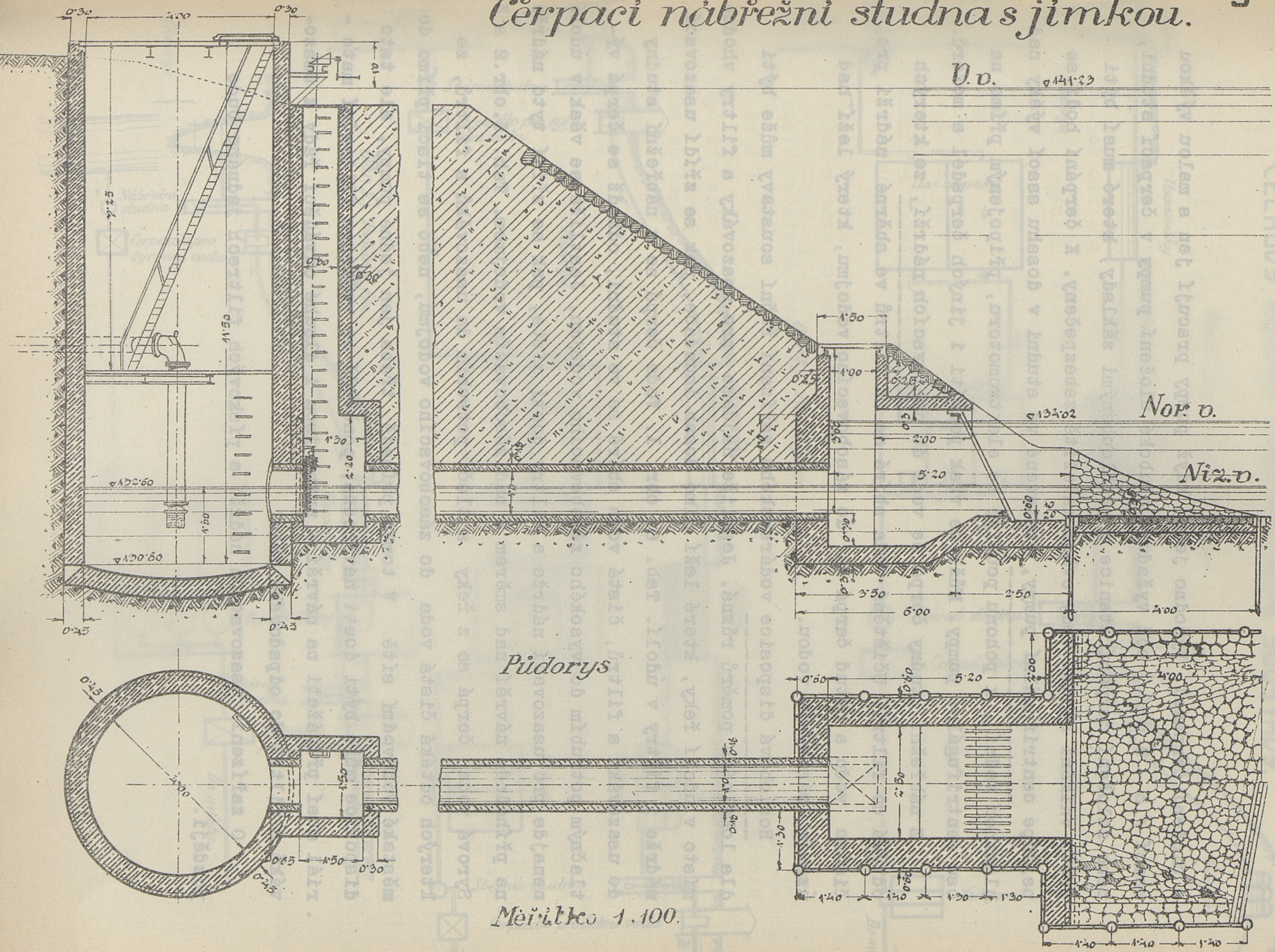
U velkých širokých řek, kde jest stavba jezu spojena s velkými technickými a finančními obtížemi, zřídí se na vhodném místě na břehu řeky nábřežní čerpací studna, do které se přivádí říční voda potrubím nebo zděným kanálem. Tab. 5 a tab. 4. obr. 1. Vzhledem ku kolísání vodních stavů v řece, musí býti odběrné potrubí položeno tak hluboko, aby mohla voda do studny přitékati i při malé vodě. Z jímací studny čerpá se říční voda čerpadly do usazovacích nádrží.

Čerpací studny jsou šachtové studny o průměru 3 - 5 m, které se staví z betonu, kamene, neb tvrdých cihel. Dno studny bývá plné z pěchovaného betonu, který se může při podajné půdě eventuelně vyztužiti prutovým železem nebo kolejnicemi. Dno studny leží 50 - 100 cm pod vyústím přiváděcího řádu, aby se usadil kal a písek a nepřišel do ssacího potrubí. V horní části jest podlaha na železných nosičích k obsluze šoupátek a dohledu stupně. Shora pokryje se studna vodotěsným příklopem se vstupem a ventilačním průchodem, jehož otvory jsou potaženy jemným pletivem z bronzového drátu, aby do trouby průduchu nezalézal hmyz. Přiváděcí řád opatřen je při vyústění do studny šoupátkem na nízký tlak, který se obsluhuje od podlahy.

Ze studny čerpá se voda ssacím potrubím, které končí ve studni dírkovaným ssacím košem, aby se zamezilo vnikání hrubších nečistot a písku do ssacího potrubí. K čištění přiváděcího řádu od usazeného kalu jest přiváděcí i ssací řád spojen s výtlačným potrubím, poněvadž potrubí čistí obráceným proudem vody z výtlačného potrubí, ve kterém stojí voda pod tlakem, nebo z vyššího vodojemu na čistou vodu.

Čerpací stanice zřídí se blízko jímací studny a sice za zátopovými hrázemi anebo když takových hrází není na náspu, jehož úroveň leží nad hladinou nejvyšší vody. Čerpací stanice musí býti tak uspořádána, aby výškový rozdíl mezi nejnižší hladinou vody v čerpací studni a ssacím ventilem čerpadla nebyl větší než 5 - 7 m. Dle toho nutno uspořádati výšku

Čerpací nábřežní studna s jímkou.



a uložení čerpadel. Výhodno jest, když pumpy pracují jen s malou výškou ssací / 3 - 5 m / , což vyžaduje hluboké uložení pumpy v čerpací studni, nebo založení čerpací stanice s prohloubenými základy, které musí býti proti vnikání spodní vody ovšem náležitě zabezpečeny. K čerpání hodí se nejlépe centrifugální pumpy, postavené ve studni v dosahu ssací výšky nad hladinou vodní ; k pohonu použije se elektromotoru, připojeným přímo na osu centrifugální pumpy. Může se však použíti i jiných čerpadel a motorů.

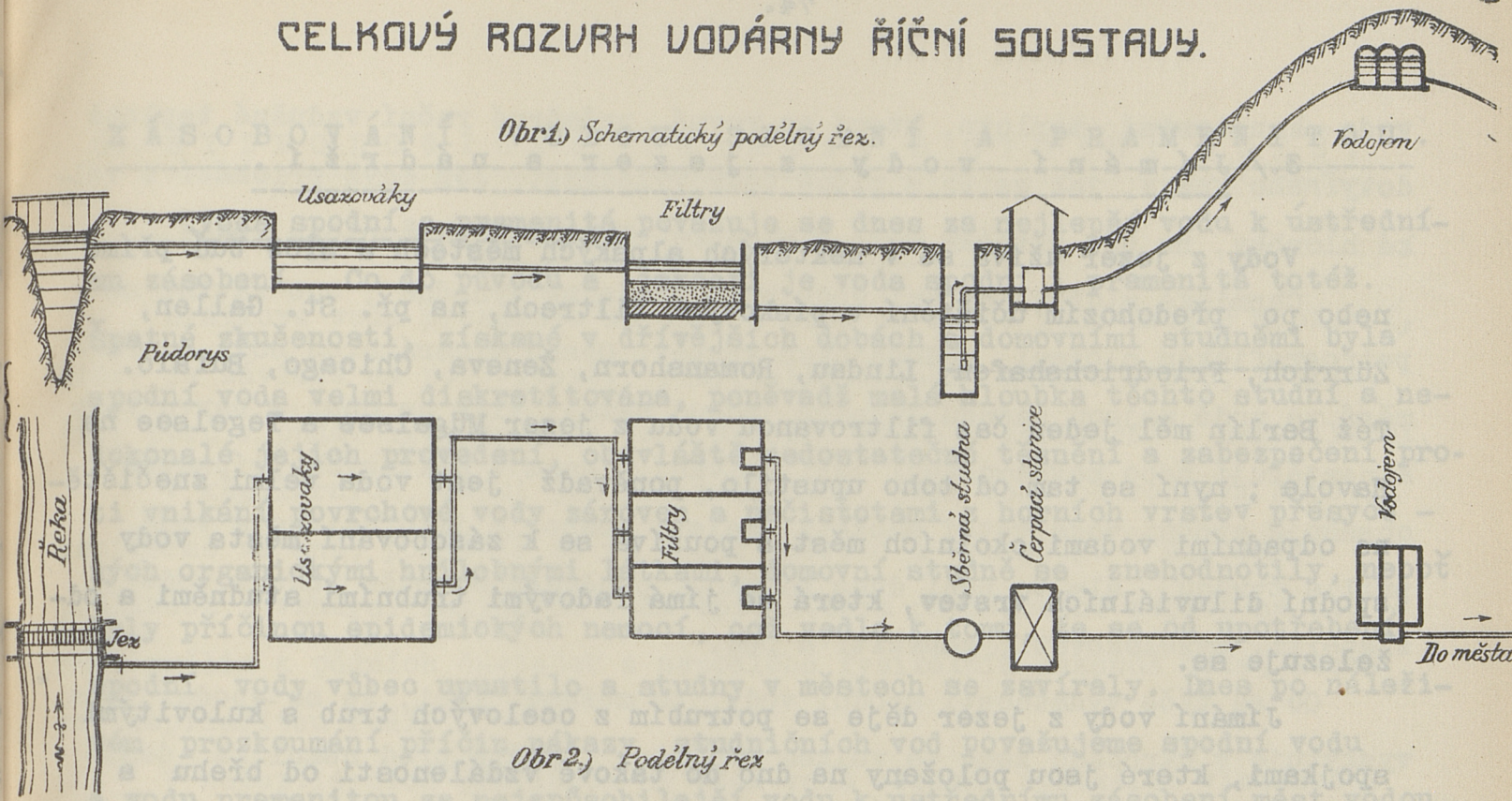
Z nábřežní studny čerpá se voda do usazovacích nádrží, ze kterých odtéká do filtrů. Učištěná voda sbírá se z filtrů ve sběrné nádrži pro čistou vodu a odtud čerpá se do zásobovacího vodojmu, který leží nad územím, zásobeným vodou.

Rozlohová disposice vodárenského zařízení říční soustavy může býti dle lokálních poměrů různá. Jestliže najdeme pro usazováky a filtry vhodné místo v údolí řeky, které leží mimo dosah inundace, pak se zřídí usazovací nádrže i filtry v údolí. Tab. 6. obr. 1. Voda čerpá se z nábřežní studny do usazováků a filtrů, čistá voda sbírá se ve studni, odkudž se čerpá výtlačným potrubím do vysokého zásobovacího vodojmu. Jestliže se však v údolí nenajde pro usazovací nádrže a filtry dosti místa, pak se zřídí tyto nádrže na příhodném návrší nad směrem a nad zásobovacím vodojmem. Tab. 6.obr.2 a 3 Syrová voda čerpá se z řeky a tlačí potrubím do usazováků a filtrů, ze kterých odtéká čistá voda do zásobovacího vodojmu, nebo se tlačí přímo do městské vodovodní sítě. V tomto případě třeba jen jedné pumpy, ale tato disposice může býti dosti nevýhodná, poněvadž se veškeren filtrační materiál musí přiváželi na návrší a nutny jsou i dlouhé odváděcí řády z usazováků a filtrů do odpadového toku.

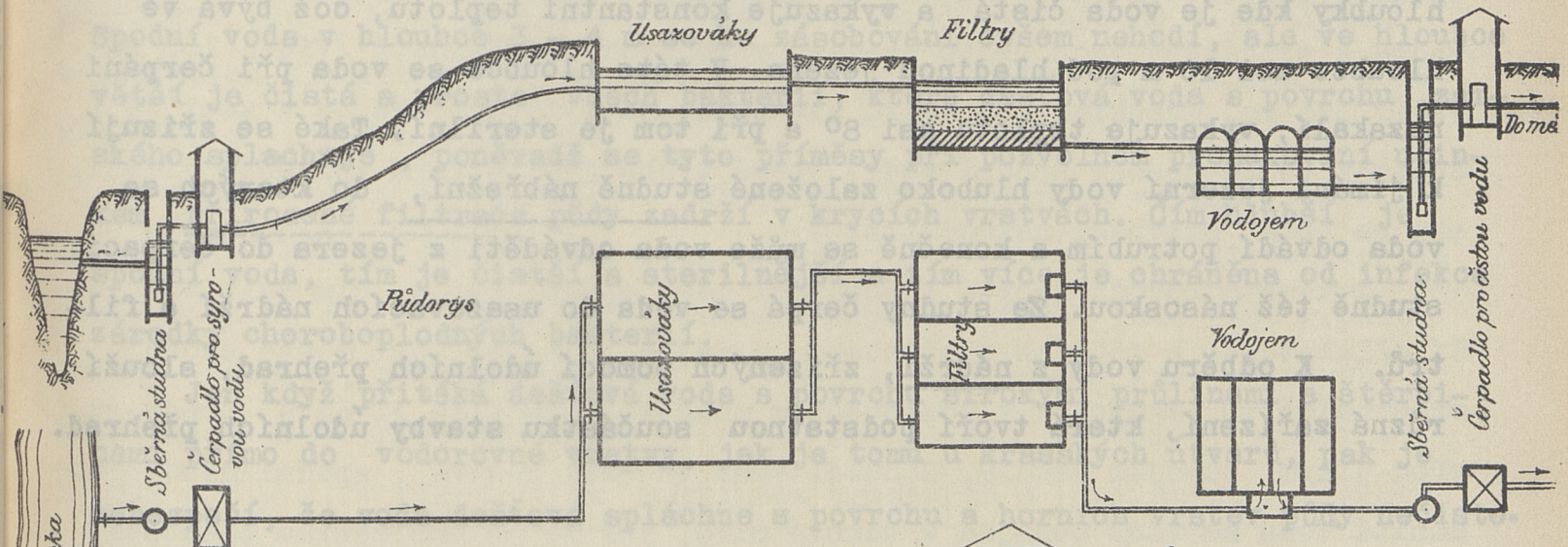
O zařízení usazovacích nádrží a pískových filtrech jednáno bude později.

CELKOVÝ ROZVRH VODÁRNY ŘÍČNÍ SOUSTAVY.

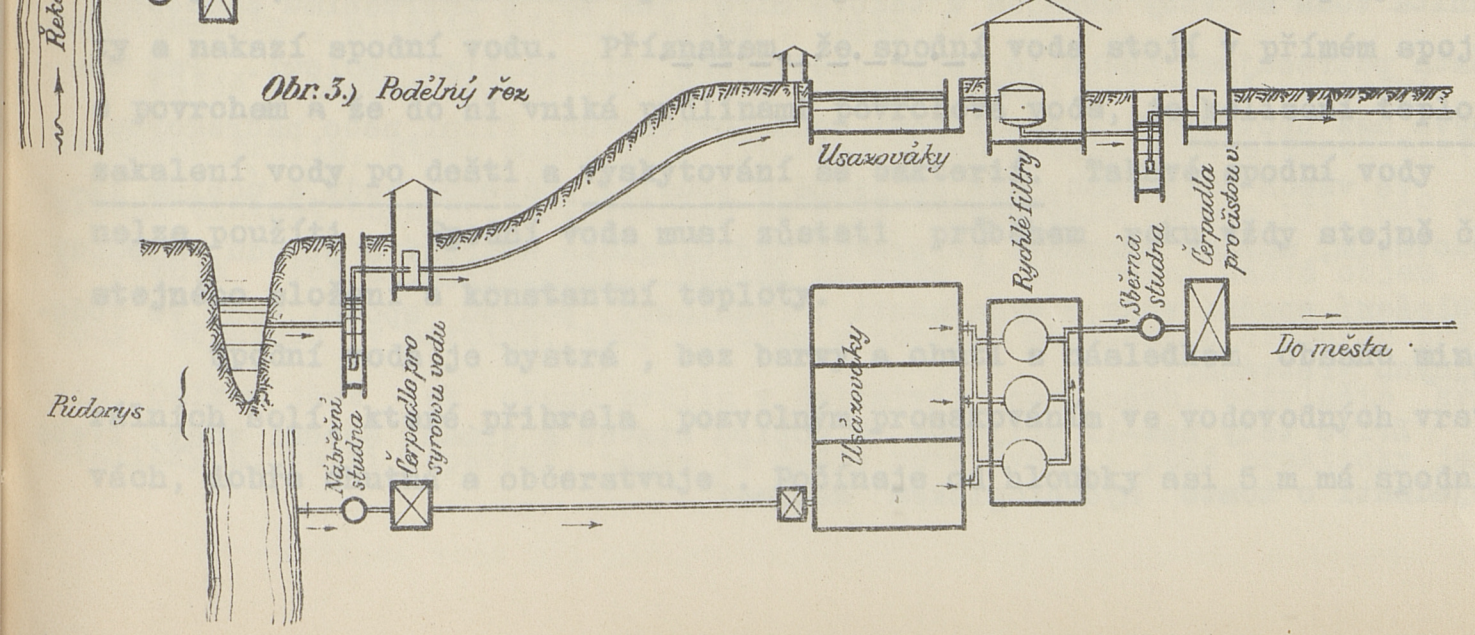
Obr. 1.) Schematický podélný řez.



Obr. 2.) Podélný řez



Obr. 3.) Podélný řez



3./ J í m á n í v o d y z j e z e r a n á d r ž í .

Vody z jezer užívá se v některých alpských městech a sice buď přímo nebo po předchozím učištění v pískových filtrech, na př. St. Gallen, Zürrich, Friedrichshafen, Lindau, Romanshorn, Ženeva, Chicago, Bufalo. Též Berlín měl jeden čas filtrovanou vodu z jezer Mügelsee a Tegelsee na Havole ; nyní se tam od toho upustilo, poněvadž jest voda velmi znečištěna odpadními vodami okolních měst a používá se k zásobování města vody spodní diluviálních vrstev, která se jímá řadovými trubními studněmi a odželezuje se.

Jímání vody z jezer děje se potrubím z ocelových trub s kulovitými spojkami, které jsou položeny na dno do takové vzdálenosti od břehu a hloubky kde je voda čistá a vykazuje konstantní teplotu, což bývá ve hloubce asi 10 m pod hladinou jezera. V této hloubce se voda při čerpání nezakalí, vykazuje teplotu asi 8° a při tom je sterilní. Také se zřizují k jímání jezerní vody hluboko založené studně nábřežní, do kterých se voda odvádí potrubím a konečně se může voda odváděti z jezera do čerpací studně též násoskou. Ze studny čerpá se voda do usazovacích nádrží a filtrů. K odběru vody z nádrží, zřízených pomocí údolních přehrad, slouží různá zařízení, která tvoří podstatnou součástku stavby údolních přehrad.

·–·–·–·–·–·–·–·–·

ZÁSOBOVÁNÍ VODOU SPODNÍ A PRAMENITOU.

Voda spodní a pramenitá považuje se dnes za nejlepší vodu k ústřednímu zásobení. Co do původu a jakosti je voda spodní i pramenitá totéž. Špatné zkušenosti, získané v dřívějších dobách s domovními studněmi byla spodní voda velmi diskretitována, poněvadž malá hloubka těchto studní a nedokonalé jejich provedení, obzvláště nedostatečné těsnění a zabezpečení proti vnikání povrchové vody zároveň s nečistotami z horních vrstev přesycených organickými hnilobnými látkami, domovní studně se znehodnotily, neboť byly příčinou epidemických nemocí, což vedlo k tomu, že se od upotřebení spodní vody vůbec upustilo a studny v městech se zavíraly. Dnes po náležitém prozkoumání příčin nákazy studničních vod považujeme spodní vodu a vodu pramenitou za nejzpůsobilejší vodu k ústřednímu zásobení měst vodou. Spodní voda v hloubce 3 - 4 m se ku zásobování ovšem nehodí, ale ve hloubce větší je čistá a prosta všech bakterií, které dešťová voda s povrchu zemského splachuje , poněvadž se tyto příměsy při pozvolném prosakování účinkem přirozené filtrace půdy zadrží v krycích vrstvách. Čím hlubší je spodní voda, tím je čistší a sterilnější a tím více je chráněna od infekce zárodky choroboplodných bakterií.

Jen když přitéká dešťová voda s povrchu širokými průlinami a štěrbinami přímo do vodorovné vrstvy, jak je tomu u krasských útvarů, pak je nebezpečí, že voda dešťová spláchne s povrchu a horních vrstev půdy nečistoty a nakazí spodní vodu. Příznakem, že spodní voda stojí v přímém spojení s povrchem a že do ni vniká průlinami povrchová voda, je kolísání teploty, zakalení vody po dešti a vyskytování se bakterií. Takové spodní vody nelze použíti . Spodní voda musí zůstati průběhem roku vždy stejně čistá, stejného složení a konstantní teploty.

Spodní voda je bystrá , bez barvy a chuti a následkem obsahu minerálních solí, které přibrala pozvolným prosakováním ve vodovodných vrstvách, dobře chutná a občerstvuje . Počínaje od hloubky asi 5 m má spodní

voda konstantní teplotu, která se rovná průměrné roční vzdušné teplotě dotyčného kraje, jak se to u pitné vody vyžaduje. Jen když přichází z velké hloubky, na př. artéská voda z hloubky přes 25 m je teplota větší.

Chemické složení spodní vody bývá obyčejně výhodné ; ono závisí na petrografickém složení vododajných vrstev. Obsah minerálních solí a příměsů ve vodě nejsou žádnou závadou pokud nemají vliv na chuť a barvu vody a neztěžují nebo neznemožňují její užívání. Jenom v některých případech obsahuje spodní voda větší množství železa anebo je jako užitková voda příliš tvrdou , ale to není dnes závadou, poněvadž se může taková voda zlepšiti, vyželezovati, změkčiti a pod.

Co se týče vydatnosti spodní vody, to můžeme říci, že se spodní voda vyskytuje v útrobách země ve velkém množství ; ještě před několika desítiletí pochybovalo se o tom, že by bylo možno zásobiti velká města spodní vodou a přiváděny jsou proto prameny z velkých vzdáleností /Vídeň 150 km, Paříž 17o km, Frankfurt 82 km /, ale dnes je zjištěno, že se v zemi nacházejí velké zásoby spodní vody, které třeba jen vhodným způsobem jímati, aby se voda stavbami nezhoršila.

Z těchto důvodů nabývá zásobování měst spodní vodou čím dále tím větší důležitosti a většího upotřebení, a najde-li se v okolí města spodní voda náležité jakosti i v dostatečném množství, tedy se jí dává přednost před jiným zdrojem vodním. Bohužel však to vždy nebývá ; spodní nebo pramenitá voda se vždy nenajde v takové míře, jak to k ústřednímu zásobení města potřebujeme anebo je velmi znečištěna minerálními solemi. Pak nezbývá než upotřebiti k zásobování vodu povrchovou, říční, nebo nádržkovou.

Ve všech případech, kde se jedná o použití podzemní vody k účelům zásobovacím, musíme vykonati přípravná hydrologická šetření o původu, hloubce a uložení spodní vody, o vydatnosti , rychlosti, pohybu spodní vody ve vododajných vrstvách.

Dříve tedy než-li přijdeme k popisu staveb k jímání spodní vody, třeba pojednati o tomto hydrologickém šetření .

§6. HYDROLOGICKÁ ŠETŘENÍ O SPODNÍ VODĚ.

1./ Porovitost půdy.

Srážková voda prosakuje do půdy a sice do každé půdy určité množství, které je závislé na porovitosti půdy, totiž obsahu meziprostorů, průlin, čili porů v půdě. Tyto průliny jsou dvojího druhu : kapilární a nekapilární.

V kapilárních, velmi jemných průlinách, jest voda povrchovým napětím kapilárně vázaná, pohybuje se ve všech směrech a vystupuje v úzounkých průlinách i vzhůru. Kapilární voda lpí účinkem povrchového napětí na stěnách průlin a půdních částeček a nepodléhá fysikálním zákonům tíže, která se kapilaritou ruší.

V nekapilárních průlinách má však voda všechny fysikální vlastnosti povrchové vody, jest kapalnou a jednotlivé kapky spojují se v průlinách v souvislou hladinu vodní, která jest buď v klidu anebo se pohybuje účinkem tíže do nižších poloh.

Vedle vody v kapilárních a nekapilárních průlinách v půdě, vzniklé naplavením zvětralých hornin, rozeznáváme vodu v porech celistvých hornin skalnatých na př. ve vyvřelých horninách krystalických jako jsou granit, diorit, diabas, porfyr, melahpir, trachyt a j. ; dále v krystalických břidlicích vrstevnané struktury (rula, hornblende, granulit, prahorní břidly a j.) ; v klastických horninách usazených a stmelených (pískovce, kouklomeraty , hlinité břidly, droba , lupky).

Každá z těchto celistvých hornin obsahuje menší neb větší množství drobných průlin, které mohou býti vyplněny vodou a tato voda stanoví t.zv. skalní vlhkost horniny. Přesvědčíme se o ni vysoušením hornin při 105° C a vážením před a po vysušení. Úbytek na váze po vysoušení udává objem vody obsažené v hornině, tedy i objem v hornině obsažených drobných průlin. Celkem jest sak obsah průlin v celistvých horninách, obzvláště krystalických, velmi nepatrný, takže je možno považovati v půdě prakticky jako

vrstvy nepropustné.

Naproti tomu může býti obsah průlin v horninách klastických dle struktury, druhu a způsobu stmelení velmi různé. Pískovce a kouglomeraty bývají někdy suché, jindy jsou úplně vodou prostoupeny ; drobnozrnná droba, hlinitá břidla a lupek, jsou pro vodu úplně nepropustné.

V půdoznalství mluvíme konečně o t. zv. hydroskopické vodě, která se drží pevně na povrchu půdních zrnek i když je tato úplně vyschlá a vzniká kondensací vodních par, obsažených ve vzduchu. Hydroskopická voda je k pevné půdě vázaná a nemá ani pro rostlinstvo, ani pro oběh vody v přírodě, velkého významu.

Pro účely vodního stavitelství má prakticky význam toliko voda, která se nalézá v kapilárních a nekapilárních průlinách naplavených půd. Její množství je závislé na obsahu těchto průlin ; čím více je jich v půdě obsaženo, tím je půda kypřejší pro vzduch a vodu .

Vzájemný poměr kapilárních a nekapilárních porů závisí na mechanickém složení půdy ; čím více jest v půdě splavitelných součástek jílnatých / pod 0.01 mm zrna /, tím více jest v půdě kapilárních a tím méně nekapilárních porů.

Obsah průlin určuje se experimentálně z rozdílu měrné /specifické/ váhy skutečné a zdánlivé, při čemž označujeme skutečnou měrnou váhu půdy , číslo, které udává, kolikrát je zemina určité půdy těžší než voda, /bez ohledu na strukturu půdy v přirozeném jejím uložení/, kdežto zdánlivou měrnou váhou, čili objemovou váhou, označujeme váhu jednotky zeminy v takovém uložení, v jakém se v přírodě, tedy v neporušené struktuře nalézá.

K braní takových vzorků slouží zvláštní přístroje /váleček Kopeckého/ kterými se může vykrojiti z půdy určitý obsah zeminy, anižby se porušila přirozená struktura půdy. Označíme-li skutečnou specifickou váhu zeminy S, a zdánlivou specifickou váhu čili objemnou váhu půdy v neporušené struktuře s, bude obsah průlin v půdě $P = S - s$ nebo vyjádřeno v procentech

$$P = \frac{S - s}{S} 100.$$

Obnáší-li na př. skutečná měrná váha S 2.40

zdánlivá měrná váha s 1.34

jest rozdíl obou 1.06

Slovy vyjádřeno : kdyby půda neobsahovala žádné pory , vážil by 1 cm^3 2.4 gr ; v přirozeném uložení půdy váží však jeden cm^3 1.34 gr. Rozdíl ve váze 1.06 gr odpovídá porům, které jsou vyplněny vzduchem.

Porovitost půdy vyjadřuje se v procentech objemu a obnáší v našem případě $\frac{1.06}{2.40} 100 = 44$ % objemu půdy v přirozeném uložení čili v 1 jednotce objemu půdy je obsaženo 56% půdních částic a 44 % je volných mezi-prostorů, které mohou býti vyplněny vodou nebo vzduchem.

Hodnota specifické váhy zemin kolísá v mezích 2.0 - 2.5 , hodnota objemové váhy 1.2 - 1.5 gr/cm^3 . U půd zemědělsky obdělaných není porovitost půdy konstantní veličinou, nýbrž se mění s obděláváním půdy, odvodňováním, účinkem vegetačního krytu, rozkladem humusu, botnáním jílu a jinými činiteli , které však mají spíše význam půdoznalecký než-li hydrologický.

Tabulka porovitosti některých zemin.

Hrubý písek 1 - 2 mm zrna	39%	Dolomit	1.5 - 2.5 %
Jemný písek 0.25 - 1 mm zrna	42%	Vápenec	0.6 - 2.5 %
Hlinitá půda	47%	Pískovec	4. - 15.0 %
Hlinitojílovitá půda	55%	Hlinitá břidla	0.5 - 1.5 %
Černá humusní půda	56%	Basalt	0.6 - 1.2 %
Rašelina	81%	Diorit	0.6 - 0.7 %
Vápenný tuff	20-32%	Granit	0.1 - 0.8 %

Vedle porovitosti půdy má na vsakování půdy vliv též tvar, svahové poměry, odbělávání a vegetační kryt povrchu území, množství , druh, intensita a rozdělení srážek.

Čím drsnější a nerovnější je povrch území, tím více vody vsakuje do půdy, poněvadž se voda při odtoku zadržuje, kdežto na rovném a tvrdém

povrchu voda snázeji odtéká. Dále , čím větší je sklon území, tím rychleji voda srážková na něm odtéká a obráceně, čím menší se sklo území, tím více vsakuje vody do půdy . Na horizontální ploše voda vůbec neodtéká, nýbrž vsakuje do půdy a částečně se vypaří a pokud se nevypaří ani nevsákne do půdy , stojí na povrchu. Při prudkých deštích vsákne do půdy poměrně méně vody, než-li při pozvolných déle trvajících deštích, poněvadž vsakování do půdy potřebuje určitou dobu, než-li unikne vzduch z porů. Také jsou zrnka suché půdy obalena mastnou pryskyřovitou hmotou, která brání přístupu vody.

Sníh musí dříve roztáti a intensita tohoto tání má podobný význam jako prudký nebo pozvolný déšť. Taje-li sníh pozvolna a půda není zmrzlá, vsákne do půdy mnoho vody ; jestliže však sníh na jaře náhle roztaje, odtéká velká část vody s povrchu, obzvláště když je půda zmrzlá. Z téhož důvodu bývají prameny na severních úbočích výdatnější než na jižních úbočích. Pozorováno jest též, že čím více padá srážek ve způsobu sněhu, tím více vsakuje vody do půdy a tím vydatnější jest spodní voda dotyčné oblasti. Vsakování vody a vláhu půdy podporuje rosa, která vzniká kondensací vodních par z ovzduší a usazuje se na povrchu a v průlinách půdy. Dále má na množství vsáklé vody vliv poloha území ku stranám světovým /exposice/, větry a jejich relativní vláha, oblačnost kraje, tedy tytéž činitelé, na kterých závisí výpar vody.

Velký vliv na vsakování vody do půdy má též vegetační kryt, poněvadž byliny zdržují odtékání vody, následkem čehož může voda do půdy lépe vsakovati a mimo to utvoří se v půdě, pokryté bylinami , křovím a lesem, humusní, hydroskopická vrstva půdy, která zadržuje mnoho vody. Na holých úbočích odtéká voda rychleji a ve velkém množství, zejména když jsou příkré. Tím vysvětlujeme si proč v devastovaných krajinách odtékají srážkové vody ve velkém množství do potoků a zaplavují nížiny, proč v takových krajinách ubývá spodní vody a proč vysychají prameny. Lesy zvětšují

a udržují vláhu půdy, podporují vsakování vody a jakmile se vykácejí půda vyschne, poněvadž dešťové srážky nenalézají přirozených míst, kde by se mohly zadržeti, odtékají velkou rychlostí s povrchu horských úbočí do údolí, odplavují s vyššího území kulturní půdu, tvoří zde strže a bystřiny , které způsobují v nížinách povodně a nánosy, jimiž se úrodná pole a louky mění ve sterilní, štěrkem pokryté plochy. Tím způsobem proměnily se celé kraje, které dříve oplývaly úrodností v pusté, neúrodné kraje, jichž nejlepším příkladem je Kras.

2./ Propustnost půdy.

S pórovitostí půdy souvisí propustnost půdy a její vodní kapacita, které závisejí na mechanickém složení půdy a vzájemném poměru kapilárních a nekapilárních průlin. Čím více kapilárních průlin půda obsahuje, tedy čím více jest v ní splavitelných součástek pod velikost zrna 0.01 mm , tím jest úlehlejší a nepropustnější. Naopak čím více nekapilárních porů půda obsahuje, tedy čím méně jest v ní jemných, splavitelných a čím více hrubozrnných součástek, tím jest propustnější. Množství a vzájemný poměr kapilárních a nekapilárních porů stanoví tedy relativní propustnost půdy.

Půda, ve které jsou jen kapilární póry, na př. jíl, hlína, slín, jest nepropustná ; do ní vniká sice voda, ale jen v malém množství, pokud to kapilární póry připouští. Půda, ve které mají převahu jen nekapilární póry, na př. štěrk, písek, jest propustná , do ní vniká voda rychle a ve velkém množství.

Propustnost půdy můžeme v důsledku toho posuzovati dle výsledků mechanického rozboru půdy. Čím více obsahuje půda splavitelných součástek, tím více jest v ní kapilárních meziprostorů a tím jest nepropustnější. Nejrychleji vniká voda do půdy pískové a štěrkové, potom následuje půda hlinitá a jílovitá. Některé druhy jílu, slínu, hlinité břidly a jiné zeminy, nepropouštějí, prakticky posuzováno, vůbec žádnou vodu.

Aby se mohl vyjádřiti relativní stupeň propustnosti různých druhů zemin, tedy zároveň i odpor, který musí voda při prosakování půdou překonati, béře se jako míra propustnosti doba $\underline{t}$, ve které voda pronikne sloupcem zeminy určité výšky $\underline{s}$. Podíl z výšky a doby stanoví rychlost svislého prosakování $\underline{v}$. Propustnost půdy lze vyjádřiti též výškou sloupce vody, o kterou hladina vodní při tlaku ve 24. hod. sloupcem zeminy určitého řezu prosákne. Podrobný popis tohoto měření jest úlohou půdoznalství.

3./ V o d n í k a p a c i t a p ů d y .

Každá zemina může pojmouti a po nějakou dobu zadržeti určité množství vody. Toto množství v půdě zadržené vody závisí na mechanickém složení půdy, hlavně na obsahu kapilárních porů ; čím větší je obsah kapilárních porů, tedy čím více jest v ní splavitelných součástek, tím více vody může se v půdě zadržeti a tím větší bude její přirpzená vlhkost. Kapilární vody není ovšem v půdě vždy tolik, aby vyplňovala všechny kapilární průliny a proměnlivé množství této vody stanoví nahodilou vlhkost půdy .

Zemina určitého druhu může zadržeti jen určité množství vody, které jest závislé na obsahu kapilárních porů. Obsahuje-li půda právě tolik vody, kolik obnáší percentuální obsah kapilárních průlin, pravíme, že jest vodou nasycena a toto maximální množství vody, které může v kapilárních porech do úplné nasycenosti zadržeti, nazýváme vodní kapacitou půdy. Vodní čili absorbční kapacita půdy jest tedy maximální množství vody, které může zemina v kapilárních porech proti účinku tíže při úplné nasycenosti zadržeti.

Každá zemina má dle svého složení svoji specifickou vodní kapacitu, kterou vyjadřujeme poměrnými čísly / v procentech / dle váhy, neb dle objemu zeminy.

Určování vodní kapavity děje se tím způsobem, že se do skleněného válce určitého obsahu , na př. 200 cm^3, opatřeného sítkovým dnem, nasype dobře rozmělněná a náležitě vyschlá zemina, která se protřepe a urovná,

aby se dobře slehla. Válec s vysušenou zeminou se zváží a postaví do misky s vodou. Voda vsakuje pozvolna do zeminy a vystupuje následkem vzlínavostí v kapilárních porech nahoru, až se spozoruje na povrchu zvlhnutí zeminy a až se častějším vážením zeminy přesvědčíme, že váhy válce s naplněnou zeminou více nepřibývá. Z rozdílu váhy zeminy vysušené a zeminy vodou nasáklé ustanoví se, kolik vody vsáklo do těchto 200 cm^3 zeminy.

Stanovení vodní kapacity může se provésti též tím způsobem, že se do válce naplněného zeminou nalévá shora voda, až začne dole síťkovým dnem kapati. Čekáme pak až voda vsákne s povrchu úplně do zeminy a dole až přestane kapati. Takto prosáklá zemina se s válcem zváží. Z rozdílu váhy zeminy suché a prosáklé vodou, stanoví se opět množství vody, které zemina zadržela, což je její vodní kapacita. Označíme-li obsah válečku o a váhu válečku s vysoušenou zeminou g a váhu s prosáklou zeminou G, bude váha a současně obsah nasáklé vody $G - g$. Vyjádřeno v procentech objemu, jest vodní kapacity $k = \frac{G - g}{o} 100$ nebo v procentech váhy $k = \frac{G - g}{g} 100$.

Váží-li na př. $o = 200$ cm^3 zeminy vysušené $g = 300$ gr.

,, nasáklé vodou $G = 384$ gr

tedy rozdíl na váze a přírůstek 84 gr,

bude obnášeti vodní kapacita dle váhy $k = \frac{84 \text{ gr}}{300 \text{ gr}} 100 = 27\ \%$

dle objemu $k = \frac{84\ cm^3}{200\ cm^3} 100 = 42\ \%$

Vodní kapacita půd je různá, u hlíny a jílu je větší a písku malá u jílu 40%, spraše 35%, písčité hlíny 25% a hlinitého písku 15 u písku 10% dle váhy.

Podrobný popis tohoto šetření je opět úlohou půdoznalství.

Vzdušná kapacita. Známe-li celkový obsah průlin v půdě P (viz předcházející bod) a její vodní kapacitu k, obdržíme z rozdílu obou obsah nekapilárních porů, které mohou býti vyplněny občas vodou, občas vzduchem

Tato okolnost má vliv na t.zv. vzdušní kapacitu půdy, která souvisí s vodní kapacitou zeminy a představuje obsah porů, které zůstanou vyplněny vzduchem i tehdy, když je půda nasycena vodou. Kapilární póry vyplněny jsou trvale vodou, nekapilární jsou vyplněny občas vodou, občas vzduchem.

Tvoření spodní vody. Přichází-li do půdy voda i přes míru její specifické vodní kapacity, tedy ji půda nemůže více zadržeti ; voda pokud se nevypaří proniká půdou, klesá nekapilárními průlinami do hloubky až přijde na nahodilou nepropustnou vrstvu na které se zadrží, shromažďuje se a tvoří podzemní čili spodní vodu. Vrstvu, ve které se voda shromažďuje, stojí, neb se pohybuje, nazýváme vodovodnou vrstvou a její nepropustné podloží vodonosnou vrstvou.

Spodní voda vzniká dle této t.zv. infiltrační theorie prosakováním srážkové a povrchové vody do spodních vrstev, když do půdy vsáklé množství vody překročí vodní kapacitu půdy. Při tomto prosakování zachytí se účinkem přirozené filtrace zároveň ve vodě obsažené organické a minerální příměsy a voda se při dostatečné mohutnosti filtrační vrstvy dobře očistí.

4./ V z n i k s p o d n í v o d y .

Spodní vodou / Grundwasser / nazýváme dle předchozích výkladů pod povrchem území se nalézající vodu, která nepodléhá účinkům kapilarity , nýbrž tvoří v nekapilárních průlinách souvislou hladinu a sice vodorovnou, když voda stojí anebo sklonitou, když se voda pohybuje. Je to tedy obdoba povrchové vody.

Spodní vodou v užším smyslu označujeme vodu, která se nalézá blízko povrchu zemského v sypkých naplaveninách pískoštěrkových, nejmladších útvarů geologických, totiž v útvaru alluviálním, diluviálním a třetihorním.

Podzemní voda nalézá se, jak již shora podotknuto, též jako „skalní voda" čili vlhkost hornin v massivních krystalinických i vrstevnatých horninách. Tato spodní voda nemá však ve vodním stavitelství velkého významu

Naproti tomu nalézáme mnoho upotřebitelné spodní vody v průlinách hrubozrnných pískovců, ve spárách břidel, v trhlinách sedimentérních hornin, vzniklých následkem nestejnoměrného usazování anebo následkem prostoupení skal vrstvami propustnějšího materiálu / paraklasy/ a při eruptivních horninách v trhlinách, vzniklých nestejnoměrným stahováním eruptivní hmoty /diaklasy/. Jsou to obzvláště hrubozrnné pískovce některých útvarů, na př. na Moravě cenomanské pískovce břídlového útvaru, které jsou prostoupeny velkým množstvím spodní vody. V jemnozrnných horninách vyskytují se často průchody a spáry, vyplněné hrubozrnným materiálem, kterým se voda pohybuje a tvoří vodní žily . Že se na některém místě nalézá spodní voda poznáme, když vykopeme zkušební jámu, nebo vyvrtáme sondu, do které vniká voda spodní a postaví se do výše, odpovídající vodnímu stavu v nejbližším okolí.

Při lehce vylužitelných horninách Krasu ve vápenci a dolomitu křídového a jurského útvaru , vytvořuje voda mechanicko-chemickým účinkem za součinnosti kyseliny uhličité volné průchody a kanály, ve kterých se shromažďuje t.zv. skrytá podzemní voda a pohybuje podobně jako povrchová voda v kanálech a rourách.

Od spodní vody rozlišujeme z důvodů praktických t.zv. vrchní vodu, která se nalézá ve vrstvách půdy blízko povrchu, v rovinách, močálích a rašeliniách, obzvláště když se v nevelké hloubce nalézá nepropustná vrstva jílu a slínu.

Spodní voda vzniká dle theorie infiltrační vsakováním povrchové vody do kůry zemské. Voda vniká do půdy a pokud stačí její vodní kapacita, zadržuje se v kapilárních porech ; když však množství do půdy vsáklé vody překročí míru vodní kapacity, pohybuje se volnými nekapilárními průlinami svisle do hloubky, až narazí na nějakou nepropustnou neb méně propustnou vrstvu, na př. slín, lupek, břidlu, opuku, masivní skálu, na které se zadrží a shromažďuje. Zvodněná vrstva , ve které se voda shromažďuje,

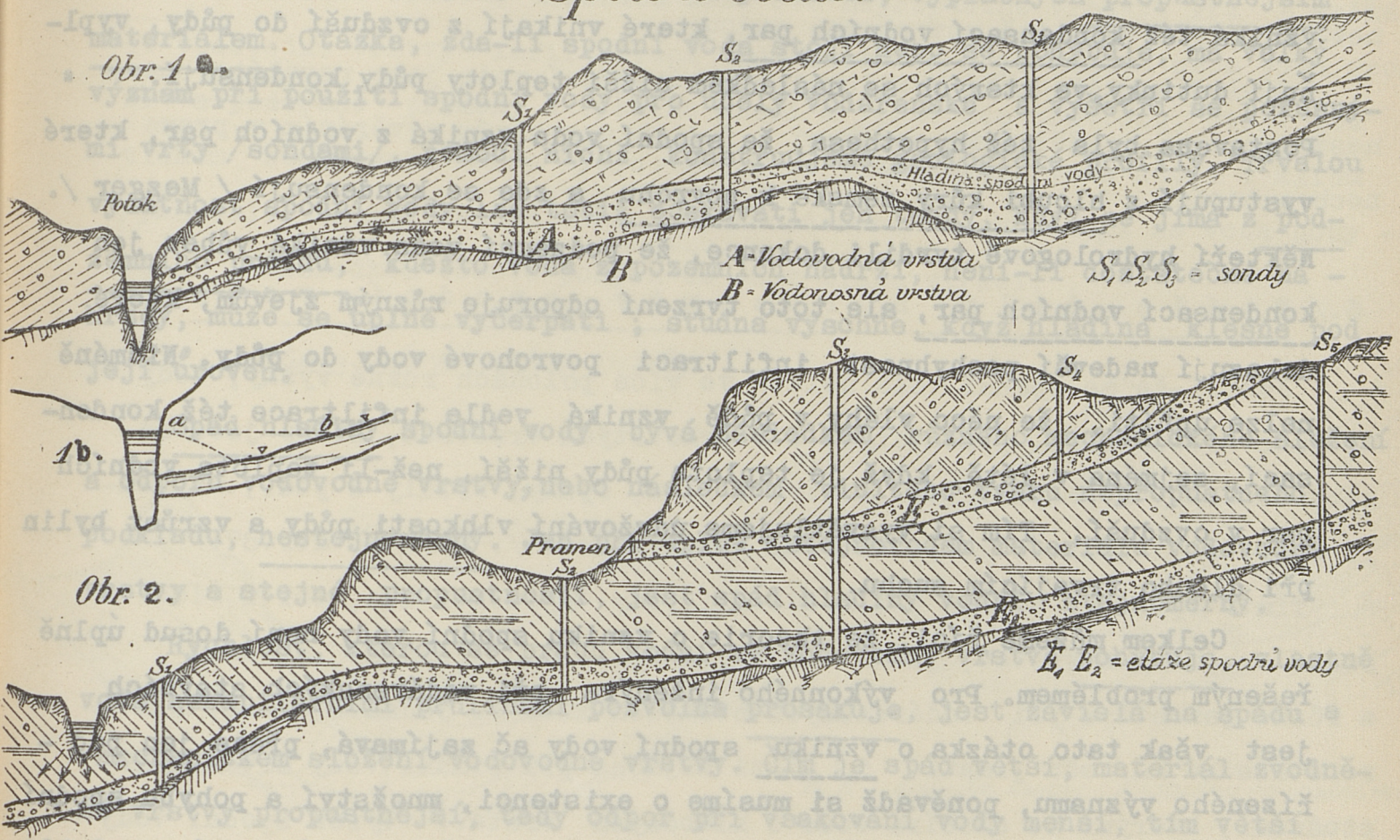
stojí neb se pohybuje, nazýváme vodovodnou vrstvou a nepropustnou spodinou /podloží/ vodonosnou vrstvou. Má-li tato vrstva spád, dostává se voda do pohybu. Spodní voda pohybuje se ve vodovodných vrstvách buď stejnoměrně celým průřezem, anebo je soustředěna na vodní žíly menšího průřezu, které jsou vyplněny hrubším pískoštěrkovým materiálem o velikých průlinách, který klade pohybu vody menší odpor. Tímto způsobem vznikají proudy čili žíly spodní vody, které se spojují ve větší proudy , podobně jako povrchová voda.

Takové proudy mohou protékati celou sběrnou oblastí, mohou vyvěrati na povrch jako mohutný pramen, mohou však odtékati v důsledku geologického uvrstvení podzemních propustných a nepropustných vrstev jako podzemní řeka do jiných oblastí, ve kterých nedostávají s povrchu žádného přítoku. Proto je při infiltrační theorii velmi těžko ustanoviti oblast, s které se spodní voda doplňuje.

Podzemní voda vzniká a rozmnožuje se ve velké míře též prosakovanou vodou z potoků a řek . To lze pozorovati obecně u všech toků, zejména u horských potoků, jichž koryto jest vyhloubeno v sypkých naplaveninách písku a štěrku. Průtočného množství vody zde po spádu od prameniště do nížin ubývá a často se voda ve štěrcích úplně ztratí a zanikne do spodních vrstev, kde tvoří spodní vodu. Obr. 1. Z toho důvodu vyhledáváme spodní vodu, když pátráme po zdroji pitné vody pro účely vodárenské, v naplaveninách štěrku a písku, které se nalézají v údolích podél toků.

Vyskytují se však též případy, že se koryto usazenými jemnými splaveninami hlíny a jílu úplně zatmelí / vycementuje /, takže neprosakuje z koryta žádná voda a vodovodná vrstva, která se nalézá náhodou pod korytem toku , nedostává z koryta žádnou vodu ; zvodněná vrstva a koryto toku, nejsou zde v žádné spojitosti . Ba naopak může spodní voda vytékati z vodovodné vrstvy do koryta toku a rozmnožovati jeho průtočné množství, jestliže tato vodovodná vrstva vyráží do údolí, anebo je ve své souvislosti přerušena korytem toku.

Spodní voda.



V takovém případě stojí výška spodní vody v úzké souvislosti s tokem. Hladina vodní ve zvodněné vrstvě klesá pozvolna do toku a její výška a spád závisí na výšce stavů v korytě a sice hlavně na t.zv. středním čili normálním stavu. Klesne-li stav v toku, klesá i hladina spodní vody a zmenší se její spád. V dosahu opětného vzdutí /obr.1a, b/hladina spodní vody neustále kolísá, ale celkem jsou tyto proměny následkem malé rych - losti pohybu spodní vody a malé rychlosti prosakování říční vody vlivem dřívějších vyšších stavů do půdy velmi pozvolné a opakují se, takže vodní stavy v korytě, které trvají jen krátkou dobu, na výšku spodní vody vůbec ani nepůsobí. Stoupne-li v toku náhle vodní stav, proudí voda obráceným směrem z toku do zvodněné vrstvy a hladina spodní vody vytvoří křivku opačného spádu, než-li jest hladina spodní vody

V novější době poukazovalo se na to / Volger, König/, že spodní voda vzniká též kondensací vodních par, které vnikají z ovzduší do půdy, vyplňují dutinky, ve kterých se následkem nižší teploty půdy kondensují. Postavena byla též hypothesa, že spodní voda vzniká z vodních par, které vystupují z hloubi kůry zemské k povrchu a zde se kondensují / Mezger /. Někteří hydrologové tvrdili dokonce, že podzemní voda vzniká vůbec jen kondensací vodních par, ale toto tvrzení odporuje různým zjevům, které dokazují nadevší pochybnost infiltraci povrchové vody do půdy. Nicméně nelze upříti, že něco vláhy v půdě vzniká vedle infiltrace též kondensací, zejména v létě, když je teplota půdy nižší, než-li teplota vodních par v ovzduší. Tím si vysvětlujeme udržování vlhkosti půdy a vzrůst bylin při dlouho trvajícím suchu.

Celkem můžeme říci, že theorie o vzniku spodní vody není dosud úplně řešeným problémem. Pro výkonného inženýra při vodárenských stavbách jest však tato otázka o vzniku spodní vody ač zajímavá, přece jen podřízeného významu, poněvadž si musíme o existenci, množství a pohybu spodní vody opatřiti, když se jedná o její použití pro účely vodárenské, spolehlivější důkazy, než-li poskytují často jen hypothetické výklady o jejím vzniku.

5./ Pohyb spodní vody.

Spodní voda buď stojí, nebo se pohybuje. Je-li vodonosná vrstvá tvaru pánvovitého, jest spodní voda v klidu a tvoří nádrž spodní vody s vodorovnou hladinou vodní ; má-li však vodonosná vrstva spád, pohybuje se spodní voda dle zákona tíže /gravitace/ ve směru největšího spádu a nejmenšího odporu do nižších poloh, anebo vyvěrá jako pramen když vodonosná vrstva vyráží na povrchu zemském. Velká část spodní vody zůstane však v útrobách země a možno ji odtud čerpati jen umělým způsobem. Pohyb spodní vody děje se buď v celé šířce zvodněné vrstvy, když je tato stejnorodého

složení, nebo se pohybuje v žilách a proudech, vyplněných propustnějším materiálem. Otázka, zda-li spodní voda stojí nebo se pohybuje, má velký význam při použití spodní vody pro účely vodárenské a vyšetří se pokusnými vrty /sondami/, pomocí nichž konstruujeme geologické profily. Trvalou vydatnost spodní vody lze totiž očekávati jen tehdy, když se jímá z podzemního proudu, kdežto voda z pozemních nádrží, není-li dostatečné náhrady, může se úplně vyčerpati ; studna vyschne, když hladina klesne pod její úroveň.

Spád hladiny spodní vody bývá následkem různého mechanického složení a odporu vodovodné vrstvy, nebo následkem vlnitého tvaru nepropustného podkladu, nestejnoměrný. Jen při úplně stejnorodém materiálu vodovodné vrstvy a stejné propustnosti, jest spád hladiny vodní stejnoměrný.

Rychlost, kterou se proud vodní ve vodovodné vrstvě pohybuje, vlastně voda nekapilárními průlinami pozvolna prosakuje, jest závislá na spádu a mechanickém složení vodovodné vrstvy. Čím je spád větší, materiál zvodněné vrstvy propustnější, tedy odpor při vsakování vody menší, tím větší bude rychlost proudu vodního a naopak. Celkem jest ale rychlost pohybu spodní vody, následkem velikého odporu, který musí proud spodní vody při prosakování zvodněnou zeminou překonati, velmi malá a obnáší zpravidla jen asi 1 - 3 m na den. Touto malou rychlostí si vysvětlujeme, proč se voda při prosakování zbaví všech mechanicky rozptýlených příměsů, tedy proč se účinkem t.zv. přirozené filtrace dobře očistí a proč kolísání výšky vodních stavů spodní vody nejde souběžně se srážkami, jichž jedna část prosakuje. Malou průtočnou rychlostí spodní vody vysvětlujeme si , proč vydatnost spodní vody a pramenů, jímaných pro účely vodárenské , nejde souběžně se srážkami, nýbrž se oproti těmto opozdí ; proč se velké srážky mokrých let pocítí v důsledku tohoto opozdění teprve v příštím roce proč se prameny rozvodní teprve po delší době, po deštích nebo tání sněhu, a konečně, proč potoky a řeky, do nichž vyvěrají prameny spodní vody, mají

stálejší průtočné množství vody a vykazují menší kolísání vodních stavů, než-li toky s výhradně povrchovou vodou.

Následkem této malé rychlosti působí spodní voda jako regulátor mezi nestejnoměrně rozdělenými srážkami a jejich pozvolným vyvěráním v prame - nech a tocích.

6./ Etáže čili horizonty spodní vody.

Jestli-že se spodní voda nalézá ve více polohách různé výšky, tedy ve více vodonosných, pískovitých a štěrkovitých vrstvách, které jsou od sebe odděleny nepropustnými vrstvami jílu, opuky, břidly a pod., vznikají etáže čili horizonty spodní vody / Stockwerke /. Obr. 2, str.87.

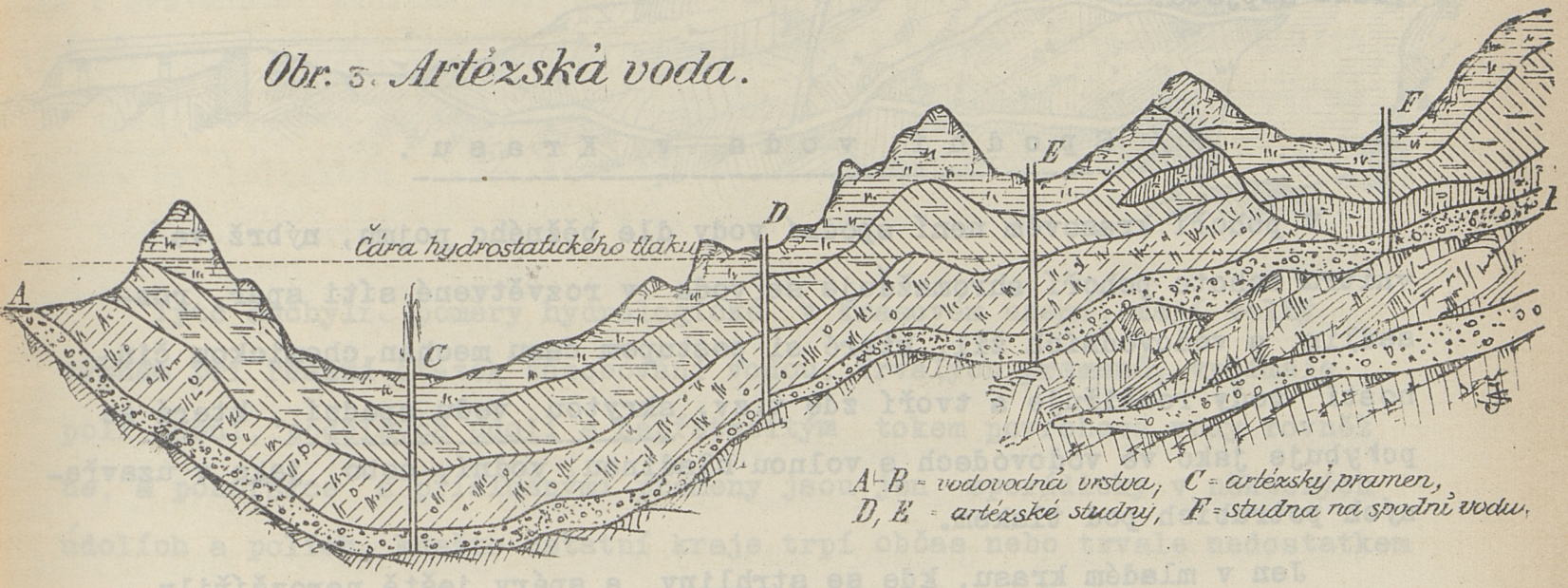
Tímto způsobem můžeme při sondování půdy zjistiti dva, tři i více etáží zvodněných vrstev, jichž voda bývá zpravidla různého složení a různé jakosti a při vodárenských stavbách může se jednati o tom, z které etáže se má voda jímati. To platí zejména při jímání vody artézskými studnami, kterými se odebírá voda z hlubokých vrstev. Výron spodní vody do hlubokých studní z vyšších etáží zpravidla se vylučuje, poněvadž jest v nich voda chemicky neb bakteriologicky závadnou a dáváme vždy přednost vodě z etáží hlubších.

7./ Artézská spodní voda.

Artézskou spodní vodou označujeme vodu, která stojí ve vodovodné vrstvě pod hydrostatickým tlakem. Ona vzniká, když se vodovodná vrstva nalézá v hlubokém uložení mezi nepropustnými vrstvami, tedy když má vodovodná vrstva nejen nepropustné podloží, nýbrž i nepropustný strop /nadloží/. Voda pohybuje se zde podobně jako ve vodovodném potrubí určitým hydrostatickým tlakem ; hladina vodní jest napjata a když se prorazí nepropustný strop vyvrtanou sondou , vystoupí voda do výšky, která jest závislá na hydrostatickém tlaku, pod nímž voda stojí ; eventuelně vy -

tryskne spodní voda jako artézský pramen na povrch. Obr. 3. představuje A B zvodněnou vrstvu, uloženou mezi dvě nepropustné vrstvy. Při B vniká do vodovodné vrstvy infiltrovaná voda srážková a povrchová nebo voda spodní a podzemní prameny z vyššího území a jsouc zde uzavřena, stojí pod tlakem stanoveným čarou hydrostatického tlaku, když voda stojí v klidu (pánvovitá nádrž), anebo čarou hydraulického tlaku, když se voda pohybuje a následkem tohoto pohybu se část tlaku ztrácí.

Obr. 3. Artézská voda.



Vyvrtáme-li v bodech C, D a E sondy nebo rourové studně, vytrysne v sondě C artézský pramen, kdežto v sondách D a E vystoupí artézská voda jen do určité výšky nad vodovodnou vrstvu. V sondě F nalezneme jen obyčejnou spodní vodu, s volnou (ne napjatou) hladinou vodní.

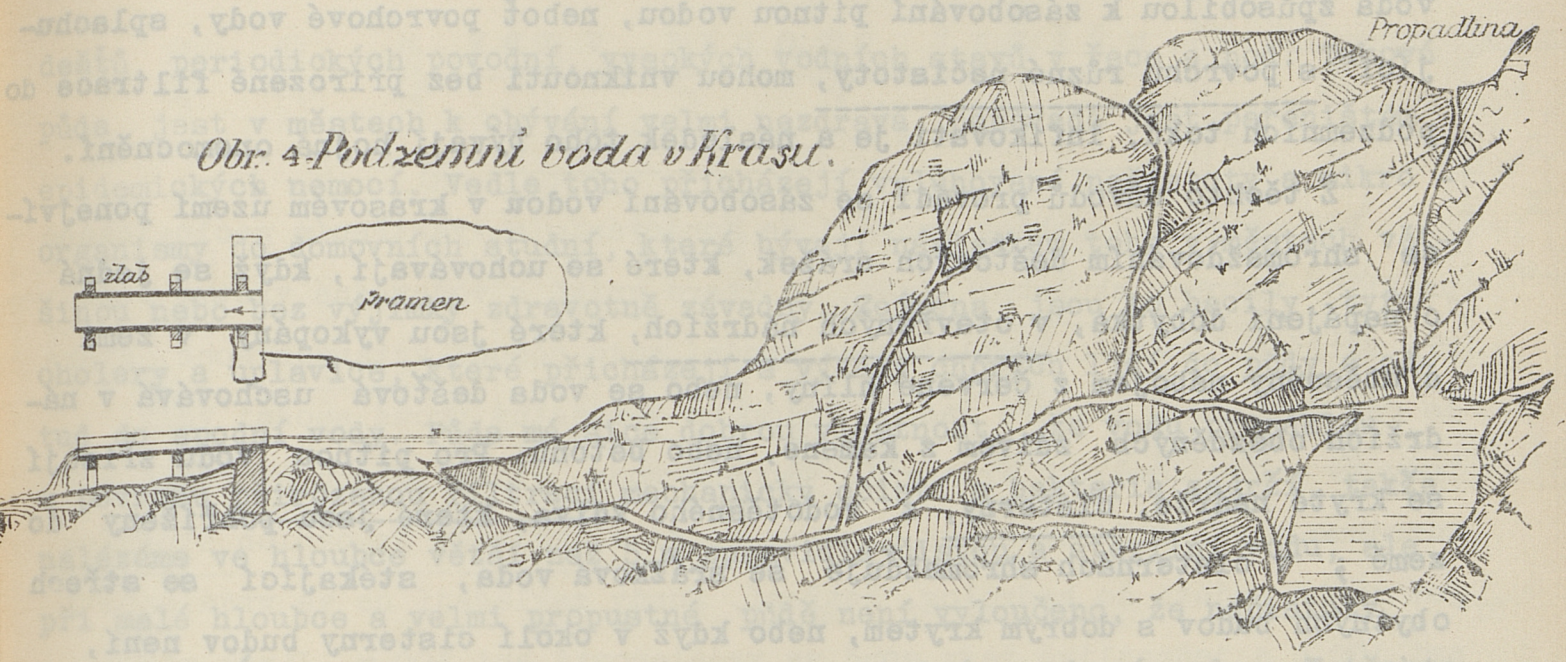
Vyhledávání artézských vod pro účely vodárenské jest úlohou geologa, poněvadž jsou pro jejich vytvoření směrodatny podmínky geologické a geotektonické. Předpokládají se vždy zvodněné vrstvy obepjaté v podloží a nadloží vrstvami nepropustnými. Výhodné pro vytvoření artézských vod jsou útvary mladších naplavenin alluviálních a diluviálních ; dále starší naplaveniny třetihorní (oligocen, eocen), vrstvy útvaru křídového (senon, turon, cenoman) a vrstvy útvaru kamenouhelného (perm, karbon).
Co do orografického vytvoření povrchu můžeme souditi na pravděpodobnost

vyskytování se vod artézských při rovinném území s pánvovitým uložením spodních vrstev. Obyčejně objevují se pod třetihorními jíly na př. na Moravě a v Uhrách, kdežto v Čechách nalézají se v útvaru křídovém a permském. Vyhledávání artézských vod děje se vrtanými sondami, ve kterých pozorujeme složení půdy v různých hloubkách, výšku jednotlivých horizontů spodní vody a eventuelní výstup spodní vody, když jest hladina vodní napjata.

8./ Spodní voda v Krasu.

V pohoří krasovém není spodní vody dle běžného pojmu, nýbrž ve vnitru tohoto pohoří shromažďuje se voda v rozvětvené síti spár, rozsedlin a vodovodních žil, které si postupem času mechan.chemickou činností vody rozšiřuje a tvoří zde t.zv. skrytou vodu spodní, která se pohybuje jako ve vodovodech s volnou hladinou vodní, nebo jako v uzavřených potrubích pod tlakem.

Jen v mladém krasu, kde se strhliny a spáry ještě nerozšířily, mohlo by se mluviti o spodní vodě, tvořící souvislou hladinu vodní. V krasu vyzrálém ztrácí však podzemní voda svoji souvislost, pohybuje se svojí tíží, nejprve ve směru vertikálním a soustřeďuje se v určitém směru ve vodoucích rozsedlinách, které si voda rozšíří na vodoteče, které na vhodných místech vyvěrají jako prameny. Spodní vody, jaké se nachází v naplaveninách diluviálních a terciálních, nemůže zde proto býti, poněvadž takových naplavenin v nitru vápencových a dolomitových pohoří není. Vede se však o existenci spodní vody přece v literatuře spor, který lze vysvětliti jen okolností, že je těžko říci, jaký tvar voda vniknuvší do vnitrozemí zaujímá, v jakých vodovodech se zde pohybuje, jelikož nám nejsou přístupny. Obr. 4.



Obr. 4 Podzemní voda v Krasu.

Tyto odchylné poměry hydrologické v krasovém území, mají velký význam při řešení otázek zásobování vodou. Trvalých pramenů, vyjímaje polí, není, podélných údolí s nepřetržitým tokem povrchové vody rovněž ne, a ponornice s příslušnými prameny jsou jen sporádicky v některých údolích a polích, kdežto ostatní kraje trpí občas nebo trvale nedostatkem vody. Najíti spodní vodu/skrytou/ podaří se velmi zřídka a to jen náhodou, když se šachtovou nebo vrtanou studní narazí na podzemní tok nebo podzemní nádrž, ve které se nalézá voda. To bývá však celkem zřídka, neboť by se musel proraziti zásadně celý krasový masiv až do nepropustné spodiny a i tehdy je úspěch ještě nejistý. Bylo vrtáno do hloubky 300 - 500 m , ale často bez výsledků ; jinde se voda našla, ale to jen náhodou, závislou na přirozeného geologického uvrstvení hornin. Na břehu mořském nalezne se studnami někdy spodní voda vzdutá mořem, ale tato voda bývá zpravidla brakická a sice tím slanější, čím více se jí odčerpává, poněvadž mořská voda přirozeným tlakem přitéká v dosahu depresní křivky do studny. Jen vyjímečně narazí se studnami na sladkou vodu.

Ale i tehdy, když se v krasu najde studnami neb v přirozených jamách a propadlinách proud tekoucí podzemní vody, jest otázkou, zda-li je taková

voda způsobilou k zásobování pitnou vodou, neboť povrchové vody, splachující s povrchu různé nečistoty, mohou vniknouti bez přirozené filtrace do podzemních toků, infikovati je a následek toho bývají hojná onemocnění.

Z těchto důvodů provádí se zásobování vodou v krasovém území ponejvíce shromažďováním dešťových srážek, které se uchovávají, když se jedná o napájení dobytka, v otevřených nádržích, které jsou vykopány v zemi a utěsněny nábojem z červené hlíny, nebo se voda dešťová uschovává v nádržích obezděných zdivem z kamene, nebo betonu. Pro pitnou vodu zřizují se kryté nádrže, cisterny, z vodotěsného zdiva, které jsou pohříženy do země ; v cisternách shromažďuje se srážková voda, stékající se střech obytných budov s dobrym krytem, nebo když v okolí cisterny budov není, z ohrazené sběrné plochy na otevřeném poli, která je opatřena vodotěsnou dlažbou. V novější době ztrácí však zásobování dešťovou vodou, zadrženou v cisternách, na významu a přihlíží se k tomu, zásobiti obyvatelstvo vodou jinou, nejlépe vodou z pramenů, která se k tomu účelu přivádí často z velké vzdálenosti.

9./ Hloubka spodní vody.

Hloubka spodní vody může býti různá ; to závisí v první řadě na hloubce vodovodné vrstvy, tedy na geologickém uvrstvení spodiny, ale vedle toho může míti na časovou hloubku hladiny spodní vody vliv též množství dešťových srážek, vzdálenost od potoků, řek a nádrží a kolísání jejich vodních stavů. Příliš mělká, totiž blízko povrchu se nalézající spodní voda t.zv. vrchní voda, bývá znečištěna příměsy prosáklými s povrchu území a nehodí se k pití. V nejhořejších vrstvách půdy nalézají se totiž často organické s povrchu území nebo ze stok a žump prosáklé látky animálního původu, které v půdě účinkem anaerobních bakterií zahnívají, vyvíjí škodlivé výpary a podporují šíření zárodků epidemických nemocí, zejména když hladina spodní vody ve své výšce častěji kolísá, na př. následkem vydatných

deštů, periodických povodní, vysokých vodních stavů v řece a pod. Taková půda jest v městech k obývání velmi nezdravá, poněvadž jest pařeništěm epidemických nemocí. Vedle toho přicházejí vyluhované nečistoty a mikro - organismy do domovních studní, které bývají následkem toho v městech většinou nebo bez výjimky zdravotně závadny. Zejména jsou to bacily tyfu, cholery a uplavice, které přicházejí s výkaly chorých lidí do půdy a odtud do spodní vody. Půda má sice dobrou vlastnost, že vodu prosáklou s povrchu přirozenou filtrací mechanicky očistí a bakterie zadrží, takže nalézáme ve hloubce větší než 5 m zpravidla čistou a sterilní vodu, ale při malé hloubce a velmi propustné půdě není vyloučeno, že nečistoty s povrchu území, stok a žump, vniknou do studní a nakazí vodu. Z těchto důvodů můžeme k ústřednímu zásobování upotřebiti jen spodní vodu, která se nalézá ve větší hloubce, aby se povrchová voda, která vsákne do půdy, přirozenou filtrací náležitě očistila a zbavila všech příměsů organického a minerálního původu. Vyloučeno je použití spodní vody, která se nalézá blízko povrchu území, blízko příbytků lidských, anebo když se půda přilehlých pozemků hospodářsky intensivně obdělává a hnojí. Rovněž tak vyloučeno jest použití spodní vody, když do vodovodné vrstvy přitéká povrchová voda volnými průchody v propustné půdě, hrubozrnném štěrku nebo otevřenými puklinami ve skále, poněvadž zde filtrace schází; spodní voda může se zde nakaziti a není při tom vyloučena ani infekce choroboplodnými bakteriemi. Tyto okolnosti třeba prozkoumati a zjistiti fysikálním, chemickým a bakteriologickým rozborem.

°—°—°—°—°—°—°

§7. MĚŘENÍ SPODNÍ VODY.

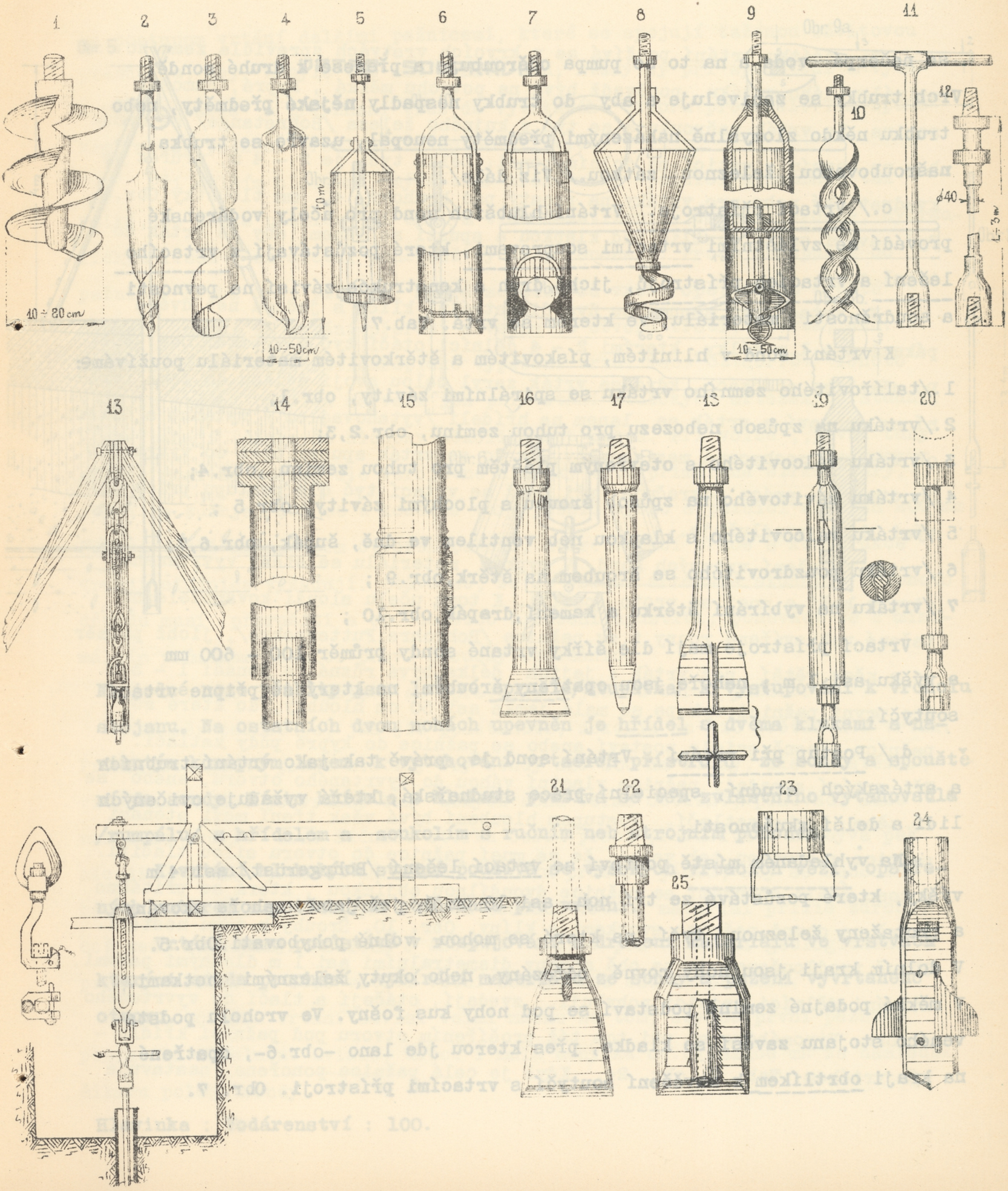
1./ Sondování půdy.

Při malých hloubkách provádí se sondováním a vyšetřením geologického profilu výkopem zkušební jáma , do které vniká z vodovodné vrstvy voda. Při větších hloubkách vyhledáváme spodní vodu pomocí vrtaných sond, které se rozdělí pokud možno v řadách kolmo na věrojatný proud spodní vody, tedy ve směru domělých vrstevnic spodní vody, jichž polohu a průběh posuzujeme předběžně dle výšky hladiny vodní v okolních domovních studních, jež třeba pojati do hydrolog. šetření. Sondy zakládají se ve vzdálenosti asi 100 m a jednotlivé řady sond ve vzdálenosti asi 300 m. Jinak mohou býti sondy založeny též nepravidelně .

Vrtání sond provádí se různým způsobem, dle hloubky sondy a složení spodiny.

a./ K sondování do hloubky 2 - 3 m stačí kopané zkušební jámy 1 m šířky, 2 m délky , nebo vrtané sondy, k nímž se použije zemních vrtáků asi 5 - 10 cm průměru, které se vrtají do země klíčem a občas se vytáhnou se zeminou, zachycenou mezi závity. Vyvrtané sondy vypaží se drenážními nebo kameninovými trubkami, ve kterých se pozoruje hloubka a kolísání podzemní vody. Se shora se pozorovací trubky uzavrou zátkou, aby se neucpaly.

b./ Při hloubkách 5 - 8 m používá se k sonsování t.zv.Northonských čili záraznych studní, které pozůstávají z kujnoželezných trub 1 - 3 m délky , 5 - 10 cm průměru ; první kus jest dírkovaná roura, opatřená ocelovou špicí a ovinuta - když se zaráží do vodovodné vrstvy z jemného písku - pletivem z bronzového drátu /Tressengewebe /. Roury zarážejí se beranidlem až přijde dírkovaná roura do vodovodné vrstvy; dle potřeby nastaví se více kusů, které se spojí závitovými přesůvkami. Se shora našroubuje se na trubku k braní vzorku vody malá ruční ssací pumpa, kterou


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
10 ÷ 20 cm
10 m
10 ÷ 50 cm
10 ÷ 50 cm
ϕ40
L ÷ 3 m
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

se načerpá voda a na to se pumpa odšroubuje a přenese k druhé sondě. Vrch trubky se zaniveluje a aby do trubky nespadly nějaké předměty, nebo trubku někdo zlomyslně naházenými předměty neucpal, uzavře se trubka našroubovanou železnou zátkou./ Viz dále/.

c./ Vrtací přístroje. Vrtání hlubších sond pro účely vodárenské provádí se zvláštními vrtacími soupravami, které pozůstávají z vrtacího lešení a vrtacích přístrojů, jichž druh a konstrukce závisí na pevnosti a soudržnosti materiálu, ve kterém se vrtá. Tab.7.

K vrtání sond v hlinitém, pískovitém a štěrkovitém materiálu používáme:

1./talířovitého zemního vrtáku se spirálními závity, obr.1;

2./vrtáku na způsob nebozezu pro tuhou zeminu, obr.2,3;

3./vrtáku válcovitého s otevřeným pláštěm pro tuhou zeminu ,obr.4;

4 /vrtáku závitového na způsob šroubu s plochými závity, obr.5 ;

5./vrtáku válcovitého s klapkou neb ventilem ve dně, šupák, obr.6,7;

6./vrtáku pouzdrovitého se šroubem na štěrk,obr.9 ;

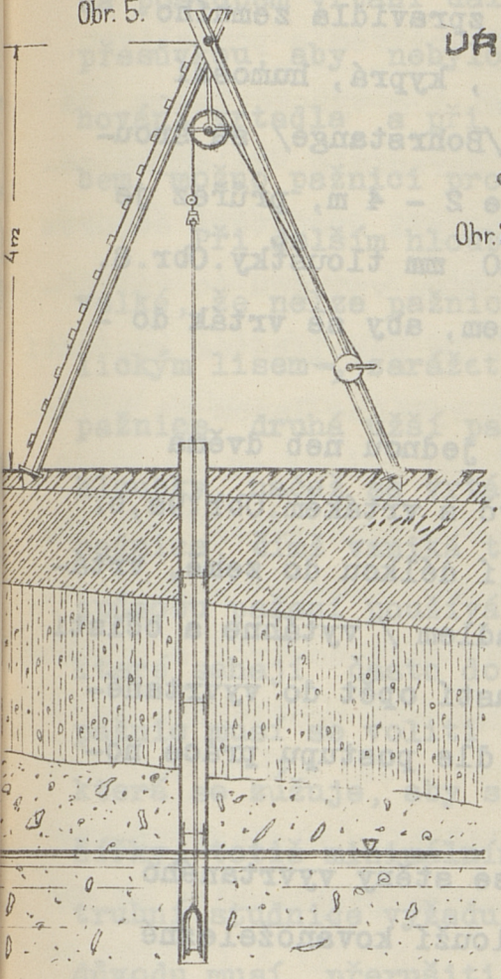
7./vrtáku na vybírání štěrku a kamení,drapák,obr.10 ;

Vrtací přístroje mají dle šířky vrtané sondy průměr 100 - 600 mm a výšku asi 1 m ; nahoře jsou opatřeny šroubem, na který se připne vrtací soutyčí.

d./ Postup při vrtání . Vrtání sond je, právě tak jako vrtání trubních a artézských studní, specielní práce studnařská, která vyžaduje cvičených lidí a delší zkušenosti.

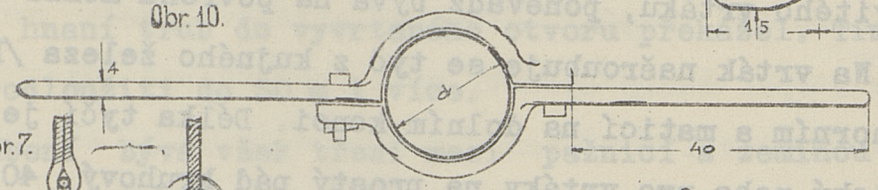
Na vyhledaném místě postaví se vrtací lešení /Bohrgerüst/ asi 4 m výšky, které pozůstává ze tří noh, asi 18 cm Ø, jež jsou nahoře okovány a protaženy železnou tyčí, na které se mohou volně pohybovati.Obr.5. V dolním kraji jsou nohy rovně odřezány, nebo okuty železnými botkami. V měkké podajné zemině podstaví se pod nohy kus fošny. Ve vrcholu podstaveného stojanu zavěsí se kladka, přes kterou jde lano -obr.6-, opatřené na kraji obrtlíkem k zavěšení soutyčí s vrtacími přístroji. Obr. 7.

Obr. 5.

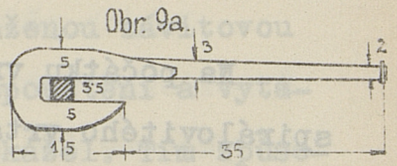


VRTACÍ SOUPRAVA.

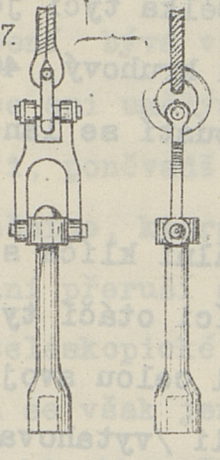
Obr. 10.



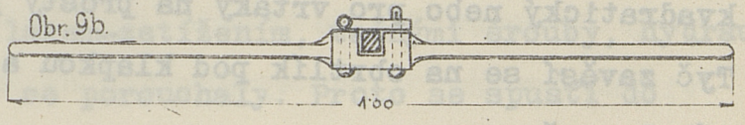
Obr. 9a.



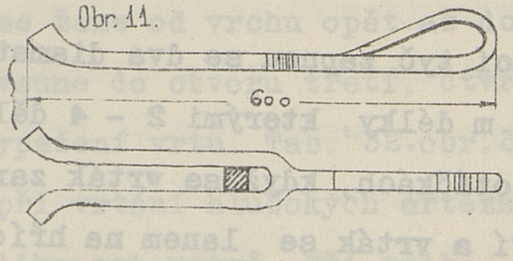
Obr. 7.



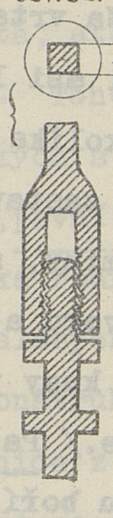
Obr. 9b.



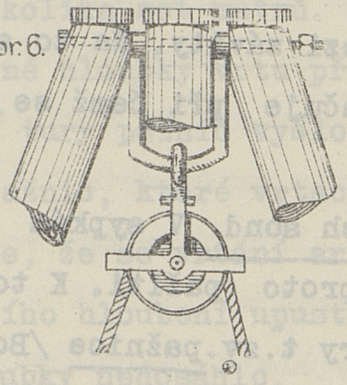
Obr. 11.



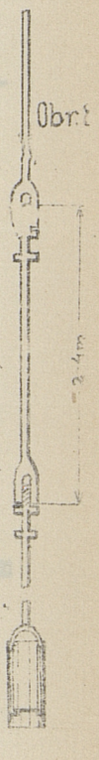
Obr. 8b.



Obr. 6.



Obr. 8



Na jedné noze přibity jsou laťové sprušle/stupátka/ k vystupování k vrcholu stojanu. Na ostatních dvou nohách upevněn je hřídel s dvěma klukami a navinutým konopným lanem k vytahování vrtacích přístrojů ze sondy a spouštění do sondy. Místo hřídele s klukami používá se též zvláštního vytahovadla /rumpálu/ s hřídelem a soukolím s ručním neb strojním pohonem.

K vrtání hlubokých studní používá se vysokých vrtacích věží, opatřených motorem a potřebnými pomůckami pro vrtání.

Vrtání samo pozůstává v rozpojování a drobení materiálu ve vrstvách kterými sonda prochází, vybírání materiálu ze sondy a pažení vyvrtaného otvoru.

Na počátku vrtání používá se v krycích vrstvách zpravidla zemního spirálovitého vrtáku, poněvadž bývá na povrchu měkká , kyprá, humosní zemina. Na vrták našroubuje se tyč z kujného železa /Bohrstange/ se šroubem na horním a maticí na dolním konci. Délka tyčí je 2 - 4 m, průřez je kvadratický nebo pro vrtáky na prostý pád kruhový, 40 mm tloušťky. Obr. 8. Tyč zavěsí se na obrtlík pod klapkou a spustí se lanem, aby se vrták dotýkal země.

Na vrtací tyč zapnou se dva diametrální klíče s jednou neb dvěma pákami asi 1 m délky, kterými 2 - 4 dělníci otáčí tyč s vrtákem. Obr. 9a,b. Po několika otáčkách, když se vrták zaryl celou svojí délkou do země, vrtání se zastaví a vrták se lanem na hřídeli /vytahovadlem / vytáhne a očistí od zeminy, zachycené mezi závity. Na to se vrták spustí opět do vyvrtaného otvoru a práce pokračuje při čemž se vrtací tyč dle postupu práce novými kusy prodlužuje.

e./ Pažení vrtaných sond. V sypkém materiálu se stěny vyvrtaného otvoru boří a musí se proto pažiti. K tomu účelu slouží kovanoželezné tažené neb svářené roury t.zv. pažnice /Bohrohre, Futterrohre/, jichž průměr je o něco větší než vrták ; jejich délka bývá různá a obnáší 1 - 3 m. Pro první pažnici vykope se malá jamka asi 50 cm hloubky, do které se pažnice přesně svisle postaví anebo se pažnice do kypré půdy zatlačí. Při vrtání zapadají pažnice vlastní váhou do vyvrtaného otvoru, anebo se do něho lehko zatlačí. Postupem hloubení bývá však tření mezi stěnami pažnice a zeminou tak velké, že se musí pažnice do otvoru silou tlačiti. K tomu účelu obchvátí se pažnice dvoudílnou objímkou , která se přitáhne pevně na obvod pažnice svorkami a klíny. Obr. 10. Šrouby k tomu nestačí. Obruč prodloužena je na obě strany diametralními asi 1 m dlouhými pákami, kterými dělníci pažnici pohybují, zvedají, otáčejí a tlačí do vyvrtaného otvoru. Vypomáháme si při tom též prošířením otvoru pod pažnicí křídlovým vrtákem. Tab. 7, obr. 24. Když je celá pažnice ponořena, nastavuje

se postupem vrtání dalšími pažnicemi, které se spojují taženou závitovou přesůvkou, aby nebylo vně ani uvnitř švu, který by při spouštění a vytahování vrtadla a při hnaní trub do vyvrtaného otvoru překážel. Tím způsobem možno pažnici prodloužiti do 50 m i více.

Při dalším hloubení bývá však tření mezi pažnicí a zeminou tak velké, že nelze pažnice ani umělým tlakem-zatížením, tažnými šrouby, hydraulickým lisem-, zarážeti, poněvadž by se porouchaly. Proto se spustí do pažnice druhá užší pažnice, která se žene od vrchu opět až do určité hloubky, načež se vrtání přeruší a vsune do otvoru třetí, čtvrtá, atd. pažnice, čímž vzniká teleskopické vypažení vrtu. Tab. 32.obr.3. Tohoto způsobu pažení používá se však jen při vrtání hlubokých artézských studní, které sahají často do hloubky několika set metrů. Při volbě „první tury" pažnic musí se voliti dle věrojatné hloubky vrtu přiměřená šířka roury, která se zúžuje, aby se u konečné tury pažnic vyšlo s pažnicí alespoň 200 mm šířky, totiž minimálním otvorem pažnic, které vrtací práce a konstrukce trubní studnice vyžadují. Stává se, že se vrtání artézské studnice z tohoto důvodu musí přerušiti a od dalšího hloubení upustiti, poněvadž se s minimálním průměrem pažnice pravé hloubky nedosáhlo.

U vrtů do 50 m vystačí se zpravidla s jednou turou pažnic.

Průměr pažnic je, jak již podotknuto, několik mm /20 /větší než vrták. Pro hydrologické práce stačily by sondy asi 100 mm šířky, ale ve štěrkovitém materiálu je vrtání tak úzkých sond velmi obtížné, poněvadž může nahodile větší zrno říčního štěrku celou práci přerušiti a nezbývá pak nic jiného, než použíti nárazového vrtáku prostým pádem, aby se nahodilý kámen prorazil. Také se při úzkých sondách vrtaný materiál příliš zdrobí, což vede ku klamným úsudkům o složení vrstev při vynášení geologického profilu. Proto je lépe vrtati větší sondy, asi 200 mm průměru.

Na počátku vrtání závisí velmi mnoho na tom, aby se první pažnice postavila absolutně svisle, neboť i malá uchylka od svislice má za následek šikmou polohu sondy.

Jakých přístrojů se při vrtání použije, závisí od druhu a uložení půdy. V rozmoklé zemině může se pracovati jen válcovitým vrtákem s pohyblivou klapkou ve dně /šupák/, který se střídavě zvedá asi 1 m vysoko lanem na kladce a opět náhle spouští do sondy podobně jako beranidlo. Válec se zarývá ostrou ocelovou hranou postupně do půdy, klapka při spouštění odporem vody a materiálu se otevře, kal, písek a štěrk s vodou vniknou do válcovitého pouzdra a při vytahování se samočinně zavře. Po několikátém zvednutí a spouštění se pouzdro naplní materiálem, načež se vytáhne lanem na hřídeli, vyprázdní a spustí do vrtu znovu.

Vytahování vrtáku děje se lanem na hřídeli neb vytahovadlem. Při tom musí se však, poněvadž je vrtací stojan jen 4 m vysoký, soutyčí rozkládati; nejhořejší tyč se vždy odšroubuje, při čemž se dolní část soutyčí s vrtákem přidrží úchytnou vidlicí, která leží na pažnici. Obráceně prodlužuje se soutyčí při spouštění vrtadla do vrtu. Obr. 11.

Do jaké hloubky se sondy vrtají, závisí na složení a uložení vrstev a účelu vrtání ; při hledání spodní vody musí se sonda prohloubiti až do vodovodné i vodonosné vrstvy.

Do vyvrtané a vypažené sondy vsunou se kovanoželezné /plynové/ trubky 45 - 80 mm průměru, které jsou, pokud procházejí vodovodnou vrstvou, dírkované. Trubka obsype se ve vodovodné vrstvě štěrkem a pískem a v krycích vrstvách nahoře materiálem, vyvrtaným ze sondy, načež se pažnice vytáhne. K tomuto vytahování pažnic lano na hřídeli zpravidla již nestačí a použije se k tomu kladkostroje , který se zavěsí na vrtacím stojanu vedle kladky. Tažný řetěz kladkostroje zapne se na obruč, přitaženou pevně na pažnici. Dle postupu vytahování odšroubuje se vždy nejhořejší roura pažnice Vytažených pažnic použije se při vrtání dalších sond.

Na konci pozorovací trubky našroubuje se přesůvka se zátkou, aby se trubka nahodilými předměty neucpala. Pozorovací trubka slouží k pozorování hloubky spodní vody od horní hrany trubky, která se k tomu účelu zaniveluje.

f./ K vrtání sond ve skále používá se železných nárazových vrtáků 200 - 600 mm průměru, 50 - 100 kg váhy, upravených dole na způsob dlátu s jednou neb dvěma tupými břity. Vrták zavěsí se na soutyčí kvadratického neb kruhového průřezu 40 mm tloušťky, střídavě zdvihá se a rychle spouští lanem na kladce ve vrcholu stojanu jako beranidlo, nebo váhadlem asi 10 m délky s ručním neb strojním pohonem. Dopadající vrták rozbíjí svojí váhou skálu na prach a písek a aby hloubení sondy šlo stejnoměrně, otáčí se po každém nárazu soutyčí s vrtákem o několik stupňů v jednom směru. Při velmi suché skále naleje se do sondy voda, aby se neprášilo.

V krátkých přestávkách se vrtání přeruší, vrták se soutyčím se vytáhne a drť na dně sondy se vybere. K tomu slouží při malé hloubce drťová lžice /Schmantlöffel /; při velké hloubce nalije se do sondy voda , která rozmělní drť a takto vzniklá směs vytáhne se na povrch válcovým pouzdrem, opatřeným ve dně klapkou nebo ventilem / šupákem/, který se střídavě vytahuje a rychle spouští do sondy když se naplní. Do hloubky asi 7 m může se použíti k vybírání drtě též - písková neb diafragmová pumpa. Pažení sondy ve skále odpadá. Aby se váha vrtáku zvětšila, vloží se mezi vrták a soutyčí zatěžovací tyč /Schwerstange / 2 - 5 m délky a 150 - 500 kg váhy tak , aby na každý mm průměru sondy připadla váha 1 kg vrtadla. Naproti tomu se u vrtů velké hloubky vkládá mezi soutyčí a vrták , - aby se odstranil škodlivý vliv prudkého nárazu vrtáku na závitové spojky soutyčí - saňový vypínač, který je tak upraven, že se vrták pohybuje /padá / o několik cm ještě dále, když se soutyčí při padání již zastavilo ; vrták odletí ještě o kus dále / 20 - 30 cm / a dopadne sám na dno vrtu, tedy bez soutyčí.

g./Vrtání prostým pádem a vyplavováním. Vrtací metoda prostým pádem na sucho s přerušovaným chodem je nevýhodná, poněvadž se ztrácí mnoho času na vytahování, rozkládání a opětné spouštění a sestavování soutyčí do vrtané sondy. Proto se při vrtání hlubokých sond prostým pádem používá metody vyplavovací.

Zde se vrtá nárazovým vrtákem, který je na celé délce provrtán - Tab.7.obr.25.-a visí na dutém soutyčí /Hohlgestänge /, kterým se tlačí ke dnu vrtu voda. Voda vyplaví drť a odnáší ji otvorem pažnice obráceným směrem nahoru k povrchu. Čím je pažnice užší, tím rychlejší je proud vodní nahoru a když chceme získati při hrubém zrnu drti pro vyplavování obzvlášť rychlý proud, obrátíme jeho směr, t.j. pouštíme vodu pod tlakem do pažnice a vypouštíme ji dutým soutyčím k povrchu. K vrtání metodou vyplavovací ve skále používá se těžkých nárazových vrtáků ; k vrtání v měkkém sypkém materiálu používá se lehčích plochých vrtáků tvaru dláta. Vrtáky nasazeny jsou na dutém soutyčí z ocelových svářených trub 4 - 5 m délky, 30 - 80 mm průměru, spojených závitovými přesuvkami /Überschubmuffen/.

Vrták zdvihá a spouští se kladkovými zdvíhadly nebo váhadlem se strojním pohonem a při tom se na obrtlíku pomalu otáčí. Podobně jako při vrtání prostým pádem na sucho, může se i zde vrták zatížiti / zatěžovací tyčí a odstranění škodlivého vlivu prudkých nárazů vloží se mezi vrták a soutyčí saňový vypínač / Kutschscheere /, který je u starších konstrukcí -obr. 19.tab.7 - v horní části provrtán a vložen na celé délce do pouzdra pláště, aby mohla voda ze soutyčí do pouzdra a odtud do vrtu vytékati. U nových konstrukcí vytéká voda ze soutyčí do vodotěsného pouzdra a vytéká na dolní straně otvory do zatěžovací tyče a touto vrtákem ku dnu sondy .

Při vyplavování žene se voda do soutyčí ohnutou trubkou nebo hadicí pod tlakem a sice buď z vodojmu nebo tlakovou pumpou ručním nebo strojním pohonem. Voda žene se do soutyčí a vytéká pažnicí obráceným proudem k povrchu.

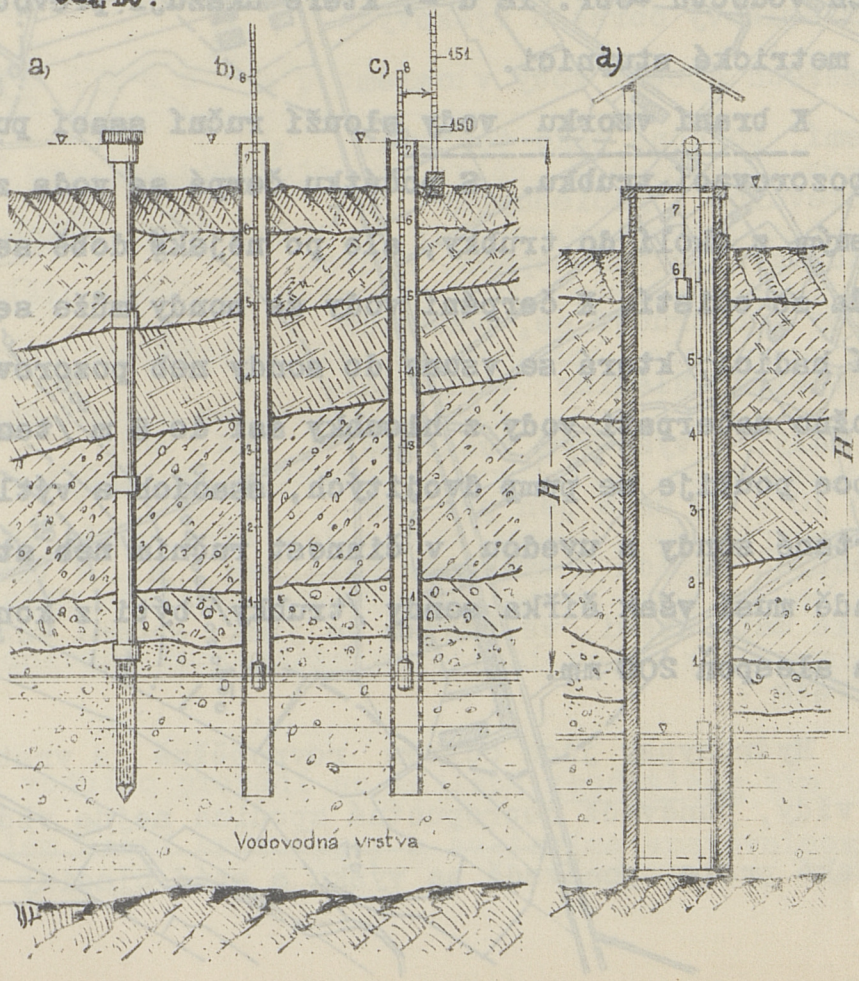
h./ Výsledek vrtání. Během vrtání vede se vrtací zápisník, ve kterém se poznamená u každé sondy druh a složení zeminy, mohutnost a hloubka provrtaných vrstev, hloubka a mohutnost vodovodné vrstvy, ve které hloubce se vyskytla spodní voda, zda ve více etážích, do jaké výšky stoupla a zda-li je artézsky napjata.

Dle výsledku sondování konstruuje se geologický profil, na který však možno spoléhati jen tehdy, když jsou sondy založeny blízko sebe a když uvrstvení v jednotlivých sondách ukazuje na patrnou souvislost. Nejsou však při tom vyloučeny poruchy v průběhu podzemních vrstev, které vedou ku klamným závěrům a je v tom ohledu nutna velká opatrnost a eventuelně vyžádáme si mínění geologa.

2./ Měření hloubky spodní vody.

Do vyvrtané sondy vnikne spodní voda a postaví se do výše odpovídající vodnímu stavu v nejbližším okolí. Hloubka hladiny vodní pod povrchem a její kolísání, měří se od hrany pažnicové roury nebo pozorovací trubky, které se k tomu účelu zanivelují -obr.12a - plovákem z pozinkovaného plechu, na kterém je osazena tenká, lehká, měřící tyč, rozdělená na metry a centimetry. Obr. 12b. Nula metrické stupnice ustanoví se pokusem dle velikosti ponoru plováku. K trvalému pozorování spodní vody umístí se takové plovákové vodočty ve zvláštních budkách, ve kterých ukazuje index plovákové latě na vodočet. Obr. 12c.

Obr. 12. MĚŘENÍ SPODNÍ VODY.



Dále používá se k měření hloubky spodní vody měřického pásma, na němž se zavěsí železná tyč asi 500 mm délky

a 10 mm tloušťky, která se natře před každým měřením křídou neb popelem. Pásmo spouští se se závažím do sondy až ucítíme neb uslyšíme, že se trubka ponořila do vody. Na to se na pásmu odečte délka až po hranu pažnice , pásmo se vytáhne a k odečtené délce pásma připočte se délka neomočené části trubky, která se změří metrovým měřítkem. Jest to vzdálenost nuly pásma do viditelného znaku na trubce, kam až se železná trubka ponořila.

K témuž účelu slouží různé speciální přístroje na př. píšťala na dlouhé, tenké, metrickou stupnicí opatřené železné rouře, do které se fouká nasazenou hadicí, když píšťala při spouštění do sondy dosáhne hladiny vodní, změní najednou hlas. Frankfurtská píšťala jest podobný přístroj na tenké rouře, který se spouští do sondy a když přijde do vody, píšťala stlačeným vzduchem sama zazní. Konečně používá se k tomu účelu plováku s elektrickým kontaktem, který přichází v činnost , jakmile plovák narazí na vodu.

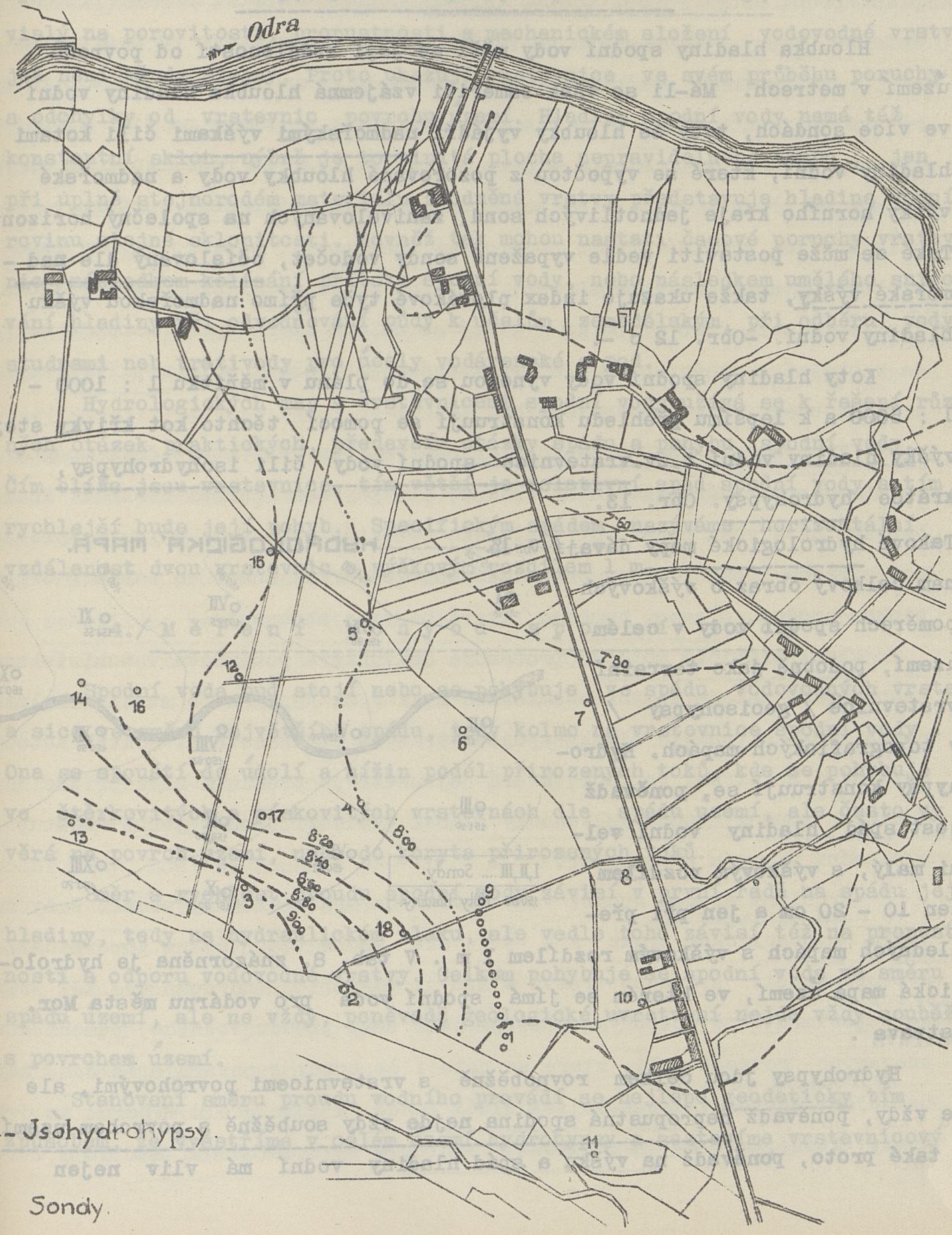
V širokých studnách užívá se k měření hloubky hladiny vodní plovákových vodočtů -obr. 12 d -, které ukazují převodem hloubky vody na skrácené metrické stupnici.

K braní vzorku vody slouží ruční ssací pumpa, která se našroubuje na pozorovací trubku. S počátku čerpá se voda zakalená hlínou a pískem strženým z okolí do trubky, ale po nějaké době se ,, sonda odpískuje '' a voda se očistí. K čerpání vody ze sondy může se použíti též pumpy se ssací hadicí, která se vsune do sondy neb pozorovací trubky. Tímto způsobem je možno načerpati vody z hloubky asi do 8 m /teoreticky 10 m /. Při větší hloubce použije se pump dvojitých, ssacích a výtlačných, které se spustí do vrtané sondy a uvedou v činnost ručním neb strojovým pohonem. V takovém případě musí však šířka sondy /trubky/ býti z konstruktivních důvodů čer - padla alespoň 200 mm.

8.

HYDROLOGICKÁ MAPA VODOVODU V MOR. OSTRAVĚ

STAV SPODNÍ VODY PŘED ČERPÁNÍM.



---- Isohydrohypsy.

o Sondy.

ooooo Pokusné čerpací studně.

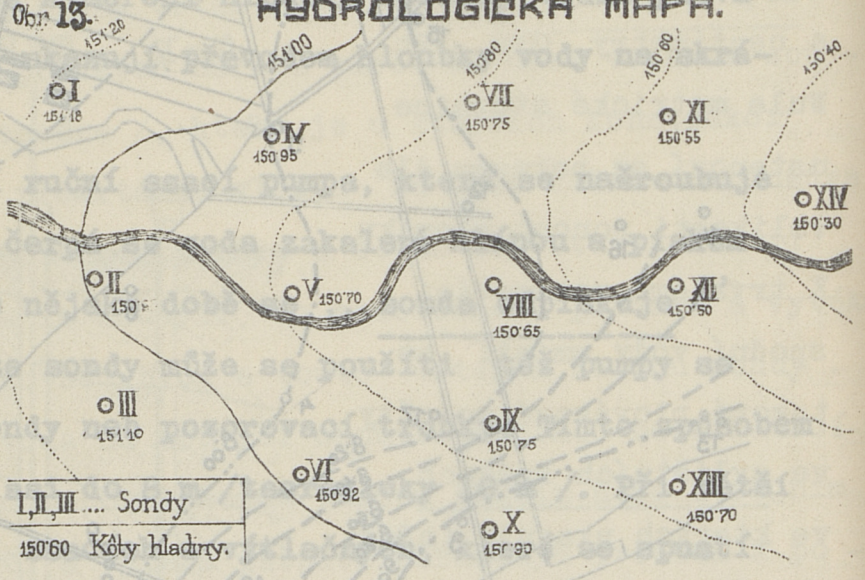
3./ Hydrologické mapy.

Hloubka hladiny spodní vody měří se její vzdáleností od povrchu území v metrech. Má-li se však zaměřiti vzájemná hloubka hladiny vodní ve více sondách, tedy se hloubky vyjádří nadmořskými výškami čili kotami hladiny vodní, které se vypočtou z pozorované hloubky vody a nadmořské výšky horního kraje jednotlivých sond, zanivelovaných na společný horizont. Také se může postaviti vedle vypažené sondy vodočet, očíslovaný dle nadmořské výšky, takže ukazuje index plovákové tyče přímo nadmořskou výšku hladiny vodní. -Obr. 12 c -.

Koty hladiny spodní vody vynesou se do plánu v měřítku 1 : 1000 - 1 : 5000 a k lepšímu přehledu konstruují se pomocí těchto kot křivky stejné výšky hladiny vodní t.zv. vrstevnice spodní vody čili isohydrohypsy, krátce hydrohypsy. Obr. 13.

Takové hydrologické mapy dávají nám celkový obraz o výškových poměrech spodní vody v celém území, podobně jako terrainí vrstevnice / geoisohypsy / v topografických mapách. Hydrohypsy konstruují se, poněvadž jest spád hladiny vodní velmi malý, s výškovým rozdílem jen 10 - 20 cm a jen při přehledných mapách s výškovým rozdílem 1 m . V tab. 8. znázorněna je hydrologická mapa území, ve kterém se jímá spodní voda pro vodárnu města Mor. Ostrava .

Obr. 13.



Hydrohypsy jdou celkem rovnoběžně s vrstevnicemi povrchovými, ale ne vždy, poněvadž nepropustná spodina nejde vždy souběžně s povrchem území a také proto, poněvadž na výšku a spád hladiny vodní má vliv nejen

spád vodonosné vrstvy, nýbrž i odpor při prosakování vody, který je závislý na porovitosti, propustnosti a mechanickém složení vodovodné vrstvy, jež není všudy stejný. Proto ukazují vrstevnice ve svém průběhu poruchy a odchylky od vrstevnic povrchu území. Hladina spodní vody nemá též konstantní sklon, nýbrž je to vlnitá plocha nepravidelného tvaru ; jen při úplně stejnorodém materiálu zvodněné vrstvy představuje hladina vodní rovinu stejné sklonitosti. Rovněž tak mohou nastati časové poruchy vrstevnic následkem kolísání přítoku spodní vody, nebo následkem umělého snižování hladiny při odvodňování půdy k účelům zemědělským, při odběru vody studnami neb trativody pro účely vodárenské a pod.

Hydrologických map s vrstevnicemi spodní vody užívá se k řešení různých otázek praktických, především otázky spádu a pohybu spodní vody. Čím blíže jsou vrstevnice, tím větší je relativní spád spodní vody a tím rychlejší bude její pohyb. Specifickým spádem nazýváme horizontální vzdálenost dvou vrstevnic s výškovým rozdílem 1 m.

4./ M ě ř e n í p o h y b u s p o d n í v o d y .

Spodní voda buď stojí nebo se pohybuje ve spádu vodovodných vrstev, a sice ve směru největšího spádu, tedy kolmo na vrstevnice spodní vody . Ona se spouští do údolí a nížin podél přirozených toků, kde se pohybuje ve štěrkovitých a pískovitých vrstevnách dle spádu území, ale často vyvěrá na povrch území, nebo do koryta přirozených toků.

Směr a rychlost proudu spodní vody závisí v první řadě na spádu její hladiny, tedy na hydraulickém tlaku, ale vedle toho závisí též na propustnosti a odporu vodovodné vrstvy. Celkem pohybuje se spodní voda ve směru spádu území, ale ne vždy, poněvadž geologické uvrstvení nejde vždy souběžně s povrchem území.

Stanovení směru proudu vodního provádí se nejlépe geodeticky tím způsobem, že vyšetříme v celém území hydrohypsy a sestavíme vrstevnicový

plán spodní vody. Pomocí těchto křivek můžeme ustanoviti směr proudu vodního, který jde ve směru největšího spádu, tedy kolmo na hydrohypsy.

Jiná methoda pozůstává v tom, že se do pokusné studně naleje roztok nějaké soli nebo barviva - fluorescein uranin -, které se šíří difusí na všechny strany okolo studně a sice v kruzích, jež se prodlužují ve směru proudu až přijdou do nižších sond, kde se může přítomnost roztoku ve vodě ohledáváním, ochutnáváním , chemickými reagencemi, elektrolytycky nebo spektrální analysou konstatovati. Nejvíce užívá se k tomu účelu roztoku kuchyňské soli /150 - 200 kg/, který se naleje do sondy a pozoruje se voda v okolních studních. Sonda, ve které možno roztok soli nejdříve konstatovati, udává směr proudu vodního.

Fluorescein jest organické intensivní barvivo, které dává vodě i při velmi nepatrné dávce zvláštní vzhled, ale při tom zdraví neškodí. Toto barvivo dává však negativní výsledek, jestliže přijde do styku s kyselinou sírovou v půdě, která organická barviva ničí, anebo do styku s organickou hmotou, dřevem, humosem, která barvivo absorbuje.

Elektrolytická methoda profesora Shlichtera pozůstává v tom, že se do jedné sondy naleje roztok salmiakové soli / $Cl\,NH_4$ / a do studní okolních ponoří se galvanické články spojené dráty s amperometrem. Roztok této soli šíří se difusí ve vodě, která jej unáší po proudu a když přijde do okolních studní, začne galvanický článek vyvíjeti proud, jehož vzestup a klesání ukazuje amperometr.

Rychlost proudu spodní vody závisí na spádu hladiny vodní, tedy na jejím hydraulickém tlaku $J = \frac{h}{l}$, ale vedle toho též na porovitosti a propustnosti zvodněné vrstvy a lze ji vyjádřiti vzorcem $v = KJ$. Stanoví se experimentálně podobným způsobem jako směr proudu vodního, pomocí koncentrovaných roztoků soli, které se nalejí do sondy a pozoruje se čas, kdy se objeví roztok v následující nižší sondě. K tomu účelu vyberou se dvě sondy, které leží ve směru proudu vodního a ve vzdálenosti asi 50 m .

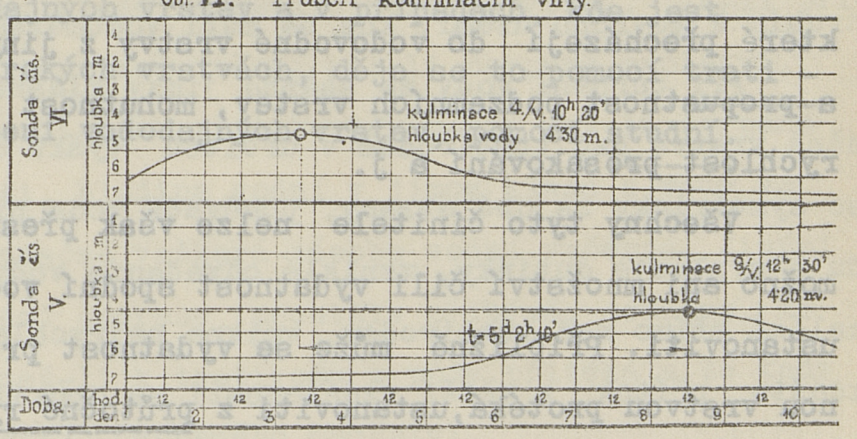
Do studně hořejší naleje se koncentrovaný roztok kuchyňské soli, který voda unáší do dolejší studny. Chemickým rozborem v krátkých mezerách ze studny čerpané vody, ustanoví se titrometricky roztokem $AgNO_3$ obsah chloru, jehož přibývá a po dosažení určité kulminace zase ubývá. Z rozdílu doby, kdy se roztok nalil do hořejší studny a kdy se objevil v dolejší studni, kulminace obsahu chloru /t/, jakož i vzdálenosti obou studní /s/ ustanoví se rychlost proudu $v = \frac{s}{t}$.

K témuž účelu užívá se shora zmíněné elektrolytické methody Shlichterovy pomocí koncentrovaného roztoku salmiaku, který se naleje do hořejší studny a pozoruje se galvanickým článkem a ampérometrem, kdy se objeví největší intensita elektrického proudu. Časový rozdíl mezi nalitím roztoku do hořejší studny a největší intensitou proudu /kulminací/ a vzdálenost sond stanoví opět rychlost proudu $v = \frac{s}{t}$. Všechny tyto metody jsou však nespolehlivé.

Rychlost proudu spodní vody může se stanoviti též pozorováním průběhu nahodilého nebo periodického kolísání hladiny vodní ve dvou sondách, které leží ve směru proudu nedaleko od sebe /50 - 100 m/. Toto kolísání jest pozvolné a z rozdílu doby kulminace vlny vodních stavů, dotyčně opoždění této vlny v obou sondách, jakož i vzdálenosti sond, stanoví se rychlost prosakování spodní vody $v = \frac{s}{t}$. Obr. 14.

K měření rychlosti proudu spodní vody, hodí se konečně pozorování dešťových srážek a současně měření výšky hladiny vodní ve dvou sondách prohloubených do vododajné vrstvy pod sběrným územím. Vododajnou vrstvu můžeme při tom považovati za retenční nádrž, do které srážkové vody pozvolna přitékají a jí odtékají.

Obr. 14. Průběh kulminační vlny.



K tomu účelu vyneseme měsíční srážky celého roku nebo za více let do diagramu, jako součtovou čáru a srovnáme ji s měřenými výškami hladiny vodní v obou sondách. Z opoždění maxima a minima vodních stavů v sondách oproti srážkám a z doby kulminace vlny pozorování v obou sondách můžeme usuzovati na rychlosti prosakování spodní vody ve zvodněné vrstvě.

Celkem jest rychlost proudu, vlastně cezení a prosakování spodní vody velmi malé a obnáší asi 1 - 3 m na den, čili 0.01 - 0.03 mm/sek. Větší rychlostí pohybuje se spodní voda jen ve vrstvách pískovcových a vápenco - vých, kde jsou mechanickým účinkem vody vyluhovány kanály větší a průcho- dy, kterými spodní voda protéká jako v rourách a krytých kanálech.

5./ Množství spodní vody.

Množství spodní vody, které se ve vodovodné vrstvě pohybuje, závisí především na velikosti sběrné oblasti ze které voda srážková do půdy pro- sakuje a na množství atmosferistických srážek. Vedle toho mají však na vy- datnost proudu spodní vody vliv i jiné okolnosti, totiž : výška, druh a rozdělení ročních srážek, vzájemný poměr deště a sněhu, sklonitost a nad- mořská výška sběrného území, odtokové poměry povrchové vody t.zv. odtokový koeficient, závislý na porostu území, petrografickém složení a geologickém uvrstvení půdy, prosakování vody s potoků a řek do půdy, podzemní prameny, které přecházejí do vodovodné vrstvy z jiných oblastí, vodní kapacita a propustnost podzemních vrstev, mohutnost a propustnost vodovodné vrstvy, rychlost prosakování a j.

Všechny tyto činitele nelze však přesně čísly vyjádřiti a proto není možno ani množství čili vydatnost spodní vody theoretickým výpočtem přesně ustanoviti. Přibližně může se vydatnost proudu spodní vody, která zvodně- nou vrstvou protéká, ustanoviti z průtočné rychlosti v a velikosti průřezu zvodněné vrstvy F. Průtočná rychlost proudu vodního ustanoví se dle předcházejícího bodu a plošný obsah / šířka a tloušťka / vododajného prů -

řezu určí se z geologického profilu, sestaveného sondováním. Theoreticky jest pak průtočné množství vody $Q = Fv$, podobně jako u vod povrchových, odtékajících v korytech přirozených toků. Při skutečném provádění tohoto měření narážíme však na velké obtíže, které činí výsledek nespolehlivým. Vedle plochy celkového průřezu zvodněné vrstvy třeba totiž znáti porovitost a propustnost této vrstvy a třeba vyšetřiti rychlost pohybu spodní vody a oboje je těžko proveditelné, poněvadž vodovodná vrstva je nepřístupná.

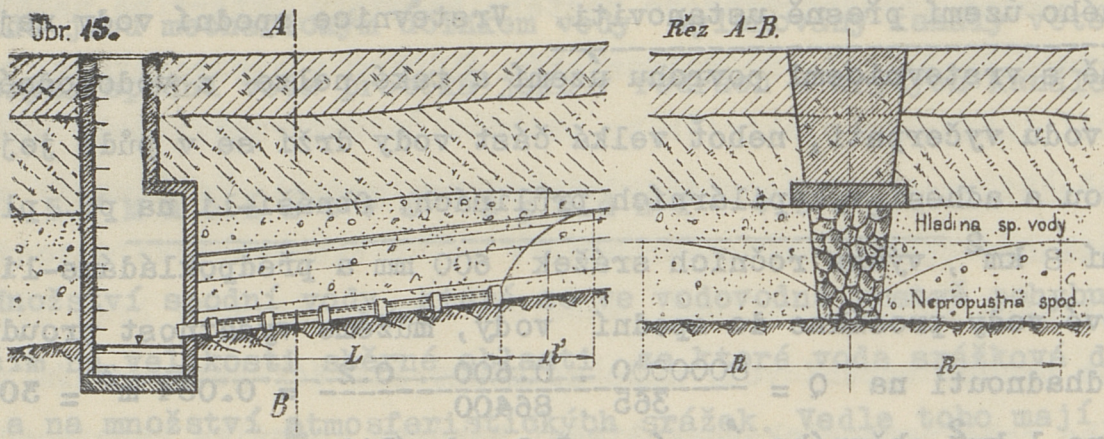
Průměrně počítá se, že do půdy prosákne asi 20 - 30% dešťových srážek se sběrné oblasti, ale i to jest jen hrubý odhad, poněvadž nelze ani hranice sběrného území přesně ustanoviti. Vrstevnice spodní vody nejdou vždy souběžně s vrstevnicemi povrchu území a také nelze z vodovodné vrstvy veškerou vodu vyčerpati, neboť velká část vody drží se v půdě její vodní kapacitou a adhesí v kapilárních průlinách. Obnáší-li na př. plocha sběrného území 8 km^2, výška ročních srážek 600 mm a předpokládáme-li, že 20% srážkové vody prosákne do spodní vody, můžeme vydatnost proudu spodní vody odhadnouti na $Q = \frac{8000000 \cdot 0.600 \cdot 0.2}{365 \cdot 86400} = 0.034\ m^3 = 30.4$ s./l a vydatnost na 1 km^2 sběrného území na 3.8 sek./lit.

Tam, kde se jedná o přesnější údaje vydatnosti proudu spodní vody, tyto výpočty nestačí, obzvláště pro účely vodárenské, kde třeba stanoviti vydatnost proudu spodní vody vždy experimentálně, totiž pokusným odčerpáváním vody ze zvodněné vrstvy. K tomu účelu musí se voda nějakým způsobem jímati. Při mělkém uložení vododajných vrstev a v případech, kde jest proud spodní vody rozptýlen v širokých vrstvách, děje se to pomocí trativodů nebo štol, při hlubokém uložení vododajných vrstev, pomocí studní.

6./ Stanovení vydatnosti spodní vody trativody.

Trativody pozůstávají z hrdlových, kameninových neb betonových trub 10 - 15 cm průměru, které jsou v horní polovici dírkované a v dolní polovici plnostěnné. Trativody položí se do vykopané rýhy, která sahá až do nepropustné spodiny a obloží se do výšky zvodněné vrstvy štěrkem a kamením; ostatní část rýhy zasype se vykopaným materiálem. Aby se zamezilo prosakování povrchové vody do trativodu, napěchuje se do příkopu nad kamenný zához nepromokavá vrstva jílu asi 20 cm tloušťky . Obr. 15.

Obr. 15.



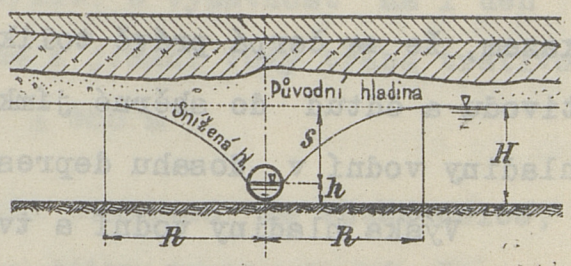
Trativody založí se kolmo na vrstevnice spodní vody s malým spádem /0.1 %/ k výtoku. Voda cedí se z vodonosné vrstvy do trativodu a odtéká přirozeným spádem do sběrné jímky , ze které se odčerpává strojními čerpadly a vyčerpaná voda měří se nádobami nebo přepadovým zařízením. Jestliže to výškové poměry dovolují, odvede se voda ze sběrné jímky gravitačním potrubím k povrchu území, kde se měří vodoměrem.

Při čerpání vody ze sběrné jímky klesne hladina spodní vody ve zvodněné vrstvě nad trativodem v určitou výšku depresi s a toto klesání šíří se symetricky na obě strany, poněvadž voda přitéká s obou stran do trativodu a vyplňuje dutinky, vzniklé odvedením vody do trativodu. Voda, která se nalézá přímo nad trativodem, vnikne nejrychleji a nejdříve do trativodu, kdežto přítok z větší vzdálenosti se opozdí dle velikosti odporu, jaký půda průtoku klade . Se vzdálenosti ubývá přítoku vodních částeček do

trativodu, až konečně v určité vzdálenosti přítok vody přestane. Obr. 16.

Povrch snížené hladiny vodní, kterou pozorujeme v sondách podél trativodu, jeví tudíž oboustranný spád k trativodu a vytvoří válcovitou plochu, která se přimyká pozvolna původní, nerušené hladině vodní. Tvar této plochy závisí na porovitosti a propustnosti zvodněné vrstvy.

Obr. 16.



Výška o kterou původní hladina vodní nad trativodem klesne $s = H - h$ nazývá se depresí, plocha snížené hladiny vodní plochou deprese, řez této křivky vertikální rovinou, položenou kolmo na trativod, nazývá se křivkou deprese a vzdálenost dotykového bodu křivky deprese s původní nerušenou hladinou vodní R dálkou deprese.

Theoreticky působí snížení hladiny vodní do nekonečné vzdálenosti, takže se křivka deprese přimyká vlastně asymptoticky nerušené hladině vodní, ale při úlohách praktických vymezujeme tuto nekonečnou vzdálenost měřitelnou vzdáleností R, totiž vzdáleností, ve které můžeme považovati výškový rozdíl snížené a nerušené hladiny vodní jako nepatrný a menší, než-li je chyba pozorování.

Čím intensivnější je čerpání ze sběrné jímky, tím více odtéká vody do trativodu a tím větší bude deprese. Jakmile se však přestane odčerpávati, stoupne hladina vodní ve zvodněné vrstvě nad trativodem do původní výšky. Při úsilovném čerpání klesá neustále hladina vodní. Je-li přítok vody z vododajné vrstvy do trativodu větší než-li čerpané množství, tedy se deprese záhy ustálí; je-li však přítok vody menší než-li čerpané množství, bude deprese přibývati, hladina vodní v jímce klesá a vody ve zvodněné vrstvě ubývá, až se konečně veškerá zásoba vodní vyčerpá. Jinými slovy: když při pokusném čerpání deprese neustále přibývá, soudíme, že se čerpá větší množství vody, než-li k trativodu z půdy přitéká a že tedy proud spodní vody nestačí ku krytí čerpaného množství.

V takovém případě musíme čerpati menší množství vody až se hladina vodní nad trativodem v dosahu depresní křivky ustálí, což je patrným důkazem, že se čerpá právě tolik vody, kolik ji z vododajné vrstvy do trativodu a odtud do sběrné jímky přitéká. Tento konstantní stav snížení hladiny vodní v dosahu depresní křivky nazývá se stavem setrvačným.

Výška hladiny vodní a tvar depresní křivky pozoruje se v sondách podél trativodu. Vyčerpané množství vody měří se přepadovým zařízením ; současně zkoumá se voda po stránce fysikálně-chemické i bakteriologické. Vyčerpaná voda odvede se potrubím, nebo vodotěsným příkopem daleko od trativodu, aby se necedila zpět do jímacího zařízení.

V důsledku nestejnoměrného rozdělení srážek jest pravděpodobno, že vydatnost spodní vody nebude vždy stejná, nýbrž že se bude průběhem roku a průběhem více let - mokrých a suchých - měniti. Aby se toto kolísání zjistilo a abychom mohli na pokusné čerpání spoléhati, musíme je provésti po delší dobu , ve dne a v noci, v různých dobách ročních, po více měsíců, ba více let, poněvadž kolísání vydatnosti spodní vody děje se v delších periodách.

Pro účely vodárenské můžeme pak počítati jen s minimální vydatností, tedy s nejmenším množstvím vody, které lze z vododajné vrstvy při stavu setrvačném a ustálené depresi nepřetržitě čerpati. Označíme-li Q tuto minimální vydatnost trativodu o délce L a předpokládáme-li všude stejné mechanické složení, stejnou propustnost a porovitost zvodněné vrstvy, bude vydatnost trativodu na jeden běžný metr a jednotku časovou t.zv. modul vydatnosti $k = \frac{Q}{L}$. Obráceně vypočteme pro vyžadovanou potřebu Q délku trativodu $L = \frac{Q}{k}$.

Trativod může býti ve vyžadované délce jeden, nebo se může založiti v zabraném území více souběžných trativodů / po způsobu drenáže /, jichž vzdálenost se rovná nejméně dvojnásobné délce deprese, takže se křivky deprese ve vrcholových bodech navzájem dotýkají.

Obnáší-li na př. denní potřeba vody $Q = 1200\ m^3$ a vydatnost trativodu na jeden běžný metr $k = 0.2$ sek./lit. a vydatnost na 1 den $q = 0.2 \cdot 24.60.60 = 0.2 \cdot 86400$ lit., bude k jímání vody třeba trativod úhrnné délky $L = \frac{Q}{q} = \frac{1200000}{864000 \cdot 0.2} = 350$ m.

Z důvodů bezpečnostních třeba založiti trativod ve větší délce, neboť s úplnou bezpečností nelze potřebnou délku trativodu výpočtem nikdy ustanoviti, poněvadž učiněný předpoklad stejnorodého mechanického složení zvodněné vrstvy jest jen theoretický. Ve skutečnosti jest mechanické složení, propustnost a porovitost zvodněné vrstvy a tím i pohyb spodní vody a její vydatnost různá; proto se musí po definitivním založení trativodu jeho vydatnost experimentálně znovu stanoviti a dle výsledku tohoto pozorování délku trativodu eventuelně opraviti a prodloužiti.

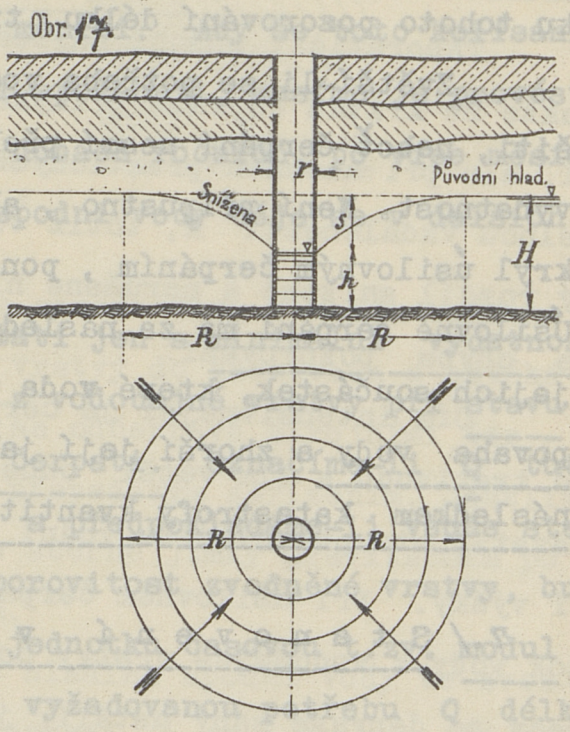
Zvětší-li se potřeba vody, musí se délka trativodu přiměřeně zvětšiti, neboť čerpání nesmí překročiti čerpacími pokusy zjištěnou minimální vydatnost. Není přípustno, aby se trvalý nebo nahodilý nedostatek vody kryl úsilovným čerpáním, poněvadž nastane vyčerpání a zakalení vody. Úsilovné čerpání má za následek provzdušení zvodněné vrstvy a zvětrávání jejich součástek, které voda vyluhuje a následek toho bývá, že se promění povaha vody a zhorší její jakost. Katastrofa kvalitativní bývá zpravidla následkem katastrofy kvantitativní.

7./ Stanovení vydatnosti spodní vody studnami.

K tomu účelu vyšetříme opět sondami rozlohu, hloubku, mohutnost a spád vododajné vrstvy a sestavíme vrstevnicový plán spodní vody. Na vhodném, pokud možno nejnižším místě zabraného území založíme pokusnou studnu, která sahá až do nepropustné spodiny, anebo jen do určité hloubky zvodněné vrstvy. Čerpací studna jest buď šachtová, ale pro účely hydrologické používá

se k tomu nejčastěji vrtaných sond, do kterých se vsune trubní studnice T h i e m o v a . Do studnice přitéká voda ze zvodněné vrstvy a její hladina postaví se do výšky odpovídající hladině okolí. Hloubka stavu spodní vody ve studnici se přesně zaměří a na to se provede vlastní čerpací pokus čerpadlem ručním neb strojním.

Při nepřetržitém čerpání klesne ve studni původní nerušená hladina vodní o určitou výšku a toto klesání šíří se na všechny strany okolo studny, do které vniká voda z vododajné vrstvy průlinami ve stěnách nebo dnem. Voda, která se nalézá v půdě blízko studny, vnikne do ní nejdřív, kdežto přítok z větší vzdálenosti od studně se opozdí dle velikosti odporu, jaký půda klade průtoku vody, až konečně v určité vzdálenosti přítok přestane. Obr. 17.

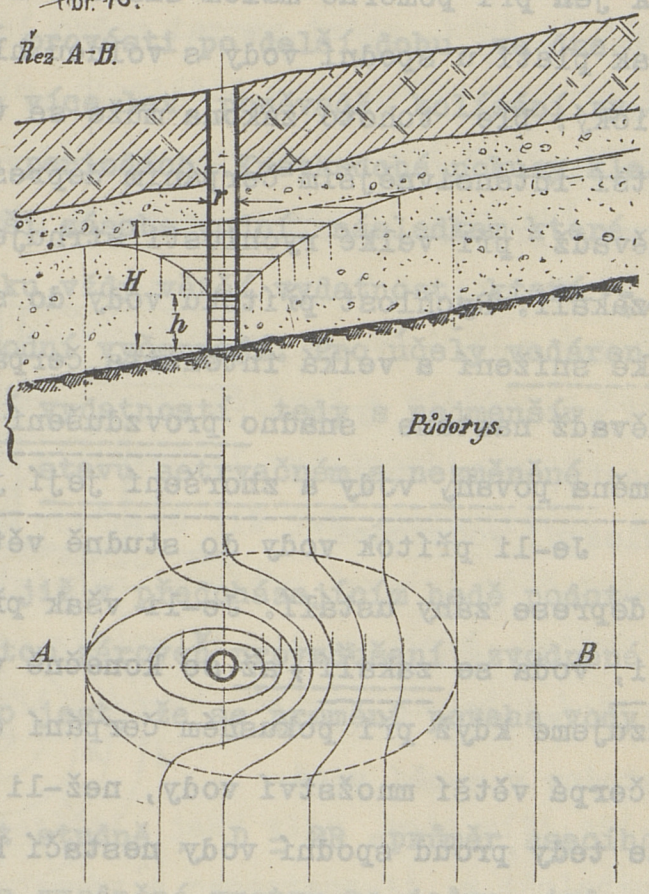


V důsledku tohoto klesání vytvoří snížená hladina vodní okolo studny ná - levkovitou plochu depresní t.zv. depresní kůžel, který se přimyká pozvolna nerušené hladině vodní. Tvar této depresní plochy závisí na porovitosti a propustnosti zvodněné vrstvy a sklonitosti původní hladiny vodní. Výška, o kterou původní nerušená hladina vodní nad studnou klesla $s = H - h$, nazývá se depresí, řez depresního kůžele vertikální rovinou položenou osou studně křivkou deprese a vzdálenost dotykového bodu této křivky s původní nerušenou hladinou vodní, R tedy poloměr depresního kůžele dálkou deprese. Depresní čili ssací kůžel má kruhovou neb eliptickou půdnici. Je-li hladina spodní vody vodorovná, vytvoří se ssací kůžel o půdnici kruhové -obr.17.- při hladině sklonité vytvoří se kůžel o půdnici eliptické s podélnou osou

ve směru spádu a při velkém snížení kužel o půdnici tvaru parabolického. Obr. 18.

V dosahu ssacího kužele jest veškeren přítok vody zabrán ; voda proudí do studně následkem vlastní váhy a hydraulického tlaku, daného sníženou hladinou ve studni. Vodní nitky zapadají u kruhového kužele radiálně a u eliptického kolmo v trajektoriích kolmo na vrstevnice spodní vody, které se zužují a tvoří uzavřené křivky tvaru vejčitého.

Obr. 18.



Čím intensivnější jest čerpání, tím větší jest přítok vody do studně. Jakmile se však přestane čerpati, stoupne hladina vodní ve studni do původní nerušené výšky. Nestoupne-li do původní výšky jest to znamením, že se voda částečně již vyčerpala, což bývá, když jest studna založena ve vododajné vrstvě tvaru nádržkovitého s vodorovnou hladinou vodní a přítokem menším než-li je odběr.

Odběr vody ze studny má za následek určité snížení hladiny vodní $s = H - h$, kterého přibývá s velikostí odběru. Ono představuje aktivní hydraulický tlak, kterým voda z vodovodné vrstvy do studně proudí. Čím větší je deprese, tím větší je hydraulický tlak /spád / a tím rychlejší a větší je přítok vody. Aby se ustanovila míra propustnosti vodovodné vrstvy, určí se koeficient $k = \frac{\text{odběr vody } Q}{\text{snížení } s}$, který se nazývá dle Thiema specifickou vydatností zvodněné vrstvy a představuje též vydatnost studně při snížení $s = 1$ m ; $k = \frac{q}{1} = q$.

Linearní proportionalita odběru s velikostí deprese $Q = k.s.$ platí však jen při poměrně malém snížení a velké mohutnosti vodovodné vrstvy ; jinak platí u spodní vody s volnou hladinou, jak dále uvidíme, zákon parabolický. Dle tohoto zákona může se vydatnost studně zvětšiti, když se zvětší intensivnějším čerpáním deprese, ale toto zvětšování má své meze, poněvadž při velké rychlosti strhuje voda ssebou písek a hlínu a voda se zakalí. Rychlost přítoku vody do studny nemá býti větší než 20 cm/sek. Velké snížení a velká intensita čerpání může býti též na újmu jakosti vody, poněvadž nastane snadno provzdušení vododajné vrstvy a v důsledku toho proměna povahy vody a zhoršení její jakosti.

Je-li přítok vody do studně větší než-li čerpané množství vody, tedy se deprese záhy ustálí. Je-li však přítok vody menší, bude deprese přibývati, voda se zakalí, až se konečně veškerá zásoba vodní vyčerpá. Obráceně usuzujeme když při pokusném čerpání deprese přibývá a voda se zakalí, že se čerpá větší množství vody, než-li do studně z vododajné vrstvy přitéká a že tedy proud spodní vody nestačí ku krytí čerpaného množství. Proto čerpáme menší množství vody, až odtéká úplně čirá voda a hladina vodní se v dosahu ssacího kůžele ustálí, což je znamením, že do studny přitéká právě tolik vody, kolik se ji ze studny čerpá. Tento stav snížení hladiny vodní nazýváme stavem setrvačným.

Výška hladiny vodní a tvar křivky snížení pozoruje se ve studnici a v sondách okolo ni. U hlubokých studní artézských je možno na stav setrvalý usuzovati jen když se udržuje při pokusném čerpání konstantní hladina vodní ve studnici , neboť pozorovací sondy okolo artézské studny nelze při velké hloubce z důvodů technických i finančních provésti.

Čerpané množství vody měří se opět přepadovým zařízením, při čemž se zkoumá neustále jakost vody po stránce fysikálně-chemické i bakteriologické. Vyčerpaná voda odvede se potrubím nebo žlabem daleko od studně, aby neprosakovala zpět do půdy a necedila se do studny.

V důsledku nestejnoměrného rozdělení srážek jest pravděpodobno, že vydatnost spodní vody nebude vždy stejná a aby se toto kolísání vydatnosti zjistilo, musí se pokusné čerpání provésti po delší dobu, ve dne a v noci, v různých dobách ročních a po více let, poněvadž kolísání vydatnosti spodní vody se děje v delších periodách. Krátkodobé pokusy klamou, poněvadž se nalézá v půdě vždy větší zásoba vodní, následkem které vykazují pokusné čerpací studny s počátku vždy větší vydatnost, která však později ochabne, když se zásoby vodní vyčerpají. Pro účely vodárenské budeme moci počítati jen s minimální vydatností, tedy s nejmenším množstvím vody, které lze ze studny při stavu setrvačném a nezměněné depresi konstantně čerpati.

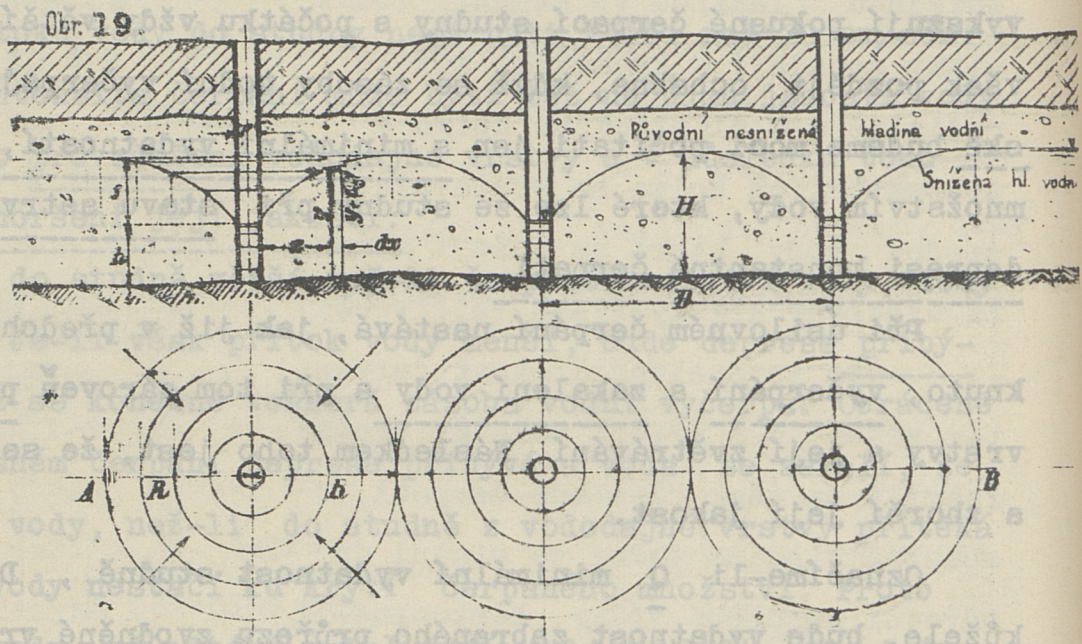
Při úsilovném čerpání nastává, jak již v předcházejícím bodě podotknuto, vyčerpání a zakalení vody a při tom zároveň provzdušení zvodněné vrstvy a její zvětrávání. Následkem toho jest, že se promění povaha vody a zhorší její jakost.

Označíme-li Q minimální vydatnost studně, $D = 2R$ průměr sacího kužele, bude vydatnost zabraného průřezu zvodněné vrstvy na jednu jednotku délky čili modul vydatnosti $k = \frac{Q}{D}$. Je-li zabraný průřez stejného mechanického složení, stejného spádu a stejné mohutnosti, můžeme výsledky pokusů, získané při jedné čerpací studni, přenésti na celý vododajný průřez. Obnáší-li modul vydatnosti zabraného území na jednotku délky k, bude obnášeti vydatnost celého průřezu o délce L, $M = L\,k$. Tento úsudek jest však nejistý, poněvadž jest učiněn za předpokladu stejnorodého složení vododajné vrstvy a tomu tak není, neboť ve skutečnosti může býti mechanické složení, propustnost a tím i vydatnost vododajné vrstvy velmi různá. Je proto lépe ustanoviti vydatnost vodovodné vrstvy na různých místech a v různých sondách pokusem čerpacím po 10 - 12 hod. zvlášť a ze všech specifických vydatností vyvodí se jakási střední specifická vydatnost. Ještě lépe je založiti po předběžném šetření souvislou

řadu studní, ze kterých se provede pokusné čerpání najednou.

Jedná-li se totiž při zásobování spodní vody o jímání určitého množství vody M a ukáže-li se, že k tomu jedna studna nestačí, založí se řada studní, které leží kolmo na proud spodní vody a sice v takové vzdálenosti, aby se křivky snížení navzájem dotýkaly, tedy ve vzdálenosti rovné průměru sacího kužele D = 2R . Obr. 19.

Obr. 19.



Vydatnost řady studní bude při stejné specifické vydatnosti, tedy stejnému složení vodovodné vrstvy Q = L. k.

Obyčejně zakládají se však čerpací studny v menší vzdálenosti, tak že se křivky snížení protínají. V tom případě přinázejí do studní menší množství vody a deprese bude menší ale studně hustěji založené snižují stejnoměrněji spodní vodu ve zvodněné vrstvě.

Pokusné čerpání lze provésti při stejném /homogenním/ složení jen v jedné studni a výsledek tohoto čerpání se přenese na všechny ostatní studny zabraného průřezu. Nejsou-li však složení, mohutnost a spád vodonosné vrstvy všude stejné, musí se provésti pokusné čerpání na více místech a pro každou studni ustanoví se specifická vydatnost zvlášť. Pokusné čerpání provádí se tedy po řadě v jednotlivých studních, lépe však, provésti pokusné čerpání současně ve všech studních najednou. K tomu účelu připojí se řadové studny na společný sací nebo násosový řád, kterým se odčerpává voda ze všech studní najednou až do stavu setrvačnosti. Z dosažení výsled

určí se pak střední vydatnost zabraného průřezu, dle kterého se stanoví délka jímacího řádu. U staveb vodárenských přikročí se k založení řadových studní a trvalému pokusnému čerpání ovšem teprve tehdy, když si zjednáme předchozím hydrologickým šetřením, obzvláště soustavným sondováním a ručními čerpadly, jistotu o existenci většího proudu spodní vody, jeho přibližné vydatnosti, hloubce, směru jeho pohybu, velikosti napájecí oblasti a též o bezvadné jakosti vody.

Pokusné čerpání které se provádí nepřetržitě po delší dobu - 1 - 2 roky- má býti vlastně zakončením hydrologického šetření a zjištěním koeficientu propustnosti vodovodné vrstvy a minimální vydatnosti proudu spodní vody. Řadové studny zakládají se obyčejně již jako definitivní jímací zařízení, které se ovšem dle výsledku trvalého čerpání může rozšířiti. Tím dokonalejší musí býti proto předchozí hydrologické šetření, aby značný náklad na jímací řád a trvalé pokusné čerpání nevedlo k negativnímu resultatu.

Při pokusném čerpání musí se vyšetřiti, jaký vliv bude míti snížení hladiny spodní vody na přilehlé pozemky a nenastane-li v důsledku toho přesušení zemědělské půdy, které by se mohlo přiměřeně odškodniti.

Odběr spodní vody , která vyvěrá do údolí a potoků, může míti také vliv na průtočné množství toku a na úbytek hnací síly vodních děl . Tato otázka musí se vzíti při hydrologickém šetření spodní vody v úvahu, aby se získal podklad k řešení eventuelních sporů při vodoprávním projednávání staveb vodárenských, melioračních , regulačních o právní povaze vody, odškodnění za úbytek vodní síly následkem odběru spodní vody a j.

-.-.-.-.-.-.-

§8. HYDROLOGICKÝ VÝPOČET SPODNÍ VODY.

1./ Filtrační zákon Darcy-ho.

Správní vyšetření vydatnosti spodní vody a jejího pohybu ve stavu přirozeném i při umělém snižování trativody a studnami jest pro vodárenské stavby velkého dosahu a proto směřuje novější bádání k tomu, aby se experimentální šetření o vydatnosti postavilo na theoretický podklad a vyvozovaly z docílených výsledků zákony, kterými by se výsledky pokusného čerpání jednak opodstatnily a bylo možno ustanoviti vydatnost proudu spodní vody též výpočtem.

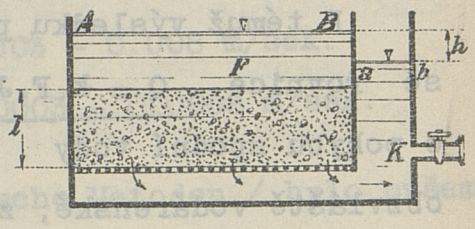
Dotyčná bádání nalézají se ve stadiu vývoje a nejsou pro svoji komplikovanost dokončena. V následujícím podáme jen směrnice tohoto bádání a poukazujeme na příslušnou literaturu.

Spodní voda pohybuje se ve vodovodné vrstvě - pokud není kapilárně vázaná - dle zákona tíže v nekapilárních průlinách . Tyto průliny nejsou však stejného průřezu, nýbrž jsou, co se týče velikosti a tvaru zcela nepravidelné, následují nepravidelně za sebou a jsou od sebe odděleny pevnou hmotou / pískem, štěrkem /. V důsledku toho nemůže se voda pohybovati v přímých paprscích jako v kanálech a trubkách, nýbrž cedí se v meziprostorách zvodněné vrstvy, které mají nestejný průřez a jsou v půdě zcela nepravidelně uloženy. V důsledku toho nelze pro pohyb vody ve vodovodné vrstvě užíti zákona o pohybu vody v kanálech a rourách, nýbrž musí se pro něj hledati zákony jiné.

Základem těchto bádání jest Darcy-ho filtrační zákon, vyvozený na pískových filtrech, dle kterého jest množství procezené vody přímo úměrné rychlosti prosakování a velikosti průřezu, kterým se voda cedí.

Předpokládejme, že je nádrž o vodorovném průřezu F vyplněna pískovou vrstvou o výšce l ; nad ní stojí voda, která prosakuje pískovou vrstvou a shromažďuje se v kanále na dně filtrační nádrže, ze které odtéká do

přistavené jímky K . Obr. 20. V této komoře Obr. 20.



zaujme voda, když ji vypouštíme v určitém množství ventilem V , nějakou výšku ab . Čím větší je množství vytékající vody, tím níže postaví se v komoře hladina vodní ab a tím větší je výškový rozdíl mezi hladinou vodní nad filtrem AB a v komoře ab. Jestliže se výtok vody z komory ventilem V úplně uzavře , postaví se hladina vodní v komoře po nějakém čase do stejné výšky jako ve filtru AB . Množství procezené vody Q a rychlost svislého prosakování v jest úměrná velikosti přetlaku h, který slouží k překonání odporu při prosakování filtrační vrstvou a je závislý na propustnosti pískové vrstvy.

Označíme-li h absolutní spád filtru, totiž výškový rozdíl vodní ve filtru a výtokové komoře, l tloušťku filtrační vrstvy, tedy $\frac{h}{l} = J$ relativní spád, čili hydraulický tlak sloupce prosakované vody, k_1 koeficient odporu /tření/ filtrační vrstvy, bude rychlost prosakování ve filtru obecně $v = \frac{h}{l} k_1$. Označíme-li dále F plochu celého průřezu filtrační vrstvy kterou se voda cedí, f plochu nekapilárních průlin vyplněných vodou, tedy plochu čistého vodního průřezu a k_2 koeficient porovitosti, čili poměr vodního průřezu f k celému průřezu F, tedy $k_2 = \frac{f}{F}$, $f = k_2 F$, obdržíme

množství prosakované vody $Q = v f = k_1 \frac{h}{l} k_2 F$

nebo když dosadíme za součin $k_1 k_2 = k$ a $\frac{h}{l} = J$

množství prosakované vody $Q = k.F.J$

rychlost prosakování $v = k.J.$

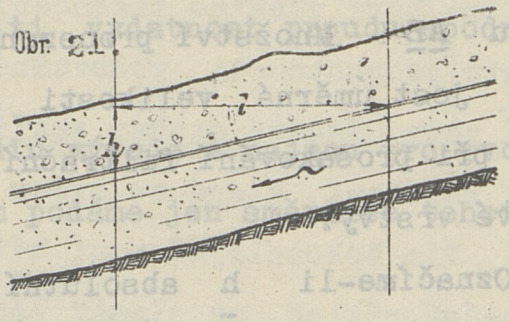
z toho koeficient propustnosti $k = \frac{Q}{F.J.}$

Dle toho je množství filtrační pískovou vrstvou procezené vody $Q = k.F.J$ přímo úměrné velikosti průřezu filtrační vrstvy F, jejím koefi-

cientu propustnosti k a spádu filtru J .

K témuž výsledku přišel současně jinou cestou D u p u i t a označuje se rovnice Q = k.F.J, v = k.J. jako D a r c y - D u p u i t-ů v zákon o pohybu spodní vody . V jeho praktickém použití pro účely hydrologické , obzvláště vodárenské, získal si velké zásluhy Ing A T h i e m

Vztah mezi množstvím a rychlostí prosakované vody Q = k F.J , v= k J, platí i pro vodovodné vrstvy, jež mají v přirozeném uložení určitý sklon, jedy relativní spád $J = \frac{h}{l}$ .Obr. 21.


Obr. 21.

I zde je rychlost pohybu spodní vody úměrná spádu hladiny vodní a průtočné množství čili vydatnost proudu spodní vody Q = k.F.J úměrné vodnímu průřezu, spádu a koeficientu propustnosti zvodněné vrstvy.

Jedná se nyní o tom ustanoviti správně a absolutní mírou tento koeficient propustnosti k , který představuje dle dřívějších výkladů podíl odběru vody Q / snížení hladiny s Dle Ing. A. T h i e m a je to, jak již shora uvedeno, specifická vydatnost rourové studnice, pohřížené do sondy, ze které se čerpá voda při snížení hladiny a výšky jednoho metru s = 1 m z průřezu o ploše F = 1 m^2 .

Do Darcy-cvy rovnice vstupuje místo koeficientu propustnosti specifická vydatnost zvodněné vrstvy, která se vyšetří tím způsobem, že se do vyvrtané sondy pohříží Thiemova rourová studnice 18 cm Ø , čerpá se z ní asi po 10 hod. ruční pumpou a měří množství vyčerpavé vody a snížení hladiny vodní. Označíme-li q_o toto čerpané množství při snížení J = 1 a ploše zvodněného průřezu F = 1, bude specifická vydatnost $k = \frac{q_o}{1.1} = q_o$ a při tom rychlost pohybu $v_o = k.1$, tedy $k = q_o = v_o$.

Specifická vydatnost a rychlost jsou tedy totéž a obnášejí :

u štěrku dle velikosti zrna ..... k = 0.03 - 0.05 m /sek.

u říčního písku ..... k = 0.003 - 0.008 m/sek.

u filtračního písku .. .. k = 0.0003 - 0.0008 m/sek.

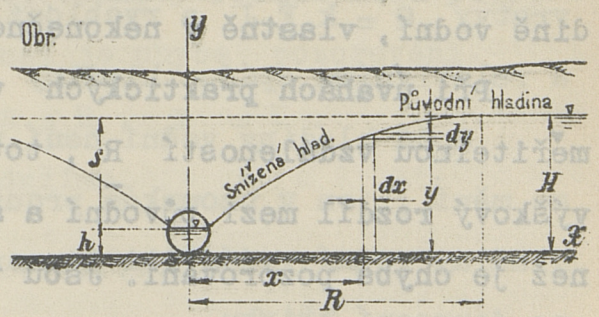
Pozdějšími pracemi / G. T h i e m , Hydrologische Metoden / bylo ovšem zjištěno, že zákon lineární proportionality mezi vydatností a snížením $Q = k.F.J$ platí jen u vod artézských, kdežto u vody s volnou hladinou podvržené je vydatnost - jak dále ukážeme - parabolickému zákonu, avšak při poměrně malém snížení a velké mohutnosti vodovodné vrstvy může se zákon vydatnosti považovati za linearní.

Darcy-ův filtrační zákon má dosti odpůrců , ale též mnoho zástanců. Vycházejíce z něho, můžeme pro pohyb spodní vody, hloubku , snížení a tvar depresní křivky, vyvoditi určitá pravidla, kterými lze výsledky pokusného čerpání opodstatniti a má proto při hydrologických šetřeních o vydatnosti spodní vody velký význam.

2./ V y d a t n o s t t r a t i v o d ů .

Položíme-li na nepropustné podloží vodovodné vrstvy trativod, do kterého se spodní voda cedí a kterým může volně odtékati a předpokládáme-li v průřezu kolmém na trativod vodorovnou hladinu spodní vody, klesne po nějaké době původní hladina nad trativodem o určitou depresi $s = H - h$ a zajmeme - když jest materiál zvodněné vrstvy veskrz stejnorodý, stejné propustnosti a porovitosti - na obě strany symetrickou křivku, která se přimyká pozvolna původní nerušené hladině vodní. Obr. 22. V dosahu této depresní křivky, jest podzemní voda zabrána; ona proudí následkem vlastní váhy do trativodu a vytéká přirozeným spádem buď na povrch území, nebo do sběrné jímky, ze které se odčerpává .

Obr.



Tvar křivky deprese závisí na propustnosti půdy a na hydraulickém tlaku vodním čili spádu hladiny vodní, který se může vyjádřiti dle filtračního zákona Darcy-ho rovnicí rychlosti pohybu $v = k.J$.

Tento spád hladiny vodní není v dosahu depresní křivky všude stejný, nýbrž se mění. Jen v úzounkém proužku d_x, vzdáleném x od trativodu, můžeme spád hladiny vodní vyjádřiti linearním poměrem $\frac{dy}{dx} = J$, tedy tangentou na depresní křivku. Z tohoto úzounkého proužku o výšce y a délce rovné jedničce, tedy ploše $fx = y\,1 = y$ přitéká do trativodu množství vody $Q = k.F.J = k\,y\,\frac{dy}{dx}$. Integrací této rovnice $\int Q\,dx = \int k\,y\,dy$, obdržíme přítok vody na jednotku trativodu v dosahu celé depresní křivky

$$Q\,x = \frac{1}{2}\,ky^2 + C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /1.$$

Vymezíme-li konstantu C pro hodnoty $x = 0$, $y = h$, obdržíme

$$C = k\,\frac{h^2}{2}, \quad Q\,x = \frac{1}{2}\,ky^2 - \frac{1}{2}\,kh^2 = \frac{1}{2}\,k\,/\,y^2 - h^2\,/ \text{ čili}$$

$$Q = k\,\frac{y^2 - h^2}{2\,x} \text{ a z toho } y^2 - h^2 = 2\,\frac{Q}{k}\,x \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /2.$$

Z poslední rovnice, která stanoví polohu libovolného bodu depresní křivky plyne, že je křivka deprese parabolou, tvaru $y^2 = 2px$ o parametru $p = \frac{Q}{k}$. Čím větší je přítok vody z vodonosné vrstvy a čím menší je koeficient propustnosti, tím příkřeji zapadá hladina vodní k trativodu a obráceně, čím menší je přítok vody a čím větší je koeficient propustnosti, tím plošší je křivka deprese a tím více blíží se tato křivka přímce

Theoreticky působí snížení hladiny vodní trativodem do nekonečné vzdálenosti, takže se křivka deprese přimyká pozvolna nerušené vodorovné hladině vodní, vlastně v nekonečné vzdálenosti, tedy asymptoticky.

Při úvahách praktických vymezuje se však tato nekonečná vzdálenost měřitelnou vzdáleností R, totiž vzdáleností, ve které můžeme považovati výškový rozdíl mezi původní a sníženou hladinou vodní jako nepatrný a menší než je chyba pozorování. Jsou tedy krajní hodnoty souřadnic $x = R$, $y = H$.

Dle toho je přítok vody do trativodu

na jednotku délky ..... $Q_1 = \frac{k}{2R} /H^2 - h^2/$ ...../3

s obou stran na jednotku délky ..... $Q_2 = \frac{k}{R} /H^2 - h^2/$ ...../4

s obou stran na délku 1 ..... $Q_3 = \frac{kl}{R} /H^2 - h^2/$ ...../5

obráceně plyne z těchto rovnic dálka deprese $R = \frac{k}{2\,Q_1} /H^2 - h^2/$ ...../6

výška deprese $s = H - h = H - \sqrt{\frac{Q_1 R}{k} - H^2}$ ...../7

koeficient propustnosti ..... $k = \frac{2\,Q_1\,R}{H^2 - h^2}$ ...../8

Dle poslední rovnice je možno koeficient propustnosti odvoditi z množství vody čerpané při pokusném čerpání, z výšky a dálky deprese. Je-li tímto způsobem koeficient propustnosti ustanoven, může se ustanoviti pro jiné pole přítok spodní vody do trativodu při určité výšce a dálce deprese výpočtem.

Zjistíme-li při měření přítoky $\underline{Q}$ v určité vzdálenosti od trativodu d_1 příslušnou hloubku h_1, můžeme ustanoviti dle rovnice 3 maximální přítok na jednotku délky zvodněné vrstvy $k = q_o = v_o = \frac{2\,Q}{h_1^2 - h^2}\frac{d_1}{}$ a dálku deprese $\underline{R}$ dle rovnice 6

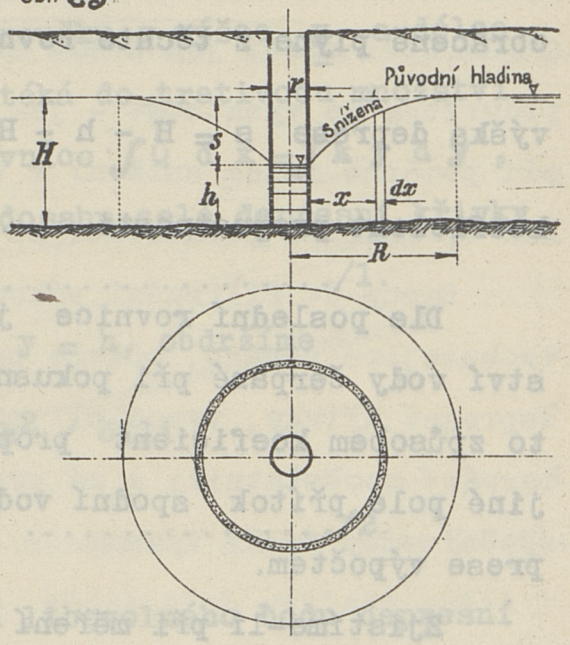
$$R = \frac{k}{2\,Q_1} /H^2 - h^2/ = \frac{\frac{2\,Q_1\,d_1}{h_1 - h^2} /H^2 - h^2/}{2\,Q_1} = \frac{d_1 /H^2 - h^2/}{/h_1^2 - h^2/}$$

Z toho množství přítoku $Q = \frac{R / h_1 - h^2/}{d_1 /H^2 - h^2/}$.

3./ Vydatnost studní.

Předpokládáme-li opět vodorovnou, na všechny strany neohraničenou hladinu spodní vody o mohutnosti H a vodorovnou nepromokavou spodinu do které je studna prohloubena -obr.23 -, klesne hladina vodní, když se začne čerpati určité množství vody, o nějakou depresi s = H - h a vytvoří okolo studny ssací kužel s půdnicí kruhovou, jejíž střed se nalézá ve studni. Při veskrze stejnorodém / homogenním / materiálu zvodněné vrstvy, stejné propustnosti a porovitosti, zaujme snížená hladina na všechny strany symetrickou křivku, která se přimyká pozvolna původní nerušené hladině vodní. Rotací této křivky okolo osy studně můžeme si myslit, že vznikl ssací čili depresní kužel, v jehož dosahu je voda zabrána. Ona prosakuje vlivem vlastní váhy a vlivem hydraulického tlaku /spádu/ do studny, jakmile se hladina ve studni čerpáním sníží a proudí nejkratší cestou, tedy radiálně do čerpací studny.

Obr. 23



Tvar depresní křivky může se vyvoditi opět na základě filtračního zákona Darcy-ho $Q = k.F.J$, $v = k.J$, dle něhož je množství procezené vody úměrné velikosti průměru, spádu a koeficientu propustnosti zvodněné vrstvy $Q = k.F.J$ a rychlost prosakování úměrná koeficientu propustnosti a relativnímu spádu hladiny vodní $v = k.J$.

Spád hladiny vodní není v dosahu depresní křivky všude stejný, nýbrž se mění ; jen v úzounkém proužku d_x, vzdáleném x od studně, můžeme spád hladiny vodní vyjádřiti linearním poměrem $\frac{dy}{d_x} = \frac{h}{l} = J$, tedy tangentou na depresní křivku.

Z tohoto úzounkého proužku zvodněné vrstvy okolo studně o výšce y a délce $2\pi x$, tedy ploše $f = 2\pi xy$ bude přitékati do studny množství vody $Q = k.f\,J = k\,2\pi xy\,\frac{dy}{dx}$, z čehož následuje $y\,dy = \frac{Q}{2\pi k}\,\frac{dx}{x}$.

Integrací této rovnice $\int y dy = \int \frac{Q}{2\pi k}\,\frac{dx}{x}$ obdržíme

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k}\,\lg x + C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /1$$

Vymezíme-li konstantu C pro krajní hodnoty souřadnic $x = r$, $y = h$ obdržíme $h^2 = \frac{Q}{\pi k}\,\lg r + C$, z toho $C = h^2 - \frac{Q}{\pi k}\,\lg r$.

Dosadíme-li tuto hodnotu do rovnice 1, obdržíme

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k}\,\lg x + h^2 - \frac{Q}{\pi k}\,\lg r \text{ nebo}$$

$$y^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k}\,/\,\lg x - \lg r\,/ \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /2$$

Z poslední rovnice, která stanoví polohu libovolného bodu depresní křivky plyne, že je křivka deprese logaritmickou křivkou, jejíž tvar závisí na množství čerpané vody Q, koeficientu propustnosti k a poněkud i na šířce studně r.

Theoreticky působí snížení opět do nekonečné vzdálenosti, tedy že se logaritmická křivka deprese přimyká asymptoticky původní nerušené hladiny vodní. Logaritmická křivka nemá však asymptoty, nýbrž protíná původní nerušenou vodorovnou hladinu vodní ve vzdálenosti $x = e^{k\frac{H^2-C}{Q}}$.

Při úvahách praktických vymezujeme tuto nekonečnou vzdálenost měřitelnou vzdáleností R, ve které můžeme považovati výškový rozdíl mezi původní a sníženou hladinou jako nepatrný a menší než je chyba pozorování.

Jsou tedy krajní hodnoty souřadnic $x = R$, $y = H$.

Dosadíme-li tyto hodnoty do rovnice 2, obdržíme

$$H^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k}\,/\,\lg R - \lg r\,/ \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /3$$

Z této rovnice plyne

přítok vody do studně $$Q = \frac{\pi k \,/\, H^2 - h^2 \,/}{\lg R - \lg r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /4$$

délka deprese $$\lg R = \frac{\pi k \,/H^2 - h^2/}{Q} + \lg r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /5$$

výška deprese $$s = H - h = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q \,/\lg R - \lg r\,/}{\pi k}} \quad \ldots\ldots\ldots /6$$

koeficient propustnosti $$k = \frac{Q \,/\lg R - \lg r\,/}{\pi \,/H^2 - h^2\,/} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots /7$$

Pomocí těchto vzorců je možno na základě pokusného čerpání ustanoviti z příslušných činitelů přítok vody, výšku a délku deprese a koeficient propustnosti.

Poznámka. A. T h i e m ustanovil pro řadové studny vydatnost Q a koeficient propustnosti k z krátkodobých čerpacích pokusů, provedených na různých místech zabraného území, při čemž se pozorovala snížená hladina ve dvou různých sondách, vzdálených od čerpací studny d_1, d_2. Jsou-li v těchto sondách při pokusném čerpání zaměřeny hloubky spodní vody h_1, h_2, bude dle shora odvozených vzorců:

$$Q = \frac{\pi k \,/h_2^2 - h_1^2\,/}{\lg d_2 - \lg d_1} \quad \text{a z toho koeficient} \quad k = \frac{Q \,/\lg d_2 - \lg d_1}{\pi \,/h_2^2 - h_1^2\,/}$$

Touto methodou /Thiem Verfahren/ ustanovil A. T h i e m pro pražský vodovod v Káraném na základě 10ti hodinového pokusného čerpání 5 sek./lit. v devíti trubních studních, založených na různých místech koeficienty propustnosti k, které označil A. T h i e m ε. Ony představují dle filtračního zákona Darcy-ho $Q = f.k\frac{h}{l}$ vlastně vydatnost vodovodné vrstvy pro průřez $f = 1$ a spád $J = \frac{h}{l} = 1$. Pomocí takto vyšetřených koeficientů propustnosti, ustanovil jakýsi střední koeficient propustnosti a na základě toho úhrnnou vydatnost proudu spodní vody v zabraném území /263 sek./lit./,

které se prostírá u Káranného v údolí řeky Jizery na délku asi 20 km.

Tato methoda stanovení vydatnosti proudu spodní vody jest sice jednoduchou, ale vzhledem k tomu, že se mechanické složení, spád a mohutnost a tím i rychlost prosakování ve zvodněné vrstvě často změní, jest tato methoda nespolehlivou a hodí se jen pro předběžné výpočty a přípravy k založení definitivního zařízení jímacího, jehož vydatnost je možno ustanoviti jen trvalým pokusným čerpáním do stavu setrvačnosti.

při pražském vodovodu vedla tato methoda, proti níž se pozvedly též v literatuře vážné hlasy / Smreker/, k nemilým překvapením. Vydatnost jímacího řádu ukázala se při trvalém odběru menší a spodní voda klesla po nějaké době do takové hloubky, že se pozemky okolního území přesušily a studny okolních osad vyschly. Následkem toho musí se jímací řád prodloužiti, majitelé pozemků odškodniti a pro okolní osady musí se zakládati zvláštní vodovody pro zásobování vodou.

°–°–°–°–°–°–°–°–°

§9. PRAMENY.

1./ Vznik a druhy pramenů.

Prameny jsou přirozené výrony spodní vody, které vznikají za velmi různých okolností, jsou různého tvaru a různé povahy, která závisí na vrstevnatosti půdy, na složení a uložení vodovodné vrstvy, jejím spádu, mohutnosti a propustnosti , dále na velikosti srážkového povodí a výšce srážek, na kulturních poměrech sběrného území a j.

Dle těchto činitelů můžeme prameny rozvrhnouti na více druhů . Ze stanoviska hydrotechnického bereme při tomto rozvrhu zřetel na složení, uložení a hydraulické poměry vodovodné vrstvy.

A. Vodovodná vrstva může býti složena :

1. z vrstev vegetačních , mechovišť, rašelin v horských sedlech a úžlabích;

2. z vrstev naplavených, štěrku a písku útvaru alluviálního, diluviálního a třetihorního;

3. z vrstev vzniklých sesouváním zvětralých hornin nebo vrstev původu glaciálního;

4. z vrstevnatých skal, do kterých vniká srážková voda průlinami a spárami vzniklými následkem vrstevnatosti horniny anebo prostoupením skal vrstvami propustného materiálu ;

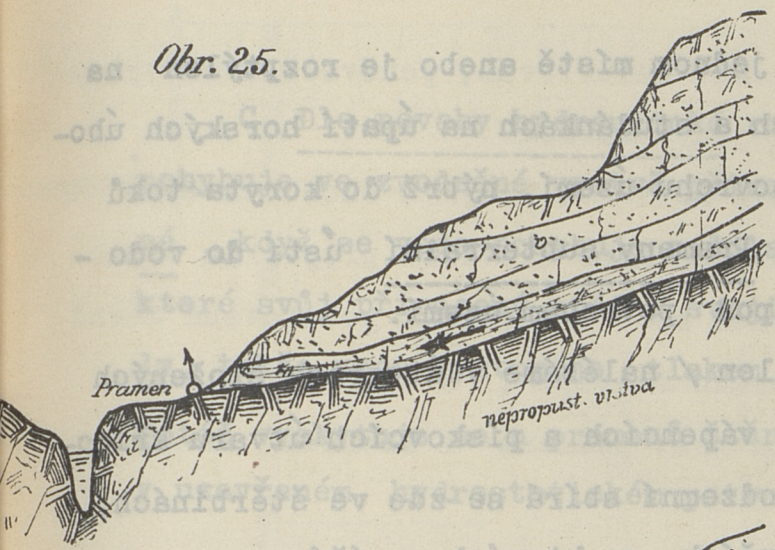
5. z masivních skal, pozůstávajících z lehce vylužitelných hornin na př. vápence, pískovce, dolomitu a pod., ve kterých se voda pohybuje v štěrbinách a kanálech, které voda mechanicko-chemickým účinkem vyluhovala a vymlela.

B. Dle geotektonického uložení vododajné vrstvy rozeznáváme :

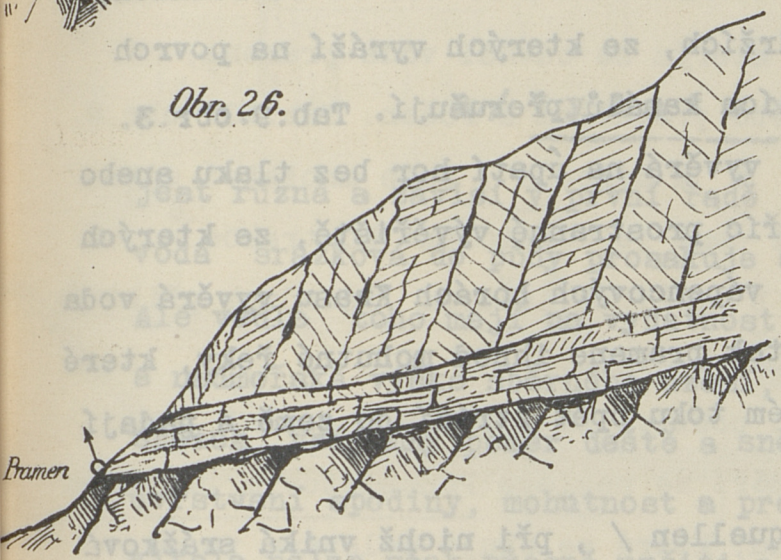
1. Prameny spodní vody, které vznikají, když vododajná vrstva vychází na povrchu horských úbočí, na úpatí přirozených stupňů/teras / do údolí anebo do koryta přirozených toků. Tab.9.obr.1, 2,5 .

Prameny.

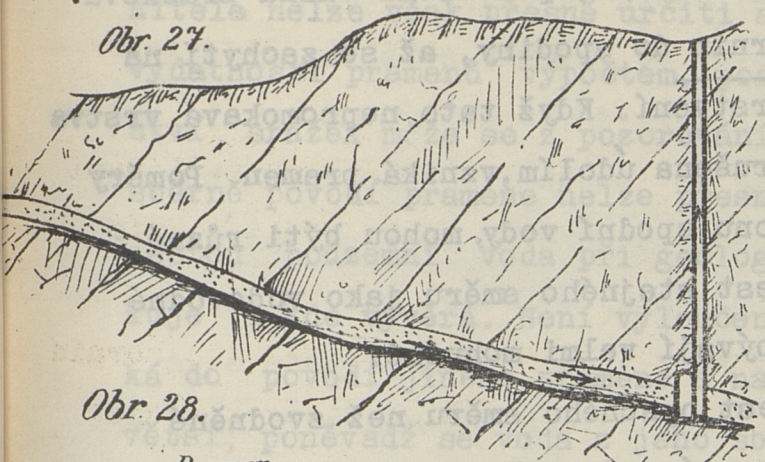
Obr. 25.



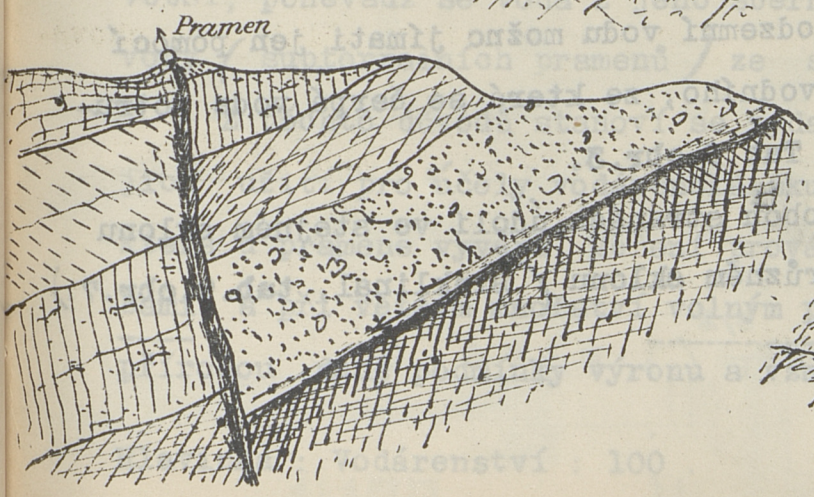
Obr. 26.



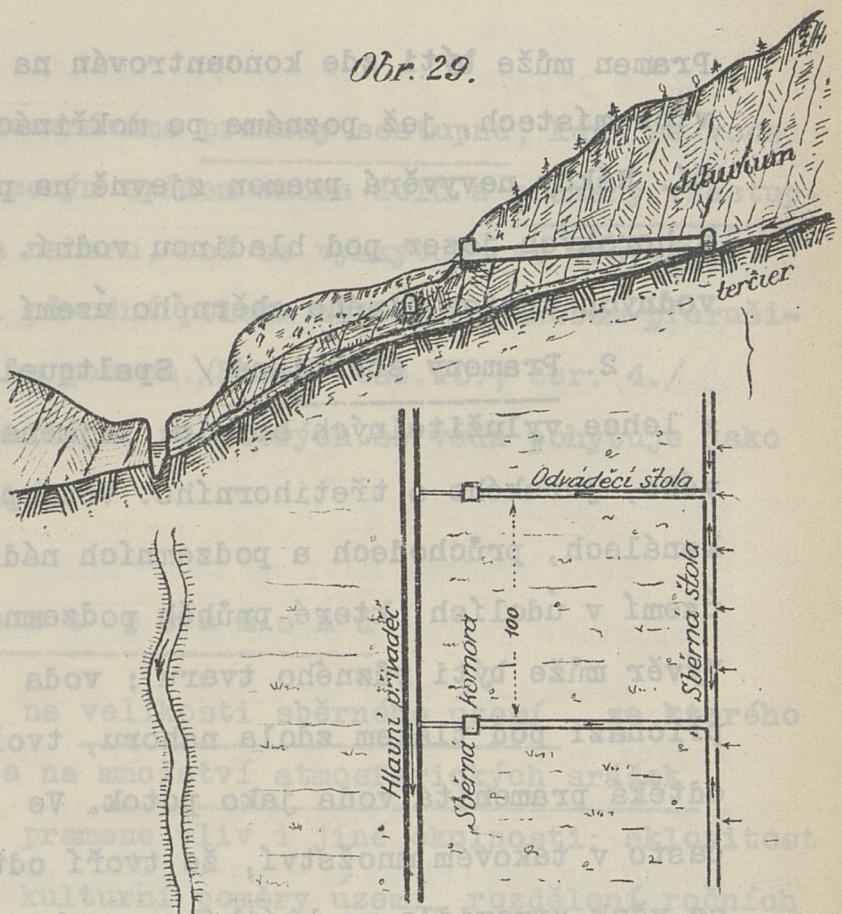
Obr. 27.



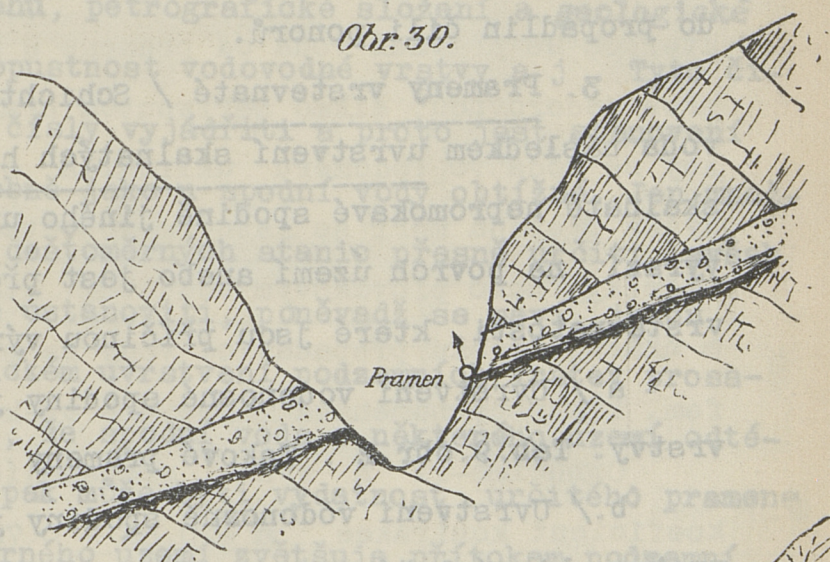
Obr. 28.



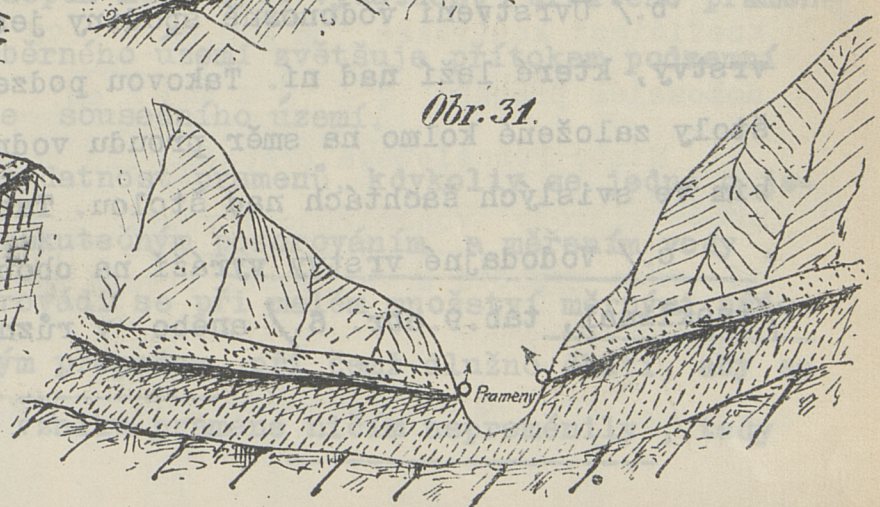
Obr. 29.



Obr. 30.



Obr. 31.



Pramen může býti zde koncentrován na jednom místě anebo je rozptýlen na více místech, jež poznáme po mokřinách a studánkách na úpatí horských úbočí. Někdy nevyvěrá pramen zjevně na povrchu území, nýbrž do koryta toků a horských jezer pod hladinou vodní. Prameny subterrainí ústí do vodovodných vrstev jiného sběrného území pod povrchem území.

2. Prameny štěrbinné / Spaltquellen / nalézáme v útvarech složených z lehce využitelných hornin, zejména vápencích a pískovcích útvaru křídového, jurského a třetihorního. Voda podzemní sbírá se zde ve štěrbinách, kanálech, průchodech a podzemních nádržích, ze kterých vyráží na povrch území v údolích, které průběh podzemních kanálů přerušují. Tab.9.obr.3. Vývěr může býti různého tvaru : voda vyvěrá na úpatí hor bez tlaku anebo přichází pod tlakem zdola nahoru, tvoříc prostranné vývěřiště, ze kterých odtéká pramenitá voda jako potok. Ve vápencových horách Krasu vyvěrá voda často v takovém množství, že tvoří odtok pramene ihned mohutné řeky, které se však zpravidla po krátkém povrchovém toku opět ztrácí do země a padají do propadlin čili ponorů.

3. Prameny vrstevnaté / Schichtquellen / , při nichž vniká srážková voda následkem uvrstvení skalnatých hornin do spodiny, až se zachytí na skalnaté nepromokavé spodině jiného uvrstvení. Když tato nepromokavá vrstva vyrazí na povrch území anebo jest přerušena údolím, vzniká pramen. Poměry vrstevnatosti, které jsou příčinou výronu spodní vody, mohou býti různé :

a./ Uvrstvení vodonosné spodiny jest stejného směru jako vodovodné vrstvy. Tab.9.obr.2 . Takové prameny bývají velmi mohutné.

b./ Uvrstvení vodonosné spodiny jest opačného směru než zvodněné vrstvy, které leží nad ní. Takovou podzemní vodu možno jímati jen pomocí štoly založené kolmo na směr proudu vodního, ze které se čerpá voda potrubím ve svislých šachtách nad štolou. Tab.9.obr.3.

c./ Vododajné vrstvy vyráží na obou stranách údolí ve stejném sklonu (isoklinal, tab.9.obr. 6./ anebo v různém sklonu (sinklinal, tab.9.obr.7.)

C. Dle povahy hydraulické rozeznáváme prameny sestupné, když se voda pohybuje ve zvodněné vrstvě přirozeným spádem shora dolů a prameny vzestupné, když se voda pohybuje z dola nahoru, což se vyskytuje ve vrstvách, které svůj přirozený spád a svoji původní polohu nějakým způsobem přerušily, takže voda vystupuje tlakem na povrch./Smrsk tab.10., obr. 4./ Totéž vyskytuje se u pramenů štěrbitých, ve kterých se voda pohybuje jako v uzavřeném, hydrostatickém potrubí.

2./ Vydatnost pramenů

jest různá a závisí v první řadě na velikosti sběrného území, ze kterého voda srážková do půdy prosakuje a na množství atmosferických srážek. Ale vedle toho mají na vydatnost pramene vliv i jiné okolnosti: sklonitost a nadmořská výška sběrného území, kulturní poměry území, rozdělení ročních srážek, vzájemný poměr deště a sněhu, petrografické složení a geologické uvrstvení spodiny, mohutnost a propustnost vodovodné vrstvy a j. Tyto činitele nelze však přesně určiti a čísly vyjádřiti a proto jest stanovení vydatnosti pramenů výpočtem, podobně jako u spodní vody obtížné. Jen množství srážek může se z pozorování deštoměrných stanic přesně určiti, avšak sběrné povodí pramene nelze přesně ustanoviti, poněvadž se neví, jakou cestou podzemní voda při geologickém uvrstvení podzemních vrstev prosakuje a kde vyvěrá. Není vyloučeno, že spodní voda z některého území odtéká do povodí jiného pramene a naopak může býti vydatnost určitého pramene větší, poněvadž se voda z jeho sběrného území zvětšuje přítokem podzemní vody (subterrainích pramenů) ze sousedního území.

Z těchto důvodů stanoví se vydatnost pramenů, kdykoliv se jedná o jejich užití pro účely vodárenské, skutečným pozorováním a měřením vody, která u pramene vyvěrá. Měření provádí se při malém množství měrnými nádobami a při větším množství volným přepadem, při čemž dlužno dbáti, aby se přírodou dané podmínky výronu a vzniku pramene ničím neproměnily, tedy

aby se pramen při výtoku ani nezdýmal ani nesnížoval, poněvadž není vyloučena možnost, že si voda najde průchod jiným směrem.

Odměrnými nádobami měří se jen malé množství vody a sice tím způsobem, že se voda pramene zachytí pěchovanou nebo dřevěnou přepážkou okolo pramene, ze které se voda odvádí žlábkem nebo trubkou do podstavené měrné nádoby asi 10 - 20 litrů obsahu. Z obsahu nádoby Q a času potřebného k naplnění nádoby s, vypočte se vydatnost pramene v litrech za minutu nebo sekundu $q = \frac{Q}{s}$.

Malé prameny měří se též žlabem, kterým se odvádí voda pramene, obepjatého jímkou z pěchované hlíny nebo přepážkou z fošen. Tab.10. obr.2.

Odtéká-li voda ve žlabu ve výšce h a šířce b, bude množství odtékající vody $Q = \frac{2}{3} m\, bh\sqrt{2gh}$, při čemž je koeficient kontrakce $m = 0.65 - 0.75$. Výška hladiny vodní h měří se latovým vodočtem přibitým na svislý bok žlabu a sice hned na počátku žlabu.

K trvalému měření větších pramenů používá se zděných vodoměrů, do kterých se přivádí voda od pramene a měří se nejlépe Ponceletovým přepadem přes vodorovnou, šikmo seříznutou hranu, která se okuje železným pasem. Aby se voda ve vodoměru uklidnila, opatří se nádržka svislými příčkami. Výška přepadu měří se latovým vodočtem / obr. 4/, osazeným na svislé stěně nádržky, nebo plovákovým vodočtem, který se postaví v přistavené budce a ukazuje výšku přepadající vody na stupnici, nebo je spojen s limnigrafem, který poznamenává samočinně výšku přepadající vody. Tab.10.obr 5.

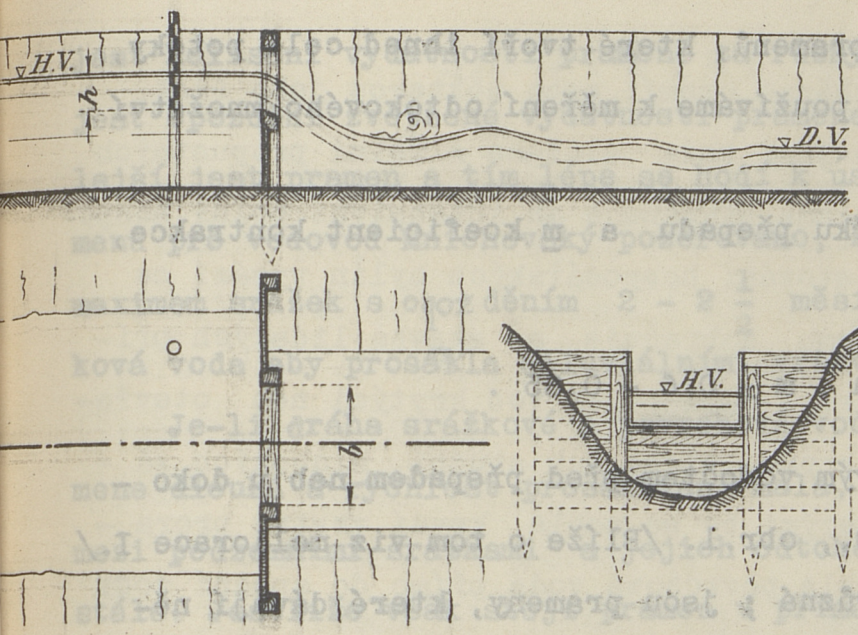
Označíme-li h výšku přepadající vody, b šířku přepadu a m koeficient kontrakce, $m = 0.65 - 0.75$ jest odtékající množství vody při dokonalém přepadu $Q = \frac{2}{3} m\, bh\sqrt{2gh}$.

Místo Ponceletova přepadu lze použíti k trvalému měření odtokového množství vody vodoměrů s výpustí t.zv.modulů /obr.3/ u nichž se odtékající voda vypočte z velikosti otvoru výpustě a hydraulického tlaku před výpustí

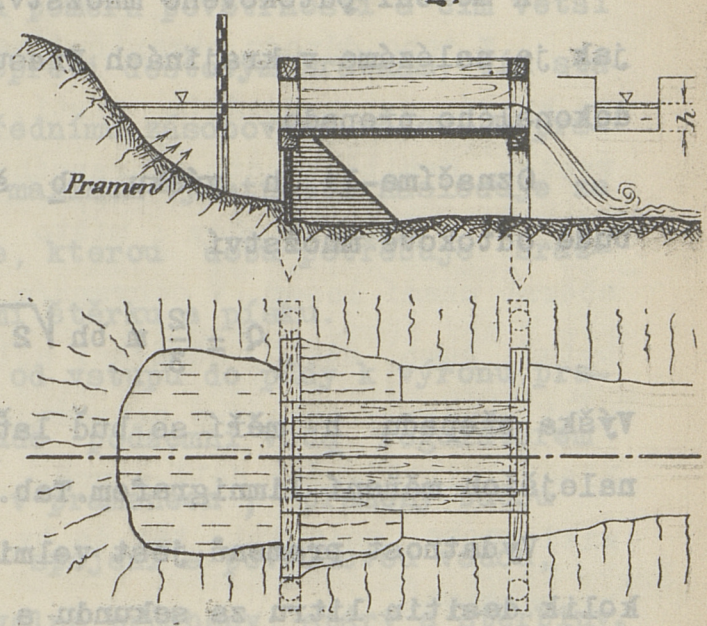
$$Q = \frac{2}{3} m\, b\sqrt{2g}\,/\, h_2^{3/2} - h_1^{3/2}\,/\,;\quad m = 0.6 - 0.7\,.$$

VODOMĚRY.

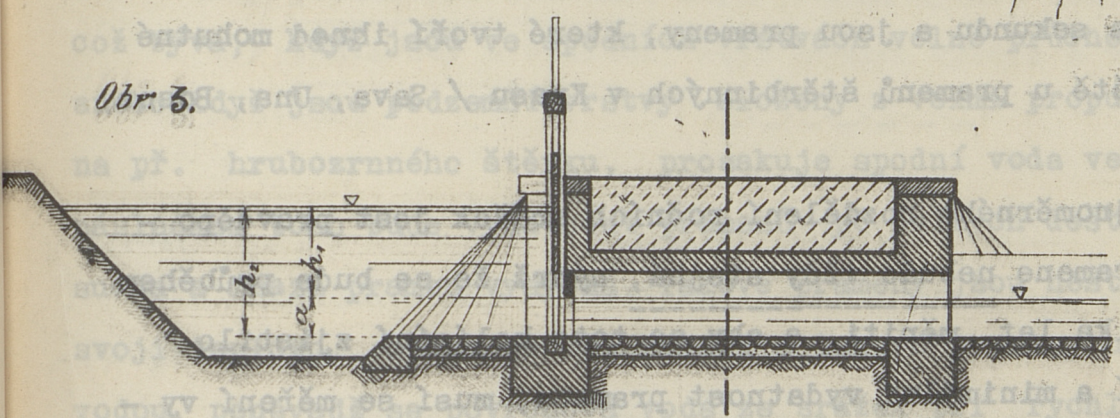
Obr. 1.

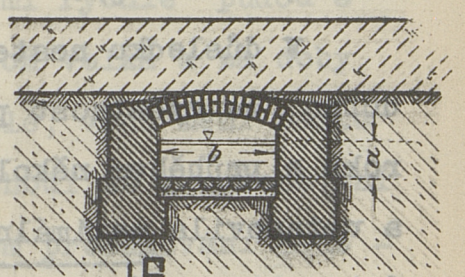


Obr. 2.

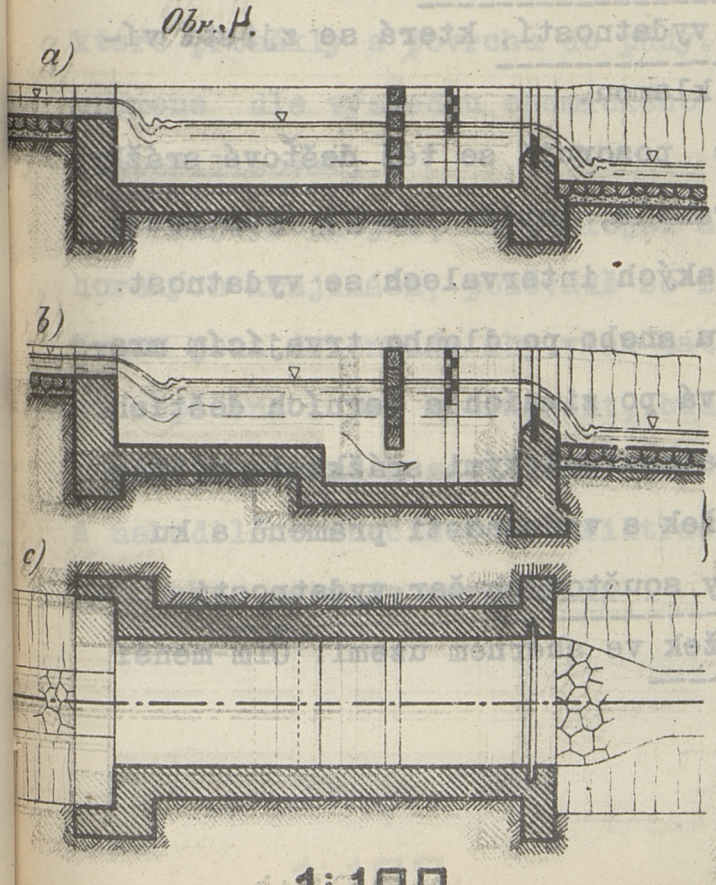


Obr. 3.



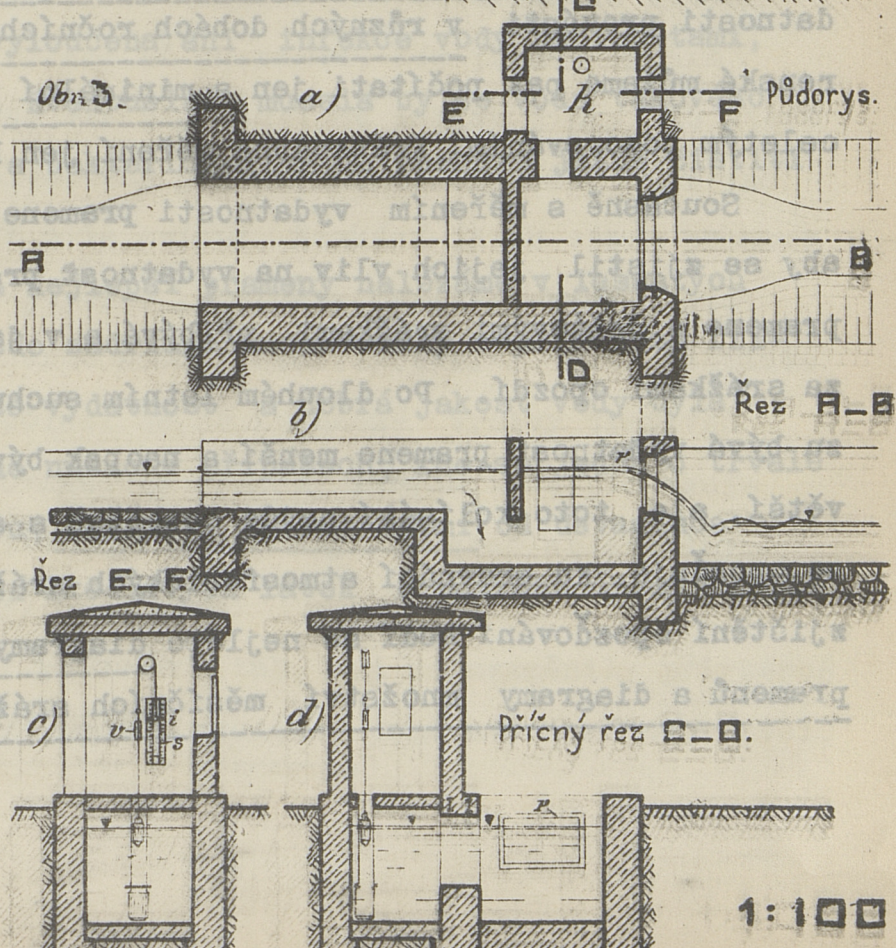


Obr. 4.



1:100.

Obr. 5.



1:100

K měření odtokového množství pramenů, které tvoří ihned celé potoky, jak je nalézáme v krajinách Krasu, používáme k měření odtokového množství dokonalého přepadu.

Označíme-li h výšku, b šířku přepadu a m koeficient kontrakce, bude odtokové množství

$$Q = \frac{2}{3} m\, bh\sqrt{2gh} \; ; \; m = 0.6 - 0.85 \; .$$

Výška přepadu h měří se buď laťovým vodočtem před přepadem neb u dokonalejších měření limnigrafem. Tab.10., obr.1. /Blíže o tom viz meliorace I./

Vydatnost pramenů jest velmi různá ; jsou prameny, které dávají několik desitin litru za sekundu a jsou prameny, které tvoří ihned mohutné potoky a řeky, obzvláště u pramenů štěrbinných v Krasu / Sava, Una, Bosna, Gaska, Krka a j./.

V důsledku nestejnoměrného rozdělení ročních srážek jest pravděpodobno, že vydatnost pramene nebude vždy stejná, nýbrž že se bude průběhem roku a průběhem několika let měniti, a aby se toto kolísání zjistilo a ustanovila maximální a minimální vydatnost pramene, musí se měření vydatnosti provésti v různých dobách ročních a po více let. Pro účely vodárenské můžeme pak počítati jen s minimální vydatností, která se zjistí víceletým pozorováním. Krátkodobá měření jen klamou.

Současně s měřením vydatnosti pramene pozorují se též dešťové srážky, aby se zjistil jejich vliv na vydatnost pramene, totiž zda-li vydatnosti pramene s dešťovými srážkami přibývá a v jakých intervalech se vydatnost za srážkami opozdí. Po dlouhém letním suchu anebo po dlouho trvajícím mrazu bývá vydatnost pramene menší a naopak bývá po zimních a jarních deštích větší, ale toto kolísání nejde souběžně s atmosferickými srážkami, nýbrž se opožďuje. Ku srovnání atmosferických srážek a vydatnosti pramenů a ku zjištění opožďování hodí se nejlépe diagramy součtových čar, vydatnosti pramenů a diagramy množství měsíčních srážek ve sběrném území. Čím menší

jest kolísání vydatnosti pramene za různých poměrů povětrnosti a čím větší jest opozdění zvětšené vydatnosti pramene oproti dešťovým srážkám, tím stálejší jest pramen a tím lépe se hodí k ústřednímu zásobování vodou. U pramenů pro vodovod Mnichovský pozorováno, že maximum vydatnosti následuje za maximem srážek s opožděním $2 - 2\frac{1}{2}$ měsíce, kterou dobu potřebuje srážková voda aby prosákla diluviálními vrstvami štěrku a písku.

Je-li dráha srážkové a povrchové vody od vstupu do půdy k výronu pramene dlouhá a rychlost prosakování malá, bude podzemní voda regulátorem mezi podzemními srážkami a jejich odtokem v pramenech ; prameny budou stálé. Jestliže však stojí pramen v přímém spojení s povrchovou vodou, což bývá, když jsou ve spodních vrstvách volné průchody, spáry a štěrbiny, anebo když jsou podzemní vrstvy složeny z velmi propustného materiálu na př. hrubozrnného štěrku, prosakuje spodní voda velmi rychle půdou a následkem toho bude vydatnost pramenů po velkých deštích velká a za doby sucha a mrazu pramen vysychá. Takové prameny jsou nestálé, voda mění často svoji teplotu, občas se též zakalí a takové prameny nehodí se k zásobování vodou, poněvadž se povrchová voda ze srážek při rychlém prosakování nedostatečně očistí a není při tom vyloučena ani infekce vody nečistotami, které prosákly s povrchu do půdy. Eventuelně musela by se voda takového pramene dle výsledku chemického a bakteriologického rozboru ještě čistiti a sterilisovati.

Nejvýhodnější, nejstálejší a nejlepší prameny nalézáme v lesnatých horských krajinách, poněvadž se zde zadržuje mnoho vláhy a přirozená filtrace jest dokonalá; aby však tato vydatnost a dobrá jakost vody byla zabezpečena i pro budoucnost, bude nutno v případech, kde se jedná o trvalé použití pramenů k zásobování vodou, chrániti sběrné území od devastace a nahodilého znečištění infiltrací škodlivých látek s povrchu území do půdy , aby se voda nezhoršila .

Z toho důvodu ohraničujeme sběrné území, nebo některou jeho část, ve které se sondováním jistí, že jest voda složena z velmi propustných vrstev. Uvnitř tohoto ochranného pásma zabraňuje se intensivní polní hospodářství a hnojení půdy ; místo pěstování hospodářských bylin vysází se sběrné území lesem. V ochranném pásmu zabraňuje se stavba lidských příbytků, žump, stájů, odvádění splašků a odpadových vod krytými neb otevřenými kanály ; dále se zabraňuje kopání hlubokých studní, hlubokých základů, cihlářských dolů a pod., kterými by se mohla krycí vrstva prorazíti anebo oslabiti, tak že by mohla povrchová voda přímo do spodní vody prosakovati.

·–·–·–·–·–·–·–·

§10. JÍMÁNÍ PRAMENŮ.

Pro jímání pramenů nelze udati všeobecně platná pravidla, neboť v každém případě musíme se říditi dle geologických poměrů území, dle hydrologické povahy pramene a dle místních poměrů, za jakých pramen vyvěrá. Také se nedá zařízení potřebná k jímání pramene a rovněž tak i stavební náklad předem ustanoviti, takže je nejlépe, když se tyto stavby provedou ve vlastní režii.

Jímání pramenů provádí se :

1./ pramennými jímkami, když pramen vyvěrá soustředěně na jednom místě;

2./ trativody a štolami, když pramen vyvěrá z vodovodné vrstvy na více místech.

1./ Pramenné jímky.

Pramenné jímky / Quellstube, Wasserschloss/, mají různé uspořádání a při každém dbáme těchto pravidel :

a./ Především se pramen odkryje, zvětralá skála, uvolněné kamení a veškeren sypký materiál se odstraní až do místa, kde pramen vytéká - tab.11. obr. 1. - a na očištěné skále postaví se základ jímky, do které vyvěrá voda. Přijde-li se při sledování pramene na několik žil, kterými pramen vyvěrá, zachytne se každá žila zvlášť. Nachází-li se výron pramene daleko od povrchu, založí se od povrchu k prameni odváděcí kanál nebo štola, kterými odtéká voda do sběrné komory -tab.12.obr. 1, 2.-. Jestliže vyvěrá pramen ze sypké zeminy, položí se do zvodněné vrstvy trativod z dírkovaných trub, obložený rovnaninou kamene, kterou voda prosakuje a odtéká trativodem do jímky. Tím se zamezí, aby stržené splaveniny /písek, hlina/ nepřišly do jímky.

b./ Stavba jímky musí býti provedena tak, aby se nezměnily přirozené podmínky výronu , zejména výškové poměry pramene, poněvadž není nebezpečí,

že by si voda mohla při násilném vzdutí nebo jinaké změně proraziti jinou cestu, anebo že by se pramen vůbec ztratil. Z těchto důvodů musíme se při odkrývání pramene vyhnouti každému násilí, nesmíme stříleti skálu prachem nebo dynamitem, poněvadž by mohly vzniknouti pukliny, do kterých by se mohla voda ztratiti.

c./ Jímka musí býti tak založena, aby se voda zabezpečila proti vlivu tepla a mrazu. Nejlépe když jest jímka úplně pohřížena do země ; není-li to možno, musí se stavební části jímky, které vyčnívají nad povrch území, pokrýti 1 - 2 m vysokým násypem z pěchované hlíny, aby se voda v létě neoteplila a v zimě nezamrzla.

d./ Jímka musí býti zabezpečena proti infiltraci povrchové vody, čehož se dosáhne dobrým krytem jímky, opěchováním odvodních zdí jílem, vodotěsnými příkopy okolo jímky a pod. Okolo jímky musí býti zabezpečeno proti každému znečištění ; nejlépe když přilehlé území se odkoupí a ohradí plotem, aby se nepoužilo ku osídlení anebo nebylo hospodářsky obděláno. Rozsah tohoto ochranného pásma možno posouditi dle geologického profilu sestaveného na základě sondování území.

e./ Jímka má býti pokud možno jednoduchá, snadno přístupná a takových rozměrů, aby se v ní mohlo zadržeti nejméně 2 m^3 vody a aby se v ní mohly postaviti potřebná zařízení / armatury / k přivádění a odvádění vody.

Voda přitéká od pramene do sběrné komory a odtéká odtud do zásobovacího vodojmu anebo přímo na místo spotřeby ; v posledním případě jest však nutno založiti sběrnou komoru ve větších rozměrech, totiž o kubickém obsahu 10 - 20 m^3, poněvadž vykonává zároveň funkci zásobovacího vodojmu.

f./ Pramenná jímka opatří se potřebnými armaturami. Aby voda nepřekročila určitou výšku, zřídí se v jímce přeliv, od kterého se odvádí přebytečná voda potrubím do odpadu.

Dno jímky opatřeno jest prohloubeným kalištěm, které slouží k usazení písku strženého přírodním vody z vodovodné vrstvy.

K odběru vody z jímky slouží odváděcí potrubí, opatřené na konci dírkovaným cedníkem, který leží asi 50 cm nade dnem kaliště, aby písek, nebo jiné nahodilé plovoucí předměty nepřišly do vodovodného potrubí.

K vyprázdnění jímky slouží výpusť, která je uložena ve dně sběrné komory nebo v malé prohlubni, ku které má dno malý spád. Přeliv a vypusť mají společné odváděcí potrubí ; u malých jímek užívá se k tomu též konstrukcí, které jsou kombinací přelivu a výpustě. Tab.13. obr.2. Potrubí pro odběr vody a potrubí výpustné opatřena jsou šoupátky, které se ob - sluhují u větších jímek ze zvláštních šoupátkových komor, u menších přímo ze sběrné komory.

K vyvzdušení jímky slouží ventilační průduchy ve stropě jímky, které jsou buď zděné anebo z kameninových neb železných trub, zakončených pro - lamovaným nátrubkem, potaženým hustou sítí z bronzového drátu, aby do nich vezalézal hmyz.

Z venku je jímka, aby byla chráněna před zlomyslným poškozením, uzavře na dvojitými dveřmi, z venku železnými, uvnitř dřevěnými. Jednoduché dvéře se v důsledku různé teploty uvnitř komory a vnějšího vzduchu silně potí.

K pozorování vydatnosti pramene zřizuje se v pramenné jímce někdy vodoměr s přepadem, jehož přepadová výška se měří latovým neb plovákovým vodočtem.

g./ K stavbě jímek použije se kamene, betonu a ostře vypálených cihel ; vyloučeno je použití dřeva, poněvadž se na něm usazuje plíseň, která kazí vodu. Zdivo jímky provede se na cementovou maltu a ony části jímky, které přichází v dotyk s vodou a které musí býti vodotěsné, opatří se ne - promokavou / vypálenou / omítkou z cementové malty 1 : 1 . Ostatní stěny zdiva opatří se hrubou cementovou omítkou a omítka zdí, která leží v půdě, natře se horkým asfaltem, aby se zamezilo proniknění povrchové vody do jímky. Z téhož důvodu opěchují se zdi vrstvou jílu.

h./ Voda ze sběrné komory odvádí se potrubím do zásobovacího vodojmu anebo přímo na místo spotřeby. Nejlépe, když jsou výškové poměry pramene takové, že se může voda z jímky odvésti gravitačním vodovodem, tedy přirozeným spádem do zásobovacího vodojmu. Hlavní přiváděč může se při tom provésti dle útvaru území buď jako hydraulický vodovod, tedy krytý kanál, nebo jako hydrostatický vodovod ze železného potrubí.

Často se však stává, že pramen neleží dosti vysoko, takže se musí voda do zásobovacího vodojmu čerpati. Voda přivádí se v tom případě výtlačným potrubím buď přímo do zásobovacího vodojmu, anebo když jest zásobovací vodojem příliš vzdálen, tedy výtlačný řád příliš dlouhý, přečerpává se voda z pramenné jímky nejprve do vyrovnávací nádržky z které se odvádí gravitačním vodovodem do zásobovacího vodojmu.

Příklady pramenných jímek znázorněny jsou v tab. 11 - 16.

V tab.11, obr. 1. znázorněna jest jímka pramene, který vyvěrá ze skály. Jímka pozůstává ze sběrné komory a šoupátkové komory k umístění armatur. Z pramene vyvěrající voda shromažďuje se ve sběrné komoře a odvádí odběrným potrubím. Přebytečná voda odvádí se přelivem a k úplnému vyprázdnění jímky slouží výpusť, do které ústí zároveň i přeliv. Potrubí odběrné a výpustné opatřena jsou šoupátky, která se obsluhují z podlahy v šoupátkové komoře. Jímka provedena jest z kamene, klenba z cihel ; podlaha v šoupátkové komoře složena jest z rýhovaného železného plechu na železných nosičích. Jímka uzavřena jest dvojími dveřmi.

V tab. 11. obr. 2 znázorněna jest jímka pramene, který vyvěrá v několika žilách ze skály. Jímka pozůstává z úchytné galerie 1.50 m šířky, 3.10 m výšky a 9 m délky, sběrné komory a šoupátkové komory. Voda zachycuje se v galerii, odtéká otvory v rozdělovací stěně do sběrné komory , ze které se odvádí odběrným potrubím do zásobovacího vodojmu. K odvádění přebytečné vody ze sběrné komory slouží přeliv a k úplnému vyprázdnění jímky výpusť, která má s přelivem společné odváděcí potrubí. Odběrné i vypouštěcí

potrubí opatřena jsou šoupátky, která se obsluhují ze šoupátkové komory. Galerie má zvláštní přeliv a výpusť. Jímka provedena jest z kamene , klenby z cihel.

V tab. 12. obr. 1 znázorněna jest jímka pramene, který vyvěrá ze skály, ale jest pokryt mohutnou vrstvou zvětralé zeminy a vegetačních vrstev. Pramen jest odkryt a zachycen průleznou štolou, která jde od sběrné komory při povrchu území do výronu pramene ze skály. Voda odtéká přiváděcí štolou do sběrné komory a odtud odběrným potrubím do zásobovacího vodojmu. Přebytečná voda odtéká přelivem a k úplnému vyprázdnění jímky slouží výpusť. Jímka provedena jest z kamene nebo pěchovaného betonu.

V tab. 13. obr. 1 znázorněna jest jímka pramene, pozůstávající z vlastní jímky kruhového půdorysu, na kterou se připojuje šoupátková komora s armaturami pro odběr, výpusť a přeliv. Jímka provedena jest z pěchovaného betonu, strop nad jímkou z vyztuženého betonu.

V tab. 13.obr. 2,3 a 4. znázorněny jsou malé jímky pramenné, jichž uspořádání jest patrno z nákresů.

V tab. 14 znázorněna je pramenná jímka vodovodu v Delnici na Chor. Přímoří. Jímka pozůstává z kaliště , do kterého vyvěrá pramen, ze sběrné a šoupátkové komory. Voda odvádí se z jímky odběrným potrubím ; k úplnému vyprázdnění slouží výpustné potrubí a k odvádění přebytečné vody slouží přeliv. Odběrné a výpustné potrubí opatřeno jest šoupátky, které se obsluhují ze šoupátkové komory. Jímka provedena jest dílem z kamene, dílem z pěchovaného betonu.

V tab. 15. znázorněna je pramenná jímka vodovodu města Dervent v Bosně. Pramen vyvěrá ze skály a zachycuje se jímkou 20 m^3 obsahu, která jest založena nad pramenem přímo na skále ; provedena je z kamene a základy z pěchovaného betonu. Voda tlačí se v čerpací stanici výtlačným potrubím do vyrovnávací nádržky. K odvádění přebytečné vody slouží přeliv a k úplnému vyprázdnění jímky, výpustné potrubí. Odběr a výpusť opatřeny jsou

šoupátky, které se obsluhují ze šoupátkové komory.

Dle Ballifa / Wasserbauten in Bosnien und Herzegovina / jest vodovod v Derventu takto uspořádán : Město má 4.600 obyvatel /r.1895/, přírůstek obyvatelstva ročně 1.9 % , takže bude konečný počet obyvatel za 50 let 9300. Spotřeba vody na osobu a den obnáší 45 litrů a dle toho konečná denní spotřeba 415 m^3. K opatření vody použito jest pramene, který se nachází asi 7 km od města, jeho vydatnost 14 - 18 sek./lit. Pramen jímá se ve výšce 200.60 m nad mořem, kdežto zásobené území města leží ve výšce 110 - 180 . Bylo by tedy možno vodu odvésti do města gravitačním vodovodem, ale pro velké obtíže a velký stavební náklad upuštěno jest od gravitačního vodovodu a voda čerpá se z pramene výtlačným potrubím 1.880 m délky, 125 mm průměru do vyrovnávací nádrže 250 m^3 obsahu /kota 231.50 / a odtud odvádí se tlakovým /hydrostatickým/ potrubím 125mm průměru, 5200 m délky do zásobovacího vodojmu obsahu 200 m^3/kota 182.50/. Čerpací stanice zařízena jest na čerpání 350 m^3 denně, provoz 12 hod., výkon 8.1 sek./lit. ; k čerpání vody slouží Girardonova plunžrová pumpa s parním pohonem. Průměr cylindru 140mm, délka chodu 450 mm, počet chodů 40/min. Výkon za dvojitý chod $2 \frac{\pi d^2}{4} \cdot 450 = 13.85$ sek./lit. Výkon sekundový $\frac{13.85 \cdot 40}{60} = 9.23$ sek./lit. Skutečně vyžadovaný výkon 8.1 s./l. Kota ssacího ventilu pumpy 203.85. Délka ssacího potrubí 30 m, délka výtlačného potrubí 1850 m. Ssací výška 3.25 m, výtlačná výška 27.65 m, ztráta tlaku pro v = 0.75 m , Q = 9.23 s./lit., d = 125 mm. Z=5.81% . 1880=10.9% manometrický tlak 38.57 m, přirážka následkem kontrakce při vstupu do potrubí 1.18 m. Úhrnná výška tlaková 43.00 m.

Práce parního stroje $N = \frac{9.23 \cdot 43}{75} = 5.30$ k.síla.

Výtlačné potrubí začíná ve větrníku s vratnou záklopkou a končí ve vodojmu; jeho průměr je 125 mm , délka 1880 m. Vyzkoušeno jest na 20 atm. V nejnižší části opatřeno jest výtlačné potrubí ventilem výpustným, nejvyšší

části ventilem vzdušným.

Z vodojmu zásobovacího odvádí se voda tlakovým potrubím do města. Odběr vody děje se ve veřejných výtokových stojanech.

V tab. 16. znázorněna jest jímka pramene pro vodovod města Travnik v Bosně, která jest vlastně přestavbou a prošířením pramenné jímky starší. Jímka pozůstává z komory, do které vyvěrá výstupný pramen a šoupátkové komory, ve které jsou umístěny armatury potrubí odběrného a výpustného. Přebytečná voda odvádí se přepadem ve stěně sběrné nádrže do otevřeného kanálu, kterým odtéká do blízkého potoka. Jímka provedena jest z kamene, klenba z cihel mezi železnými nosiči. Dlažba jest z cihlového zdiva, opatřeného nepromokavou cementovou omítkou. /Ballif, Wasserbauten in Bosnien /.

2./ J í m á n í p r a m e n ů š t o l a m i .

Prameny jímají se štolami, když jsou roztříštěny a voda vyvěrá na více místech vodovodné vrstvy. Tento případ jímání vyskytuje se obzvláště u vrstevnatých pramenů spodní vody, která vyvěrá z vodovodné vrstvy na úpatí horských úbočí v údolích podél toků. Prameny bylo by ovšem možno zachytiti jednotlivě , ale účelněji jest, když se jde za vodou „ do hory“ a když se jímá ve vodovodné vrstvě, dříve než-li tato vyrazí na povrch jako pramen. Spodní voda jímá se zde sběrnými čili jímacími štolami, založenými ve zvodněné vrstvě napříč proudu a odvádí se odváděcími štolami nejkratší cestou k povrchu. (Tab. 12, obr. 2. Tab. 17.a 18.,obr. 1,2,3.)

Správné provedené tohoto způsobu jímání vyžaduje, aby se sondováním území předem zjistilo uvrstvení půdy a obzvláště poloha, hloubka a spád vodonosné vrstvy, na které se spodní voda pohybuje ; dle výsledku tohoto sondování sestaví se geologický profil a vrstevnicový plán vodovodné vrstvy jako nutný podklad k založení jímacích a odváděcích štol.

Stavba jímky začne s prorážením příchodné a odváděcí štoly, která se žene od povrchu území s malým stoupáním /1%/ až do vodovodné vrstvy. Průřez štoly jest tvaru lichoběžníkového - tab.12.obr.2.- ; o výšce 2 - 2.5 m a šířce 1.2 - 1.5 m a výšce 2.1 m, aby se mohli dělníci při práci volně pohybovati. Štola se vyztuží rámovým pažením a fošnami, poněvadž jsou povrchové vrstvy zpravidla ze sypkého materiálu, který se lehce boří a sesouvá.

Vypažená štola se ihned vyzdí a sice na průchodný profil vejčitého nebo tunelovitého tvaru, nejméně 1.80 m světlé výšky a 1.0 - 1.2 m průměrné šířky. Zdivo štoly provede se na cementovou maltu. Uvnitř opatří se stěny hrubou omítkou ; dno a stěny do výšky, kam až sahá voda, opatří se vodotěsnou omítkou ; dno odváděcí štoly opatří se žlabem, aby se mohlo na suché lavici vedle žlabu procházeti, neboť jinak musí se zříditi nad hladinou vodní lávka z betonových desek, uložených na železných nosičích, které se osadí do bočních zdí. Toto uspořádání vyžaduje ovšem větší výšku průchodné štoly. Sběrné čili jímací štoly vycházejí z odváděcí štoly, sledují vodovodnou vrstvu a jsou založeny přibližně ve směru vrstevnice spodní vody, tedy kolmo na směr proudu vodního s malým spádem k odváděcí štole. Vybírání těchto štol bývá dosti obtížné, poněvadž se sypký materiál zvodněné vrstvy, pozůstávající z písku a štěrku, boří do štoly, která musí býti proto velmi dobře vypažena. Štoly hnané do pevné skály nemusí se ovšem pažiti, ale to bývá velmi zřídka.

Průřez štoly bývá lichoběžník o minimální šířce 1.20 m a výšce 2.1 m, aby se dělníci mohli při vybírání štoly pohybovati a vykopaný materiál vyvážeti.

Do vypažené štoly uloží se na betonovém dně trativod, pozůstávající z malého kanálu vyzděného z lomového kamene na sucho, asi 50 cm šířky a 80 cm výšky, který se pokryje kamennými deskami nebo se překlene. Zbylá část štoly vyplní se pečlivě složenou rovnaninou z kamene, Dřevěné součástky pažení postupně se odstraňují, aby ve štole nehnily a nekazily vodu.

Voda ve zvodněné vrstvě vniká do trativodu a odtéká do odváděcí štoly, která se zřídí k vůli lepšímu dozoru o průchodném profilu 1.2 m šířky a 1.80 - 2 m výšky . Místo trativodu může se ve vypažené jímací štole vybudovati průchodný neb průlezný kanál s průlinami ve stěnách, kterými vniká voda z vodovodné vrstvy do kanálu a odtéká k odváděcí štole. Tab. 18. obr. 5.7.

Obyčejně děje se příron vody průlinami na jedné straně štoly. Takové jímací vodovodní kanály nazýváme též galeriemi.

Vyzdívání jímacích štol začne s vybudováním dna, nejlépe z pěchovaného betonu, nebo hrubého plosnatého kamene. Na dně kanálu provedou se postranní zdi z lomového kamene na sucho nebo na cementovou maltu, nebo z pěchovaného betonu ; v obou případech s postranními průlinami pro přítok vody z vodovodné vrstvy. Profil kanálu je buď obdélníkový přikrytý deskami z kamene neb vyztuženého betonu nebo je překlenutý. Sběrný kanál má minimální šířku 80 cm a výšku 180 cm.

Kanál musí býti založen na pevné únosné půdě, aby zachována byla výšková poloha a konstantní spád k výtoku do odváděcí štoly. Lokální zahloubení vodonosné vrstvy vyzdí se pod kanálem sytě až do dna , aby se voda vzdula a nemohla odtékati pod štolou.

K lepšímu zachycení spodní vody může se zříditi na dolní straně galerie podélná zídka jako podzemní přepážka z betonu, která je založena na pevné nepromokavé vodonosné vrstvě a sahá až do výšky průlin v kanále. Touto přepážkou zarazí se odtok vody a vytvoří se v půdě zásoba pro dobu, když vydatnost spodní vody klesne.

Voda zachycená v jímacích štolách odtéká k odváděcí štole a touto do sběrné komory, z které odtéká odběrným potrubím do zásobovacího vodojmu nebo do hlavního přiváděče, když jest založeno více sběrných komor. Sběrná a vstupní komora opatřena jest kalištěm k zachycení písku strženého z vodovodné vrstvy do štoly. Aby hladina vodní nepřekročila určitou výšku,

opatří se přelivem, od kterého se odvádí přebytečná voda zděným kanálem nebo potrubím. K úplnému vyprázdnění sběrné komory slouží výpustné zařízení. Odběrné a výpustné potrubí bývá opatřeno stavidly k regulování nebo zastavení přítoku. Odběrné potrubí začíná cedníkem, který se nalézá asi 50 cm nade dnem kaliště. K regulování přítoku vody z vodovodné vrstvy může se otvor výustě z přiváděcí štoly opatřiti stavidlem, čímž lze odběr vody z vodovodné vrstvy dle skutečné potřeby regulovati.

Voda ze sběrné komory jímacího zařízení odvádí se hlavním přiváděcím řádem do zásobovacího vodojmu. Tento hlavní přiváděč provede se pokud možno jako gravitační vodovod a sice buď jako krytý kanál anebo tlakové potrubí. Při nevýhodných výškových poměrech musí se voda z jímky do zásobovacího vodojmu přečerpávati.

V tab. 17, 18 a 19 znázorněno je jímání pramenů pro vodovod města Mnichova. Prameny nalézají se v údolí řeky Mangfall v obcích Mühlthal a Gotzing, vzdálených od Mnichova asi 40 km. Prameny vyvěrají ze spodní vody, která se pohybuje v diluviálních štěrcích na nepropustné podloze terciérních slínů / miocaen /, která se sklání příkře do údolí řeky Mangfall, kde vyvěrají na levém břehu mohutné prameny - tab. 17 -. Na některých místech vytvořily se z pramenité vody mohutné vrstvy tufu. Jímání pramenů provedeno je zde tím způsobem, že se od povrchu až do vodovodné vrstvy hnaly průchodné štoly odváděcí. Počínaje odtud sledovala se vodovodná vrstva štolou jímací s otvory ve stěně na straně proti svahu. Zachycená voda odtéká štolou odváděcí do sběrné komory a odtud do hlavního přiváděče, kterým se odvádí veškerá voda do zásobovacího vodojmu před Mnichovem. Štoly jímací jsou vejčitého profilu - tab. 18. obr. 5 - , vyzděného z hrubého lomového kamene nebo betonu s otvory proti svahu. Štoly odváděcí jsou vodotěsné a provedené z lomového kamene nebo betonu. Celkem jest provedeno štol jímacích 582 m a štol odváděcích 961 m .

Uspořádání sběrných komor znázorněno jest v tab. 18 a 19. Ze sběrné komory odvádí se voda zděným kanálem do hlavního přiváděče. K úplnému vyprázdnění komory slouží výpusť, které se užívá též ku odvádění vody do vodoměru, když se chce vydatnost spodní vody občas měniti. Přebytečná voda odvádí se přelivem do potoka./Mangfall/. Odběrný a výpustný kanál opatřeny jsou stavidly, které se obsluhují ze vstupní komory. Spojení odběrného kanálu s hlavním odváděčem znázorněno jest v tab. 19.

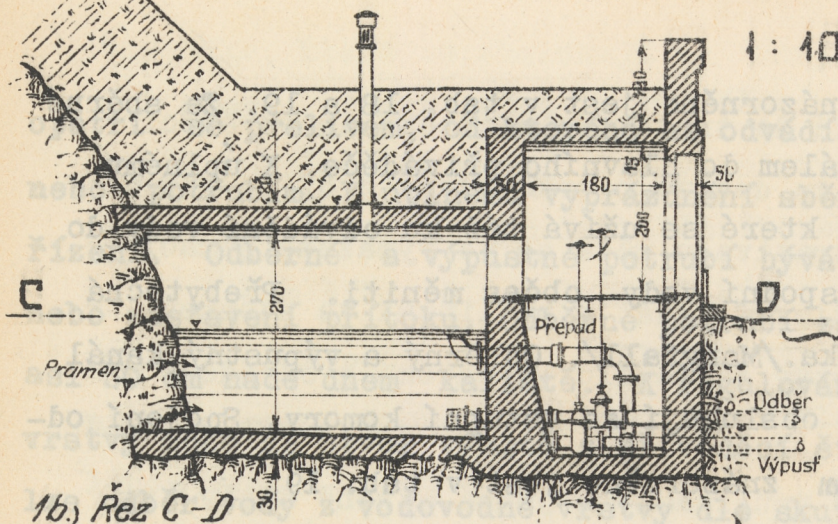
Hlavní odváděč jest gravitační vodovod, který pozůstává většinou z krytého kanálu -tab.18. obr. 6.- a jen místy, kde nebylo možno krytý kanál konstantním spádem provésti, použito je tlakového potrubí ze železa na způsob shybky.

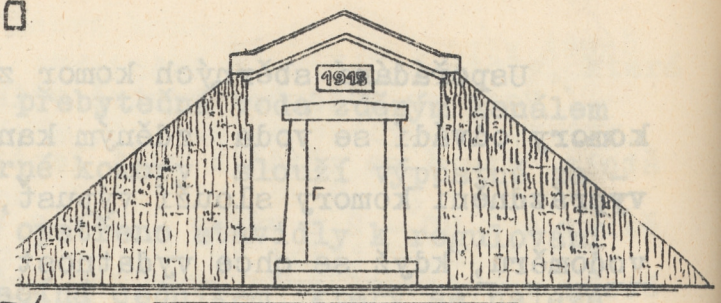
Absolutní spád od pramenů do Mnichova obnáší 100 m ; od toho je použito 40 m pro gravitační vodovod od pramenů do zásobovacího vodojmu a 60 m zbylo jako tlak pro rozdělovací síť v městě.

°—°—°—°—°—°—°—°

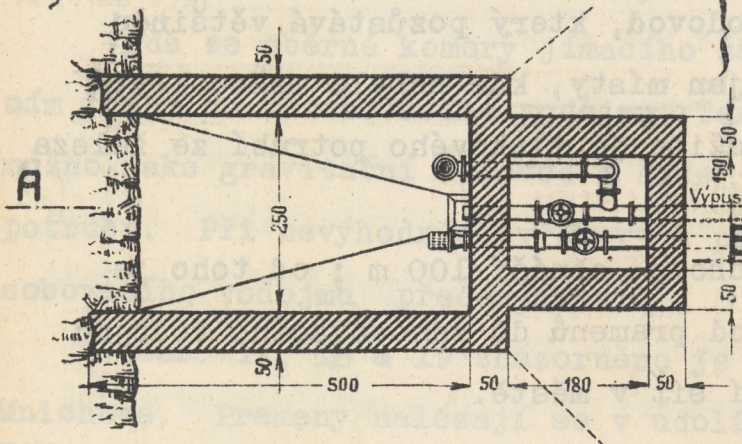
Obr. 1. 1a.) Řez A-B **JÍMÁNÍ PRAMENŮ.** 1c.) Průčelí.

1 : 100

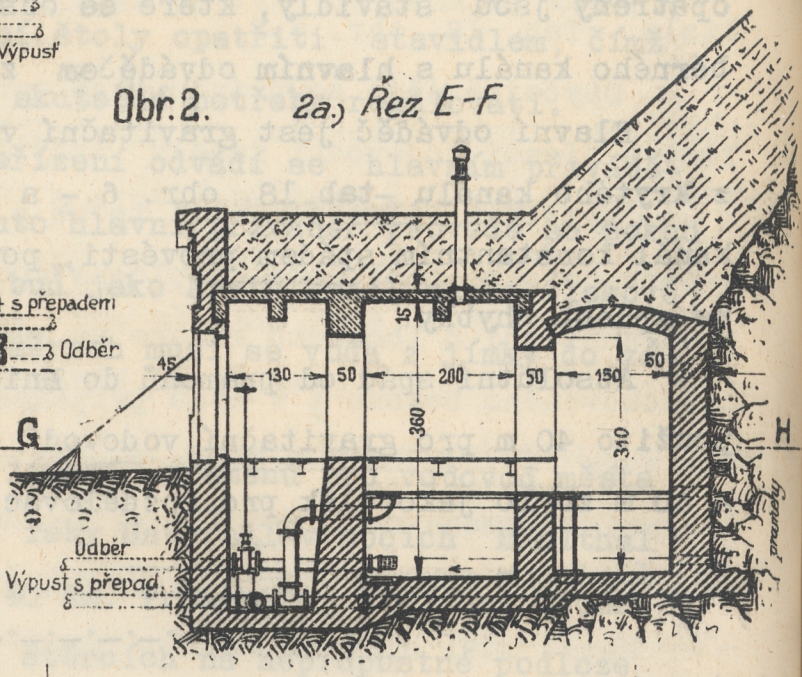




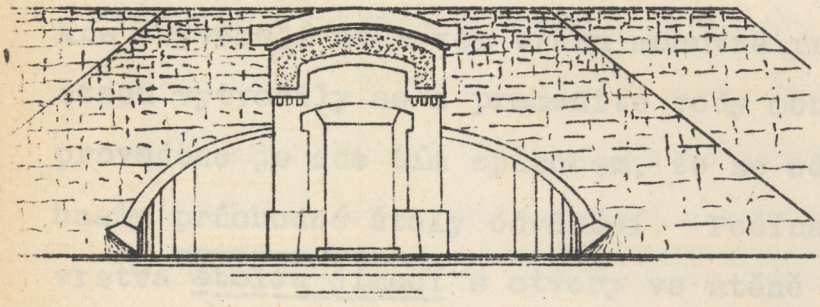
1b.) Řez C-D



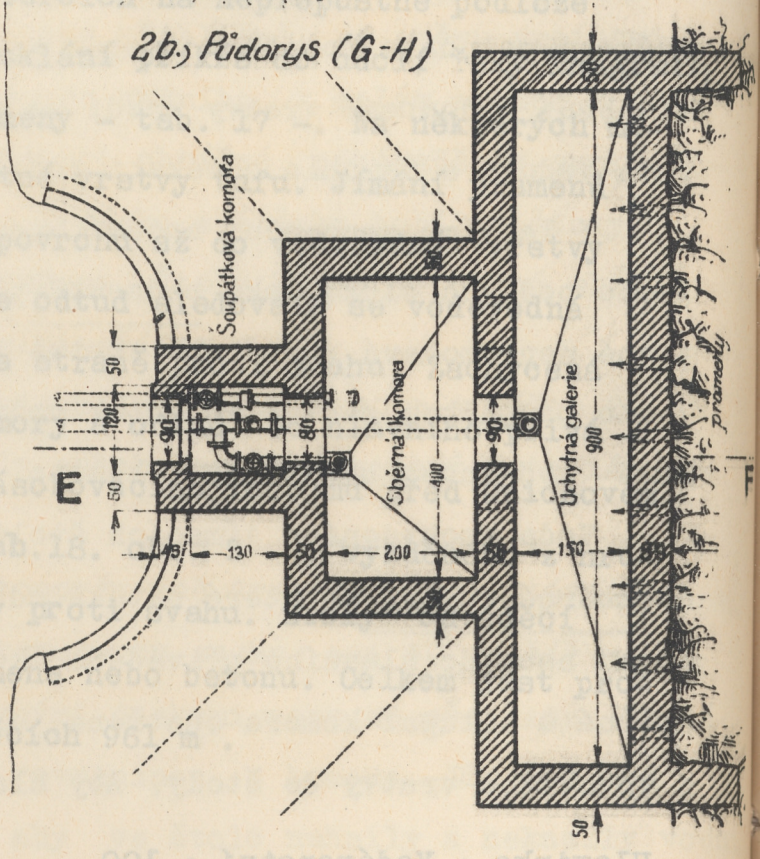
Obr. 2. 2a.) Řez E-F



2c.) Průčelí.



2b.) Půdorys (G-H)



Obr. 1.

JÍMÁNÍ PRAMENŮ

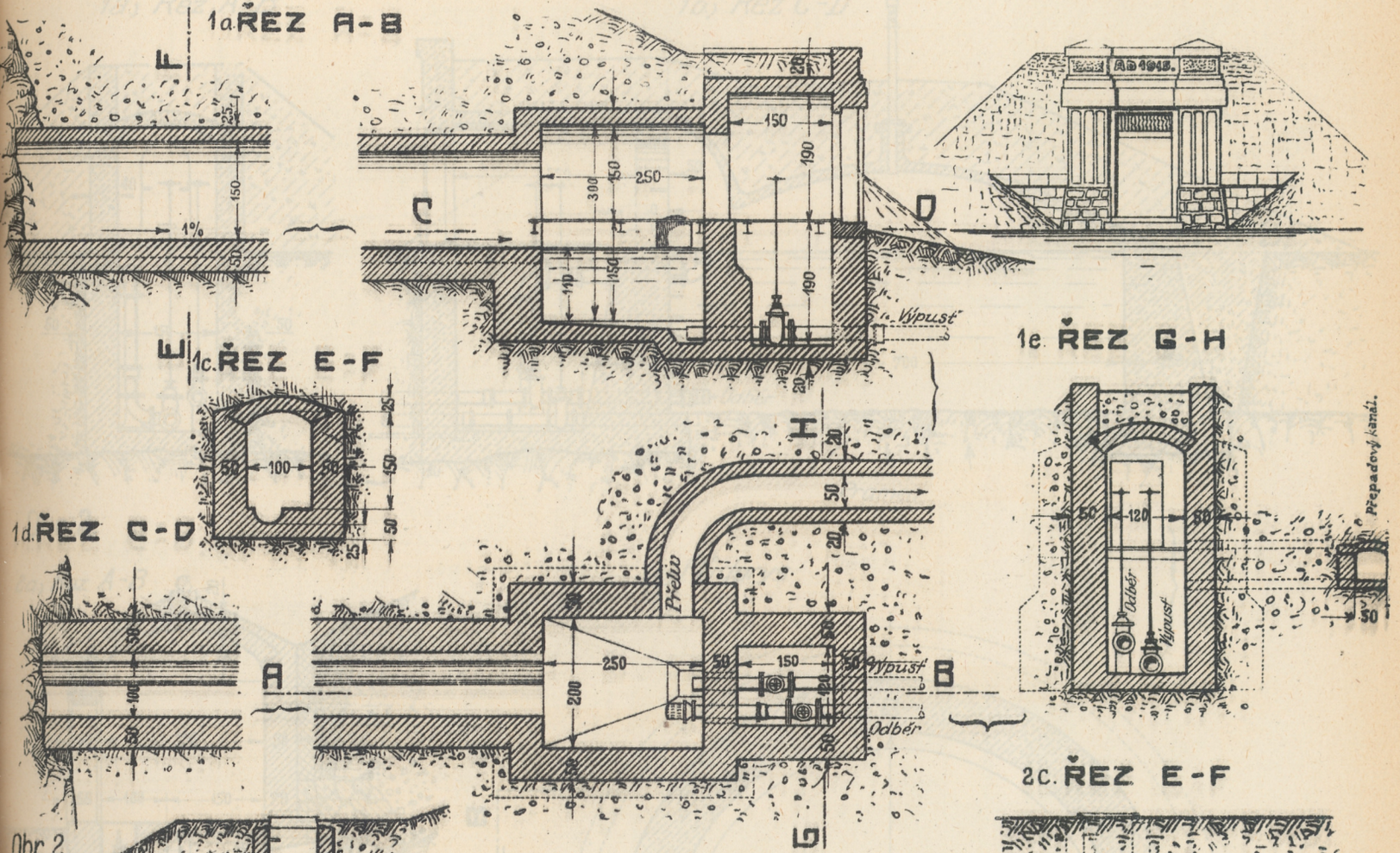
1a. ŘEZ A-B

1b. PRŮČELÍ

1c. ŘEZ E-F

1d. ŘEZ C-D

1e. ŘEZ G-H



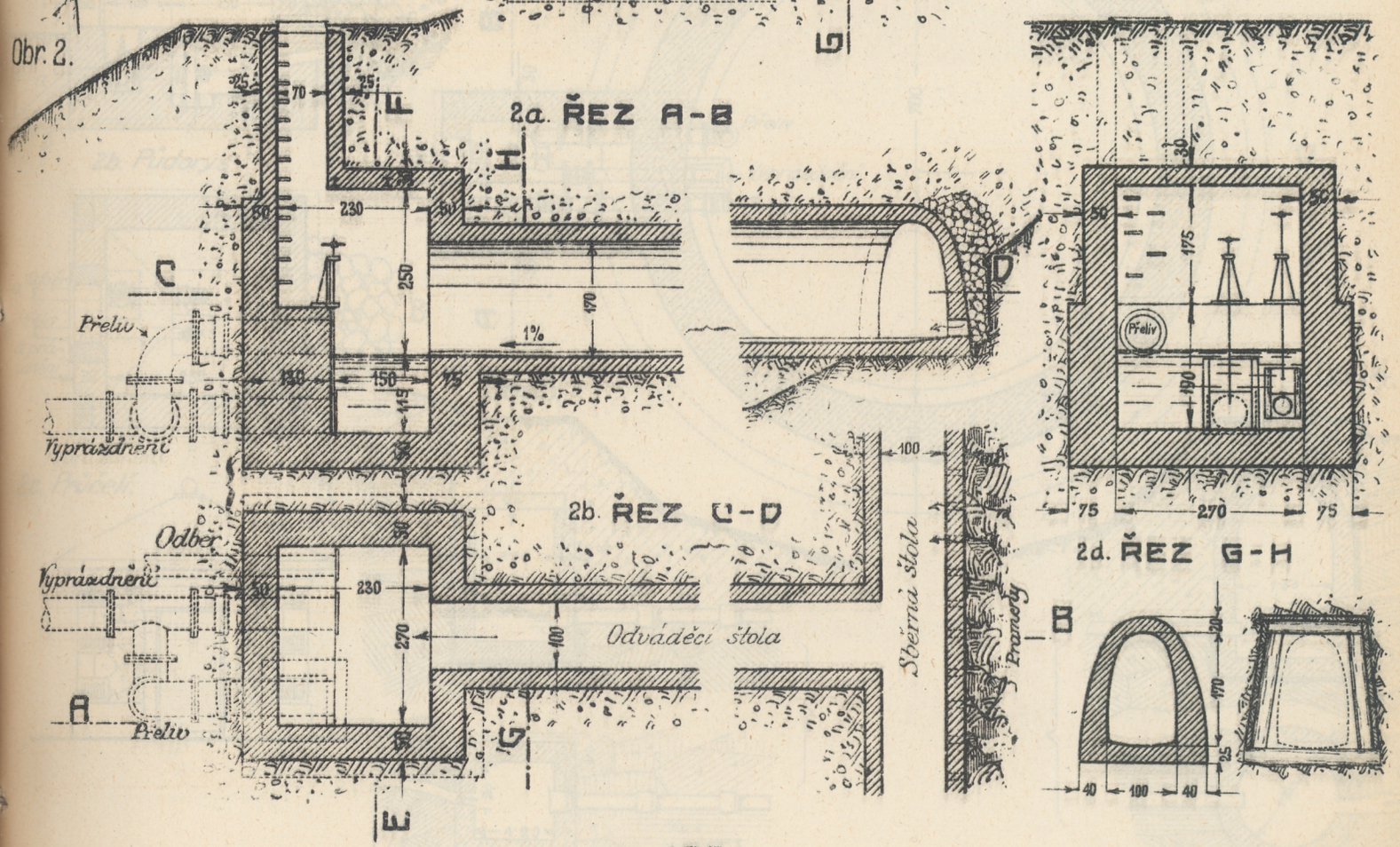
Obr. 2.

2a. ŘEZ A-B

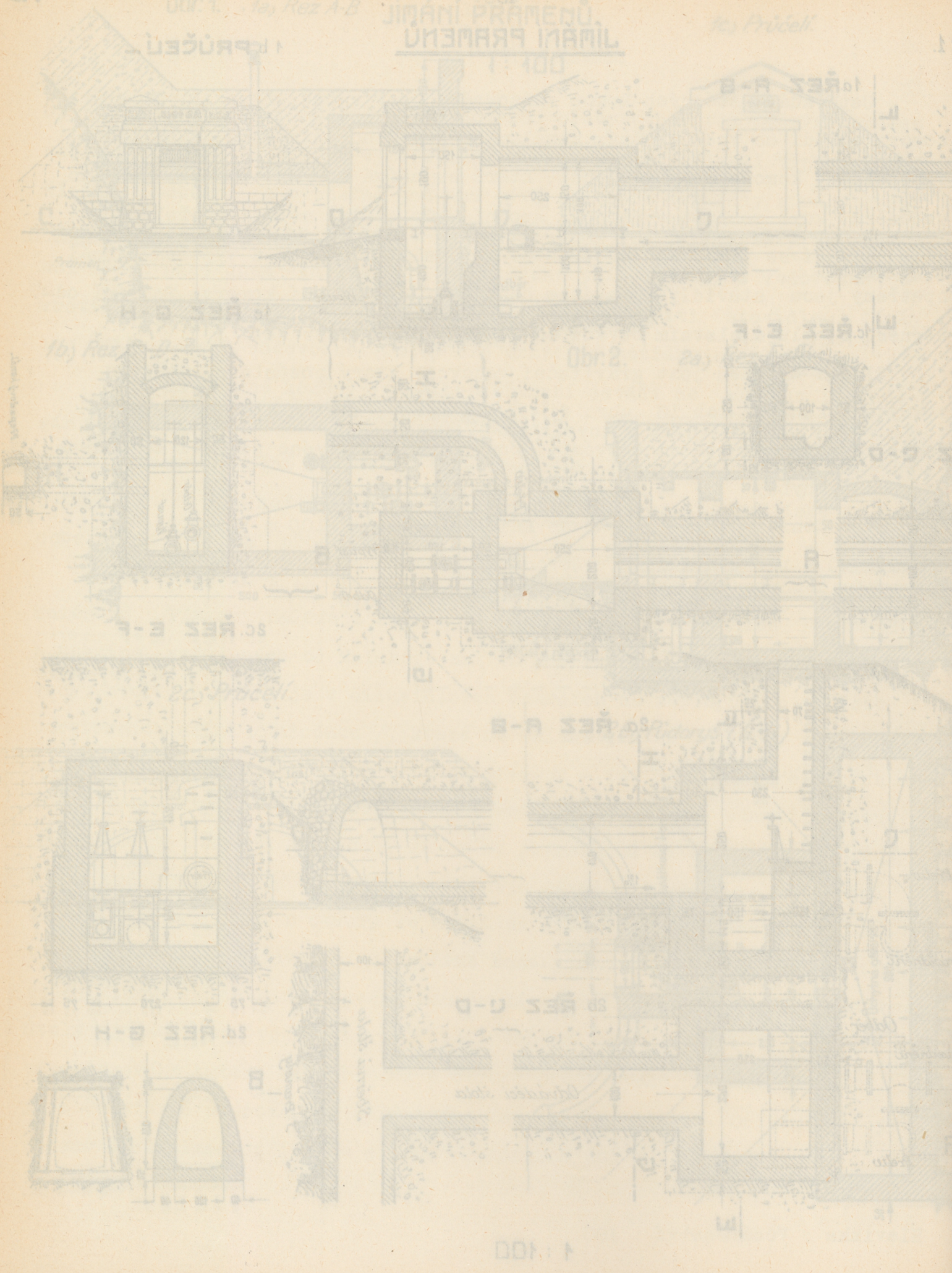
2b. ŘEZ C-D

2c. ŘEZ E-F

2d. ŘEZ G-H



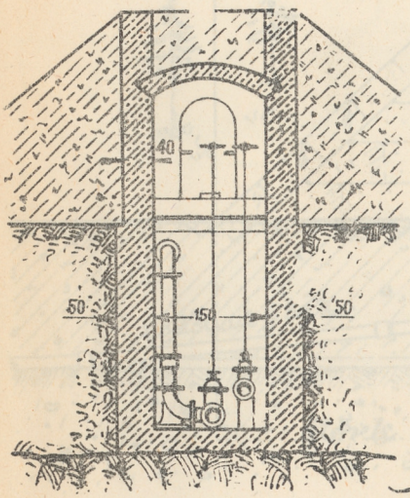
1 : 100



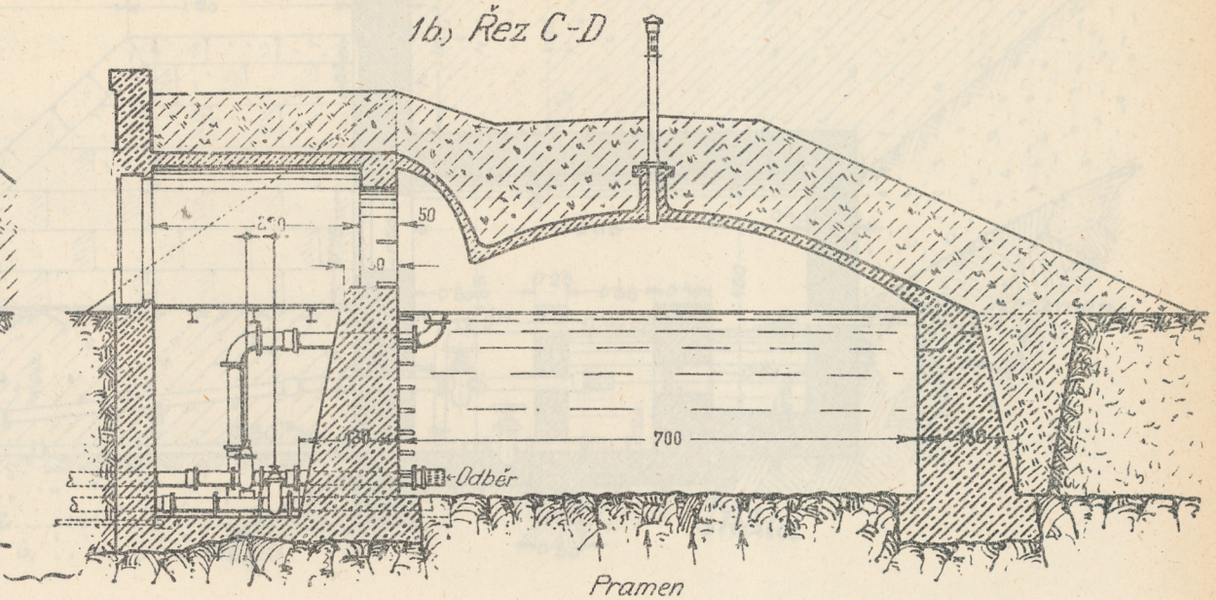
JÍMÁNÍ PRAMENŮ 1 : 100

Obr. 1.

1a) Řez A-B

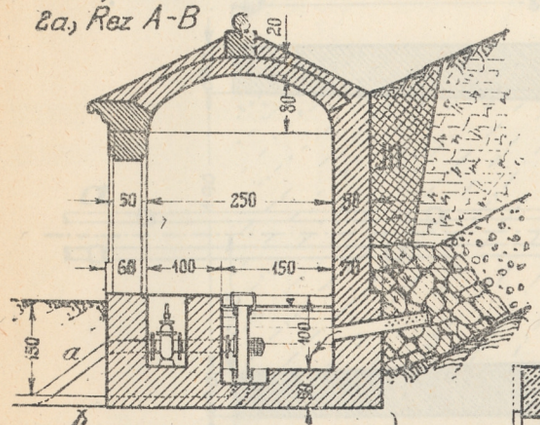


1b) Řez C-D

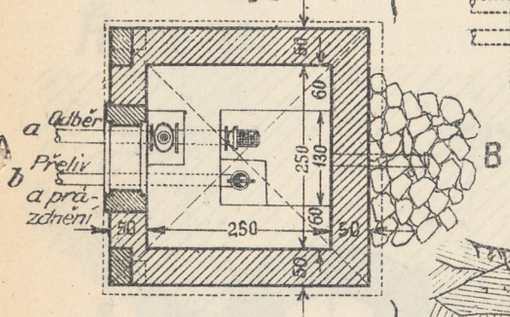


Obr. 2.

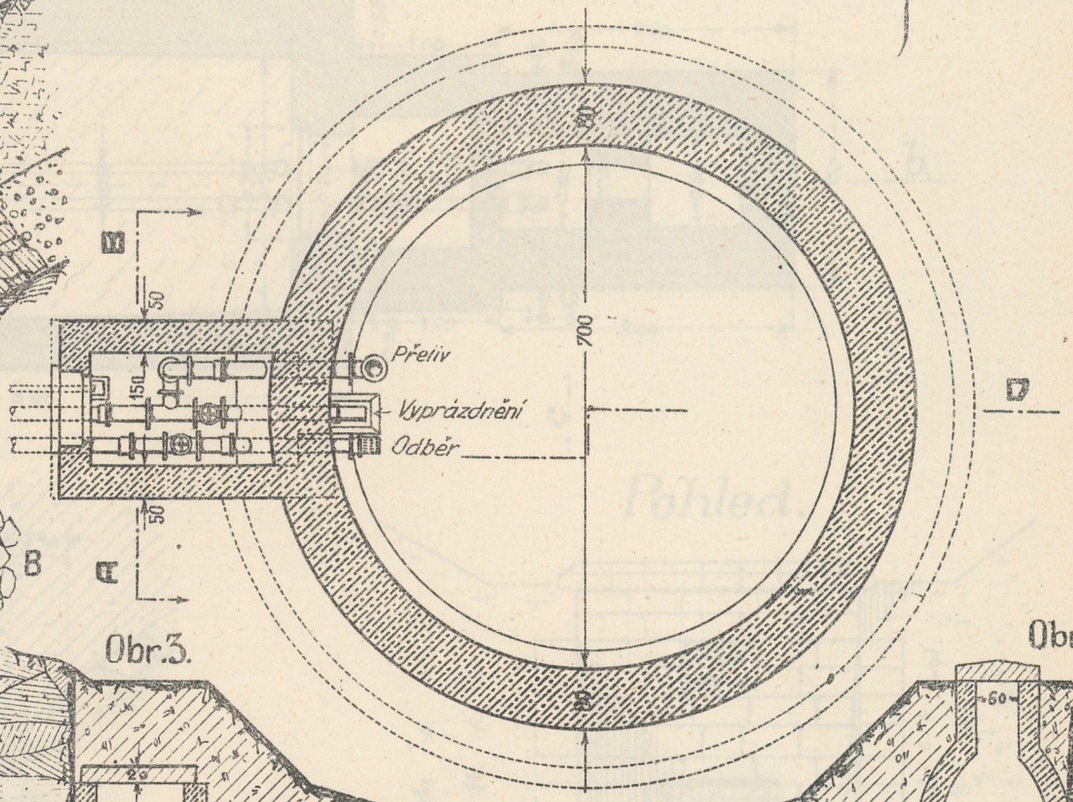
2a) Řez A-B



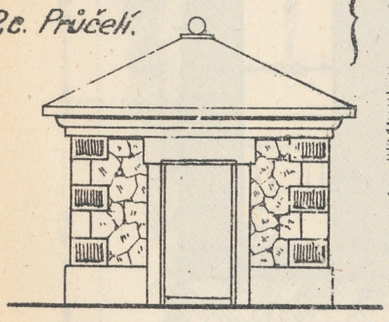
2b. Půdorys



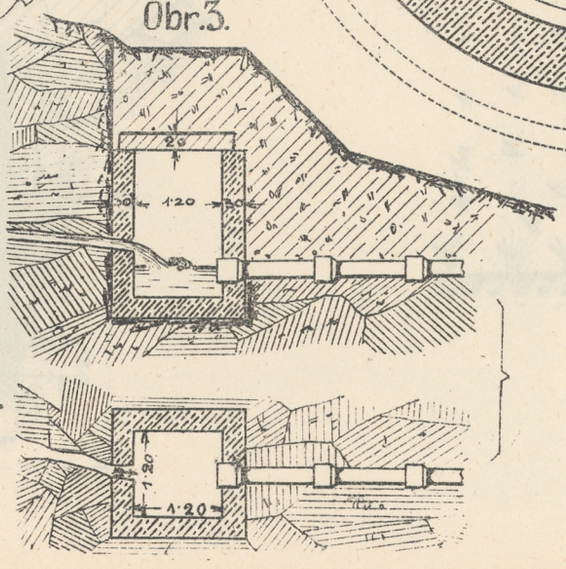
1c) Půdorys



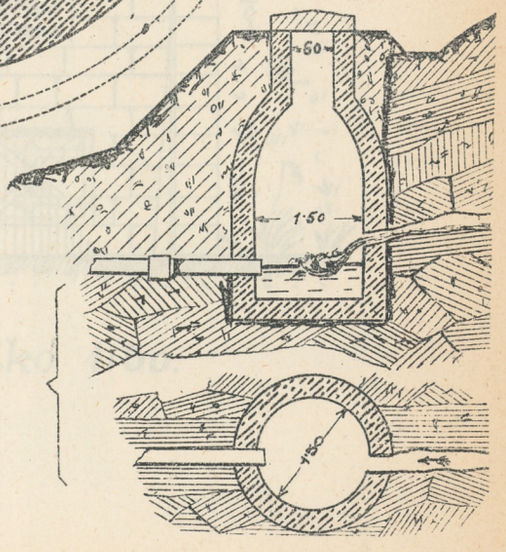
2c. Průčelí.



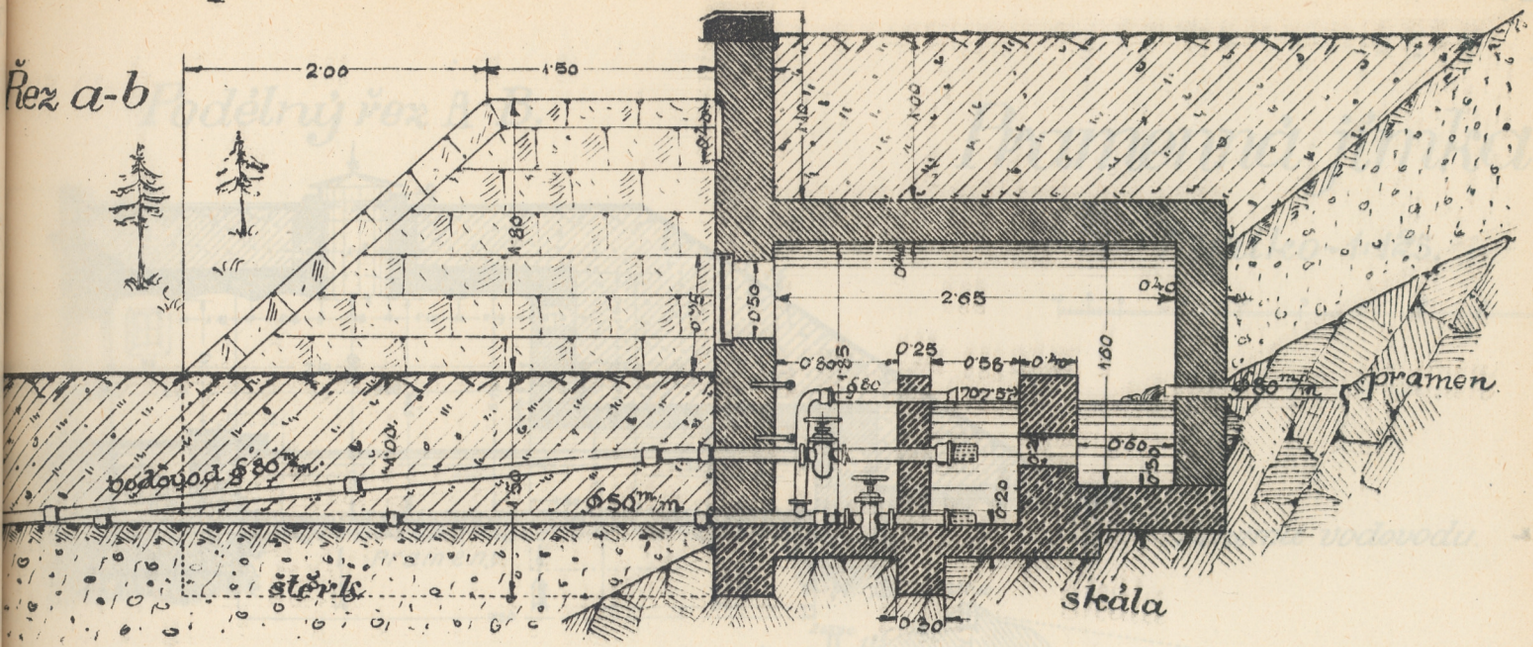
Obr. 3.

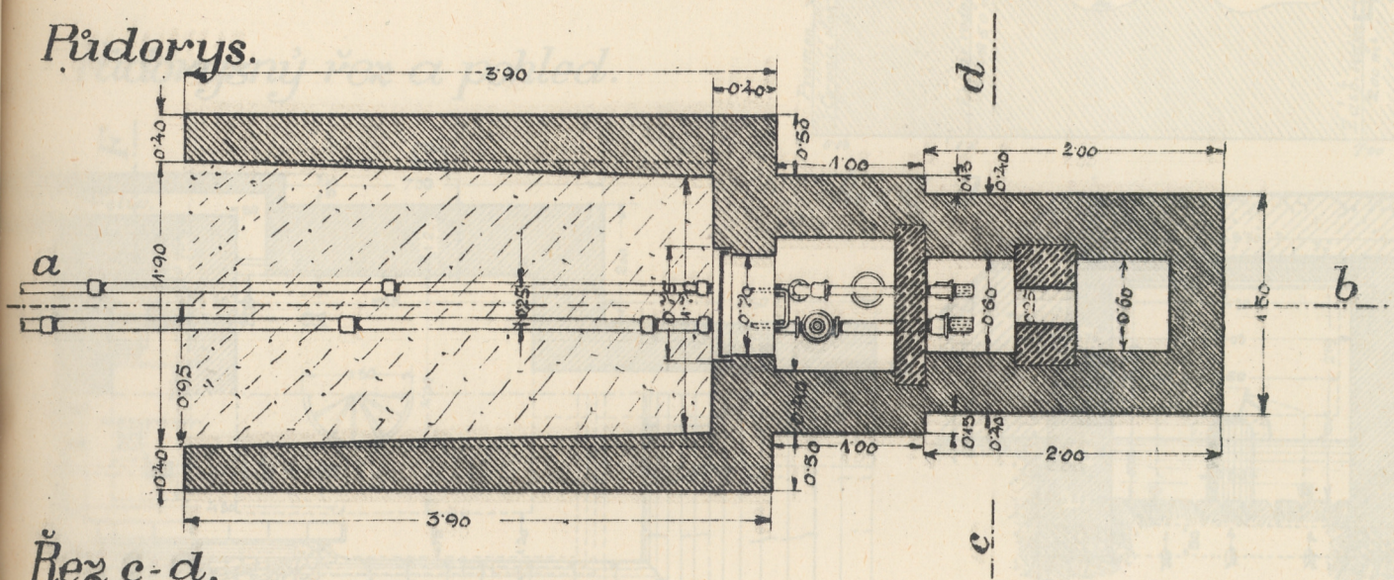


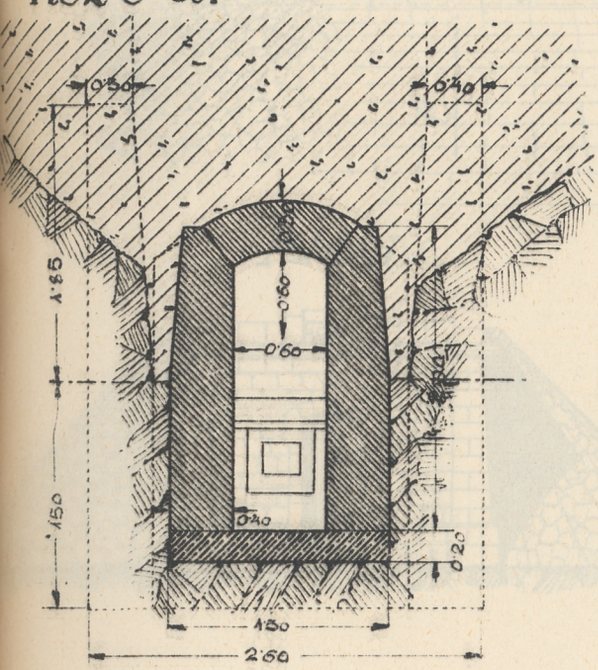
Obr. 4.

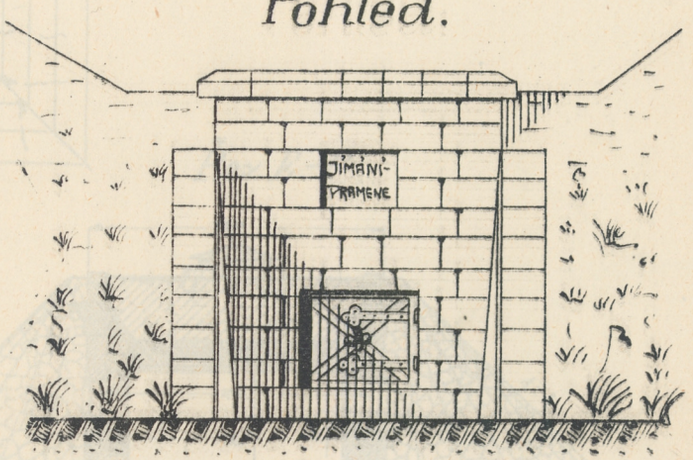


Jímka pramene.

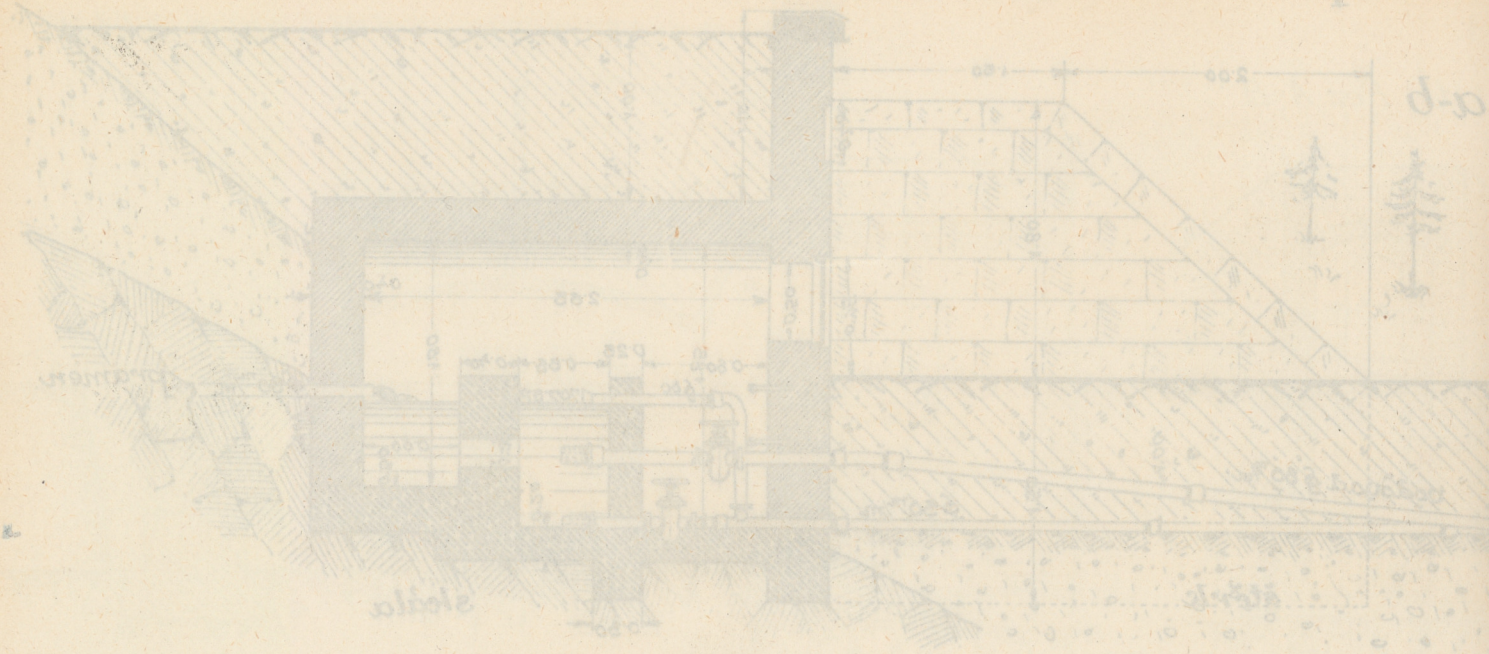


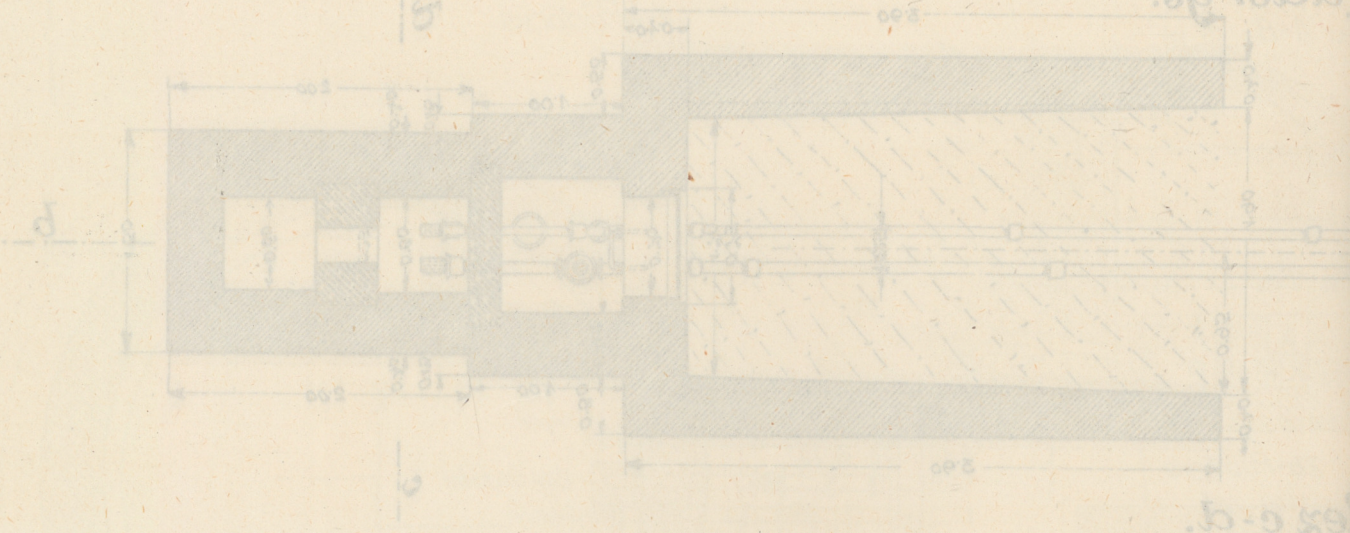


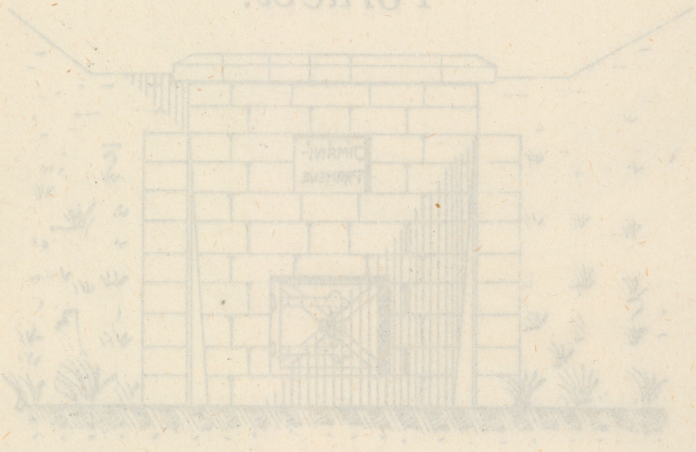




Měřítko 1:50.





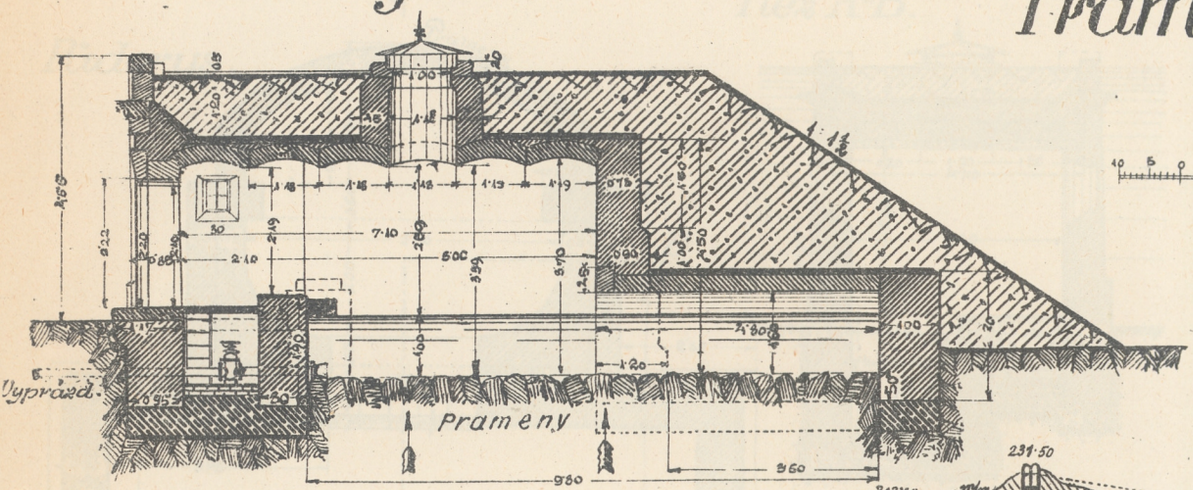




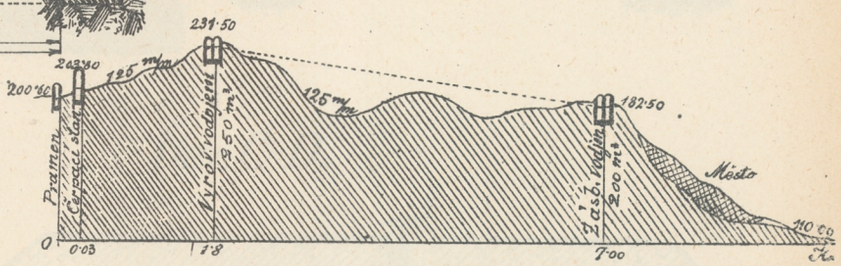
Pramenná jimka.

Měřítko 1:125.

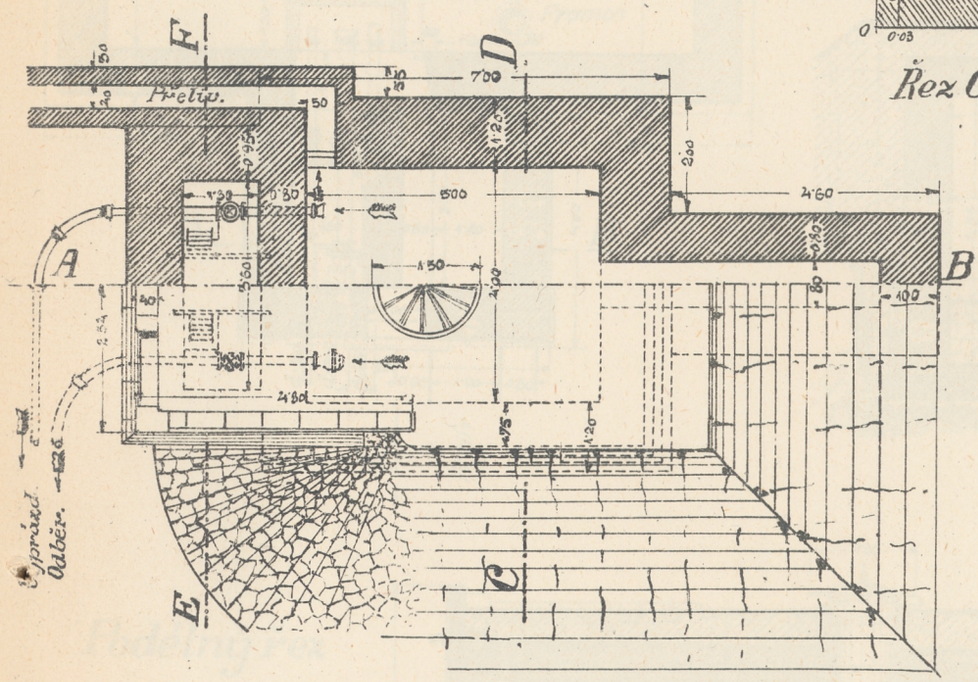
Podélný řez A-B.



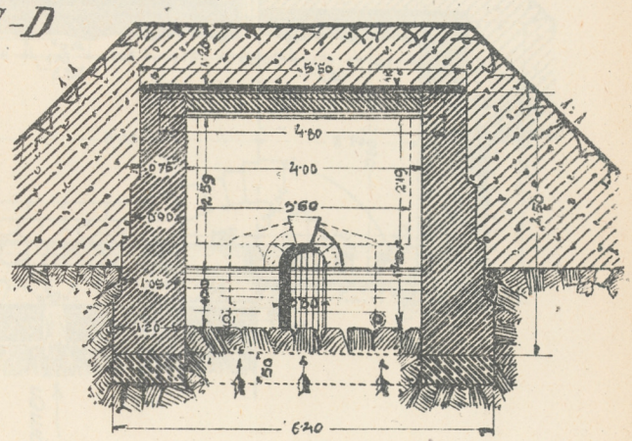
Schema vodovodu.



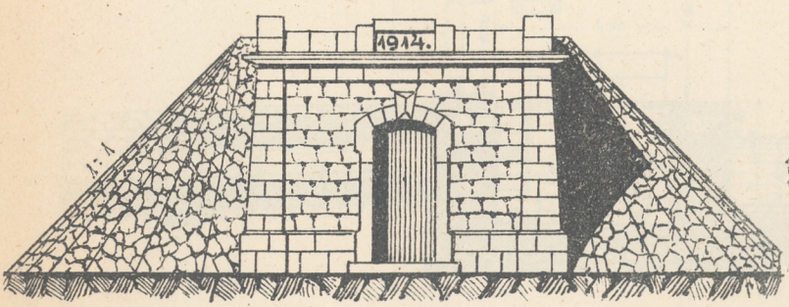
Půdorysný řez a pohled.



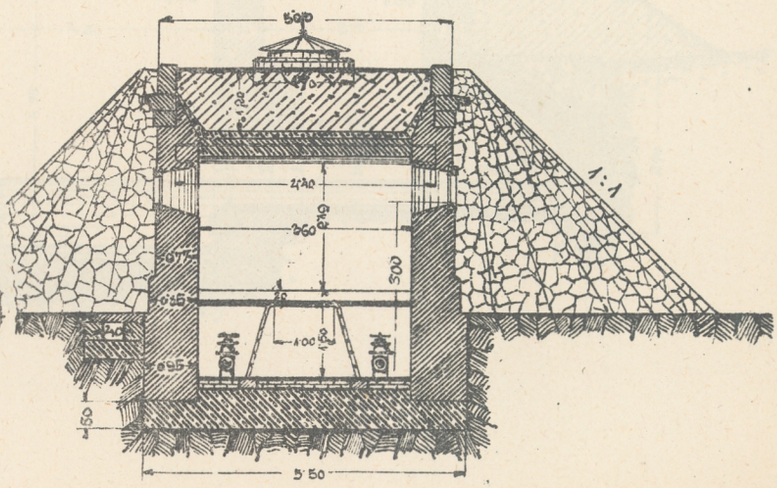
Řez C-D

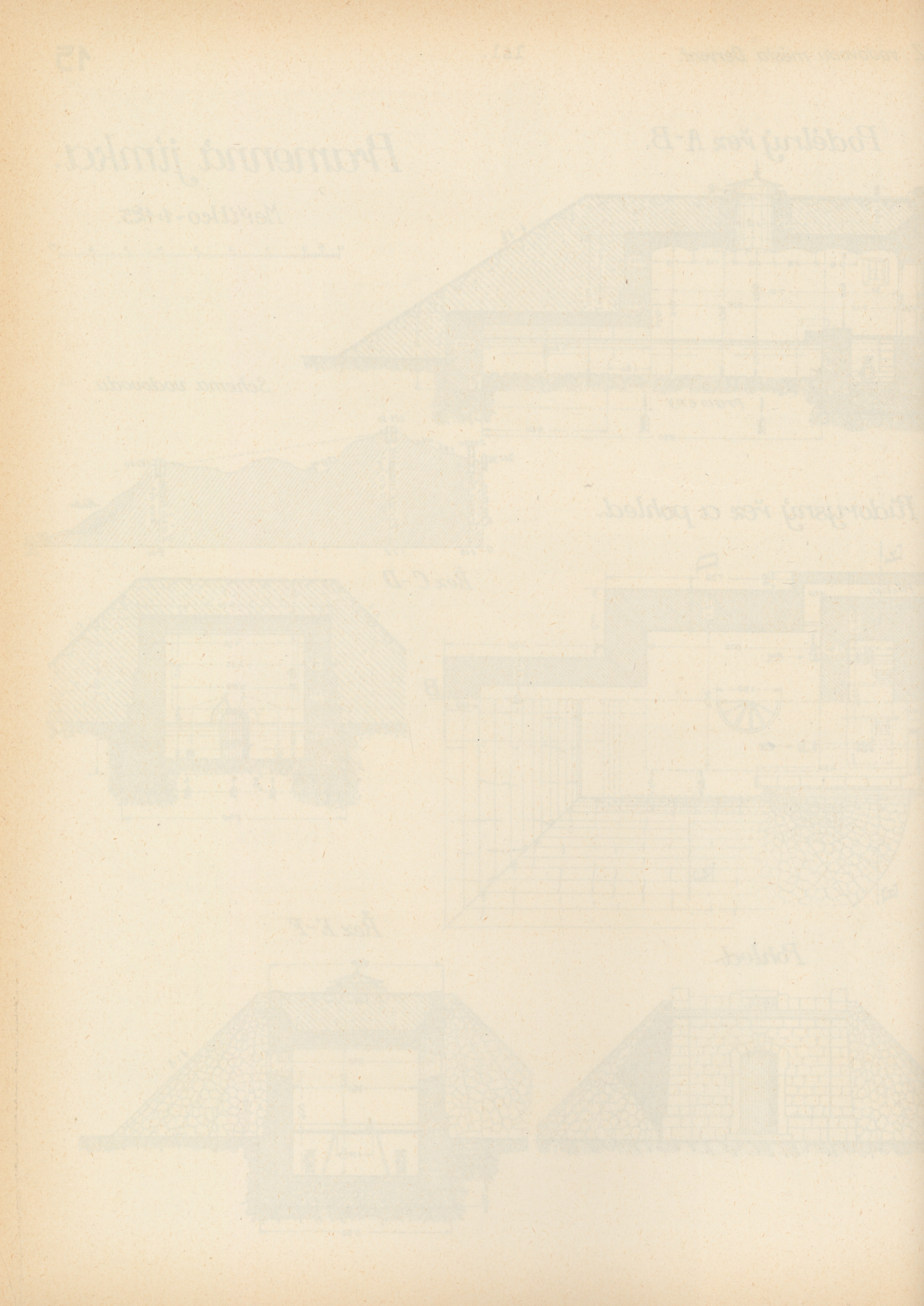


Pohled.



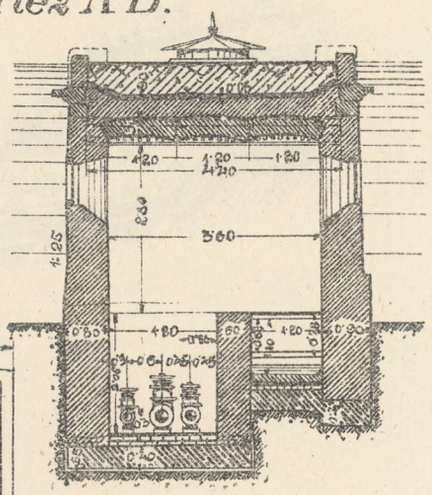
Řez E-F



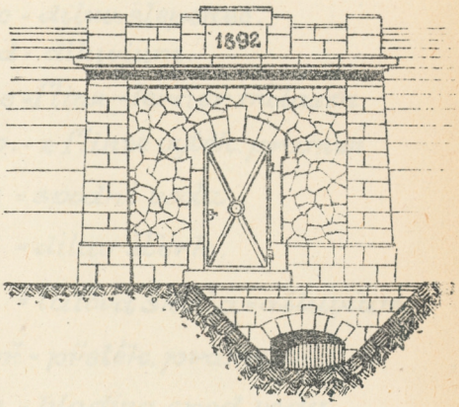


Pramenná jímka.

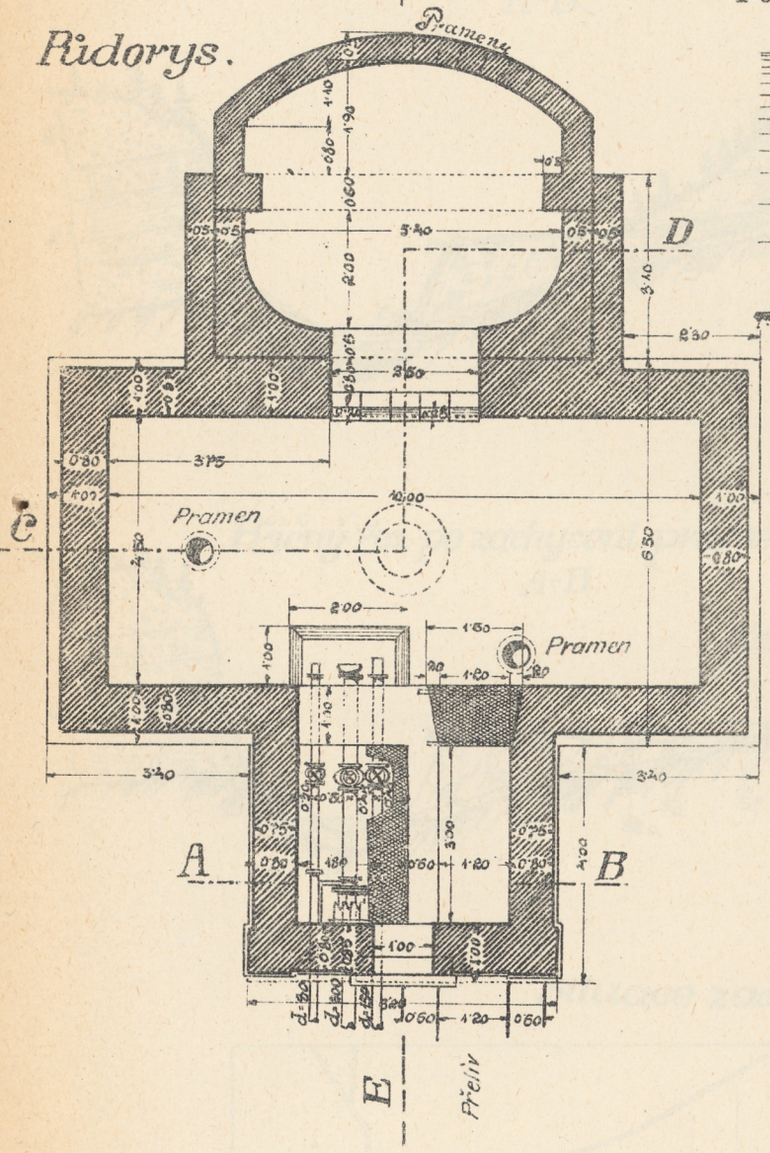
Řez A-B.



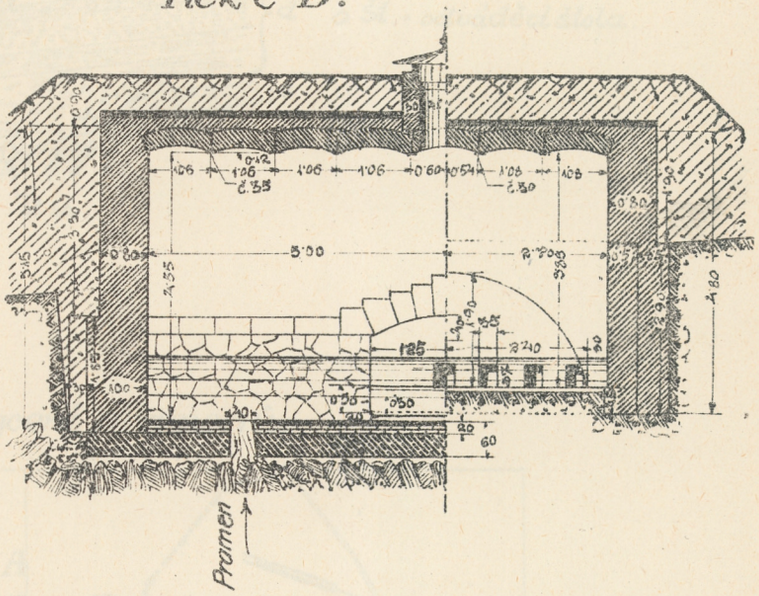
Pohled.



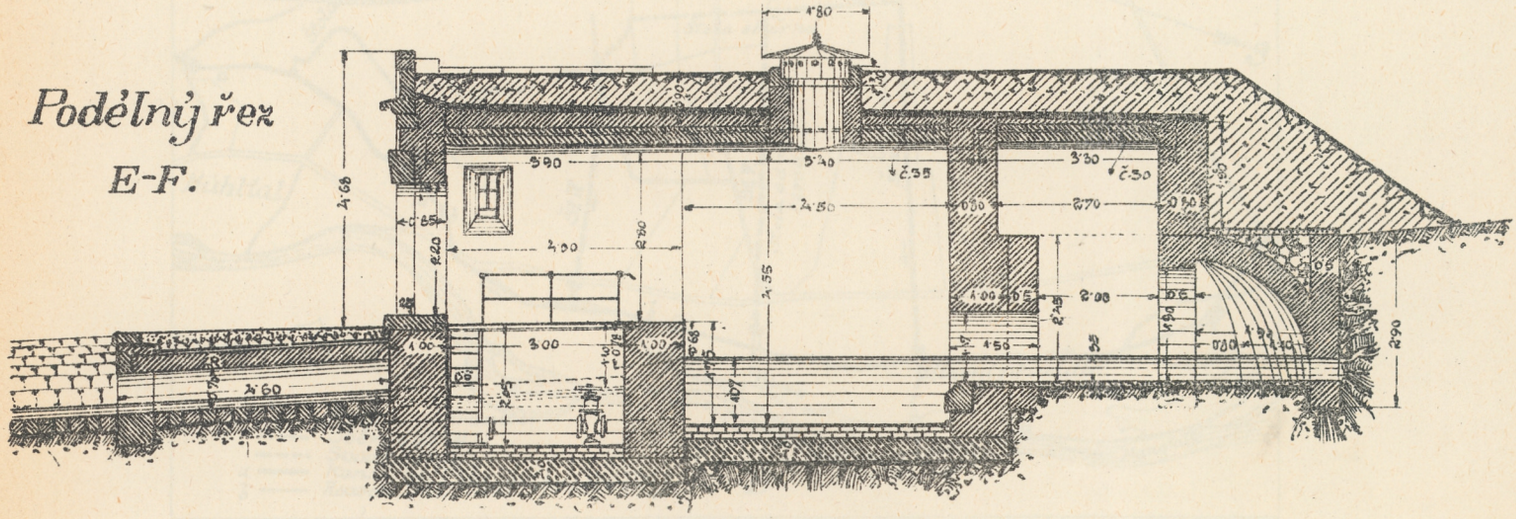
Půdorys.

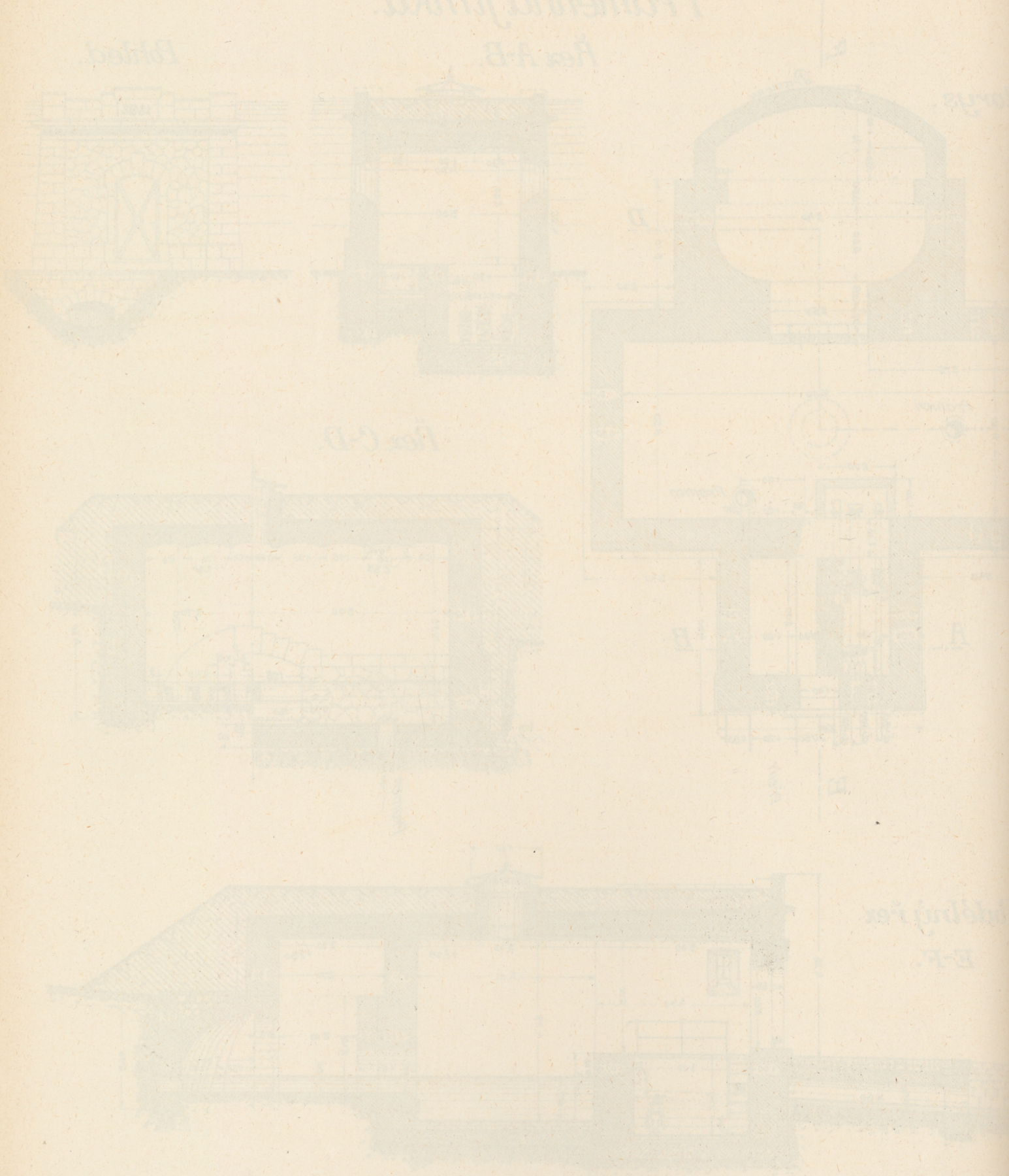


Řez C-D.

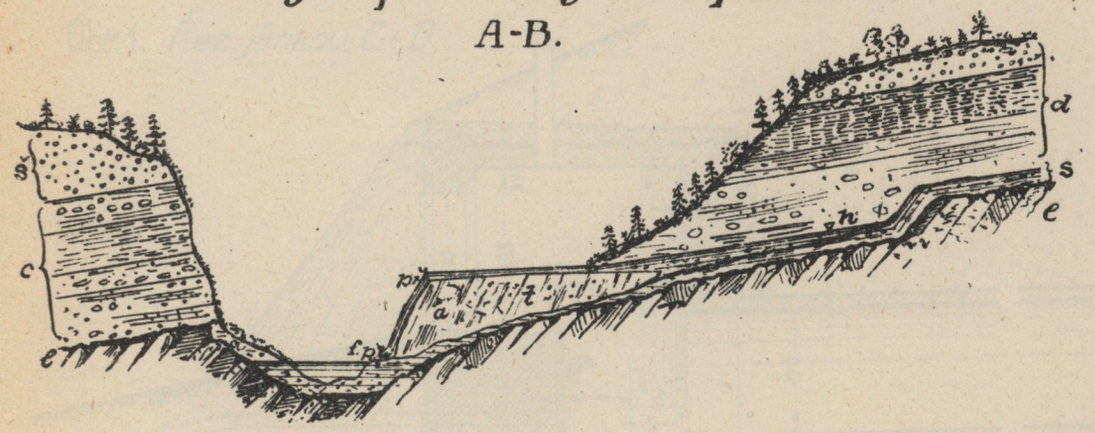


Podélný řez E-F.





Příčný řez před zachycením pramenů A-B.

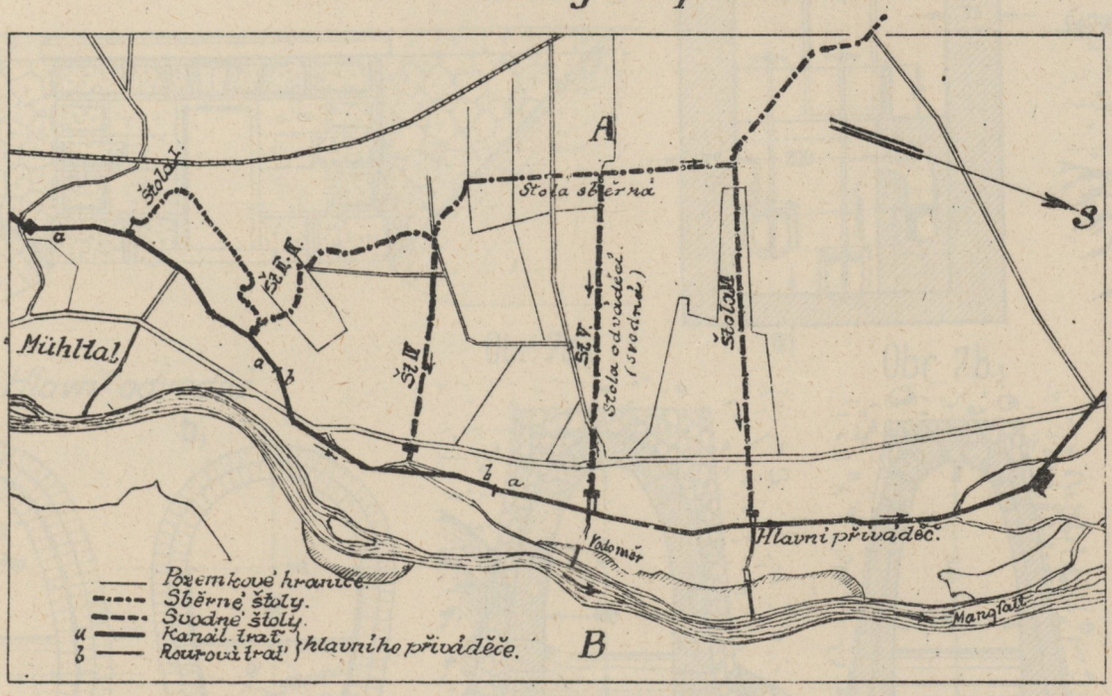


Příčný řez po zachycení pramenů A-B.

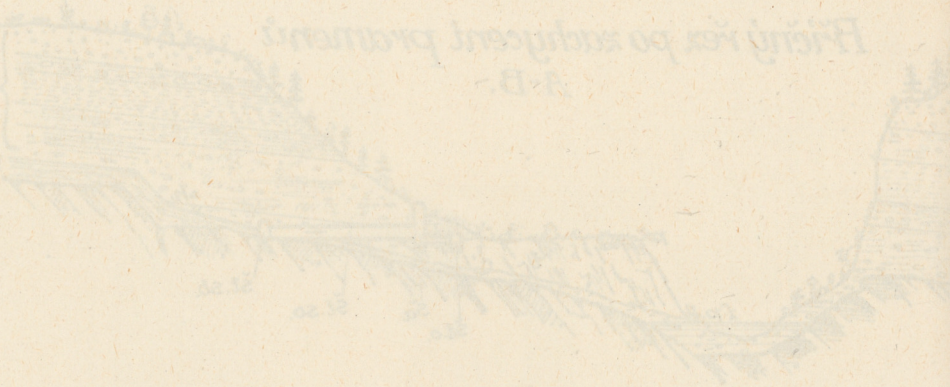


a = alluvium.
c = diluv. sleperec.
d = diluvium.
e = flinz - tercier. molassa.
f.p. = z flinze vyték. pramen.
s = spodní voda.
š = diluv. štěrk.
l = luisová skála - alluvium.
př. = přetékc. pramen.
h = hladina spod. vody.
Ša = šachta vstupní.
sb. Šl. = sběrná štola.
a Šl. = odváděcí štola.

Situace zachycení pramenů.



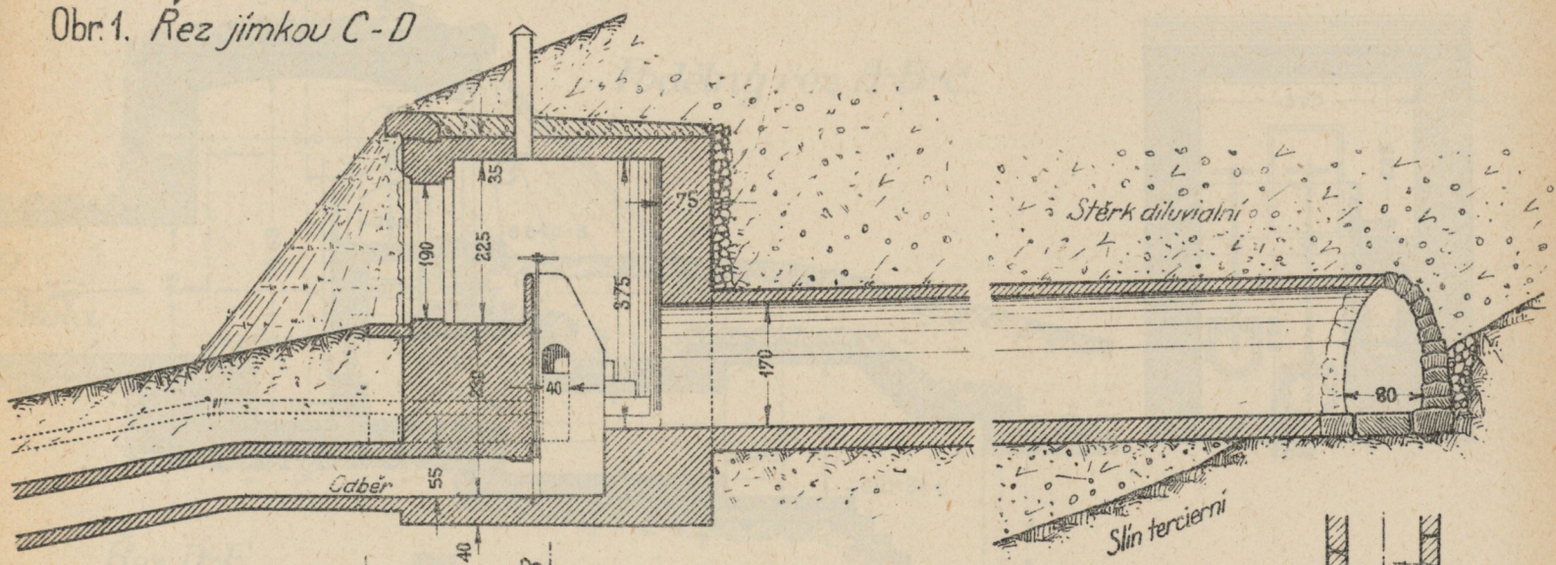




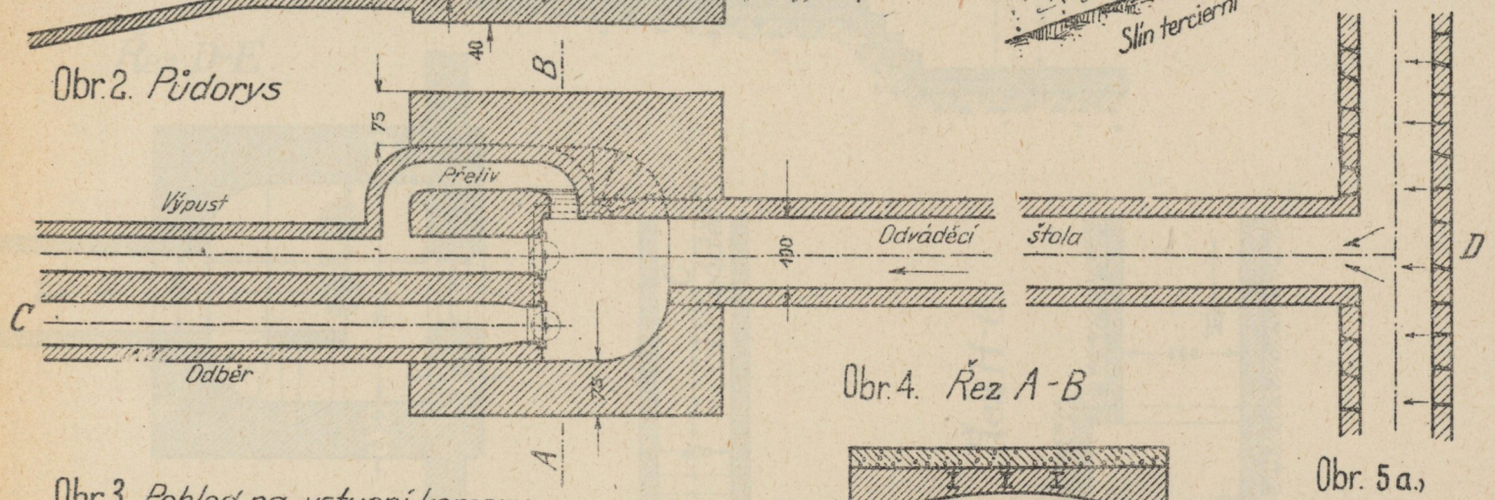


JÍMANÍ PRAMENŮ PRO VODOVOD V MNICHOVĚ.

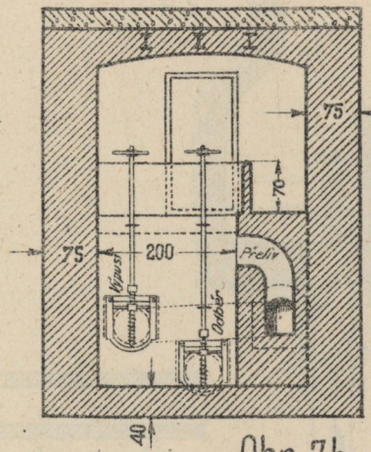
Obr. 1. *Řez jímkou C-D*



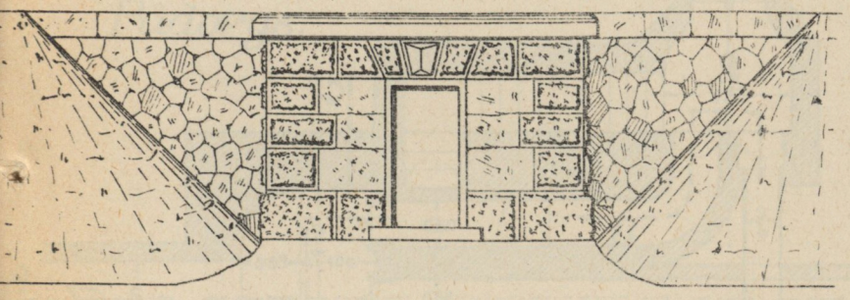
Obr. 2. *Půdorys*



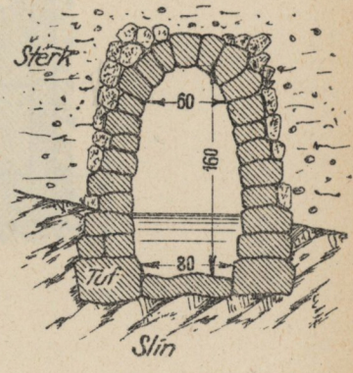
Obr. 4. *Řez A-B*



Obr. 3. *Pohled na vstupní komoru.*

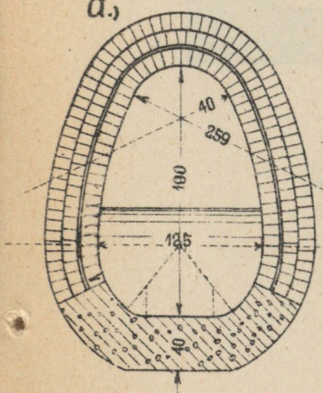


Obr. 5 a.)

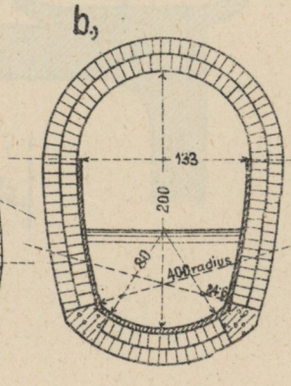


Obr. 6. *Hlavní odvaděč.*

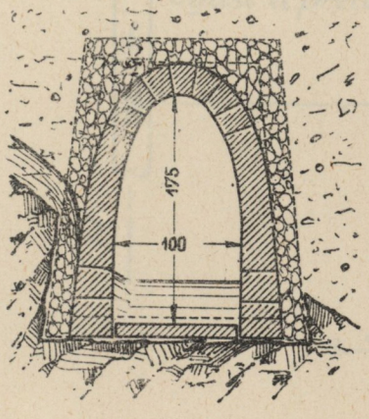
a.)



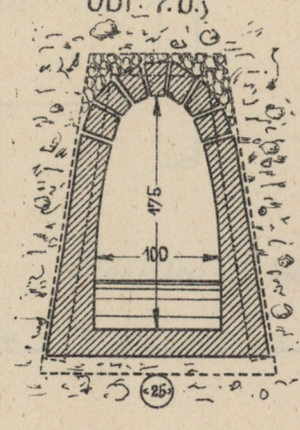
b.)



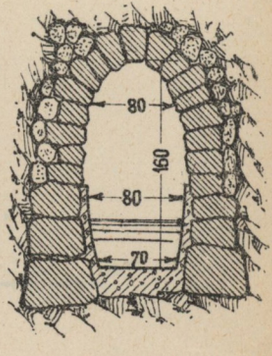
Obr. 7a.)

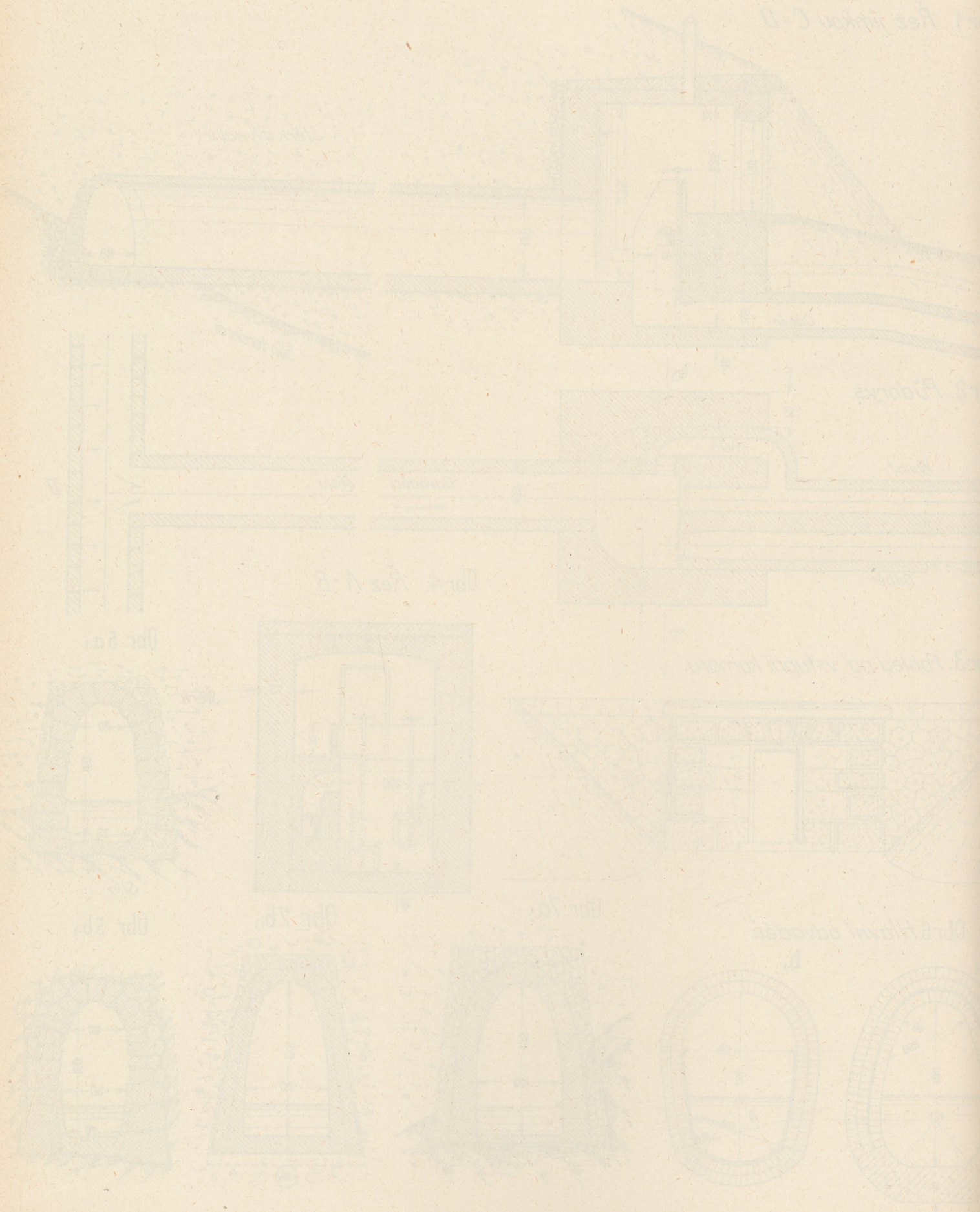


Obr. 7b.)



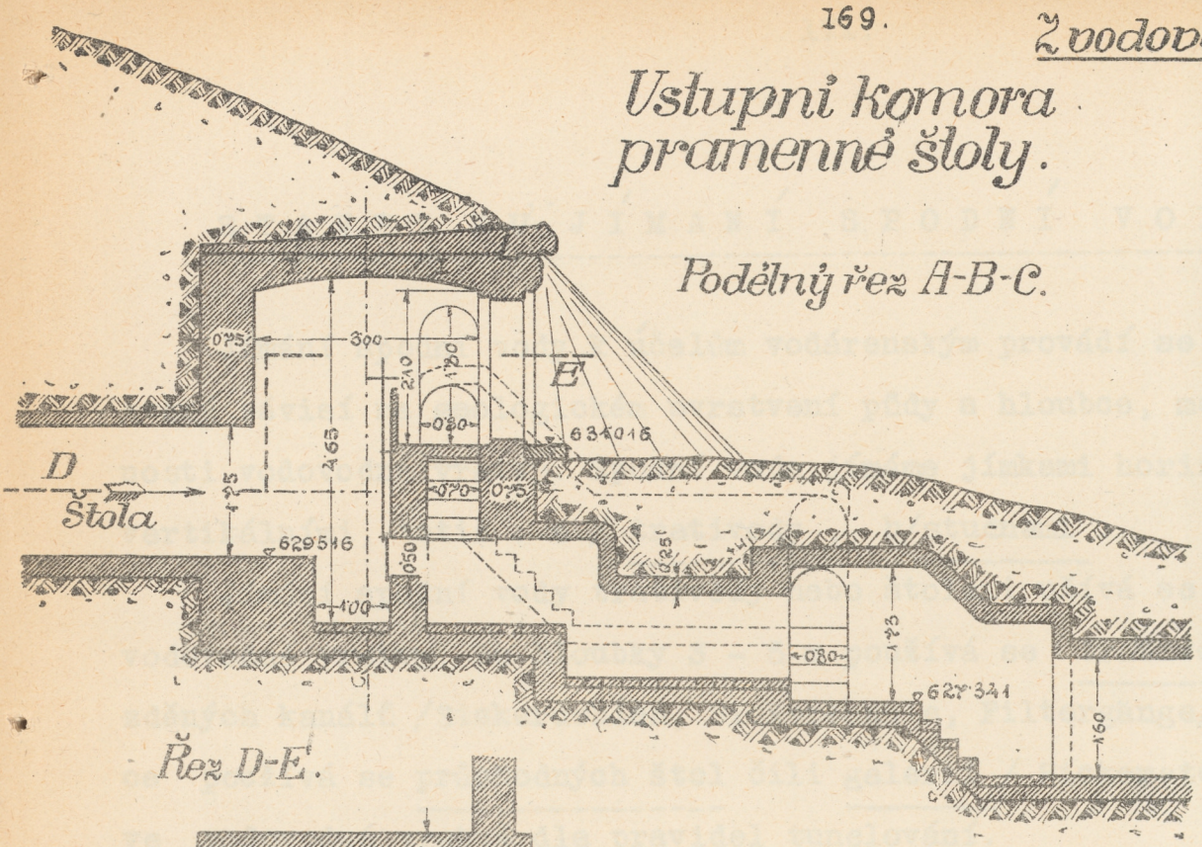
Obr. 5 b.)



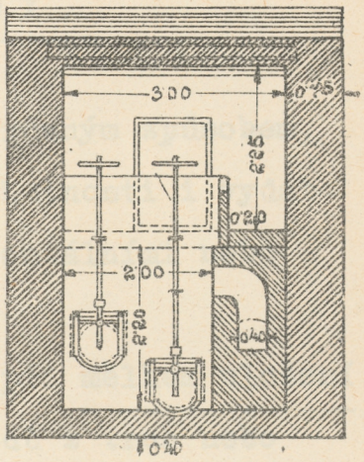


Vstupní komora pramenné štoly.

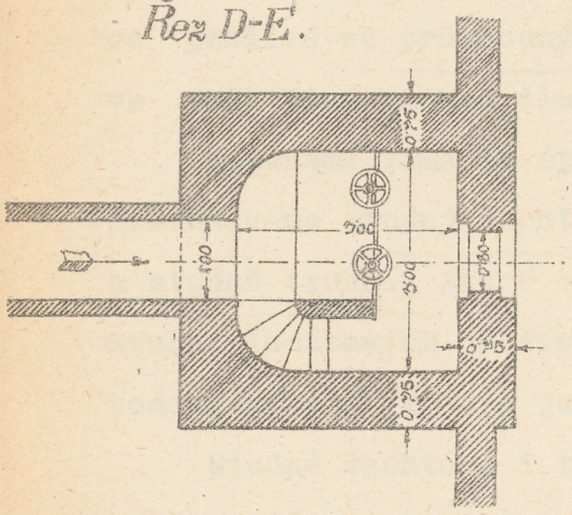
Podélný řez A-B-C.



Řez F-G.

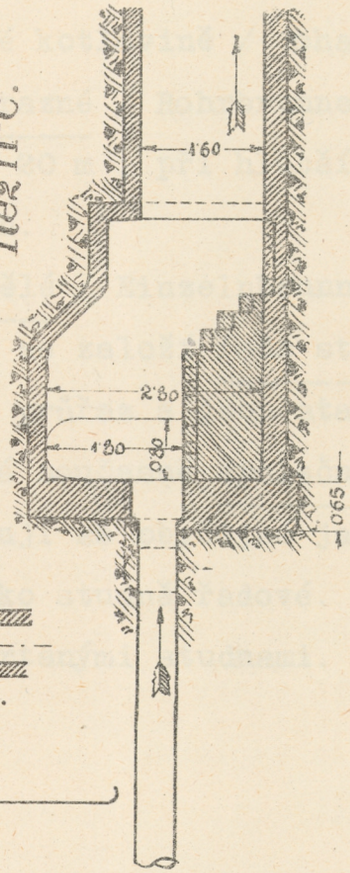


Řez D-E.

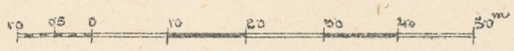


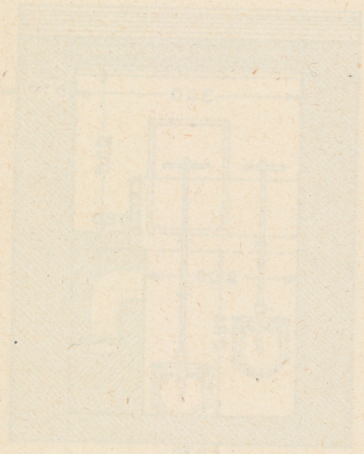
Půdorys.

Řez H-C.



Měřítko ~ 1:100.





STAVBY KU JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY.

Jímání spodní vody k účelům vodárenským provádí se různým způsobem, který závisí na geologickém uvrstvení půdy a hloubce, mohutnosti i vydatnosti vodovodné vrstvy. Spodní vodu jímáme jímkami horizontálními nebo vertikálními, totiž : a./ trativody , b/studnami .

Jímání spodní vody trativody nebo štolami užívá se při mělkém uložení vodovodné vrstvy. Do hloubky 3 - 5 m používá se trativodů z trub nebo zděných kanálů /Sickerdohlen, Sickerkanäle, Filtergänge/ ; při větší hloubce používá se průchodných štol čili galerií / Sickerstollen /, zřízených ve vodovodné vrstvě dle pravidel tunelování.

Studnami jímá se spodní voda při hlubokém uložení vodovodné vrstvy. /Rozeznáváme studny šachtové čili studny o široké kotlovině / Schachtbrunnen a studně trubní, které mohou býti vrtané neb zárazné / Rohrbrunnen /. Studní šachtových používáme při hloubce asi do 20 m ; při hlubším uložení vodovodné vrstvy lépe jest užíti studní trubních.

Studně šachtové i trubní mohou býti ojedinělé / Einzelnbrunnen /, když stačí jedna studna ku krytí potřeby, anebo se založí řada studní Reihenbrunnen /, které zabírají celý vododajný průřez a jsou stavebně tak uspořádány, že se voda ze všech studní čerpá současně společným ssacím nebo násoskovým potrubím. Studně šachtové zřizují se obyčejně jako ojedinělé, studnice trubní zakládají se zpravidla jako studně řadové.

Jímání vody artézské provádí se výhradně vrtanými studnami.

·-·-·-·-·-·-·

§11. JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY TRATIVODY A ŠTOLAMI.

1./ Trativody a štoly.

Jímání spodní vody trativody používá se při mělkém uložení vododajných vrstev a sice do hloubky 3 - 5 m.

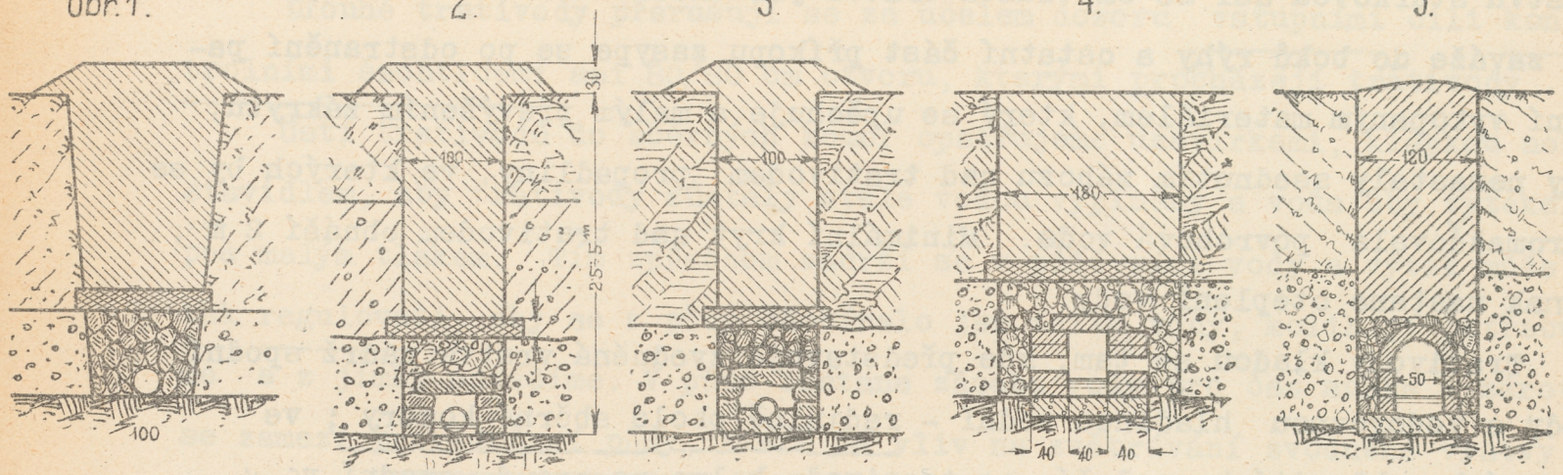
Trativody složeny jsou z kameninových nebo cementových trub 100 - 150 mm průměru, které jsou v horní polovici dírkovány, nebo opatřeny podlouhlými štěrbinami, kdežto v dolní polovici jsou plnostěnné. Hliněných drenážních trubek nelze k tomuto účelu použíti. Trativody uloží se do vykopané rýhy ve vodovodné vrstvě asi 1 m šířky a obloží se kamenem nebo štěrkem. Tab. 20. obr. 1. Místo trativodů trubních může se užíti též kanálků z lomového kamene, cihel nebo betonu, které jsou opatřeny otvory ve stěnách, aby mohla voda z vododajné vrstvy vnikati do kanálu. Shora jsou trativodné kanálky překlenuty nebo pokryty deskami z kamene nebo betonu. Tab. 20. obr. 2,3, 4 a 5.

Trativody kladou se do vododajné vrstvy nejlépe až na nepropustnou vrstvu, na které se spodní voda pohybuje, poněvadž se v tom případě nejvíce vody zachytí. Když se trativody nekladou do nepropustné spodiny, nýbrž jen do menší hloubky zvodněné vrstvy, uloží se trativody na podložku z pěchovaného betonu, aby byla výšková poloha a spád dna zabezpečen. Aby voda do trativodu snadněji přitékala, a aby se zamezilo zanášení trativodu strženým pískem a jiným materiálem zvodněné vrstvy, obloží se trativod do celé výšky zvodněné vrstvy kamenem, praným štěrkem neb oblásky, ve kterých se vyplavený jemný materiál zachycuje. Ještě lépe je obložiti trativody asi 40 cm tlustou vrstvou filtračního materiálu, složeného po způsobu sypaných filtrů, takže přijde přímo na trativodní trubky hrubý štěrk a dále jemnozrnný písek.

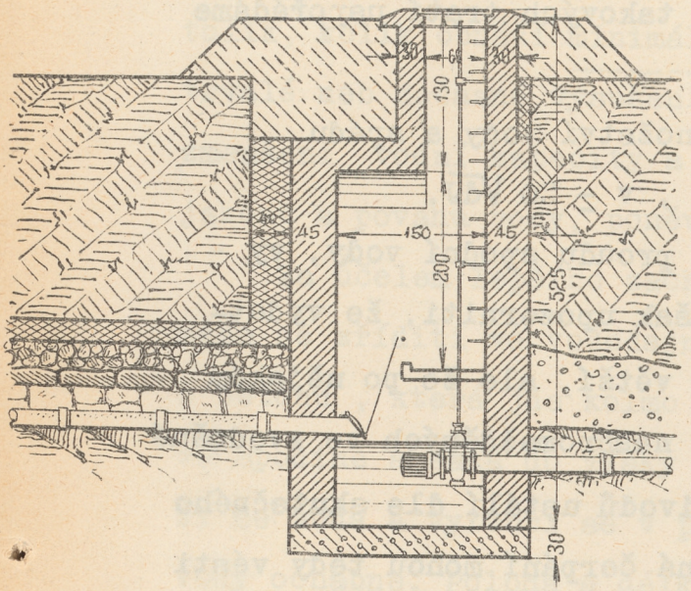
Aby se zabránilo prosakování povrchové vody do vykopané rýhy nad trativodem a tím znečišťování vody v trativodu, napěchuje se nad filtrační

JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY TRATIVODY.

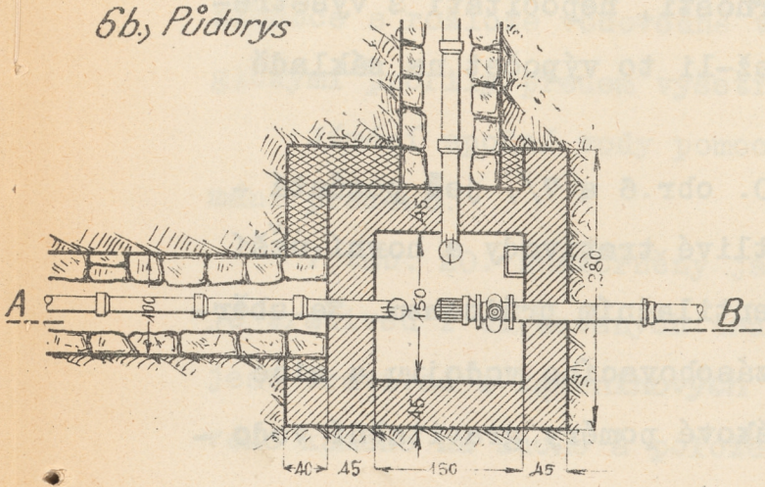
Obr. 1. 2. 3. 4. 5.



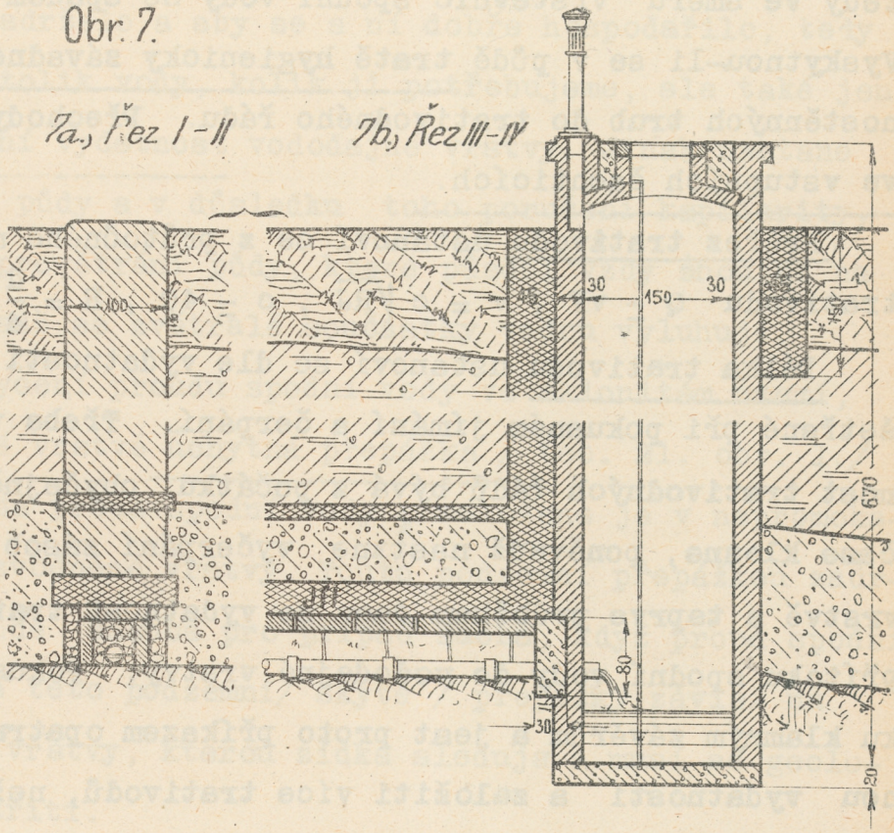
Obr. 6. 6a, Řez A – B



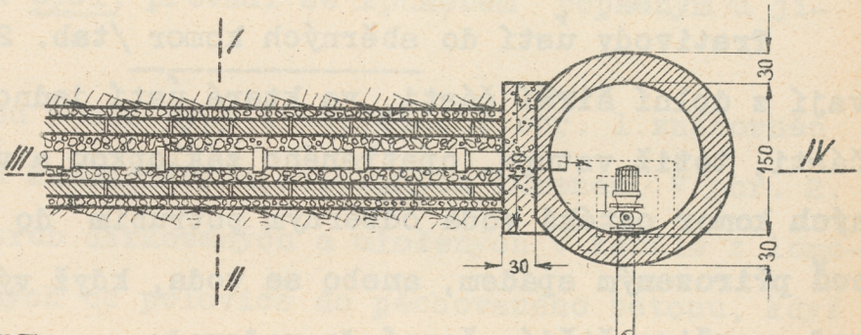
6b, Půdorys



Obr. 7. 7a, Řez I – II 7b, Řez III – IV



7c, Půdorys.



1 : 75

vrstvu štěrkovou asi 20 cm tlustá vrstva jílu nebo hubeného betonu, která se zaváže do boků rýhy a ostatní část příkopu zasype se po odstranění pažení vykopaným materiálem, který se upěchuje s malým převýšením zákrytu, aby nenastaly ssednutím záhozu nad trativodem propadliny, ve kterých by se shromažďovala povrchová voda. Minimální kryt nad trativodem obnáší 2 m ; jinak nastane oteplení vody.

Trativody kladou se tam, kde představuje zvodněná vrstva nádrž spodní vody s vodorovnou hladinou vodní - radiálně okolo sběrné komory ; ve vrstvách sklonitých položí se trativody kolmo na proud spodní vody , tedy ve směru vrstevnic spodní vody se spádem asi 0.5% ku sběrné komoře. Vyskytnou-li se v půdě tratě hygienicky závadné, vyloučíme je vložením plnostěnných trub do trativodného řádu. Přechody takových tratí uspořádáme ve vstupních šachticích.

Průřez trativodu ustanoví se z průtočného množství vody a spádu trativodu $Q = vF$, $v = c\sqrt{RJ}$; $c = 40$, $R = \frac{d}{4}$, $v = 20\sqrt{dJ}$.

Délka trativodu ustanoví se dle vydatnosti proudu spodní vody, vyšetřené při pokusném jímání a čerpání. Třeba však upozorniti, že vydatnost trativodných řádů bývá z počátku obyčejně větší, ale že po nějakém čase klesne, poněvadž nastane vyčerpání zásob, nashromážděných ve zvodněné vrstvě a teprve průběhem času se vydatnost trativodů ustálí dle skutečného přítoku spodní vody do vodonosné vrstvy. Pokusná čerpání mohou tedy vésti ku klamným závěrům a jest proto příkazem opatrnosti, nepočítati s vyšetřenou vydatností a založiti více trativodů, než-li to výpočet na základě pokusného čerpání vyžaduje.

Trativody ústí do sběrných komor /tab. 20. obr.6 a 7/, jež pozůstávají z dolní širší části, ve které ústí jednotlivé trativody a horní užší části, totiž vstupu, opatřeného záklopkou a ventilačním průduchem. Ze sběrných komor odtéká voda odběrným potrubím do zásobovacího vodojemu a sice buď přirozeným spádem, anebo se voda, když výškové poměry gravitační vodovod nepřipouštějí, čerpá do vodovodu.

Dlouhé trativody přerušují se za účelem dozoru vstupními čili kontrolními šachticemi asi 80/80 cm otvoru, kterými procházejí trativody.

Ústí trativodů do sběrných komor opatřujeme uzavírkami, klapkou neb stavidlem, aby trativody zůstaly stále vodou vyplněny a voda aby vytékala pod malým tlakem. Tím způsobem zadrží se v půdě více vody a výtok může se tak regulovati, aby se z půdy odebíralo jen tolik vody, kolik jí potřebujeme a z jímky odvádíme. V půdě zůstane zásoba vody pro čas sucha a zároveň se zamezí provzdušení půdy, která má vliv na zvětrávání zvodněné vrstvy a v důsledku toho i na jakost vody. Jest totiž nutno, aby se vody ve vododajné vrstvě co nejvíce zadrželo a aby se s ní dobře hospodařilo, tedy aby se odbíralo z půdy jen tolik vody, kolik jí potřebujeme, ale také jen tolik, kolik obnáší minimální vydatnost vododajné vrstvy. Jinak nastane trvalé neb dočasné vysušení půdy a v důsledku toho porušení kapilarity, zmenšení vodní kapacity a provětrání půdy, které působí vždy zhoubně na jakost a povahu vody, poněvadž se zvětralé součástky vodou vyluhují.

Za účelem lepšího zachycení proudu spodní vody ve sklonitém území, může se zříditi ve vododajné vrstvě úchytná přepážka / tab. 21. obr. 1./ z betonu, která jde kolmo na proud spodní vody; založena je v nepromokavé spodině a sahá do výšky zvodněné vrstvy. Touto podzemní přepážkou zadrží se voda a vytvoří se v půdě zásoba pro případ sucha, když proud spodní vody ochabne. Poloha a délka této podzemní/ skyté / přepážky závisí na hloubce s rozloze vodovodné vrstvy, kterou zřídka sleduje a musí se geologickými profily předem vyšetřiti.

Jímání spodní vody pomocí štol, provádí se způsobem popsaným u jímání pramenů.

V tab. 20. znázorněny jsou různé typy trativodů. V obr. 1. znázorněn je trativod z dírkovaných trub kameninových, obložených kamenem. V obr. 2. jest trativod z kameninových trub dírkovaných a uložených v kanále z lomového kamene na sucho a položených do polovice do pěchovaného betonu, když

jest půda poddajná. V obr. 3 a 4 jest trativod, pozůstávající z kanálu, z kamene nebo cihel, s otvory ve stěnách, kterými prosakuje voda do kanálu. V obr. 5. znázorněn je trativod překlenutý.

V obr. 6. znázorněno je jímání spodní vody dvěma trativody, založenými do zvodněné vrstvy pod úhlem 90° . Trativody složeny jsou z kameninových trub hrdlových, které jsou uloženy dle obr.2. na nepromokavé spodině ; kanálek je z hrubého lomového kamene, který jest do výšky vodo - vodné vrstvy obložen lomovým kamenem. Shora pokryta je filtrační vrstva z kamene pěchovaným jílem. Voda prosakuje z vodovodné vrstvy do trativodů a odtéká do sběrné komory, ze které se odvádí potrubím na místo spotřeby. Sběrná komora 1.50/1.50 m v půdorysu je z lomového kamene nebo cihel na podkladě z pěchovaného betonu. Shora opatřena jest komora vstupem, který je pokrytý litinovou záklopkou. Od vstupu vede šprlení na dno jímky.

V obr. 7. znázorněno jest jímání spodní vody trativodem složeným z kameninových trub hrdlových, uložených do kanálu z desek betonových. Trativod obložen je praným štěrkem. Voda cedí se do trativodu a odtéká do sběrné komory, odkudž se odvádí odběrným potrubím na místo spotřeby. Sběrná komora je z cihel na podkladě pěchovaného betonu. Uvnitř jest vyspárovaná a shora překlenuta a opatřena vstupem, pokrytým záklopkou ze železné litiny K ventilaci komory slouží průduch, zakončený kameninovým nátrubkem. Aby do nádrže nepronikala povrchová voda, napěchovaná je okolo stěn nádrže vrstva jílu.

V tab. 21. obr. 1. znázorněno jest jímání spodní vody pomocí trativodů z dírkovaných kameninových trub, které jsou uloženy do zvodněné vrstvy ze štěrku a písku. Voda cedí se do trativodu a odtéká do sběrné komory , ze které se odvádí odběrným potrubím do zásobovacího vodojmu. Sběrná komora rozdělena je ve tři části. Do nádržky I. vytéká voda z trativodu a její výtok reguluje se šoupátkem, osazeným v litinovém nátrubku, na který se připojují kameninové trouby trativodu. Z nádržky I., která slouží zároveň jako

kaliště, přetéká voda přes horní hranu příčky do nádržky II., ve které je osazen cedník odběrného potrubí. Oddíl III. slouží jako šoupátková komora a vstup, který sahá až k povrchu území, kde jest uzavřen dveřmi. K vyprázdnění nádrží I. a II. slouží výpustné ventily, kterými se voda vypouští k mříží výpustného potrubí. Celá stavba provedena jest z pěchovaného betonu. K lepšímu zachycení spodní vody postavena jest s obou stran sběrné komory úchytná přepážka z pěchovaného betonu, která je založena do nepropustné spodiny a sahá do výšky zvodněné vrstvy.

V tab.21.obr. 2. znázorněno jest podobné zařízení k jímání spodní vody dvěma trativody, které se sbíhají ve společné sběrné komoře.

V tab. 22 obr.1. znázorněno jest jímání spodní vody pomocí trativodů, uložených do zvodněné vrstvy. Trativody složeny jsou z kameninových neb cementových trubek, které jsou obloženy pokud sahá zvodněná vrstva kamenem a praným štěrkem. Voda cedí se do trativodů a odtéká do sběrné a čerpací studny z betonu, která jest prohloubena až do nepropustné spodiny. Ve výšce zvodněné vrstvy a trativodů opatřeny jsou stěny otvory, kterými se cedí spodní voda do studny a trativody slouží vlastně jen ku zvětšení vydatnosti studny. Ústí trativodů opatří se uzavírkami k regulování odběru spodní vody. Ze studny čerpá se voda do zásobovacího vodojmu. / Z vodovodu pro obec Charváty u Olomouce/.

2 / Nasávaná voda.

Jímání vody pomocí trativodů je podobné jímání procezené čili nasávané říční vody podél toků pomoci filtračního kanálu / Filtergänge/. Voda říční prosakuje z koryta do štěrkovité půdy přilehlého území a jímá se trativody, nebo studněmi. Z těchto jímacích zařízení čerpá se voda, následkem čehož hladina vodní v jímce klesne o určitou hloubku h /obr. 2 tab. 22/ vlivem které se prosáklá voda pohybuje z koryta do jímky. Konstrukci trativodů znázornují obr. 1 - 5 tab.20 a obr 3.tab. 22

zkušenosti s nasávanou vodou /Vídeň, Lyon, Toulouse/ ukázaly, že tento způsob opatřování vody pro účely vodárenské zpravidla nevyhovuje a obzvláště, že neposkytuje vždy dostatečnou bezpečnost po stránce bakteriologické, takže se mnoho zařízení toho druhu musilo během času napustiti, nebo se musila takto čerpaná voda dodatečně čistiti.

Při malé odlehlosti trativodů od řeky a při velmi propustné půdě štěrkovité se voda totiž přirozenou filtrací dokonale neočistí anebo se vytvoří v půdě průchody, kterými prochází syrová voda říční a povrchová do jímacího zařízení, obzvláště při záplavě velkou vodou. Daleko pak od řeky nemohou se opět trativody zakládati, poněvadž by ležely mimo dosah křivky deprese. Také padá na váhu, že se koryto anebo filtrační vrstva průběhem času usazenými splaveninami a jemnými ssedlinami ucpe, takže prosakuje málo vody a následkem toho vydatnost trativodů klesne.

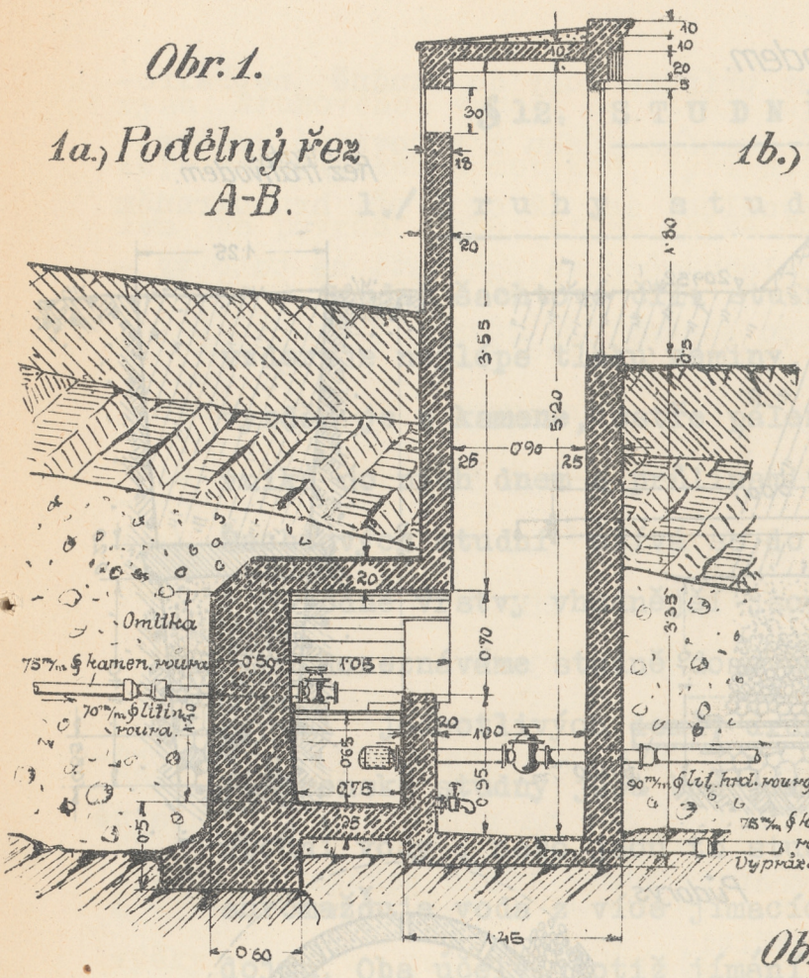
Z těchto důvodů nepočítáme při jímání spodní vody podél toků trativody a studnami vždy na vodu procezenou z koryta řeky, nýbrž pouze na přirozený proud spodní vody, který se pohybuje do údolí podél toku. To však vyžaduje, aby jímací trativody ležely v takové odlehlosti od řeky, aby křivka deprese při minimálním snížení nezasahovala do koryta řeky. Tab. 22, obr.2b. Z toho zároveň plyne, že trativod nebo studna, třebas i ležela blízko řeky, nemusí míti vždy nassávanou vodu, nýbrž spodní vodu, která se pohybuje směrem k řece.

Všeobecně nelze však již předem říci, že by byla nassávaná voda z trativodů nebo studní podél toků špatnou a že by se k zásobování vodou pitnou nebo užitkovou nehodila. To závisí na místních poměrech, zejména jakosti a složení říční vody, složení a mohutnosti filtrační vrstvy, kterou říční voda prosakuje, přirozenou filtrací se čistí a v důsledku toho i na vzdálenosti jímacího zařízení od řeky. Tyto činitele třeba vyšetřiti dříve, než se navrhne jímací zařízení. O jakosti a množství nassávané vody můžeme se přesvědčiti jen pokusným jímáním a rozborem procezené vody, která se může eventuelně čistiti neb sterilisovati.

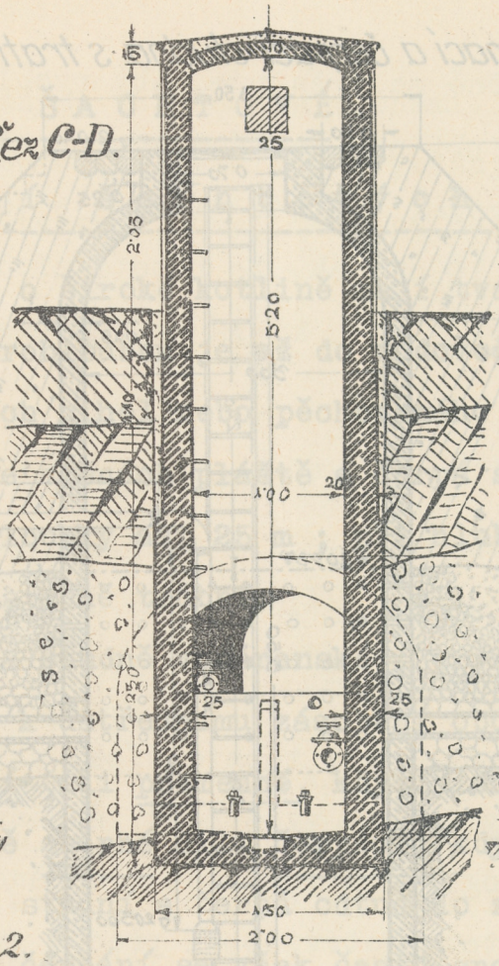
Jímání spod. vody.

Obr. 1.

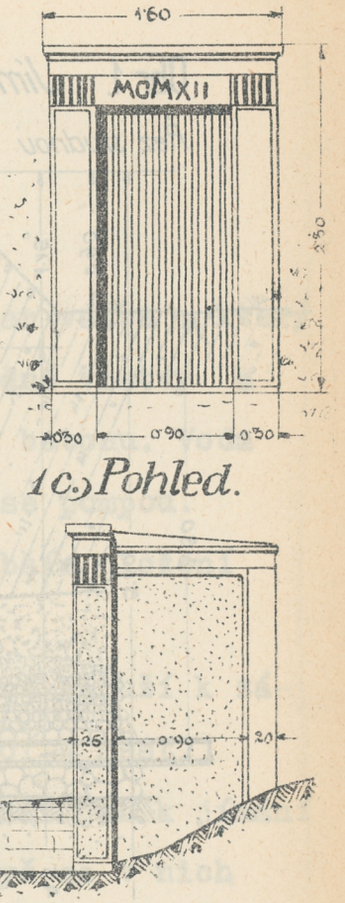
1a.) Podélný řez A-B.



1b.) Řez C-D.

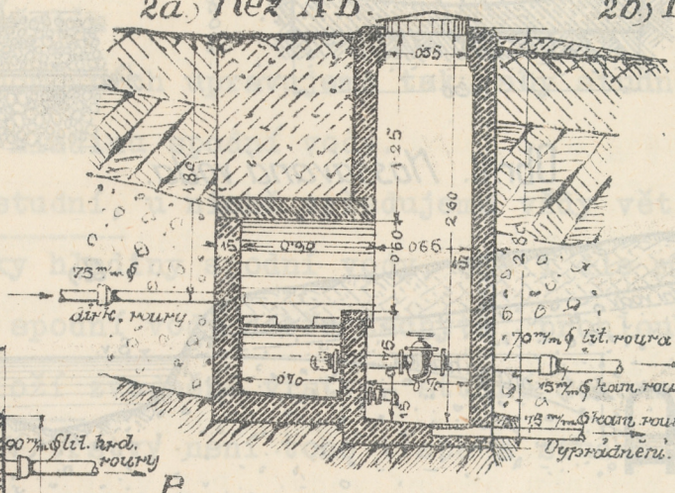


1c.) Pohled.

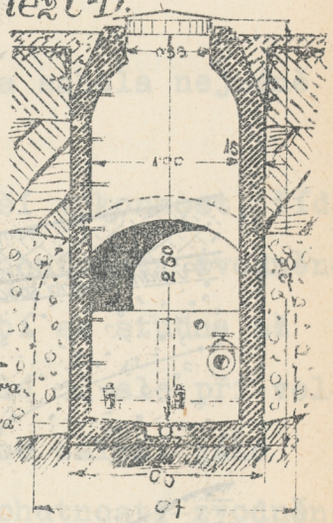


Obr. 2.

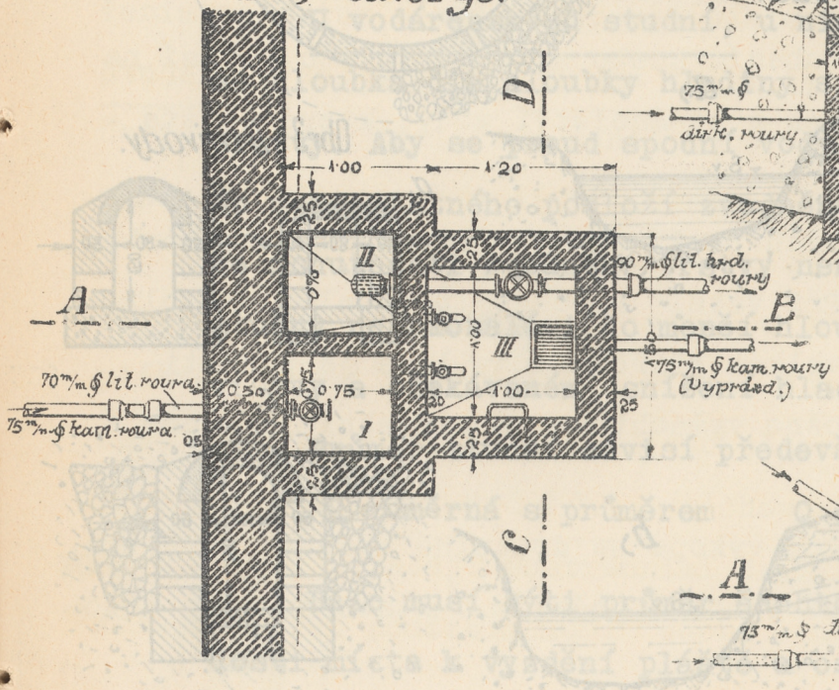
2a.) Řez A-B.



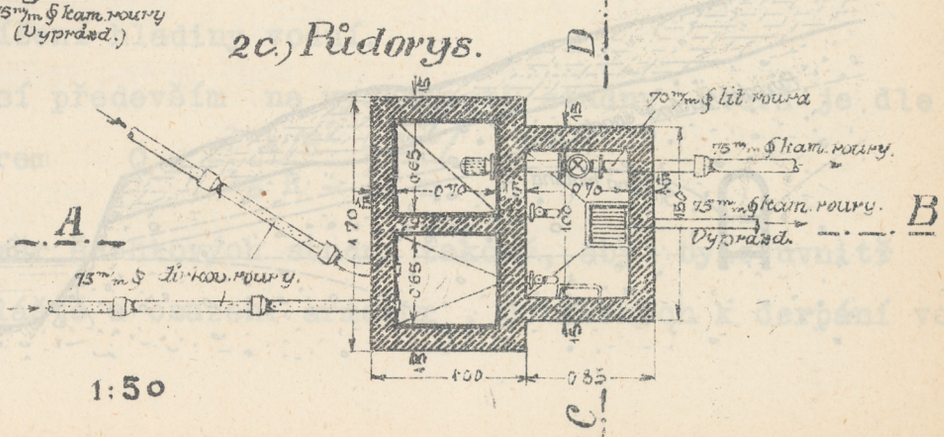
2b.) Řez C-D.



1d.) Půdorys.



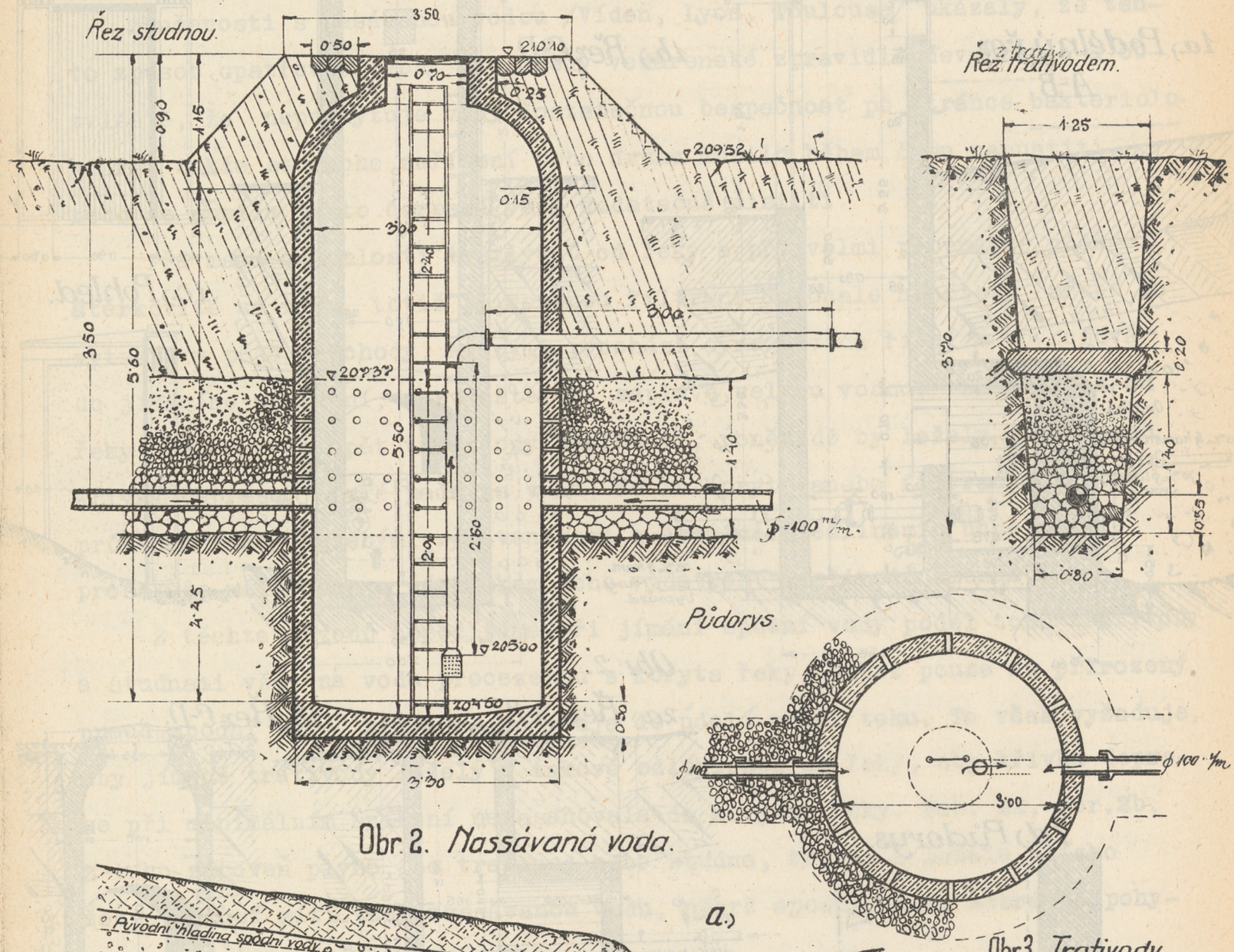
2c.) Půdorys.



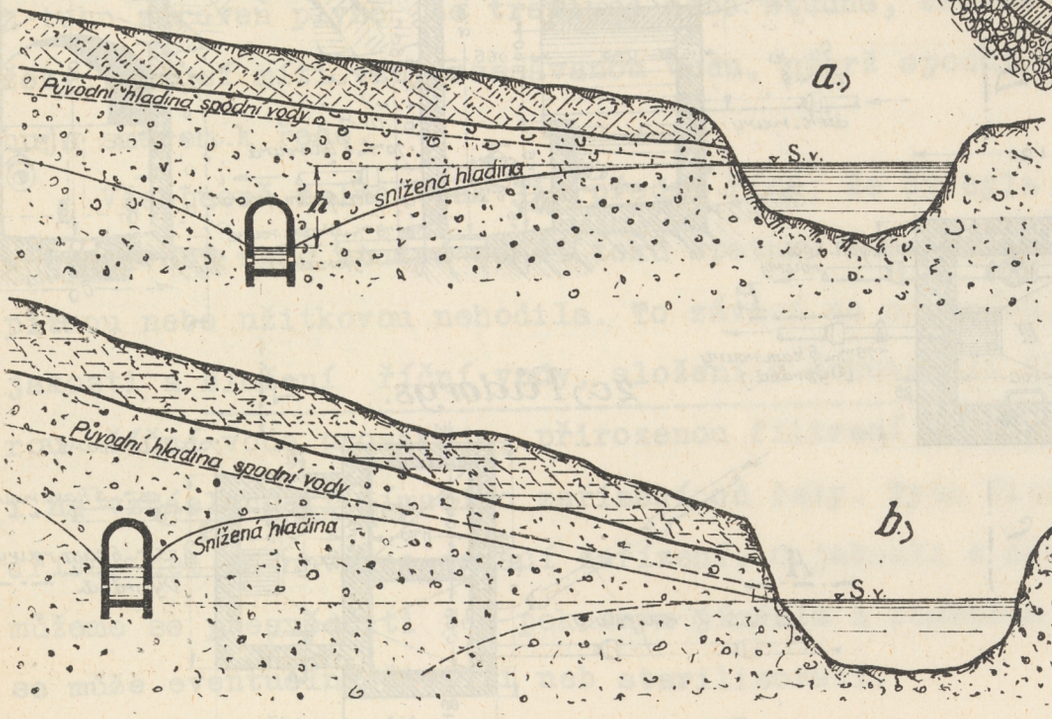
1:50

JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY.

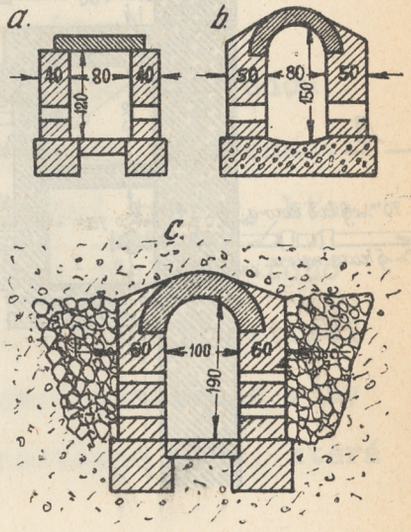
Obr. 1. *Jímací a čerpací studna s trativodem.*



Obr. 2. *Nassávaná voda.*



Obr3 *Trativody.*



§12. STUDNĚ ŠACHTOVÉ.

1./ Druhy studní šachtových.

Studně šachtové čili studně o široké kotlině mají tvar válce, který vzdoruje nejlépe tlaku zeminy, prohlouben je až do vodovodné vrstvy a vyzděn je z kamene, ostře pálených cihel nebo pěchovaného betonu. Voda vniká do nich dnem a průlinami ve stěnách pláště a čerpá se pumpou. Šachtových studní užívá se do hloubky asi 25 m ; při hlubším uložení vodovodné vrstvy vhodnější jsou studně trubní.

Rozeznáváme studně domovní a studně vodárenské ; první slouží k zásobení jednotlivých domů, druhé k ústřednímu zásobení obcí a měst. Vodárenské studny jsou buď jímací čili pramenné, když slouží jen k jímání spodní vody ; nebo jsou to studně sběrné čili čerpací, když se v nich shromažďuje voda z více jímacích studní a čerpá odtud do zásobovacího vodojmu. Oba účely, totiž jímání a čerpání se však často spojují, takže slouží studna oběma účelům.

Hloubku studní domovních upravujeme tak, aby studna sahala nejméně 1 - 2 m pod nejnižší hladinu spodní vody.

U vodárenských studní, u nichž vyžadujeme vždy větší výkonnost, řídí se hloubka dle hloubky hladiny spodní vody, ale i dle mohutnosti zvodněné vrstvy. Aby se proud spodní vody dobře zachytl, prohloubí se studna až do nepropustného podloží zvodněné vrstvy- studně dokonalé -, ale při velké mohutnosti zvodněné vrstvy není toho třeba a studny se založí jako studny nedokonalé i do menší hloubky, která závisí na mohutnosti zvodněné vrstvy a očekávaném snížení hladiny vodní.

Průměr studní závisí především na vydatnosti studny, která je dle § 8, 2. úměrná s průměrem $Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\lg R - \lg r}$.

Dále musí býti průměr šachtových studní takový, aby bylo uvnitř dosti místa k vyzdění pláště a osazení armatur, potřebných k čerpání vody.

Konečně se vyžaduje, aby rychlost přírónu vody do studně nepřekročila mez, při níž nastává vyplavování jemného písku z vodovodné vrstvy, tedy při velmi jemném písku je to rychlost asi 2 cm a při hrubozrnném písku asi 10 cm/sek. Za tohoto předpokladu může se počítati na tuto vydatnost vody Q , která prýští dnem do studny při různém průměru D ;

Průměr D	= 1	1.5	2.5	3.0	4.0	5.0 m
$F = \frac{\pi D^2}{4}$	= 0.78	1.76	4.90	7.06	12.56	19.63 m
Q při 1 cm/sek	= 7.8	17.6	49.0	70.6	125.6	196.3 lit./sek.
Q ,, 2 cm/sek	= 15.6	35.2	98.0	141.2	251.2	392.6 ,,
Q ,, 10 cm/sek	= 78	176	490	706	1256	1963 ,,

Obráceně může se z těchto čísel ustanoviti pro vyžadovaný odběr vody průměr studny, avšak vydatnost studny nezávisí jen na průměru, nýbrž hlavně na hydrologických poměrech zvodněné vrstvy, které třeba pokusným čerpáním při stavu setrvalosti předem vyšetřiti.

Průměrně obnáší šířka domovních studní 1,5 - 2,0 m ; šířka vodárenských studní jímacích i čerpacích 3 - 6 m , řadových 2 - 3 m .

2./ Stavba šachtových studní.

Šachtové studně provádí se hloubením anebo spouštěním, to závisí na druhu zeminy, ve které se studna kope a na množství vody, které do stavební jámy při stavbě přitéká.

Studní hloubených čili šachtových používáme při poměrně malé hloubce a při malém přírónu spodní vody. Při větší hloubce, při velmi pohyblivém materiálu / tekutém písku / a velkém přírónu vody, lépe je použíti studní spouštěných, jelikož není možno vyšachtovanou stavební jámu osušiti a vodu vyčerpati.

a./ Při stavbě studní hloubených vykope se do úplné hloubky čtyřboká stavební jáma, která se dobře vypaží rámovým pažením. U stavební jámy půdo-

rysu kruhového, vypaží se stěny železnými obručemi a fošnami. Materiál kope se špičákem a motykou, vybírá lopatou do kbelíků a vytahuje zdvíhadlem na povrch Voda, která vniká do stavební jámy, musí se čerpati, aby se kopalo v suchu. Toto čerpání vody děje se dle velikosti přírony vody : Konvemi a kbelíky, které se vytahují zdvíhadlem ;
pístovou pumpou dvoučinnou s ručním neb strojním pohonem ;
pumpou diafragmovou s ručním neb strojním pohonem, obzvláště když se jedná o čerpání velmi kalné vody ;
pumpou centrifugalní na horizontální ose se strojním pohonem .

Čerpadlo postaví se ve stavební jámě na lešení tak, aby byla ssací výška pokud možno malá , max. 3 - 4 m . Pumpa opatří se hadicí nebo ssacím potrubím, zakončeným ssacím košem a vratnou záklopkou. Voda nasává se čerpadlem a tlačí výtlačným potrubím na povrch Ssací hadice musí se při hloubení studně prodlužovati, ale když se dosáhne maximální ssací výšky, musí se pumpa přeložiti na nové, nižší lešení. Pohon čerpadel pístových a diafragmových bývá zpravidla ruční ; pumpy centrifugalní pohání se vhodnými motory : parními, výbušnými nebo elektrickými .

Odvodnění stavební jámy velkých sběrných studní lze provésti též snížením hladiny spodní vody pod základy studně pomocí řadových trubních studnic , založených v kruhu kolem šachtové studny. Z trubních studnic čerpá se voda společným ssacím potrubím až spodní voda klesne pod úroveň základů. Přirozeně musí býti trubní studnice hlubší než studna šachtová.

Hloubení studny provede se za stálého čerpání vody, tedy v suchu až do vyžadované hloubky , načež se přistoupí ihned k výstavbě studničního pláště z ostře vypálených cihel, opracovaného kamene na cementovou maltu, nebo z pěchovaného betonu. Místo pěchovaného betonu používá se též segmentických tvarových kvádříků z pěchovaného betonu asi 60cm dél. ,30cm šíř.a 30cm výš. ,jež zapadají postranními drážkami do sebe. Kvádříky nabíjí se do kalupů a před použitím musí dobře ztuhnouti .

Nejvíce užívá se k výstavbě studní dobře vypálených cihel, buď normálních rozměrů 6.5 . 14 . 28 cm anebo cihel malého formátu 6 . 12 . 25cm Při stavbě studní většího průřezu / 3 - 6 m/ zdí se rovnoběžnými cihlami pro studně malého průměru /1.5 - 2 m/ upotřebí se cihly radiální, klinovitého tvaru t.zv. cihly studnařské. Tloušťka pláště má býti theoreticky tak veliká, ba plášť vydržel tlak zeminy a tlak vody . Ve skutečnosti dává se však plášti z různých důvodů větší tloušťka a stanovíme ji - když označíme D průměr studně - dle empirického vzorce s =0,1 D + 0,1 m. Minimální tloušťka pláště z cihel obnáší jedna, lépe 1 1/2 cihly, tedy 30 nebo 45 cm ; větší tloušťky zaokrouhlí se na 1/2 cihly.

Zdivo provede se na cementovou maltu 1 : 3 a vnitřní strana pláště se vyspáruje.

Základ zdiva postaví se na studňovém věnci, který má účel rozděliti zatížení zdivem stejnoměrně na celý základ a zabrániti tak nestejnoměrnému ssedání. Věnec má stejný průměr a stejnou šířku jako plášť studny a složen jest nejméně ze dvou na sebe položených fošen dubových nebo modřínových, 10 cm tloušťky, které jsou staženy šrouby. Tab. 23, obr. 4a.

Věnec čili rošt položí se na dno vykopané šachty, upraví do vodorovné polohy a na něm začne se s vyzdívkou pláště. K lepšímu vyztužení zdiva vkládáme do pláště svislé spony čili kotvy, kterými se spojuje zdivo s věncem. Kotvy jsou z prutového železa kruhového neb čtvercového průřezu 20 - 40 mm tloušťky, jsou 2 - 3 m dlouhé a jsou zapnuty do zdiva pomocí obručí, vložených do zdiva.

Dle povahy vodovodné vrstvy vyzdí se studny s plným pláštěm anebo s průlinami v plášti a dále s plným anebo otevřeným dnem. Při velmi propustné vodovodné vrstvě, složené z hrubozrnného štěrku a písku, stačí studny s plným pláštěm a otevřeným dnem, kterým vniká voda do studně pod tlakem. Aby se zamezilo vyplavování písku do studny, pokryje se dno asi 1 m vysokou vrstvou oblásků, kterými se stržený písek zadrží. U jímacích

studní s plným dnem opatří se zdivo pláště do výšky vodovodné vrstvy průlinami 6 - 10 cm šířky, 15 - 20 cm výšky, kterými spodní voda vniká do studně.

Hlavní čerpací a sběrné studny, do kterých se přivádí voda z jímacích řadových studní, staví se s plným dnem a plným nepromokavým pláštěm, poněvadž jsou to vlastně jen do země pohřížené vodojmy. Tab. 26.

Vyzdívka studně provede se z lešení uvnitř, které se dle postupu práce přenáší. Vnější obvod pláště opatří se hrubou omítkou z cementové malty a volná spára mezi zeminou a pláštěm vyplní se po odstranění pažení do výšky vodovodné vrstvy oblásky. Ve vrstvách krycích vyplní se spára pěchovaným jílem 30 - 50 cm tloušťky, jemuž se může přimíchati něco dehtu, aby se zamezilo prosakování povrchové vody podél zdiva do studně. Tab.23. obr. 2.

b./ Při stavbě studní spouštěných vykope se do hloubky asi 4 m, často však až do hloubky vodovodné vrstvy čtyřboká stavební jáma, která se vyztuží rámovým pažením podobně jako u studní kopaných. Na dno této šachty uloží se studniční věnec ze dřeva nebo železa, opatřený břitem ze železa, aby při spouštění lépe zapadal do zeminy. Tab. 23,obr.4b,c.d.

Na studničním věnci vyzdí se studniční plášť až do vrchu vykopané šachty, tedy až do povrchu území. K stavbě použije se opět ostře vypálené cihly, přitesaného kamene na cementovou maltu, nebo pěchovaného betonu. Místo pěchovaného betonu může se použíti též shora zmíněných tvarových kvádříků z betonu, které zapadají drážkami do sebe. K lepšímu vyztužení zdiva osadí se do věnce železné spony / kotevní šrouby / z prutového železa 20 - 30 mm tloušťky a 2 - 3 m délky, přitažené na obruče, které jsou uloženy do plášťového zdiva ve výšce asi 2 - 3 m. Těmito sponami má se zabrániti, aby se věnec při spouštění studny neoddělil od zdiva.

Aby bylo tření zdiva o zeminu při spouštění malé, dává se plášti v nejdolejší části malý náběh 1 : 20 ; ostatní část pláště jest svislá.

Náběh plášťového zdiva není však nevyhnutelně nutný.

Po vyzdění hloubené části studny spouští se studna vybíráním zeminy ve dně, takže věnec vlastní váhou zděného pláště pozvolna klesá a tou měrou, jak věnec klesá, nadezdívá se plášť. Vybírání zeminy děje se nejlépe v suchu a vykopaný materiál vytahuje se v kbelících zdvíhadlem na povrch. Ve vodě vybírá se materiál z lešení, postaveného ve studni nad hladinou vodní pískařskou lopatou z ocelového dírkovaného plechu na dlouhém držadle, indickou lopatou nebo korečkovým rýpadlem. Tab. 23. obr. 3. Materiál vybírá se na celém dně stejnoměrně, aby věnec s pláštěm stejnoměrně klesal. Dle postupu hloubení nadezdívá se studna až se dosáhne vyžadované hloubky.

Zdivo musí dříve, než-li se spouští, náležitě ztvrdnouti. Uvnitř se stěna vyspáruje cementovou maltou 1 : 1 a z venku opatří se hladkou cementovou omítkou /1 : 2 /, aby bylo tření zdiva o zeminu při spouštění pokud možno malé.

K plášti spouštěných studní užívá se též bubnů ze železa a sice z litiny nebo kovanoželezného plechu, které se spojí vnitřními přírubami. Tab. 23. obr. 3. Při spouštění pláště zatíží se bubny cihlami neb kamenem, poněvadž by vlastní váha bubnů nestačila k spouštění. Stěny železného pláště mohou býti ve vodovodné vrstvě dírkované nebo plné, dle povahy vodovodné vrstvy. V horní části studny obepnut jest plášť železný, pláštěm zděnou obezdívkou. Tab. 23, obr. 3a.

K stavbě šachtových studní malého průměru / 1 - 1.5 m / hloubených i spouštěných, používá se též betonových, 10 cm tlustých zkruží, totiž krátkých betonových, dobře ztvrdlých trub / bubnů / 1 m délky, které se kladou na drážku a utěsní cementovou maltou.

Horní kraj vodárenských šachtových studní vyčnívá asi 1 m nad povrch území a při zaplavovaném území nad nejvyšší hladinu velké vody, aby nebyly studně zaplaveny povrchovou neb dešťovou vodou. Tab. 24, obr. 1, 2 .

Okolo studny zřídí se násyp s odrnovanými svahy 1 : 1 1/2. U domovních studní ve dvorech, není takové zabezpečení z pochopitelných důvodů možno, ale třeba i zde zameziti vnikání povrchové vody do studně vodotěsnou dlažbou okolo studny. Shora pokryje se studna poklopem ze dřeva /fošen/ nebo železného rýhovaného plechu osazeného do rámce z kamene, nebo litiny. Dřevěné poklopy jsou zdravotně závadné, poněvadž se na nich chytá plíseň. Také se užívá k uzavření studní poklopů pěchovaného nebo vyztuženého betonu mezi železnými nosiči.

Na místo rovného poklopu může se studna překlenouti báňovitou klenbou z cihel, kamene nebo betonu a opatřiti vstupem se shora nebo dveřmi se strany . Tab. 24, 25 a 26 . Klenba opatří se nepromokavou omítkou z cementové malty, která se natře horkým asfaltem.

Aby se zamezilo oteplení studně, pokryje se klenba pěchovaným a odrnovaným násypem a aby se neshromažďovala dešťová voda okolo studny, obežene se násyp malými podnožními příkłopky, kterými se odvede voda stranou. K ventilaci studny slouží zděné průduchy nebo nátrubky z kameniny neb litiny . Tab. 25 a 26. Uvnitř studny zřídí se podlahy čili patra, která slouží k osazení armatur přiváděcího a odváděcího potrubí čerpadel. Podlahy jsou z rýhovaného železného plechu na železných nosičích, které se natřou , aby nerezavěly, horkým asfaltem. K sestupování do studní postaví se železný žebřík nebo se osadí do zdiva pláště železná stupátka.

3./ Řadové studny .

Jestli-že jedna studna nestačí ku krytí potřeby vodní, založí se řada studní, které zabírají celý vododajný průřez a jdou pokud možno kolmo na směr proudu spodní vody , tedy ve směru jejich vrstevnic. Řadové studny mají průměr 1.5 - 3 m , zakládají se v přímé nebo lomené čáře, jak to místní a hydrologické poměry území dovolují. Spojeny jsou navzájem společným ssacím neb násoskovým potrubím , který jde v ose studní,

nebo souběžně se studnami a uložen je buď prostě v zemi, lépe však v průchodné štole, která se založí blízko nad hladinou spodní vody. Od sběrného potrubí vycházejí ku studnám pravoúhelnými nebo kosoúhelnými odbočkami přípojky do jednotlivých studní, opatřené šoupátky, aby se mohly studny ze společného potrubí vypnouti. Čerpací stanice nalézá se na kraji studňové řady, nebo při větším počtu studní ve středu, aby bylo ssací, dotyčně násoskové potrubí co nejkratší.

Kolik řadových studní se musí založiti, závisí na velikosti spotřeby vody a vydatnosti zvodněné vrstvy, která se vyšetří při přípravném hydrologickém šetření dle §§ 7.a 8.

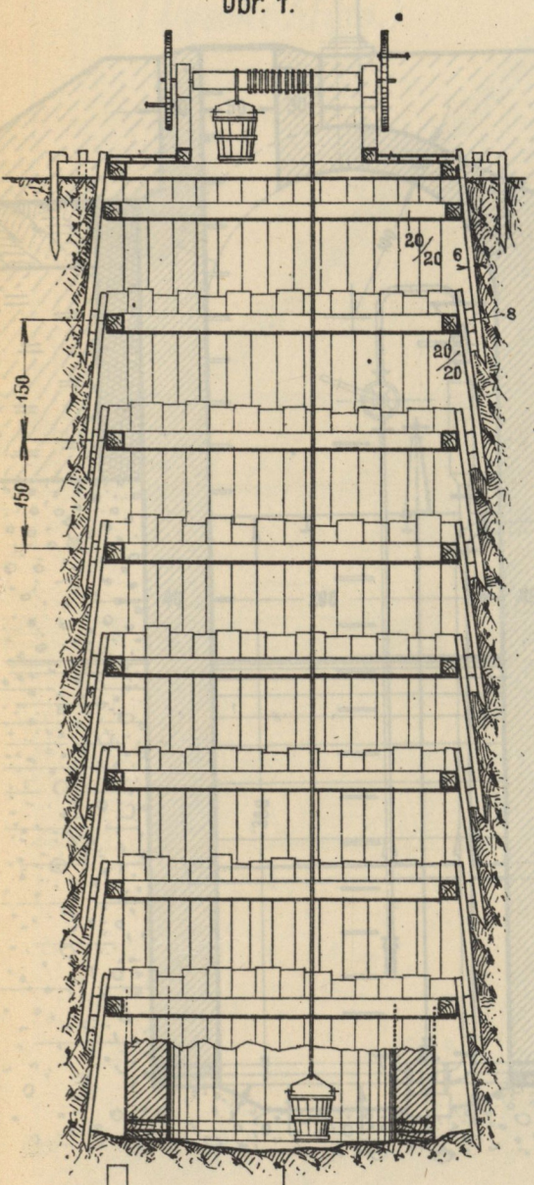
Vzdálenost řadových studní obnáší průměrně 50 - 100 m a vyšetří se na základě pokusného čerpání ; ona má býti taková, aby se ssací kůžely při čerpání maximálního množství vody dotýkaly. Dle toho rovná se vzdálenost řadových studní nejméně dvojnásobné délce deprese nebo průměru ssacího kůžele D = 2R. Obyčejně zakládáme však studny řadové v menší vzdálenosti než-li D = 2R, takže se ssací kůžely navzájem protínají. Do studní bude přicházeti sice méně vody , deprese bude menší, ale studny hustěji založené snižují méně spodní vodu ve vodovodné vrstvě a vykazují stejnoměrněji vydatnost . Z téhož důvodu nesnižujeme hladinu vodní ani při maximálním odběru na celou depresi , která se vyšetří při pokusném čerpání, nýbrž snižujeme spodní vodu méně a založíme studny blíže, než-li obnáší průměr ssacího kůžele.

·-·-·-·-·-·

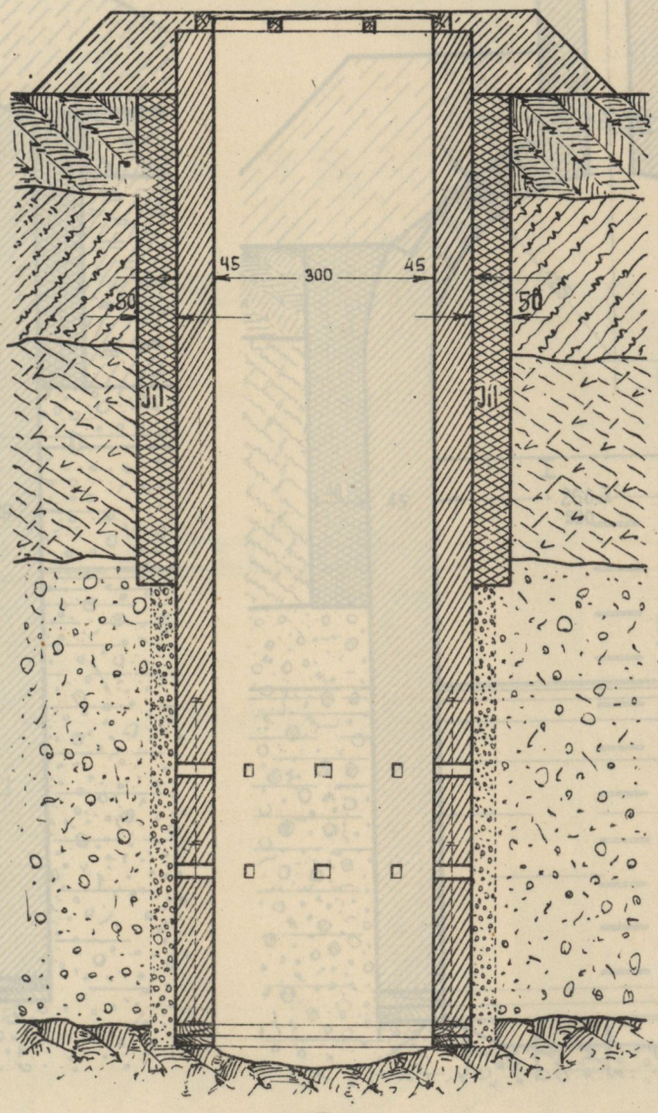
STAVBA ŠACHTOVÝCH STUDNÍ.

1 : 100

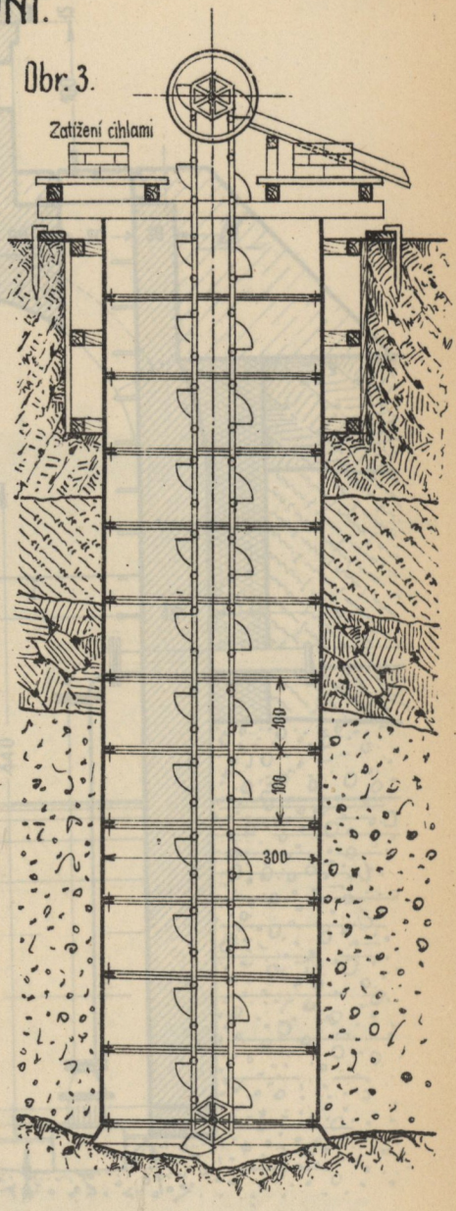
Obr. 1.

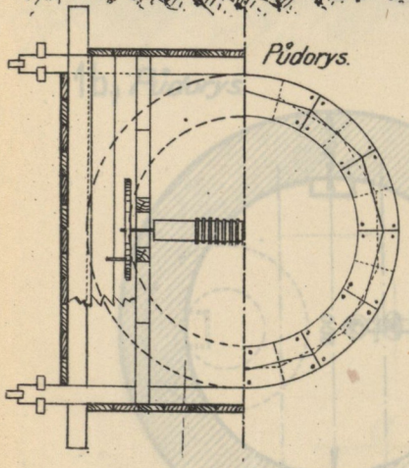


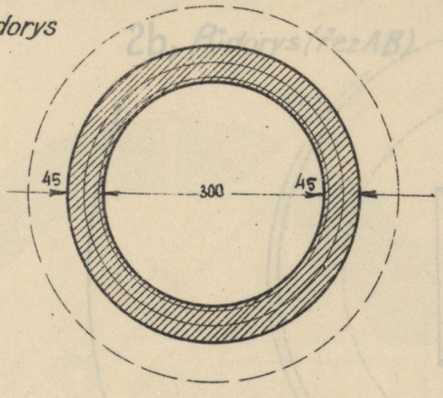
Obr. 2.

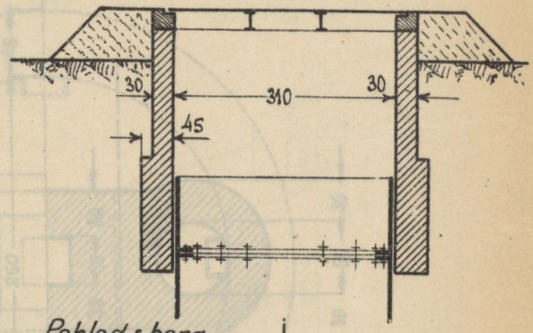


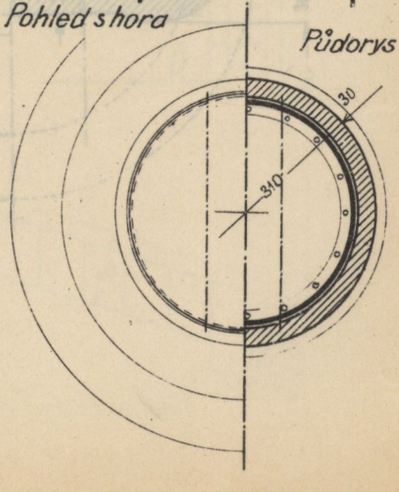
Obr. 3.



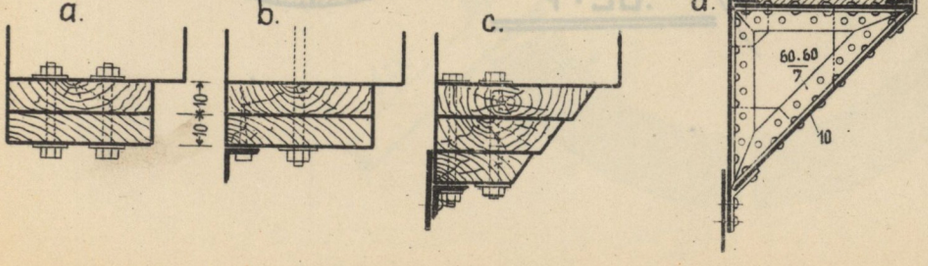


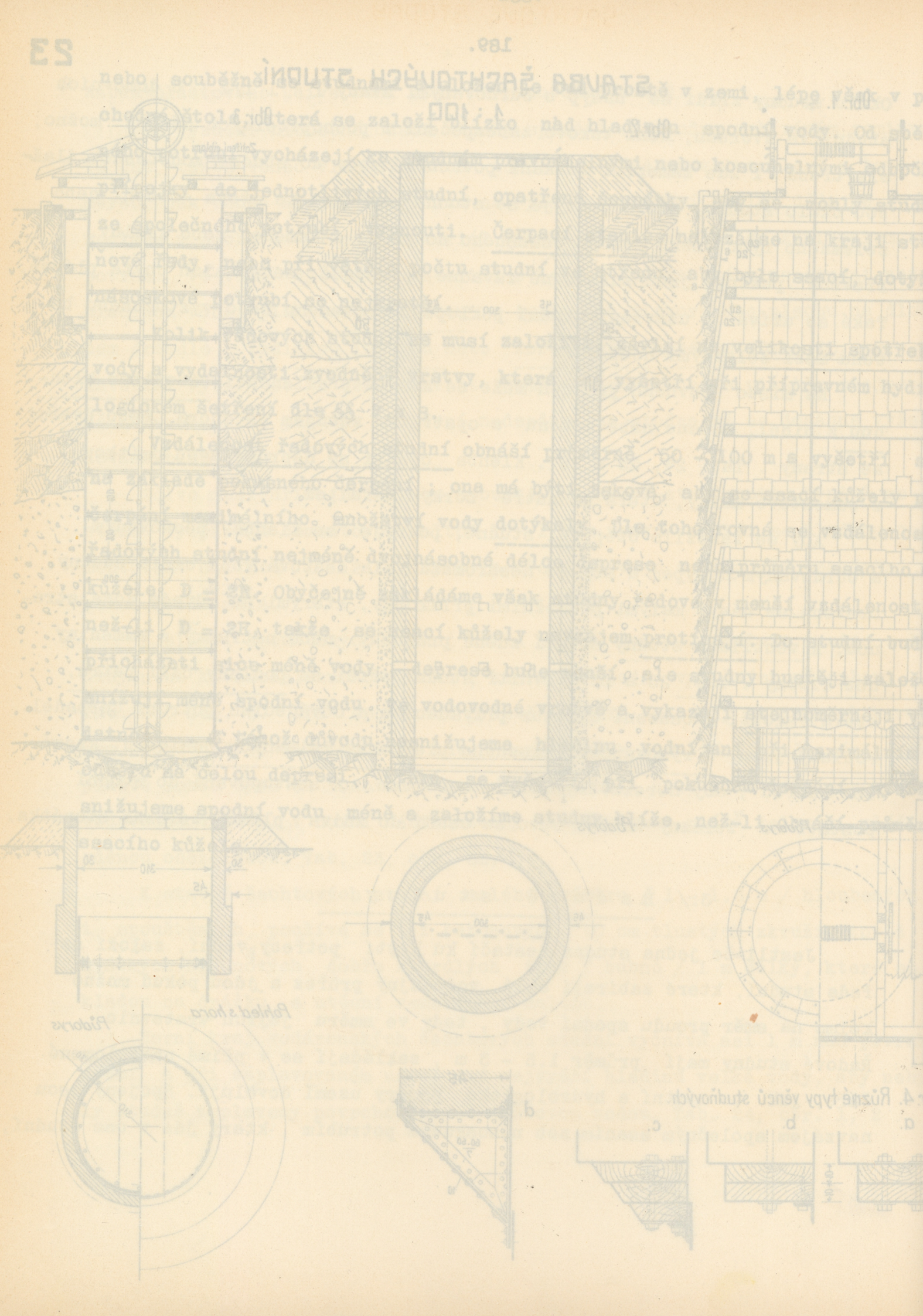






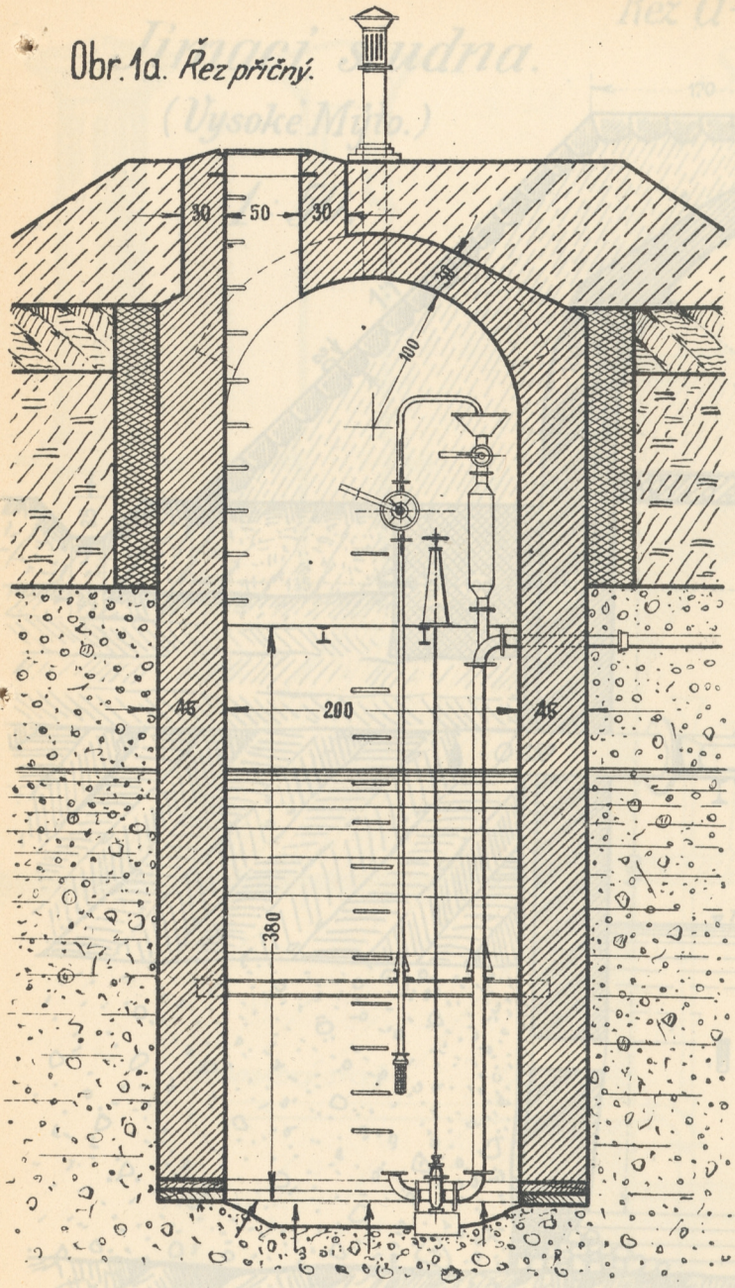
Obr. 4. Různé typy věnců studňových.



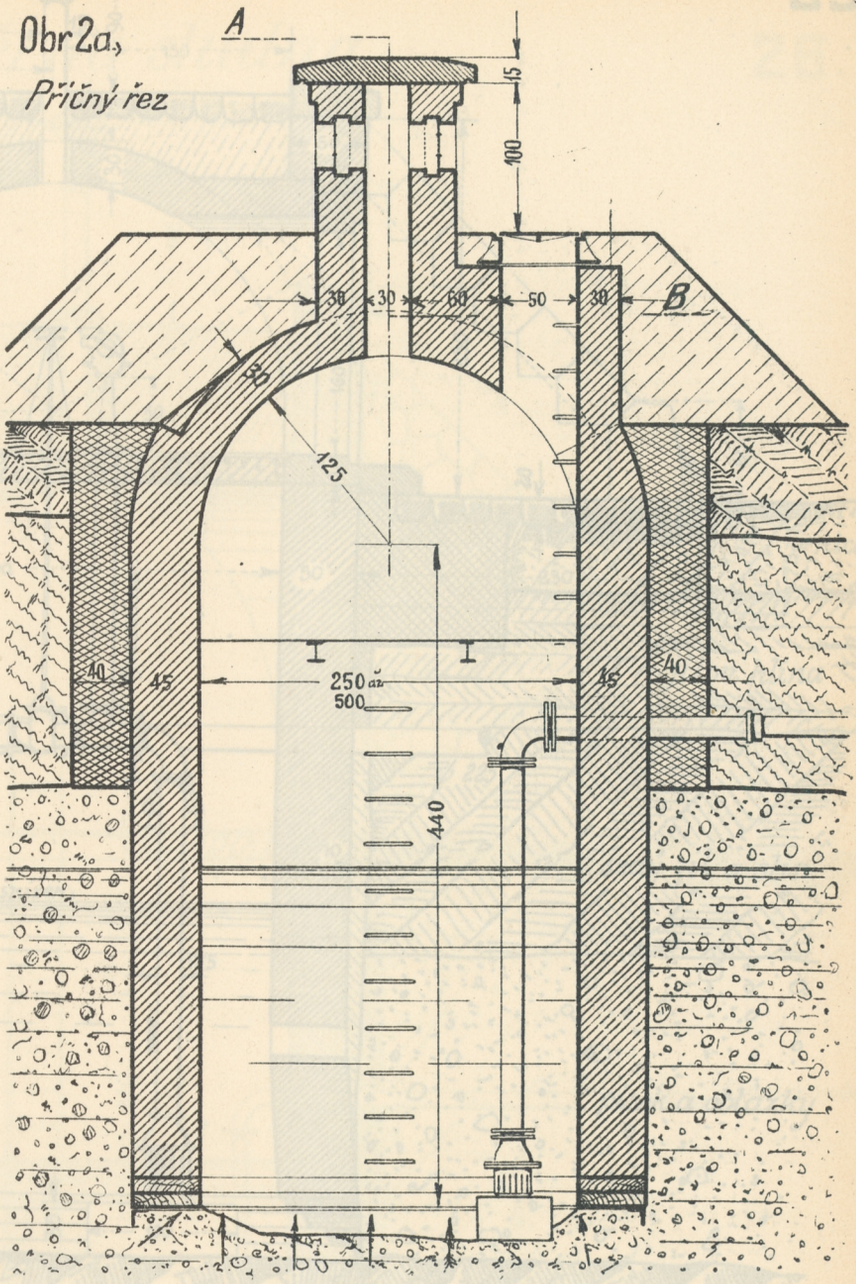


ŠACHTOVÉ STUDNY.

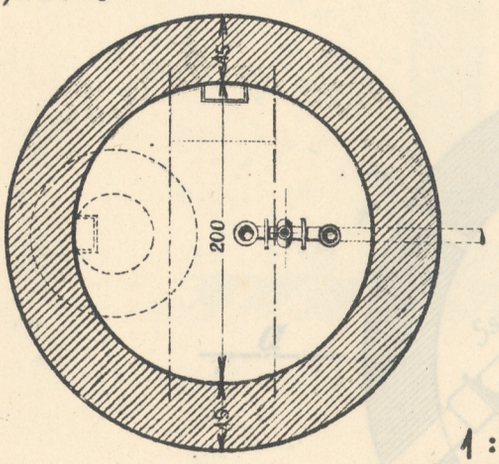
Obr. 1a. *Řez příčný.*



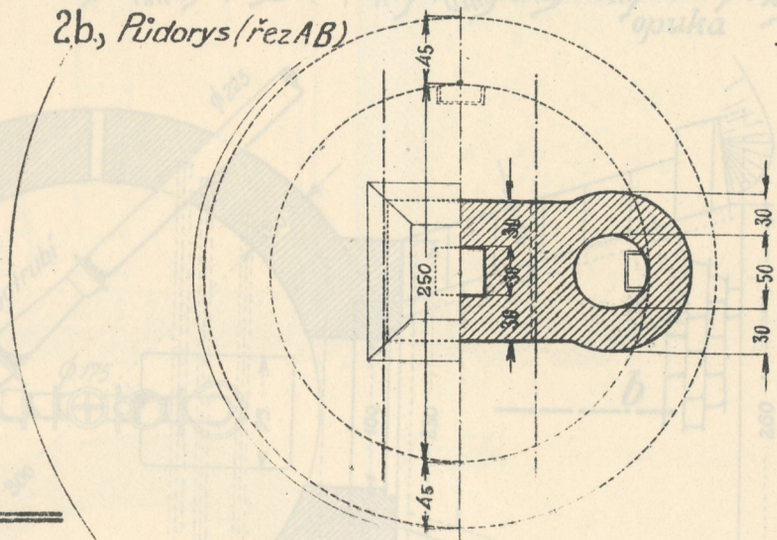
Obr 2a, *Příčný řez*



1b, *Půdorys*



2b, *Půdorys (řez AB)*



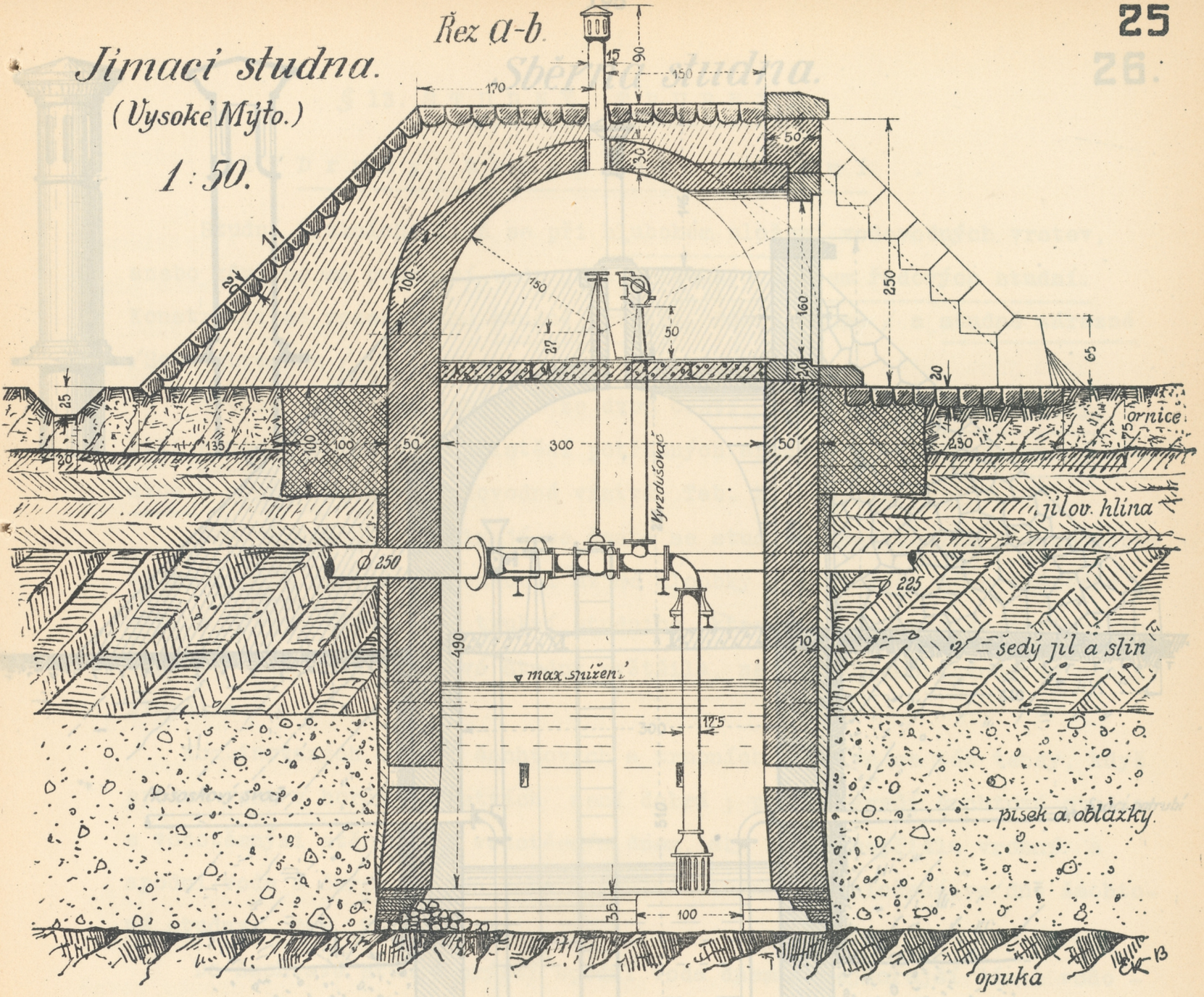
1:50.

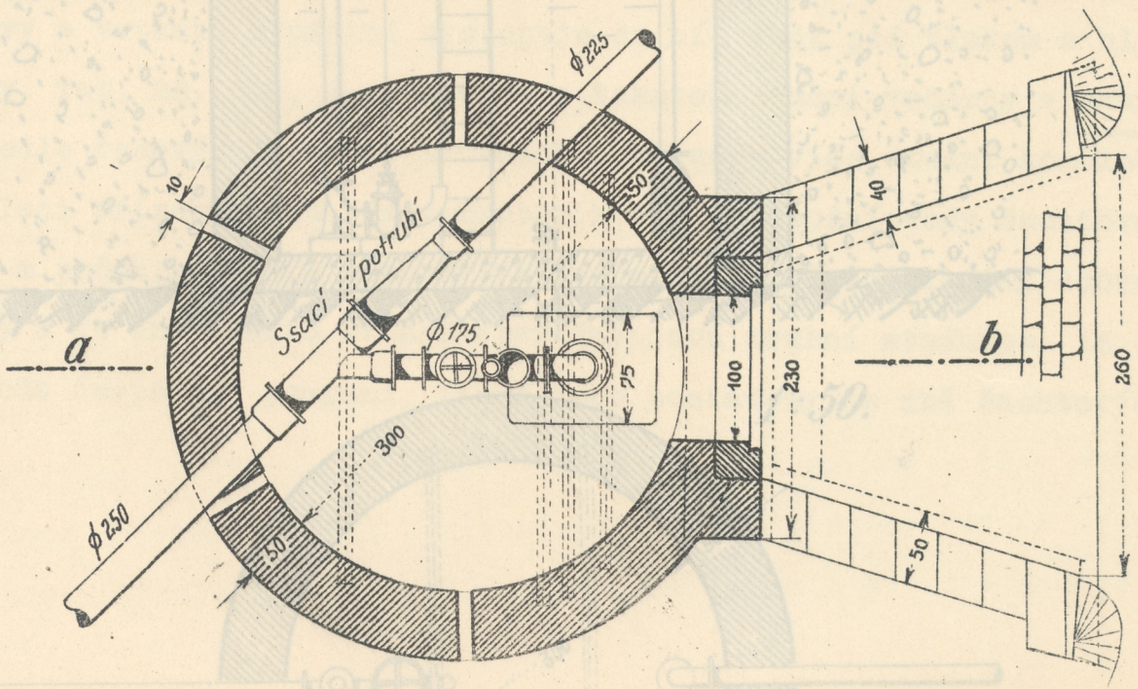
Jímací studna.

(Vysoké Mýto.)

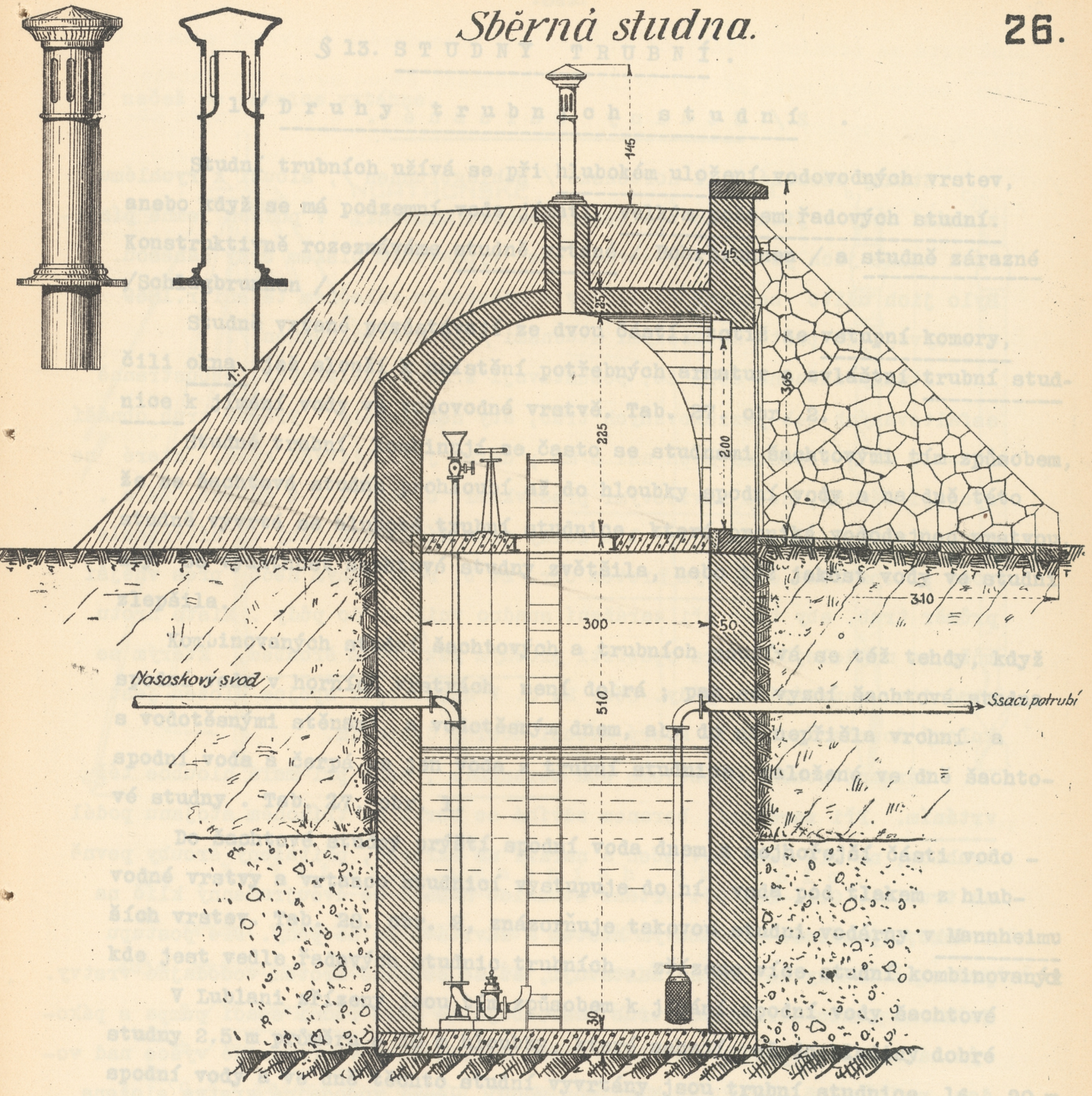
1 : 50.

Řez a-b.

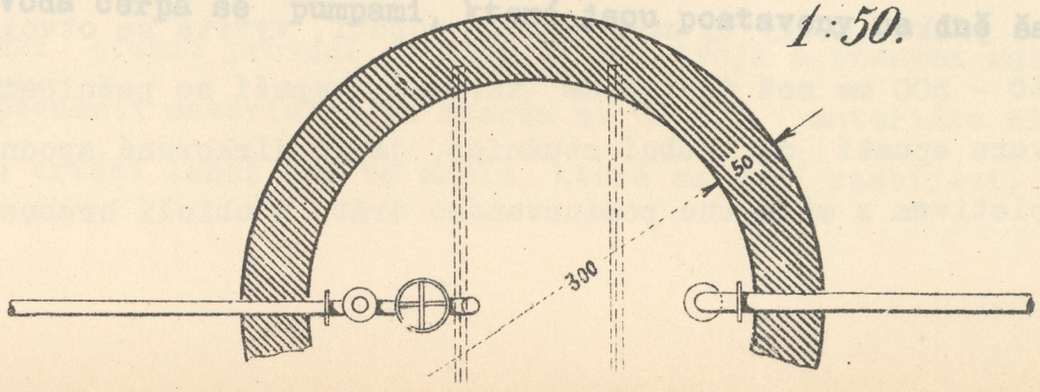




Sběrná studna. 26.



1:50.



Sběrná studna. 26.

§ 13. STUDNY TRUBNÍ.

1./ Druhy trubních studní.

Studní trubních užívá se při hlubokém uložení vodovodných vrstev, anebo když se má podzemní voda jímati velkým počtem řadových studní. Konstruktivně rozeznáváme studně vrtané / Bohrbrunnen / a studně zárazné /Schlagbrunnen /.

Studně vrtané pozůstávají ze dvou částí, totiž ze vstupní komory, čili okna, jež slouží k umístění potřebných armatur a zvláštní trubní studnice k jímání vody ve vodovodné vrstvě. Tab. 27. obr. 2.

Studně trubní kombinují se často se studnami šachtovými tím způsobem, že se šachtová studna prohloubí až do hloubky spodní vody a na dně této studně vyvrtá se hluboká trubní studnice, která proniká vododajnou vrstvou, aby se vydatnost šachtové studny zvětšila, nebo též jakost vody ve studni zlepšila.

Kombinovaných studní šachtových a trubních používá se též tehdy, když spodní voda v horních vrstvách není dobrá ; pak se vyzdí šachtová studna s vodotěsnými stěnami a vodotěsným dnem, aby do ní nepřišla vrchní a spodní voda a čerpá se jen voda z trubní studnice, založené ve dně šachtové studny . Tab. 27, obr. 1.

Do šachtové studny prýští spodní voda dnem z nejhořejší části vodovodné vrstvy a vrtanou studnicí vystupuje do ní voda pod tlakem z hlubších vrstev. Tab. 28. obr. 2, znázorňuje takovou studni vodárny v Mannheimu kde jest vedle řadových studnic trubních , zřízeno více studní kombinovaných

V Lublani zřízeny jsou tím způsobem k jímání spodní vody šachtové studny 2.5 m průměru a 20 m hloubky, které sahají až do hladiny dobré spodní vody a ve dně těchto studní vyvrtány jsou trubní studnice 16 - 20 m hloubky. Voda čerpá se pumpami, které jsou postaveny na dně šachtových studní.

2./ S t u d n y z á r a z n é .

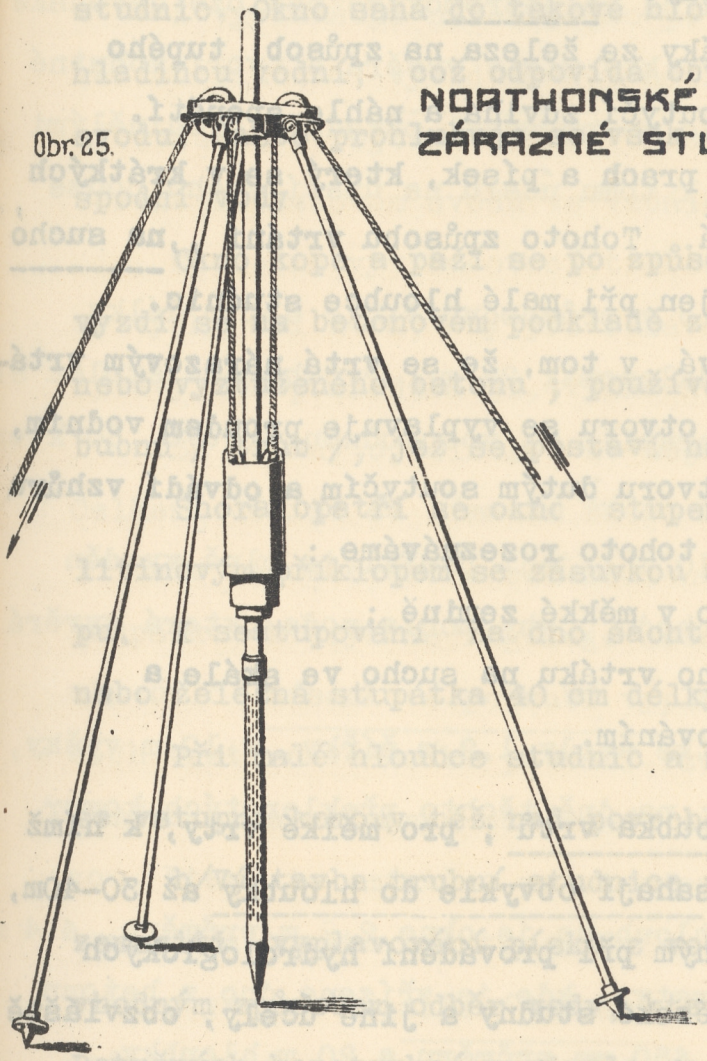
Studny zárazné čili nortonské / Schlagbrunnen /, slouží k rychlému získání vody v pískových vrstvách, mělkého uložení. V půdách jemně písčitých nelze jich použíti, poněvadž se vyplaveným pískem brzy zanesou. Bylo jich užito nejprve Angličany v habešském válečném tažení r.1869 a nazývají se proto habešskými studnami / Abisinienbrunnen /.

Studny zárazné obr. 24, pozůstavají z kovanoželezných, oboustranně asfaltovaných neb pozinkovanych trub, aby nerezavěly. Průměr trub obnáší 45 - 60 mm , tloušťka stěn asi 3 mm ; délka jednotlivých kusů, které se spojují závity, nebo závitovými přesůvkami obnáší 1 - 2 m. Obr. 24 a . Spodní roura / cedník / asi 1 m délky jest dírkovaná, aby do ní vnikala voda ; opatřena ocelovým hrotem obr. 24 b, rozšířeným něco přes vnější průměr trub, aby tyto při zarážení snadno vnikaly do půdy . Místo hrotu může se nejdolejší roura opatřiti plochým závitovým šroubem, kterým se studnice zavrtává do půdy. Obr. 24 c. V nejdolejší spojce uložen jest kulový dosedací ventil, který slouží účelům čerpacím.

Zárazné studny zřizujeme buď beraněním , nebo při malé hloubce též vrtáním. Při zarážení beranem zdvíhá se beran na třínohém stojanu podél trubice, na níž jest navlečen a naráží na skřipec, přitažený šrouby pevně na trubici. Obr. 25. Při vrtání studnice nasadí se dvoujramenný klíč na trubku, opatřenou šroubovým hrotem a zavrtává se do půdy. Dle postupu práce se trubky se shora nastavují, až se dosáhne hrotem vododajné vrstvy. Na horní konec zarážených trub našroubuje se malá ruční ssací pumpa s pákovým táhlem a čerpacím ventilem, který musí ležeti v přípustné výšce nad vodou, nejlépe 5 - 7 m nad hladinou vodní. Je-li vododajná vrstva složena z jemného písku, který by mohl trubku ucpati, vyvrtá se otvor o větším průměru 150 - 300 mm než je trubka zárazná, vypaží se pažnicemi a do vypaženého otvoru spustí se trubní studnice, jejíž dírkovaná spodní část se obalí hustým pletivem z měděného pocínovaného drátu a obloží hrubozrnným pískem,

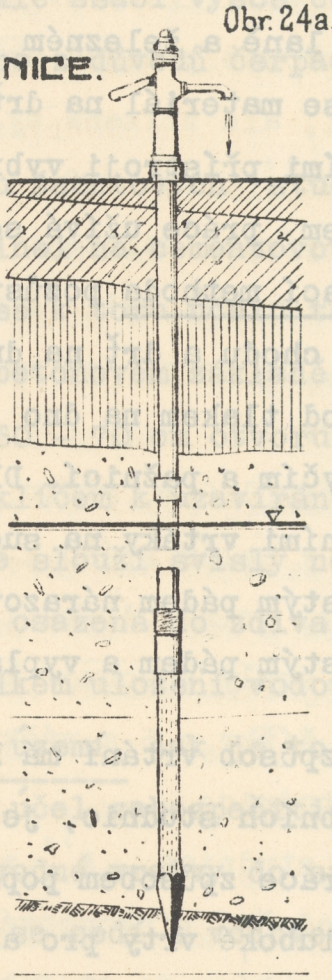
načež se pažnice vytáhne.

Obr. 25.

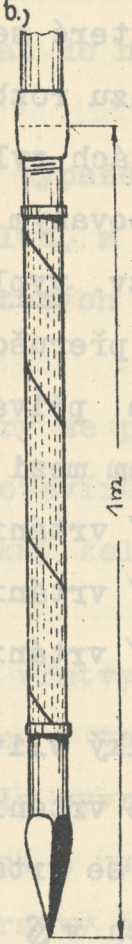


NORTHONSKÉ ZÁRAZNÉ STUDNICE.

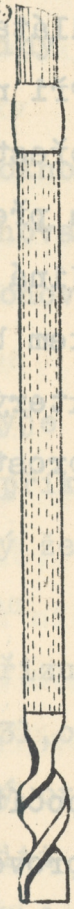
Obr. 24a.)



b.)



c.)



3./ V r t á n í t r u b n í c h s t u d n i c .

Vrtání trubních studnic jest speciální práce studnařská, která vyžaduje cvičených lidí, speciálních přístrojů a zařízení. Vrtání pozůstává:

a./ v rozpojování a drobení materiálu, kterým studnice proniká ;

b./ ve vybírání uvolněného materiálu ze studnice a

c./ v pažení vyvrtaného otvoru, aby se stěny vrtu nebořily.

Vrtání studní provádí se různými přístroji a různými methodami dle druhu a pevnosti materiálu, ve kterém se vrtá. V materiálu hlinitém a sypkém je vrtání lehčí než ve skále, která se musí rozbíjeti. V měkké ze-

mině vrtá se zemními vrtáky na soutyčí a v přestávkách se vrták s materiálem zachyceným mezi závity vytáhne. Současně ženou se do vyvrtaného otvoru pažnice, aby se stěny vrtu nebořily. Ve skále a velmi tuhém materiálu vrtá se těžkými nárazovými vrtáky ze železa na způsob tupého dláta, které se na laně a železném soutyčí zdvihá a náhle spouští. Při nárazu rozbíjí se materiál na drť, prach a písek, který se v krátkých přestávkách zvláštními přístroji vybírá. Tohoto způsobu vrtání „na sucho s přerušovaným chodem práce užívá se jen při malé hloubce studnic. Jiná t.zv. vyplavovací methoda pozůstává v tom, že se vrtá nárazovým vrtákem bez přerušování chodu a drť na dně otvoru se vyplavuje proudem vodním, který se přivádí pod tlakem na dno otvoru dutým soutyčím a odvádí vzhůru prostorem mezi soutyčím a pažnicí. Dle tohoto rozeznáváme :

a./ vrtání zemními vrtáky na sucho v měkké zemině ;

b./ vrtání prostým pádem nárazového vrtáku na sucho ve skále a

c./ vrtání prostým pádem a vyplavováním.

Velký vliv na způsob vrtání má hloubka vrtů ; pro mělké vrty, k nímž počítáme vrtání trubních studnic, jež sahají obvykle do hloubky až 30-40m, provede se vrtací práce způsobem popsaným při provádění hydrologických šetřeních v § 7. Hluboké vrty pro artézské studny a jiné účely, obzvláště kutací, je speciální obor vrtacích prací, které se nelíší podstatně od vrtání mělkých sond, jichž bližší popis není však předmětem těchto přednášek.

4./ Výstavba trubních studnic.

Trubní studnice pozůstávají a/ ze vstupní šachtice čili okna a b/ z vlastní vrtané studnice ve dně okna.

a./ Okno studnice má kruhový, čtvercový neb obdélníkový půdorys 1.0 - 1.5 m šířky, aby bylo dosti místa k osazení potřebných armatur

studnic. Okno sahá do takové hloubky, aby dno leželo 3 - 5 m nad nejnižší hladinou vodní, což odpovídá obvyklé ssací výšce čerpadel neb násoskového svodu. Často prohlubuje se však okno z důvodů čerpacích až do hladiny spodní vody.

Okno kope a paží se po způsobu šachtových studní a vypažené okno vyzdí se na betonovém podkladě z cihel na cementovou maltu, z pěchovaného nebo vyztuženého betonu ; používá se k tomu účelu též hotových betonových bubnů / trub /, jež se postaví na betonovém základě.

Shora opatří se okno stupem 60 - 70 cm otvoru, který se pokryje litinovým příklopem se zásuvkou a klíčem k uzavírání a otevírání příklopu. K sestupování na dno šachtice slouží svislý neb šikmý železný žebřík nebo železná stupátka 40 cm délky, osazená do zdiva.

Při malé hloubce studnic a mělkém uložení vodovodné vrstvy, zřizují se vstupní komory též nad povrchem území, jak je to patrno v tab. 31, obr. 2.

b/Výstavba trubní studnice má účel zabezpečiti trvalé vyvrtaný otvor, zameziti vyplavování písku z vodovodné vrstvy do studnice a umožniti vhodným způsobem odběr vody, která se cedí z vodovodné vrstvy do studnice. Dotyčných konstrukcí vyvinula se během času celá řada a v následujícím uvedeme hlavní jejich typy.

c/Studnice v pevné skále, jež se vrtají nárazovými vrtáky bez zvláštního pažení, nepotřebují žádného zabezpečení vrtaného otvoru. Voda prýští ze zvodněné skály do studnice a čerpá se odtud čerpadlem, nebo násoskou, jichž ssací roura je ponořena pod nejnižší hladinu vodní ve studnici. Ssací roura spuštěna je volně do otvoru studnice a jen okraj tohoto otvoru bývá obrouben litinovým nátrubkem stejného průměru jako je studnice, který se uloží do betonu a pokryje příklopem, jímž prochází volně ssací roura.

V tab. 29. znázorněna je taková studnice vodovodu města Brna kterým se přivádí spodní voda z území zvaném „Quellhütten" u Březové, vzdáleného od Brna asi 60 km.

Spodní voda pohybuje se zde mohutným proudem ve vrstvách pískovce útvaru křídového, vrstvách cenomanských na nepromokavé podloze devonské břidlice směrem k údolí řeky Svitavy, kde místy vyvěrá a tvoří mohutné prameny. Jímání těchto pramenů chtělo se provésti původně ojedinělými vrtanými studnami, ale zřízena byla k tomu účelu na úpatí svahu pouze jedna studna „A", tab. 29.

Pro vlastní jímání založeno bylo v průchodné štole 630 m délky 13 vrtaných studnic, jež leží ve vzdálenosti 25 m. Průchodnou štolou šlo se za prameny „do hory" až se narazilo na vodovodnou vrstvu, do které byly studnice vyvrtány.

Štola má šířku 1.9 m, výšku 2.10 m ; její profil je plně vyzděn kvádry a dno jde v malém spádu k východu, aby mohla voda, která vyvěrá na konci do štoly, volně odtékati.

Z průchodné štoly odbočují krátké štoly 1.2 m šířky, 2.10 m výšky, ku komorám 2,0 m šířky a 5 m výšky ; na dně těchto překlenutých komor jsou vyvrtány studnice.

U ojedinělé studnice „A" prohloubeno je okno 2.2 m průměru, 4.4 m hloubky až do zvodněné pískovcové vrstvy, kde je zřízeno dno z betonu a v tomto dně vyvrtána je studnice 650 mm průměru a 20 m hloubky.

Studnice řadové vrtány jsou v komorách připojených na průchodnou štolu. Vrtány jsou bez pažení těžkými nárazovými vrtáky 650 mm Ø ; studnice mají průměr 620 - 650 mm a hloubku 16 - 21 m. Horní kraj studnic je obrouben litinovým nátrubkem, osazeným do betonu a pokryt příklopem, kterým prochází volně ssací roura S_s.

Čerpání vody ze studnic řadových i studnic ojedinělých „A" provádí se násoskovým potrubím Sb 650 mm Ø , které je uloženo do průchodné štoly na betonových podstavcích. Ze sběrného potrubí Sb vychází odbočky S_s k jednotlivým studnicím, na které se připojí ssací roury 250 mm Ø , ponořené do studnic. Každá přípojka S_s opatřena je šoupátkem k regulování odběru vody ze studnic a eventuelnímu vypnutí některých studnic z násos-

kového svodu.

K vyvzdušení násoskového potrubí a ssacích trub osazeny jsou nad každou studnicí vyvzdušovací nátrubky V , ze kterých se odsává vzduch vývěvou ve strojovně. Mimo to osazeny jsou takové vyvzdušovací nátrubky též na násoskovém svodu ve vzdálenosti 50 m.

Společná vyvzdušovací trubice vedena je kolenem , položeným na svahu do výšky asi 10 m, aby při odsávání vzduchu z potrubí nevnikala voda do vývěvy a nepoškodila ji. Výška kolena 10 m odpovídá úplnému vakuu.

Ze studny ojedinělé A děje se čerpání vody podobným způsobem. Celkem odebírá se jímacím řádem 250 lit/sek.

Do násoskového svodu osazeno je na konci jímacího řádu škrtící šoupátko, kterým se reguluje odtok vody a kterým se dosáhne též toho, aby bylo násoskové potrubí vyplněno vždy vodou a nevnikl do něho z nižších tratí odváděcího potrubí vzduch. Vakuum udržuje se ve výši 0.5 atm. /5m/ a sice občasným odsáváním z vody vyloučeného vzduchu a plynů vývěvou, která je umístěna ve strojovně a poháněna benzinovým motorem.

Zvláštností tohoto jímacího zařízení je, že násoskový svod neústí jako obyčejně do sběrné studny, nýbrž že se na násoskový svod připojuje pod škrtícím šoupátkem ihned gravitační odváděcí řád z litinových trub 600 mm Ø , kterým se přivádí voda až do Brna, vzdáleného od pramenů okrouhle 60 km.

U jímacích zařízení třeba ještě podotknouti, že bylo postaveno původně jen jako provisorium za účelem hydrologického šetření vydatnosti spodní vody a vlivu odběru 250 lit./sek. vody na průtočné množství vody v přilehlé trati řeky Svitavy, jakož i na domovní studně v okolí. Pokusné čerpání trvalo 1 1/2 roku, při čemž se měřilo nepřetržitě množství čerpané vody, průtočné množství vody v řece Svitavě pod a nad jímacím řádem, výška hladiny spodní vody v dosahu křivky deprese a výškové rozdíly mezi hladinou vodní ve Svitavě a bodem obratu ssacího kůžele, aby se zjistilo, zda-li se při čerpání vody ze studnic nesaje voda z blízkého koryta

Svitavy. Bod obratu ležel vždy výše, než-li hladina vodní v řece, takže nemohla přitékati voda z koryta do studnic, nýbrž naopak se spodní voda pohybovala přirozeným spádem k řece.

Pokusné čerpání vedlo k příznivému výsledku a provisorního jímacího zařízení bylo potom použito jako definitivního zařízení k odběru 250 l/s. vody, kteréžto množství může však býti prodloužením jímacího řádu zvětšeno.

Úbytek vody ve Svitavě, nastalý odběrem pramenité vody, byl vodním dílům odškodněn v penězích.

B) U trubních studnic v hrubozrnném štěrkovém materiálu používá se pažnic o průměru 1.0 - 1.5 m, které jsou ve zvodněné vrstvě dírkované a v ostatní části plnostěnné ; složeny jsou z více kusů litinových trub 2 - 4 m délky, které jsou spojeny vnitřními přírubami. Pažnice zůstanou trvale v půdě, podobně jako plášť šachtových studní ze železných bubnů, jakož vůbec tuto konstrukci lze považovati jako přechod od šachtových studní k trubním studnicím.

Budování těchto studnic neděje se pro velký průměr otvoru vrtáním, nýbrž spouštěním pažnice a vybíráním materiálu s použitím korečkového bagru, při čemž pažnice pozvolna klesají.

Nad studnou zřídí se okno se vstupem, v němž se osadí potřebné armatury ssacího potrubí. Voda vniká dírkovanou pažnicí do studnice a čerpá se ssacím potrubím, které je ponořeno pod nejnižší hladinu vodní ve studnici.

V tab. 31.obr. 2 , znázorněna je taková trubní studnice jímacího řádu pro vodovod města Crefeldu v Porýní.

Studnice pozůstává z litinových trub 1.20 m Ø a 4 m délky, které jsou spojeny vnitřními přírubami. Trouby jsou ve vodovodné vrstvě dírkované a v horních suchých vrstvách plnostěnné . Nad studnicí postaveno je okno, které sahá do hladiny nerušené spodní vody a se shora opatřeno je vstupní komorou. Voda odebírá se ze studnice ssací rourou do

násoskového svodu, položeného podél řady studnic. Nad přípojkami ssacích potrubí do násoskového svodu zřízeny jsou vstupní šachtice, ve kterých jsou osazena šoupátka k regulování odběru a vypínání studnic z násoskového svodu.

a) U trubních studnic z jemnozrnného písčitého materiálu vsune se do vypaženého otvoru pouzdro čili zárubnice / Brunnenfilter / ze železných trub, které jsou ve zvodněné vrstvě dírkované neb opatřené podlouhlými štěrbinami a v suchých vrstvách jsou plnostěnné. Průměr zárubnic obnáší 200 - 600 mm ; používá se k nim trub ze železné litiny neb trub kovanoželezných, galvanicky pozinkovaných, též trub měděných pocínovaných, jež se složí z kusů 2 m délky, spojených závitovými přesuvkami . Celé pouzdro složí se na povrchu, a hotově montované spustí se na dno vyvrtaného a vypaženého otvoru studnice. K tomu účelu opatřeno je dno pouzdra kroužkem, na kterém se spouští do studnice. Po osazení pouzdra pažnice se vytáhne. Dírkovanou částí pouzdra t.zv. cedníkem / Filterrohr/ vniká voda z vodovodné vrstvy do pouzdra a čerpá se odtud ssací rourou, ponořenou pod nejnižší hladinu vodní ve studnici. S počátku strhuje voda do pouzdra písek z vodovodné vrstvy , který se musí delším pokusným čerpáním válcovým čerpadlem s klapkou /Schappe/ ze studnice několikrát vybírati a sice tak dlouho, až je voda ve studnici čistou. My pravíme, že se musí studnice odpískovat, aby se odstranil jemný písek z nejbližší pískoštěrkové vrstvy a nezanášel studnice.

Toto uspořádání studnic s prostě dírkovanou zárubnicí stačí však jen při hrubozrnném materiálu zvodněné vrstvy. V jemném písku by se však zárubnice zanášely a v krátké době ucpaly strženým pískem. Proto se musí cedník pouzdra zabezpečiti proti vnikání vyplaveného písku a toho se dosáhne dvojím způsobem :

1./ cedník obloží se filtračním materiálem z hrubozrnného písku ;

2./ cedník obalí se hustým pletivem z bronzového drátu .

ad 1. g/ Při uspořádání studnic s pouzdrem obloženým filtračním materiálem, vrtají se studnice o větším průměru 600 až 1000 mm, a prostor mezi pažnicí 200 - 300 mm průměru vyplní se praným hrubozrnným pískem hrachového zrna 2 - 3 mm průměru. Písek sype se ve vrstvách 20 cm výšky, načež se pažnice o tuto výšku vytáhne. Opětovným sypáním a vytahováním pažnice uvolní se celé pouzdro. Voda prosakuje filtračním materiálem, nechá v něm písek vyplavený z vodovodné vrstvy a přichází do pouzdra čistá. Filtrační materiál mezi pažnicí a pouzdrem může se dle velikosti zrna též roztříditi po způsobu pískových filtrů a sice tak, že se nalézá na stěnách pouzdra hrubší a dále od něho jemnější materiál. Toto roztřídění filtračního materiálu provede se tím způsobem, že se postaví ve vypaženém otvoru okolo pouzdra koncentricky několik tenkostěnných trub, kterými se prostor mezi pouzdrem a pažnicí souměrně rozdělí a vzniklé mezery zasypou se oblásky a pískem různé velikosti / 2 - 16 mm /, načež se pažnice a rozdělovací roury vytáhnou. K lepšímu osazení pouzdra a rozdělovacích trub zřídí se na dně vypaženého otvoru podložka z betonu, který se sype do vypaženého otvoru studnice a upěchuje dlouhou tyčí.

Tímto způsobem provedeny jsou řadové studny staršího jímacího zařízení pro vodovod v Norimberce, tab. 31. obr. 1. Studnice nalézají se u vodárny v údolí řeky Pegnitz u Erlenstegen a pozůstávají z pouzdra 150/180 mm průměru, 3.6 - 8.0 m hloubky, které jest ve zvodněné vrstvě dírkované a v krycích vrstvách plnostěnné. Horní část pouzdra sahá až k povrchu území a přikryta jest příklopem. Jednotlivé studny připojeny jsou ssacím potrubím z měděných trub 70 mm průměru, na násoskový svod 380 mm průměru, který jde podél studnice a odvádí vodu do sběrné studny u strojovny. K regulování odběru slouží ventily v přípojkách jednotlivých studní, které se obsluhují táhlem v zákopových garniturách.

Tento jímací řád nestačil ku krytí potřeby pitné a užitkové vody a také se voda obsahem železa zhoršila. Proto byl postaven v posledních

letech nový vodovod na pramenitou vodu /Ranna / a starší jímací řád slouží jen k doplnění nového vodovodu, ale voda čerpaná ze studnic, musí se odželezovati.

K zvětšení filtračního účinku konstruuje továrna na vodárenské přístroje Bopp a Reuther dvojitá pouzdra, která pozůstávají ze dvou koncentricky do sebe postavených dírkovaných pouzder a prostor mezi oběma vyplní se hrubým pískem hrachového zrna. Tab. 28. obr. 3. Dvojité pouzdro spustí se do vypaženého otvoru a prostor mezi pouzdrem a pažnicí vyplní se rovněž hrubozrnným pískem, načež se pažnice vytáhne.

Časem se filtrační materiál vyplaveným pískem může přece ucpati a pak se musí očistiti. To se děje tím způsobem, že se vnitřní pouzdro vytáhne, čímž se uvolní filtrační materiál, který se sesype do vnějšího pouzdra a vybere se odtud pískovým válcem s klapkou / Schappe /. Na to se spustí vnitřní pouzdro opět do studnice a prostor mezi oběma vyplní se novým praným pískem.

ad 2 a/. Uspořádání trubních studnic ovinutých pletivem uvedl do prakse A. T h i e m . Jeho studnice konstruovány jsou tímto způsobem. Do vypaženého otvoru studnice spustí se zárubnice z litinových trub za horka asfaltovaných nebo pozinkovaných 200 mm průměru a 2 m délky, které se spojí závitovými přesůvkami. Zárubnice jsou v suchých, krycích vrstvách plnostěnné, ve vodovodné vrstvě prolamované štěrbinami otvoru 40/60 mm a tato část zárubnice t.zv. cedník čili ssací koš, je ovinuta hustým pletivem z měděného pocínovaného drátu asi 1 mm tloušťky. Otvory /oka/ pletiva jsou takové velikosti, aby nemohl jemný písek z vodovodné vrstvy vnikati do pouzdra.

Délka pouzdra obnáší asi 2/3 mohutnosti vodovodné vrstvy ; v případě velké mohutnosti této vrstvy, když tedy studnice nesahá až do nepropustného podloží / vodonosné vrstvy/, obnáší délka pouzdra 3 - 4 m .

Hotově montované pouzdro spustí se pomocí kroužku na dně cedníku na dno vyvrtaného otvoru . Prostor mezi cedníkem a pažnicí vyplní se

hrubozrnným pískem, hrachového zrna, který se sype s vrchu ve vrstvách 20 cm a o tutéž výšku se pažnice postupně vytahuje. Opětovným sypáním písku a vytahováním pažnice, uvolní se ve vodovodné vrstvě celý cedník. Ostatní prostor mezi pažnicí a plnostěnnými zárubnicemi vypěchuje se jílem a pažnice se na to vytáhne. Klade-li se obzvláštní váha na to, aby povrchová voda nebo podzemní voda z vrchních vrstev nevnikala podél pouzdr do cedníku, vytáhne se pažnice jen pokud sahá vodovodná vrstva a ostatní část pažnice zůstane v zemi. Pouzdro stojí volně v pažnici a jeho poloha ustálí se pomocí několika uhelníků, přinýtovaných na pouzdro.

Pro odběr vody ze studnice spustí se do pouzdra ssací roura 100 mm Ø, která sahá až pod nejnižší hladinu vodní ve studnici. Ssací roura je z měděného pocínovaného plechu asi 2 mm tloušťky; použití z důvodů úsporných jiného materiálu na př. železo není radno, poněvadž železo vlivem kyseliny uhličité, která uniká z vody následkem menšího tlaku v ssacím potrubí, silně koroduje a v ssací rouře vzniknou celé otvory, které narušují vakuum v ssací rouře. Tím vznikají poruchy v odběru vody, poněvadž do ssací roury vniká vzduch z pouzdra. Tato kalamita pozoruje se obzvláště u podzemních vod, které obsahují železo, poněvadž se okysličením takové vody a při přechodu rozpustného tvaru železa na tvar nerozpustný/ viz Odželezování vody / vyvíjí kyselina uhličitá, která působí tak zhoubně na železné součástky studnice, že se tyto v zemi úplně rozpadnou.

Ssací roura připevněna je přinýtovanou přírubou na přípojku odběrného potrubí / ssacího neb násoskového/ ; tento spoj musí býti kaučukovými vložkami dobře utěsněn. Přípojka opatřena je šoupátkem k regulování odběru vody a též k eventuelnímu vypnutí studnice ze společného násoskového neb ssacího řádu. U některých zařízení osazena je do přechodného kusu přípojky též vratná klapka k zabezpečení správného chodu násosky. K občasnému měření výšky snížené hladiny vodní ve studnici a odběru vody za účelem stanovení jakosti vody ve studnici, osazena je do pouzdra pozorovací

trubice asi 30 mm Ø, která prochází ssací rourou, ponořena pod nej - nižší hladinu vodní ve studnici a na horním kraji je uzavřena čepem nebo závitovou objímkou. K měření hloubky vody použije se metrického pásma se zavěšeným závažím a k pokusnému čerpání vody ze studnice použije se malé ruční pístové pumpy se ssací hadicí, která se spustí do pozorovací trubky.

Nad trubní studnici postaví se vstupní šachtice /okno/, jejíž dno má ležeti pokud možno blízko hladiny podzemní vody, nejvýše v obvyklé ssací výšce čerpadel neb násosky, totiž ve výšce 3 - 5 m nad sníženou hladinou vodní. Ve vstupní šachtici osazena jsou železná stupátka k sestupování, a obsluze šoupátka a pozorovací trubky. K usnadnění této obsluhy může se však pozorovací trubka a vřeteno šoupátka prodloužiti až pod příkop okna, aby se obsluha mohla díti s povrchu, tedy bez sestupování na dno šachtice.

Z úsporných důvodů upouští se někdy od výstavby vstupních šachtic /oken/ ; studnice se zasype a vřeteno šoupátka uloží se prostě do zákopové garnitury pokryté nahoře příklopem, ve kterém končí též prodloužená pozorovací trubka .Tab. 23. Taková úspora není však na místě, neboť znemožňuje dozor a při nahodilých opravách studnice, šoupátka, neb ssací přípojky, musí se studnice hlubokou vykopávkou odkrýti.

Studnic Thiemových používá se jako řadových studní. Do studnic vniká z vodovodné vrstvy voda, která se odčerpává buď společným ssacím neb násoskovým řádem, na které jsou studnice připojeny.

Na počátku vniká do pouzdra studnic i při veškeré opatrnosti s kterou se cedník provede něco jemného písku, kterým se pouzdro zanáší. Každá studnice musí se proto po spuštění pouzdra, dříve než se odběrnou přípojkou uzavře, odpískovat. To se děje čerpáním vody ruční pumpou, jež trvá tak dlouho až se jemný písek z přilehlé části vodovodné vrstvy vyplaví a do studnice přichází jen čistá voda. Při větším návalu písku vybere se tento válcem s klapkou /šupák /.

Při nahodilých opravách studnic může se pouzdro kroužkem ve dně vytáhnouti / kladkostrojem/ ; v takovém případě se však otvor studnice zaboří a pro spuštění pouzdra vyvrtá se na témže místě nový otvor, do něhož se spustí pouzdro .

V tab. 33. znázorněna je Thiemova trubní studnice vodovodu v Mor. Ostravě a v tab. 34.trubní studnice vodovodu pražského v Káraném.

U hlubokých artéských studní,vrtaných s několika turami pažnic,se pažnice během vrtání zvláštním přístrojem při přesahování pažnic asi 1 m odříznou, takže vznikne teleskopiské vypažení otvoru.

Prostor mezi vnější a průběžné nejnižší pažnice vyplní se řídkou cementovou maltou 1 : 1 , která se nalévá v přestávkách do otvoru a zároveň přimíchá se maltě něco praných oblásků, Tab. 32, obr. 3.

5./ Řadové studnice.

Vrtaných trubních studnic může se použíti jako studnic ojedině - lých, ze kterých se čerpá voda podobně jako ze studní šachtových, ale nejvíce používá se jich jako studní řadových. Zřídí se totiž řada studní ve vzdálenosti 20 - 50 m, které zabírají celý vododajný průřez.

Délka jímacího řádu, tedy počet studnic a jejich vzdálenost, závisí na mohutnosti proudu spodní vody, kterou zjistíme při přípravných pracech a hydrologickém šetření. Ale stejně musí se provésti nové pokusné čerpání, po definitivním provedení studnic, aby se zjistilo minimální množství vody, které lze při stavu setrvačném čerpati, aniž by se voda zakalila a studnice se zanášely pískem, strženým z vodovodné vrstvy.

Poloha řadových studnic závisí na uložení vodovodné vrstvy. V údolích podél toků sleduje jímací řád zpravidla směr toků; v nížinách s vodorovnou hladinou spodní vody, založí se studnice v radiálních řadách od čerpací stanice, která jest ve středu ; v území sklonitém, založí se řada studnic ve směru vrstvenic spodní vody, tedy kolmo na proud vodní.

Vzdálenost studní obnáší 20 - 50 m

Řadové studny spojí se společným násoskovým řádem, kterým se voda čerpá a odvádí do společné sběrné komory u strojovny a odtud se přečerpává do zásobovacího vodojmu. Délka jímacího řádu dána jest počtem a vzdálenostní studnic, ale též přípustnou délkou násoskového svodu, tedy přípustnou ssací výškou včetně ztrát tlakových v násoskovém potrubí.

U velmi dlouhých jímacích řádů rozdělí se studnice ve skupiny, každá s vlastním násoskovým svodem a svojí sběrnou studní. Z těchto skupinových studní načerpává se voda do všem skupinám společného gravitačního vodovodu, kterým se odvádí ku hlavní čerpací stanici / Praha - Káranné /.

Násoskové potrubí položí se buď osou studní takže prochází okny, anebo jde souběžně se studnicemi a nad přípojkami zřídí se vstupní šachtice, ve kterých odbočují ssací potrubí do jednotlivých studnic, opatřené šoupátky. Lépe je uložiti násoskové potrubí se zřením na lehčí dozor a opravy násoskového potrubí do průchodné štoly, která ovšem zdražuje stavbu.

V tab. 35. znázorněno jest uspořádání řadových studnic pro vodovod v Kolíně n./R. K jímání spodní vody, jejíž hladina kolísá 4.5 - 12.5 m pod povrchem spodní vody, založeny jsou dvě řady trubních studnic, ze kterých se odvádí násoskovými svody voda do sběrné studny, a z této se čerpá do zásobovacího vodojmu. Studnice založeny jsou v průchodné štole 3.0 šířky a 2.65 m výšky ve které jest uloženo též násoskové potrubí N s odbočkami a všemi armaturami studnic. Štola z pěchovaného betonu 1 : 3 : 6 je založena ve výšce střední hladiny spodní vody s malým stoupáním 1 : 200 k sběrné studni. Studnice založeny jsou ve vzdálenosti 10 m ; vrtány jsou pro průměr pažnic 300 mm a sahají do hloubky asi 20m pod povrchem území. Do vypaženého otvoru vsunuto jest pouzdro z litinových trub 200/240 mm Ø , které jsou v horní části plnostěnné a v dolní části štěrbinami 50/50 mm prolamované a ovinuté hustým pletivem z měděného pocínovaného drátu. Délka cedníku obnáší 8 m, délka celého pouzdra

15 m . K vytahování a spouštění pouzdra do studnice a pro pozorovací trubice zřízeny jsou nad studnicemi vypažené otvory O, které sahají k povrchu území a pokryty jsou příklopy.

Na pouzdra / zárubnice/ připojeny jsou kolenem krátké přípojky 200 mm průměru, kterými se odvádí voda ze studnic do společného násoskového svodu S. Na přípojky připnuty jsou ssací roury 170 mm průměru a 7200 mm délky z měděného, pocínovaného plechu, které jsou ponořeny do pouzdra pod nejnižší hladinu vodní. Pozorovací trubice 20 mm Ø z měděného plechu ponořeny jsou až ke dnu pouzder a sahají až k povrchu území, kde jsou uzavřeny závitovou objímkou.

Násoskové potrubí je z litinových trub hrdlových o průměru s počátku 1000 mm , ku konci 1100 mm. Položeno je v průchodné štole v malém stoupání - 0.5 %o k sběrné studni. Do násoskového potrubí ústí pravoúhelnými odbočkami přípojky od jednotlivých studnic, jež jsou opatřeny šoupátky 200 mm k regulování odběru a vypínání studnic ze společného řádu.

Násoskovým potrubím odvádí se voda do sběrné studny 5.5 m průměru, 16 m hloubky, postavené u strojovny na konci násoskového řádu. Krátce před ústím do sběrné studny, opatřen je násoskový řád šoupátkem 1100mm Ø, a ve vrcholu násosky osazen jest na potrubí pravoúhelnou odbočkou vyvzdušovač V, který je spojen kujnoželeznou trubkou 75 mm průměru s vývěvou ve strojovně. Násoska pracuje při vakuu 0.7 atmosfery, který stačí k výstupu a překonání odporu vody při průtoku ssacím a násoskovým potrubím. Násoska uvede se v činnost zředěním vzduchu vývěvou. Vzduch a kyselina uhličitá, které unikají při čerpání z vody, shromažďují se ve vrcholovém nátrubku / vyvzdušovači/a odčerpávají se trvale injektorem,uváděným v činnost tlakovou vodou. Ze studny čerpají se ssacím potrubím S čerpadlem ve strojovně.

Studna postavena jest z cihel spouštěním na cementovou maltu a s plným dnem z pěchovaného betonu 1 : 3 : 4 . Zdivo pláště založeno je na

silném roštu / věnci / z kovaného železa, který je spojen se zdivem pláště sponami. Uvnitř opatřeno je zdivo nepromokavou cementovou omítkou 1 : 1 , z venku hladkou omítkou 1 : 2, aby se tření při spouštění studny zmenšilo. Se shora pokryta jest studna betonovým stropem mezi železnými nosiči se vstupem. Uvnitř studně je podlaha ze železných nosičů a rýhovaného plechu. Na nosičích zavěšeny jsou příruby ssacího a násoskového potrubí, jež sahají pod hladinu maximálního snížení vody ve studni. Ssací potrubí čerpadel S uloženo jest k vůli dozoru a udržení dobrého utěsnění trub v průchodní štole podobně jako násoskový svod.

Řadové studny v kruhu / Ringbrunnen /. Řadové studnice mohou býti uspořádány též do kruhu a sice tím způsobem, že se okolo centrální komory založí více trubních studnic, jež jsou spojeny s komorou, každá zvláštním ssacím potrubím P. Z centrální komory odvádí se voda násoskovým svodem A do sběrné studny u strojovny, ze které se čerpá dále do zásobacího vodojmu. V každé přípojce osazeno je šoupátko, kterým se mohou jednotlivé studnice dle potřeby vypnouti.

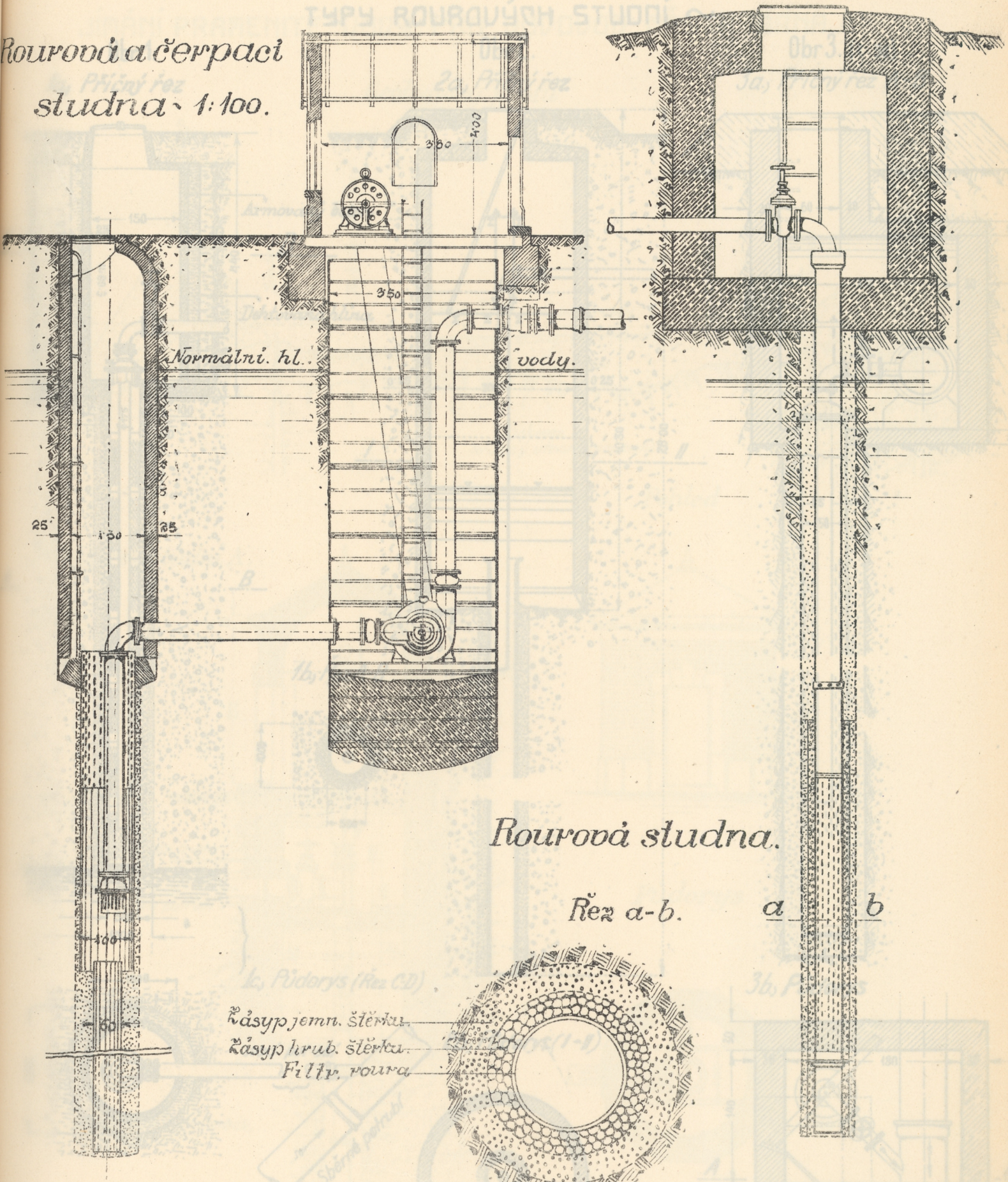
Působení těchto kruhových studní jest podobné jako u studní šachtových. Při čerpání vody splynou depresní kužely jednotlivých studnic v jeden hlavní depresní kužel o velkém průměru, menšího snížení a větší vydatnosti. Dle potřeby může se založiti více takových kruhových skupin, které se připojí na společnou čerpací studnu.

V tab 36 znázorněna jest kruhová řada studnic pro vodovod města Zábřeha, která byla zřízena ku zvětšení vydatnosti dosavádní jediné šachtové studny, ze které se čerpá spodní voda. Celé zařízení pozůstává ze šesti vrtaných studnic, založených kolem centrální komory v kruhu o průměru 10 m. Studnice přístupny jsou z okna 1 m průměru a asi 5 m hloubky pod povrchem území. Do studnic uložena jsou pouzdra /zárubnice/ z litinových trub 196/222 mm průměru a 10.5 m hloubky , jež jsou v dolní části na délku 2.95m totiž 2/3 výšky vodovodné vrstvy 4.7 m prolamované štěr-

bínami 50/50 mm a v horní části plnostěnné. Cedník ovinut jest pletivem z měděného pocínovaného drátu. Na pouzdře osazena jest ssací roura /tab. 33, obr. 2/, která sahá blízko dna studnice. Voda přivádí se z jednotlivých studnic do násosky, která začíná v centrální komoře a odtud odvádí se násoskovým potrubím 500 mm průměru do 70 m vzdálené, hlavní sběrné a čerpací studny blízko strojovny. Násoska položena je ve stoupání 0.2% ; ve vrcholu násosky nasazen jest v čerpací studni vyvzdušovací nátrubek, ze kterého se odsává vzduch pomocí injektoru, hnaného tlakovou vodou z vodovodu. Násoska uvede se v činnost parním exhaustorem, kterým se za krátký čas zředí v násosce vzduch, takže voda přitéká z kruhových studní do sběrné čerpací studny. Vzduch, který se během čerpání nashromaždí v násosce, odstraňuje se injektorem, který je nepřetržitě v chodu. Násoska pracuje při vakuu 0.36 - 0.45 atmosfery, který stačí k překonání odporu při protékání vody násoskovým potrubím a jeho odbočkami.

-.-.-.-.-.-.-

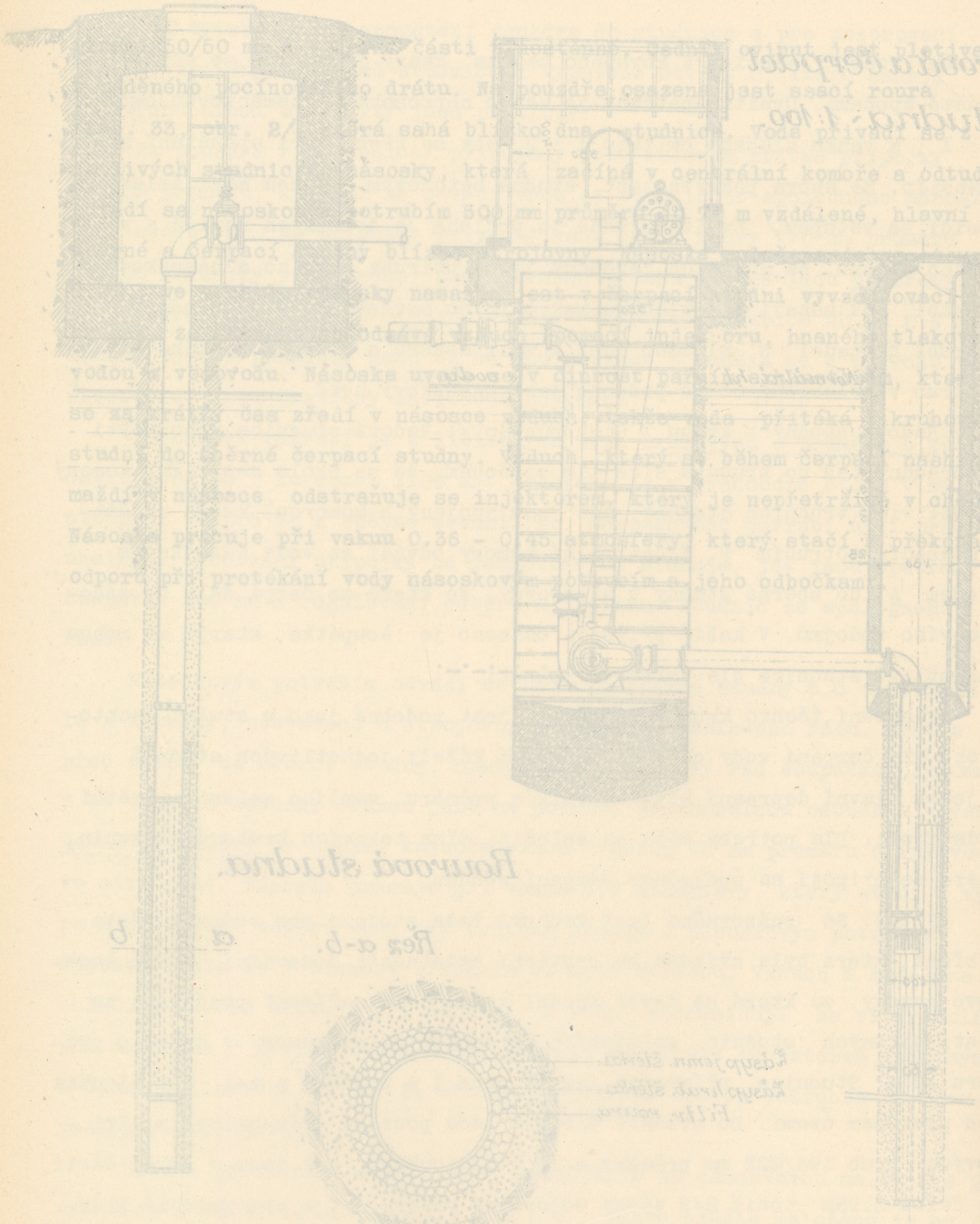
Rourová a čerpací studna 1:100.



Rourová studna.

Řez a-b.

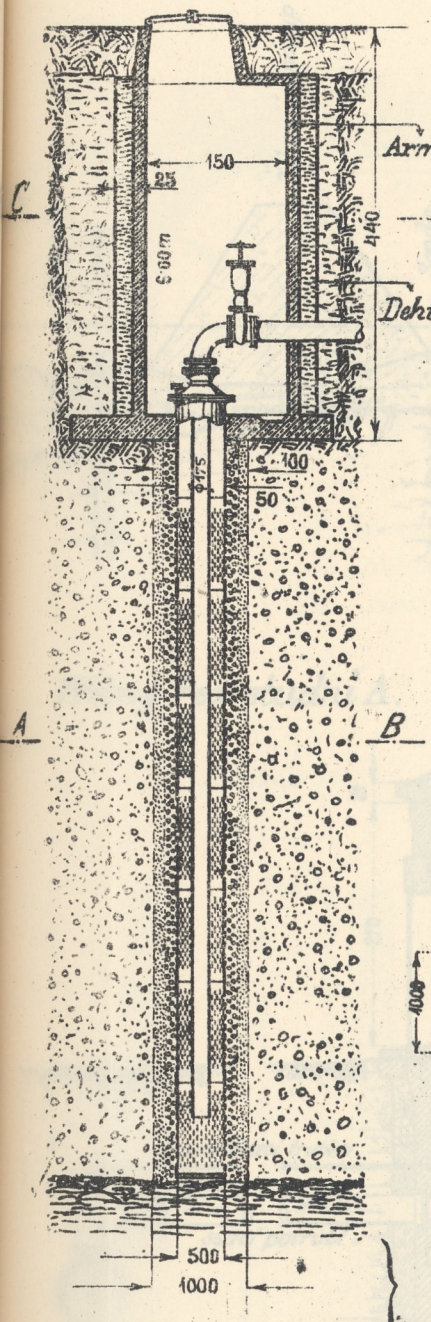
a b



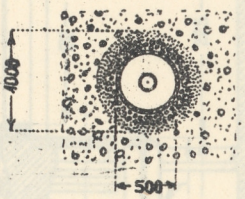
TYPY ROUROVÝCH STUDNÍ. ~

Obr. 1.

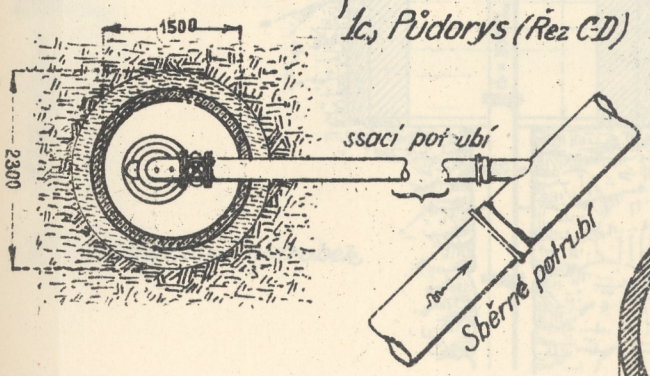
1a, Příčný řez



1b, Řez A-B



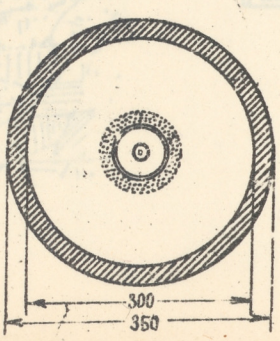
1c, Půdorys (Řez C-D)



Obr 2.

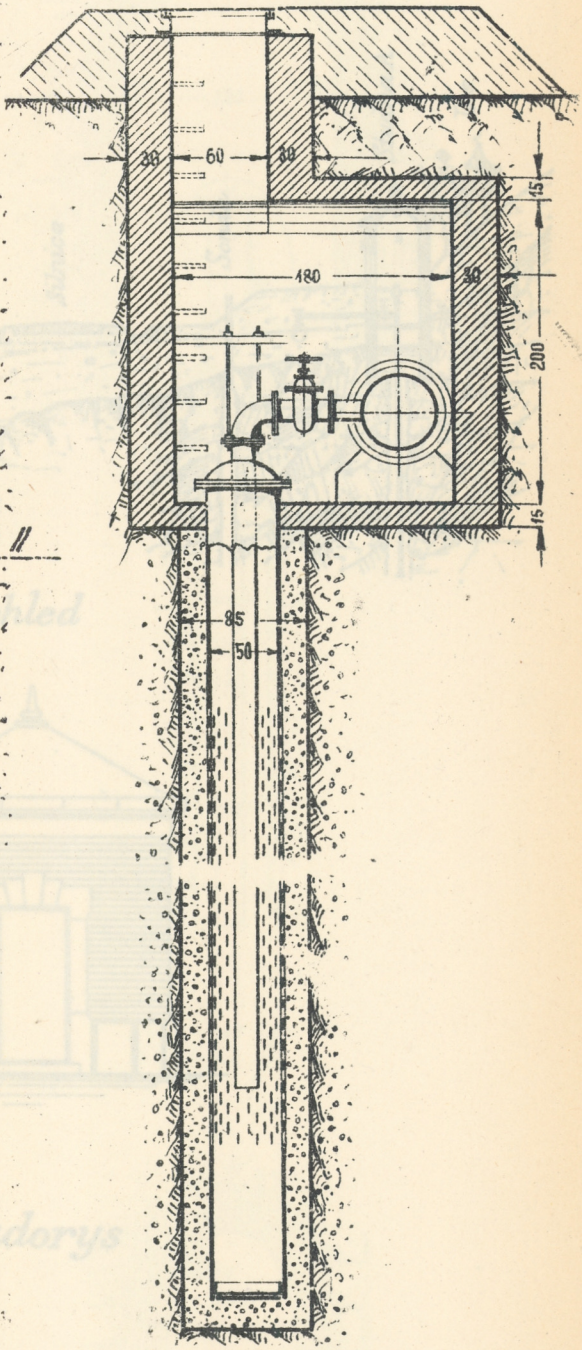
2a, Příčný řez

2b, Půdorys (I-II)

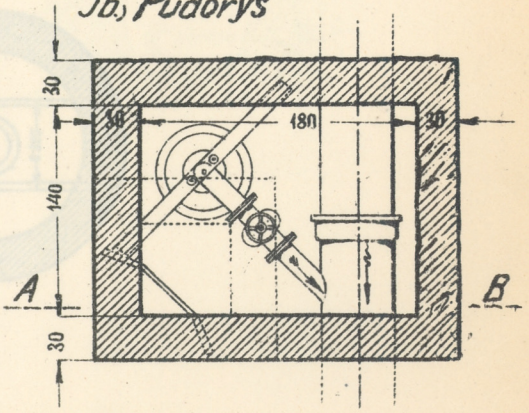


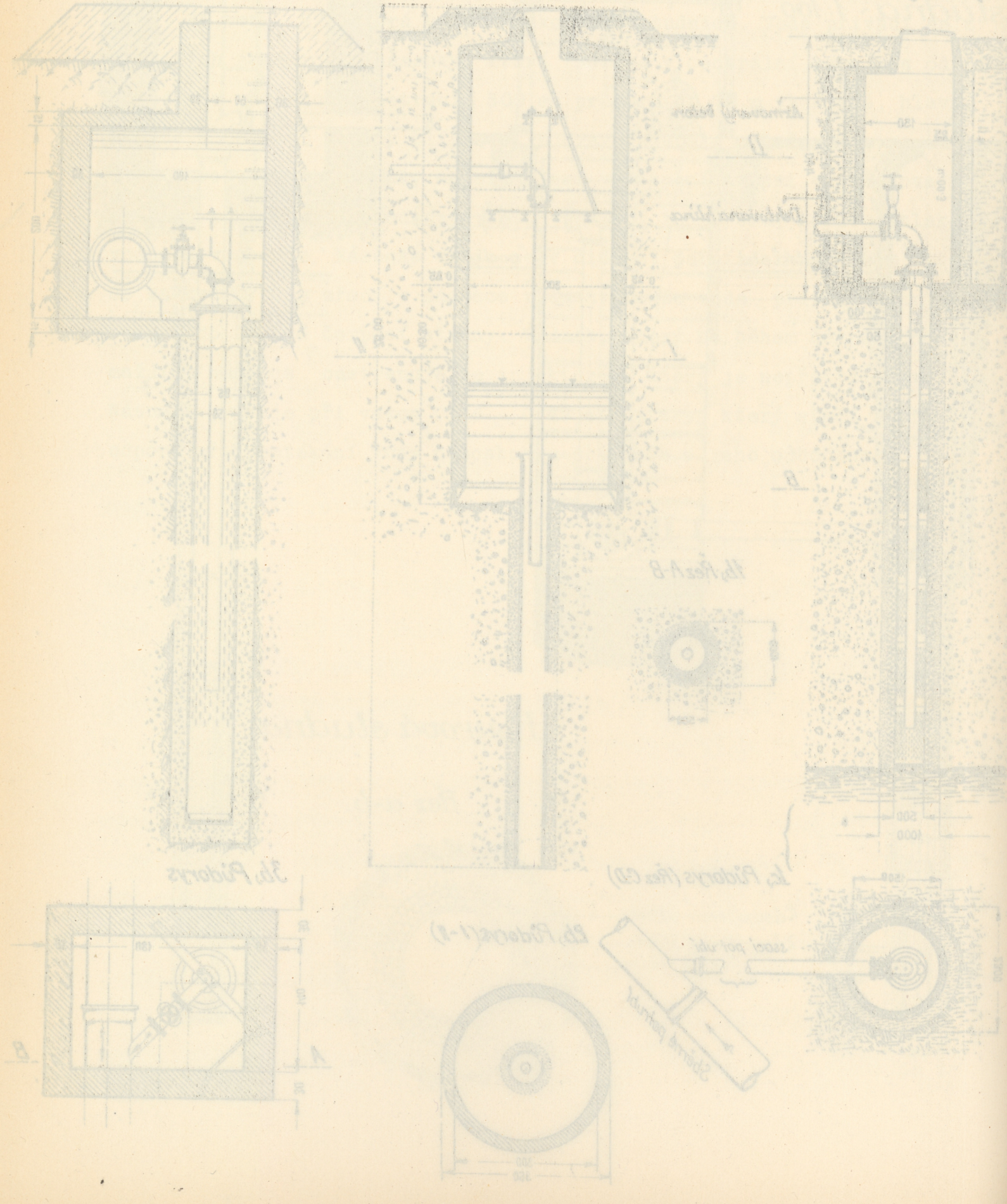
Obr 3. (1:50)

3a, Příčný řez A-B



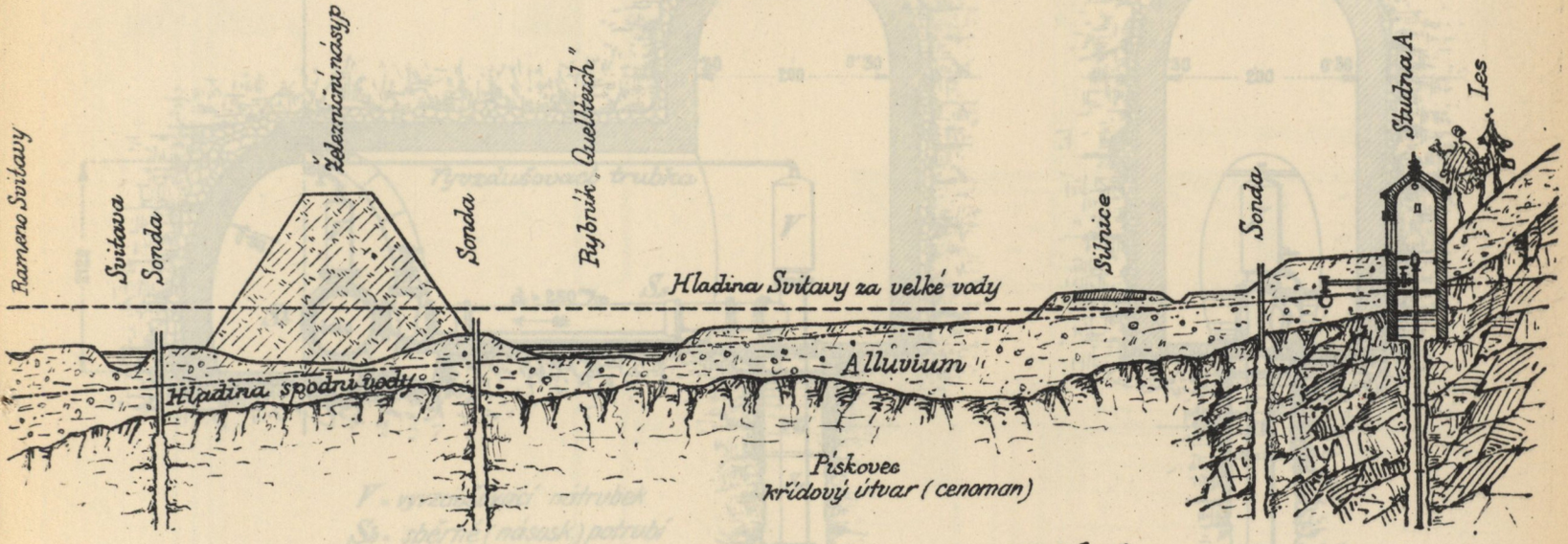
3b, Půdorys



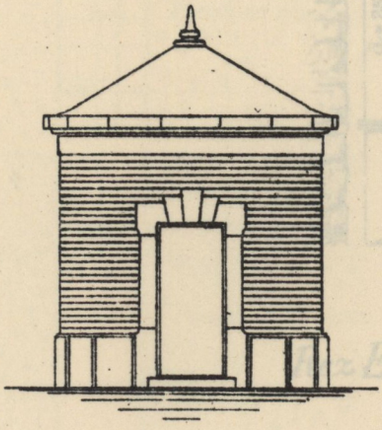


JÍMÁNÍ PRAMENITÉ VODY PRO VODOVOD MĚSTA BRNA.

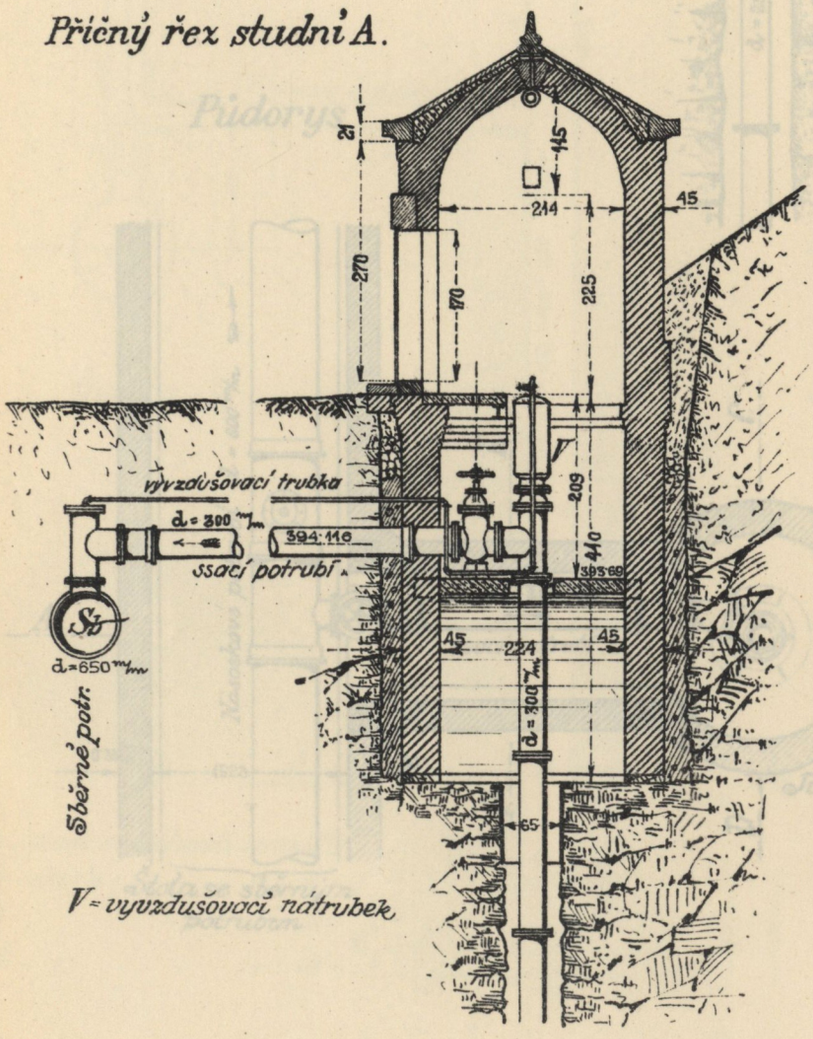
Geologický profil



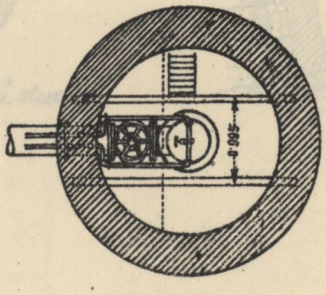
Pohled



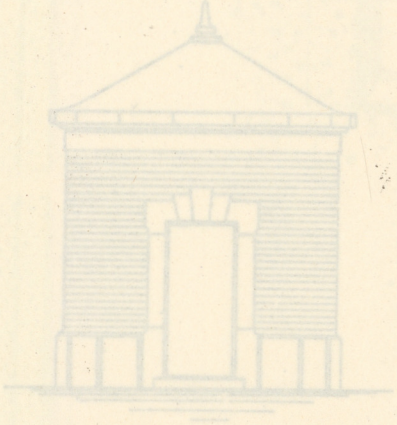
Příčný řez studní A.

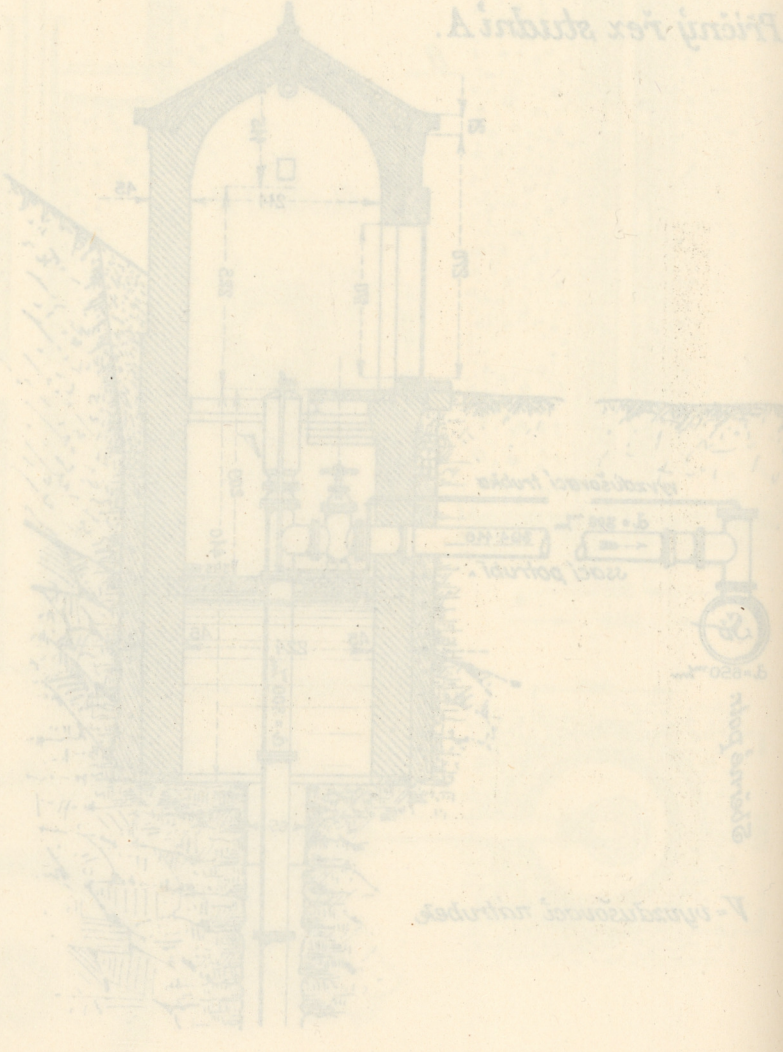


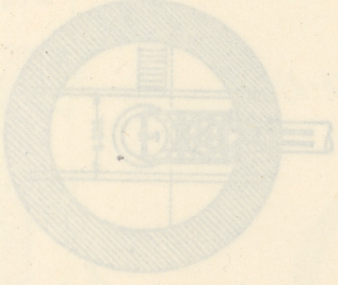
Půdorys





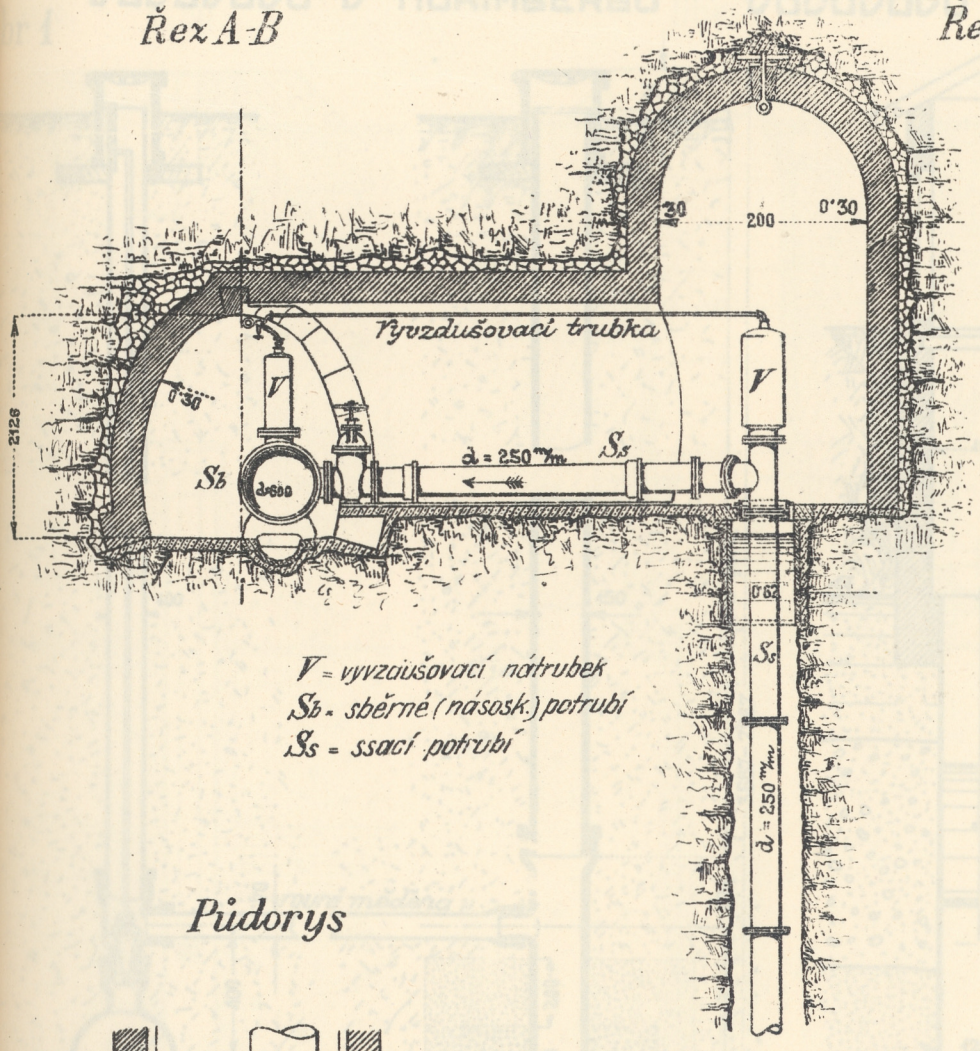






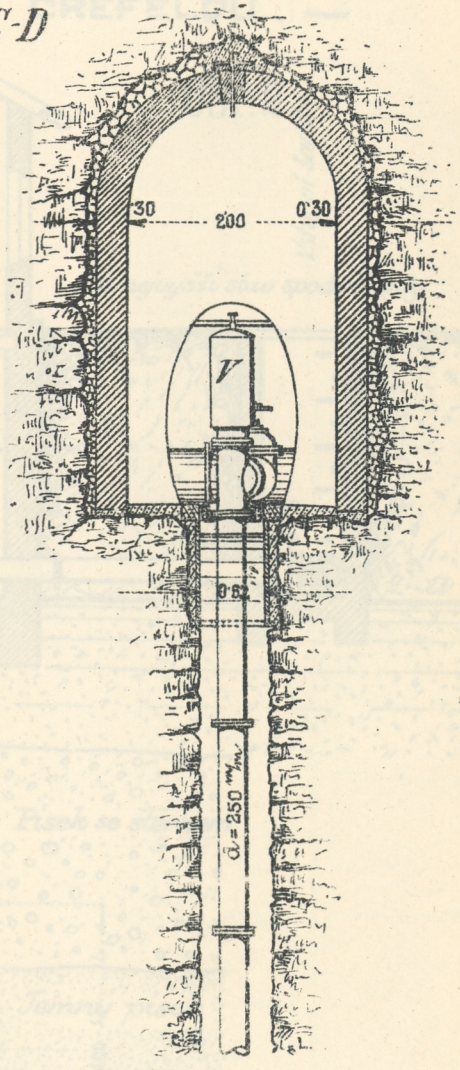
JÍMÁNÍ PRAMENITÉ VODY PRO VODOVOD MĚSTA BRNA. –

Řez A-B

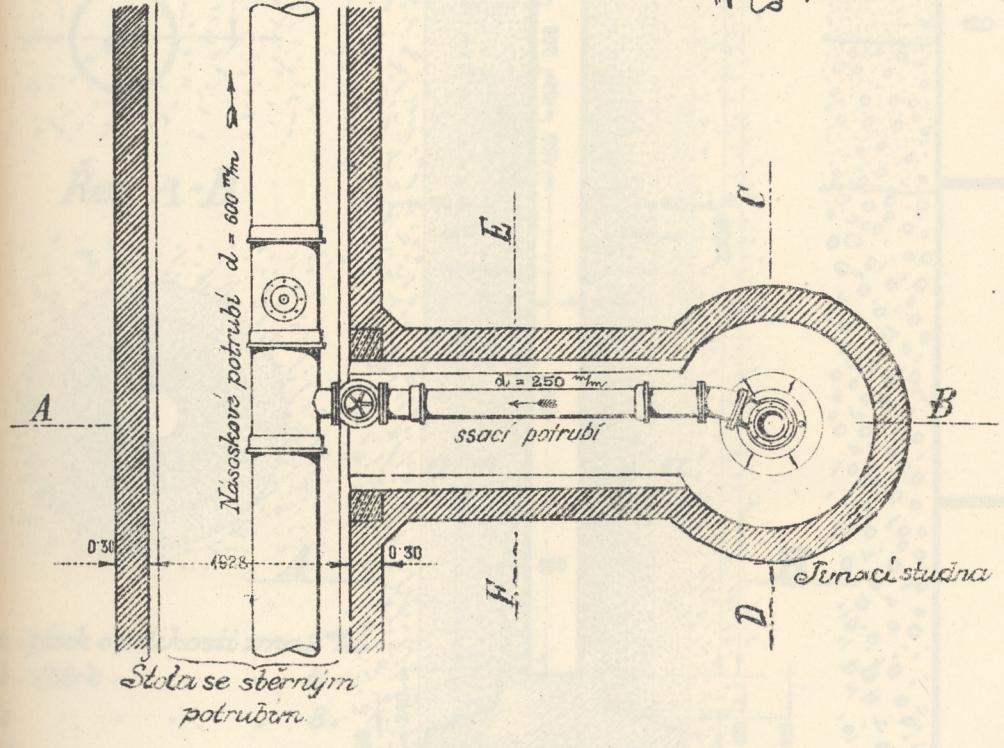


V = vyvzdušovací nátrubek
Sb = sběrné (násosk.) potrubí
Ss = ssací potrubí

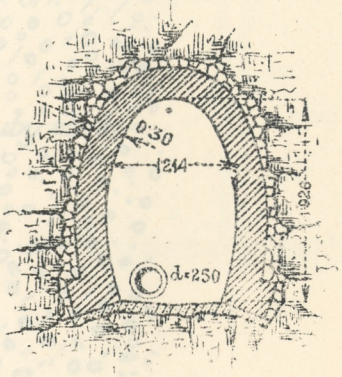
Řez C-D

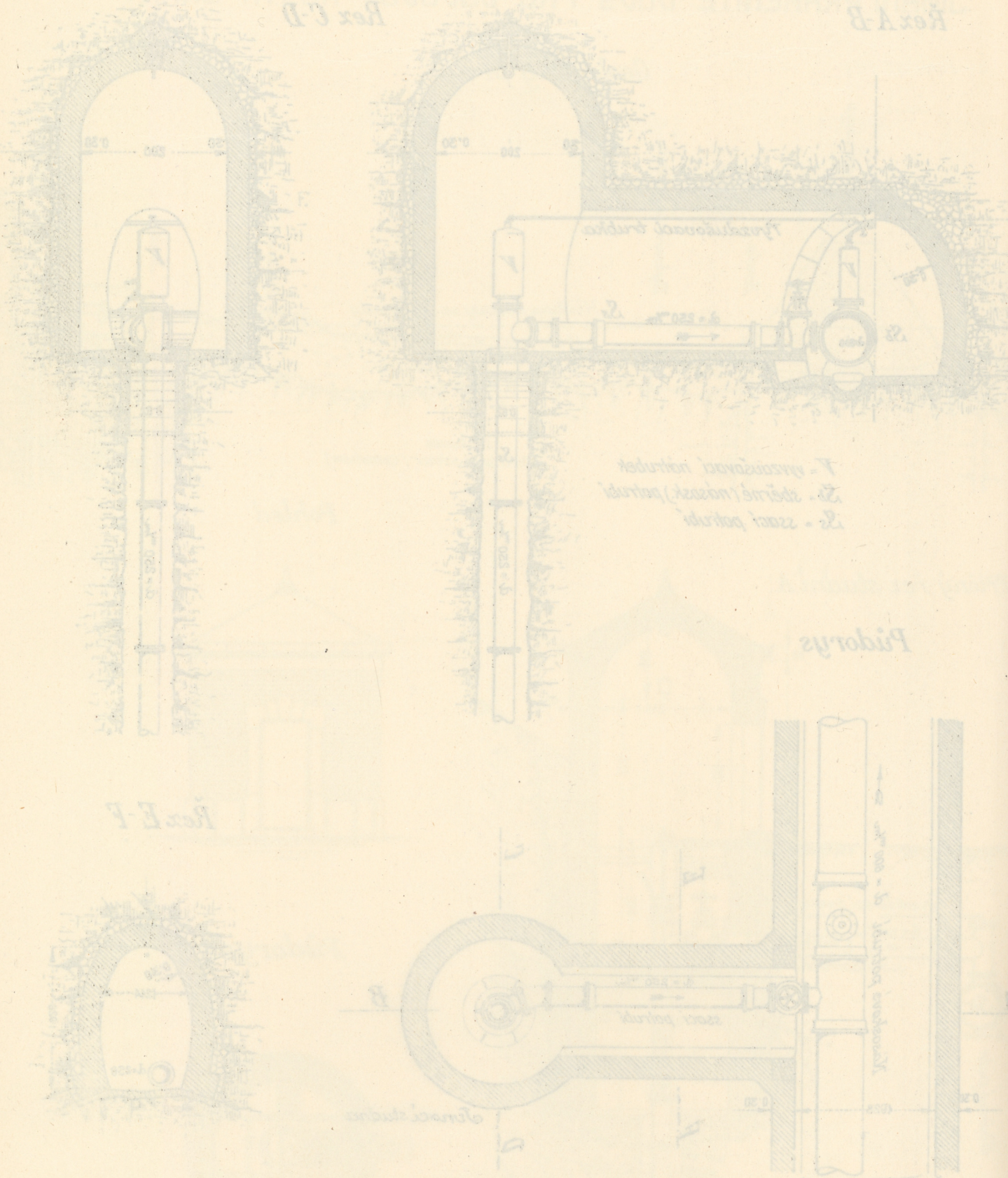


Půdorys



Řez E-F

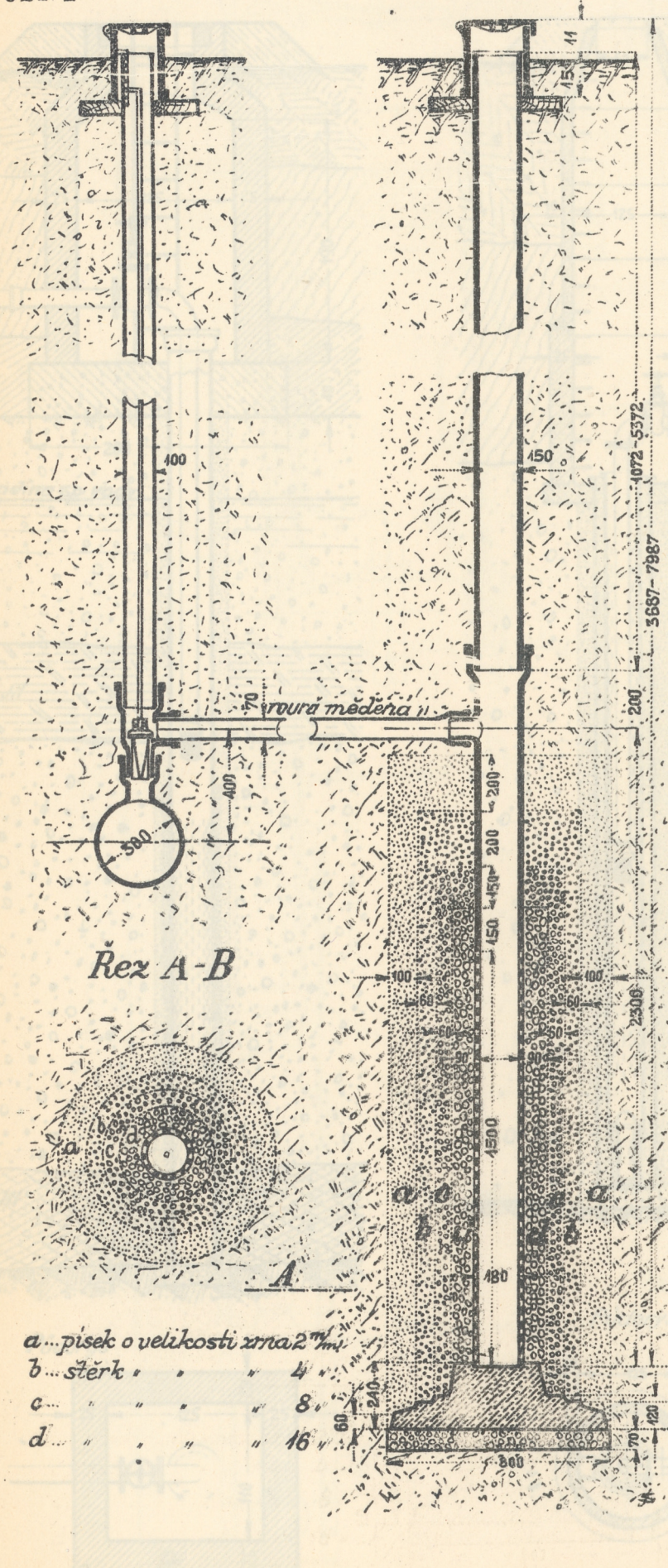




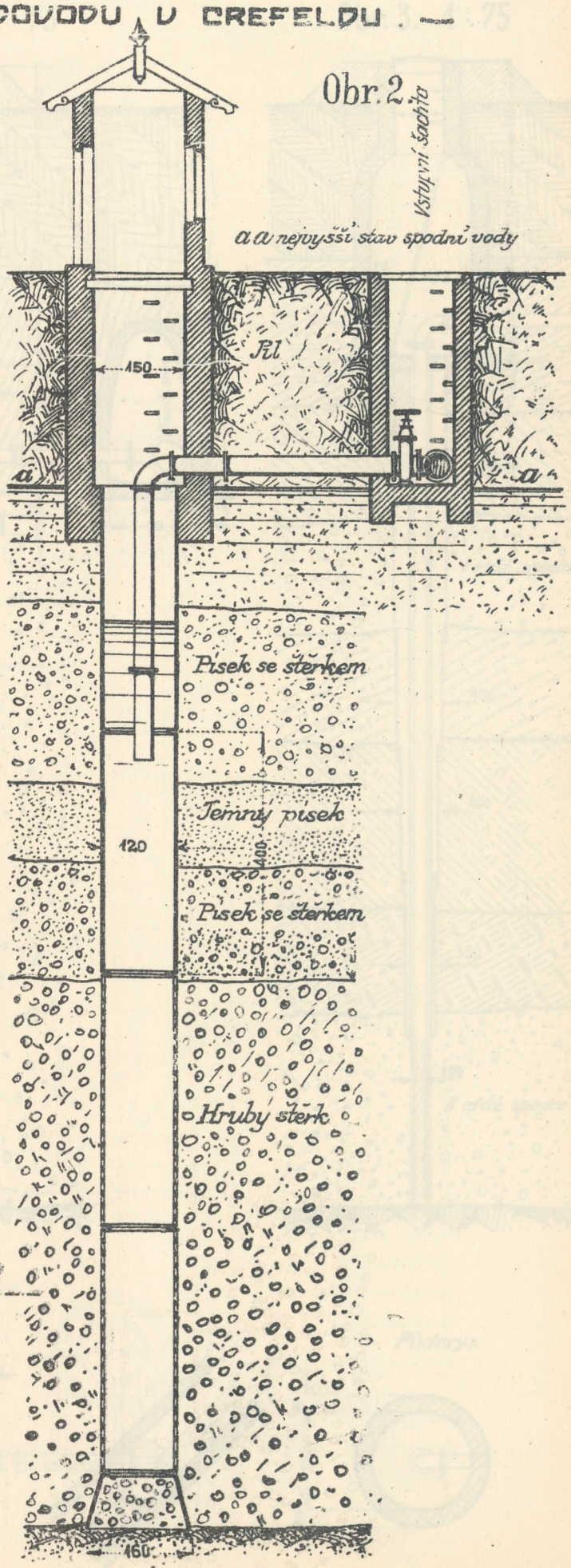
TRUBNÍ STUDNY

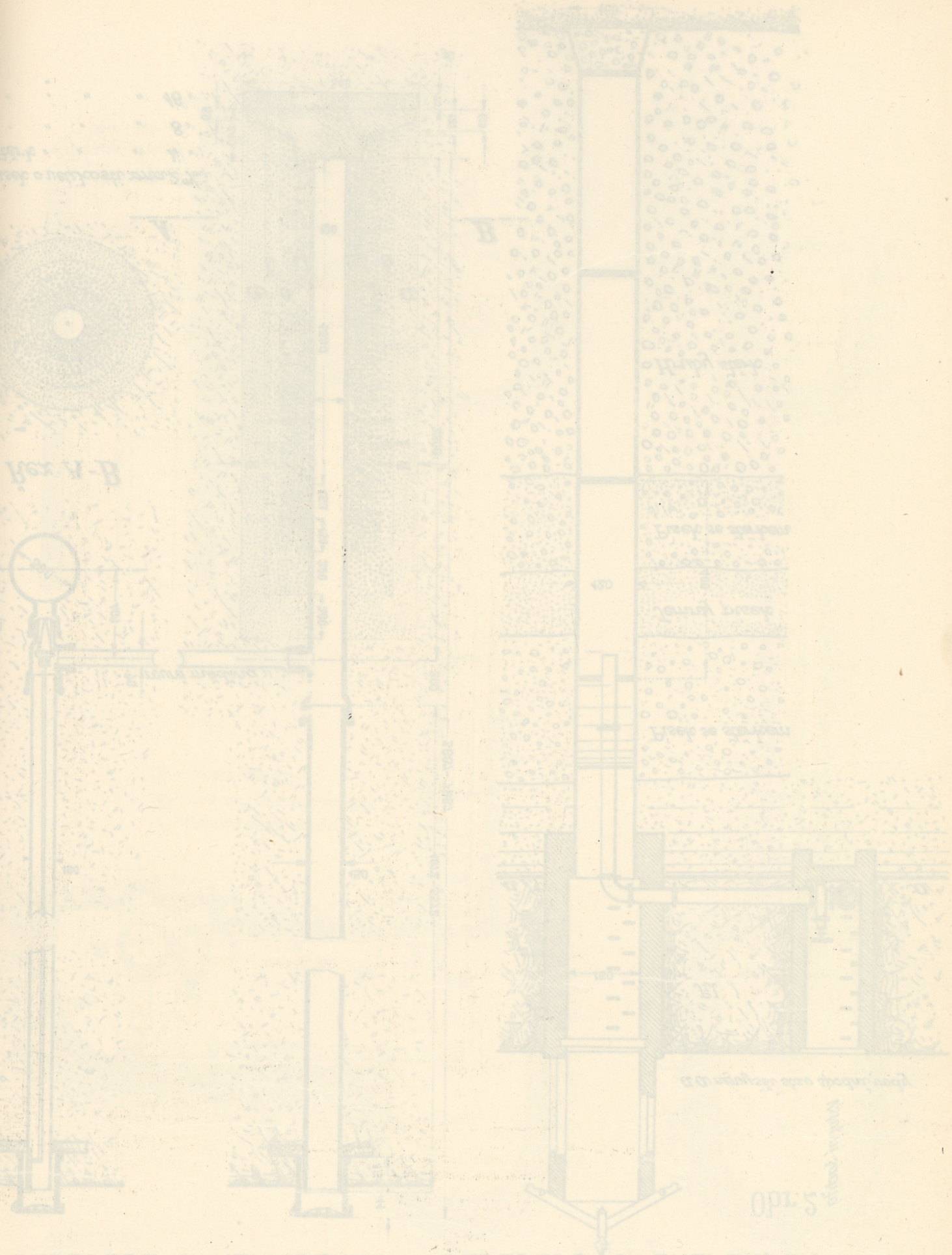
VODOVODU V NORIMBERGU — VODOVODU V CREFELDU

Obr. 1



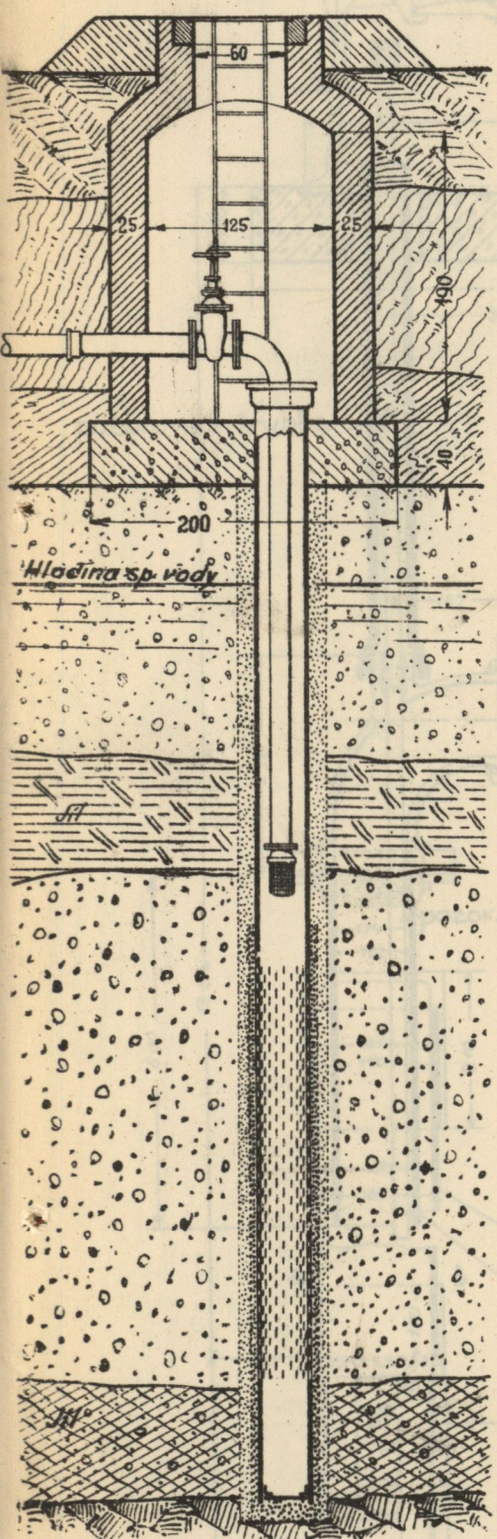
Obr. 2



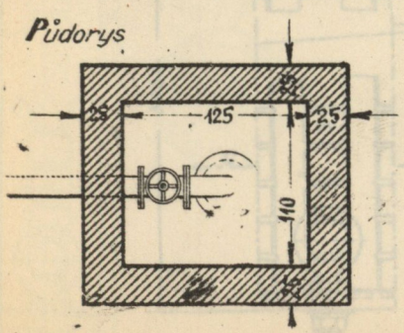


TYPY TRUBNÍCH STUDNIC.

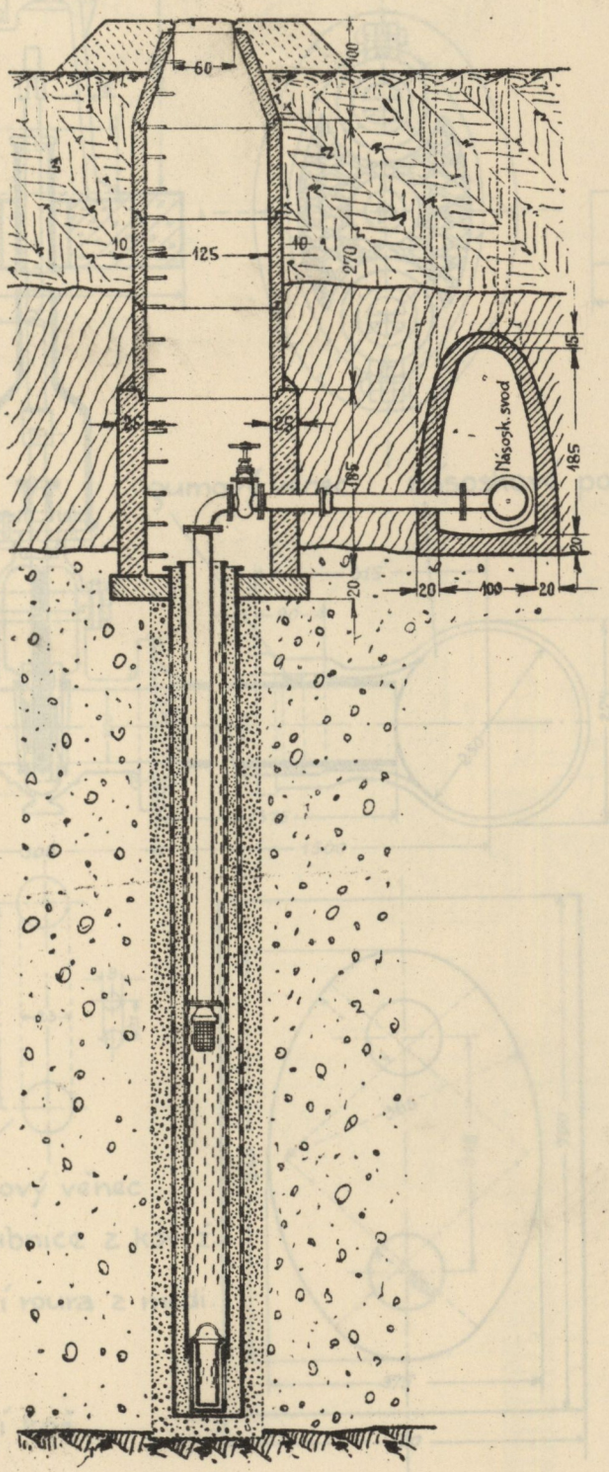
Obr. 1. 1 : 50



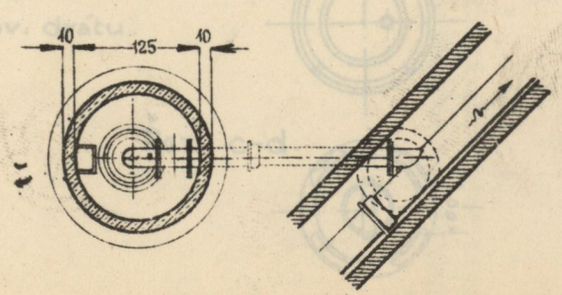
Půdorys



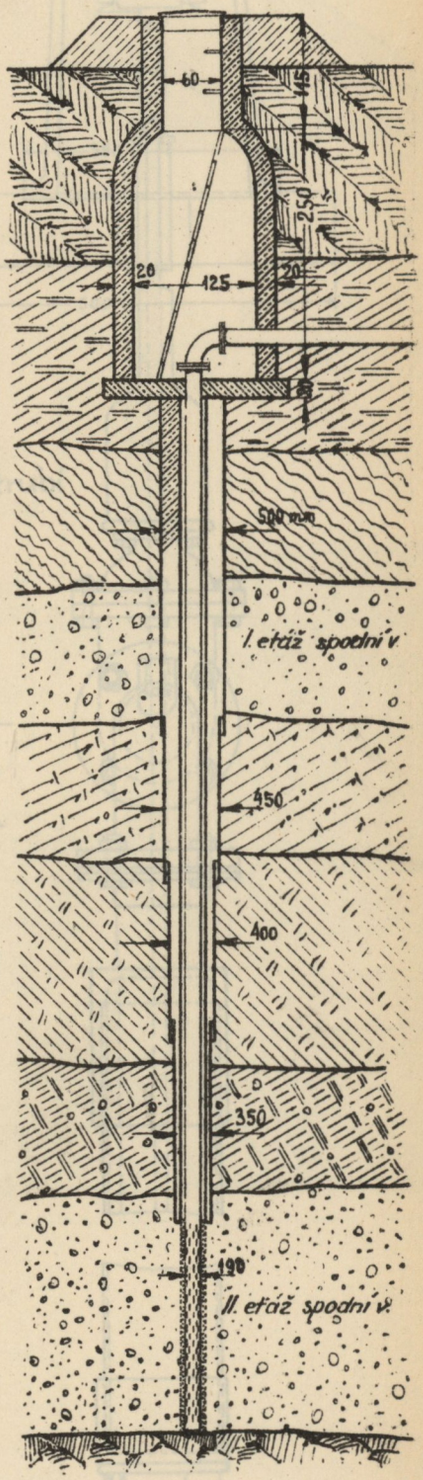
Obr. 2. 1 : 75



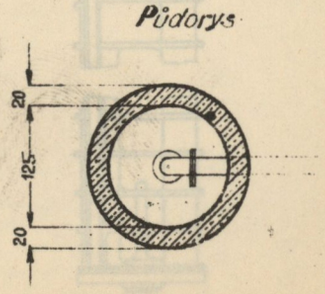
Půdorys



Obr. 3. 1 : 75



Půdorys



TYPY TRUBNÍCH STUDNIC.

Obr. 1. 1 : 50

Obr. 2. 1 : 75

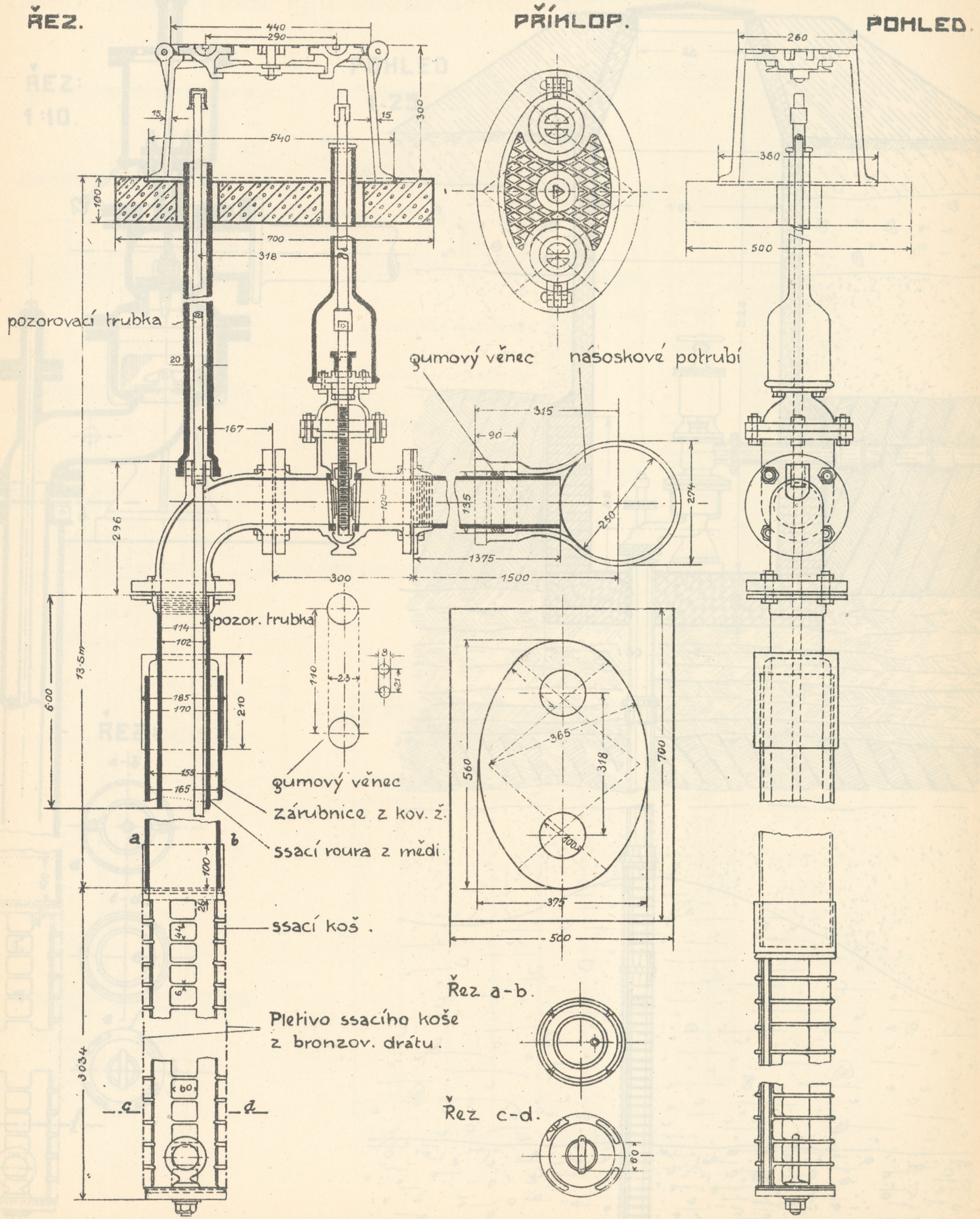
Obr. 3. 1 : 75

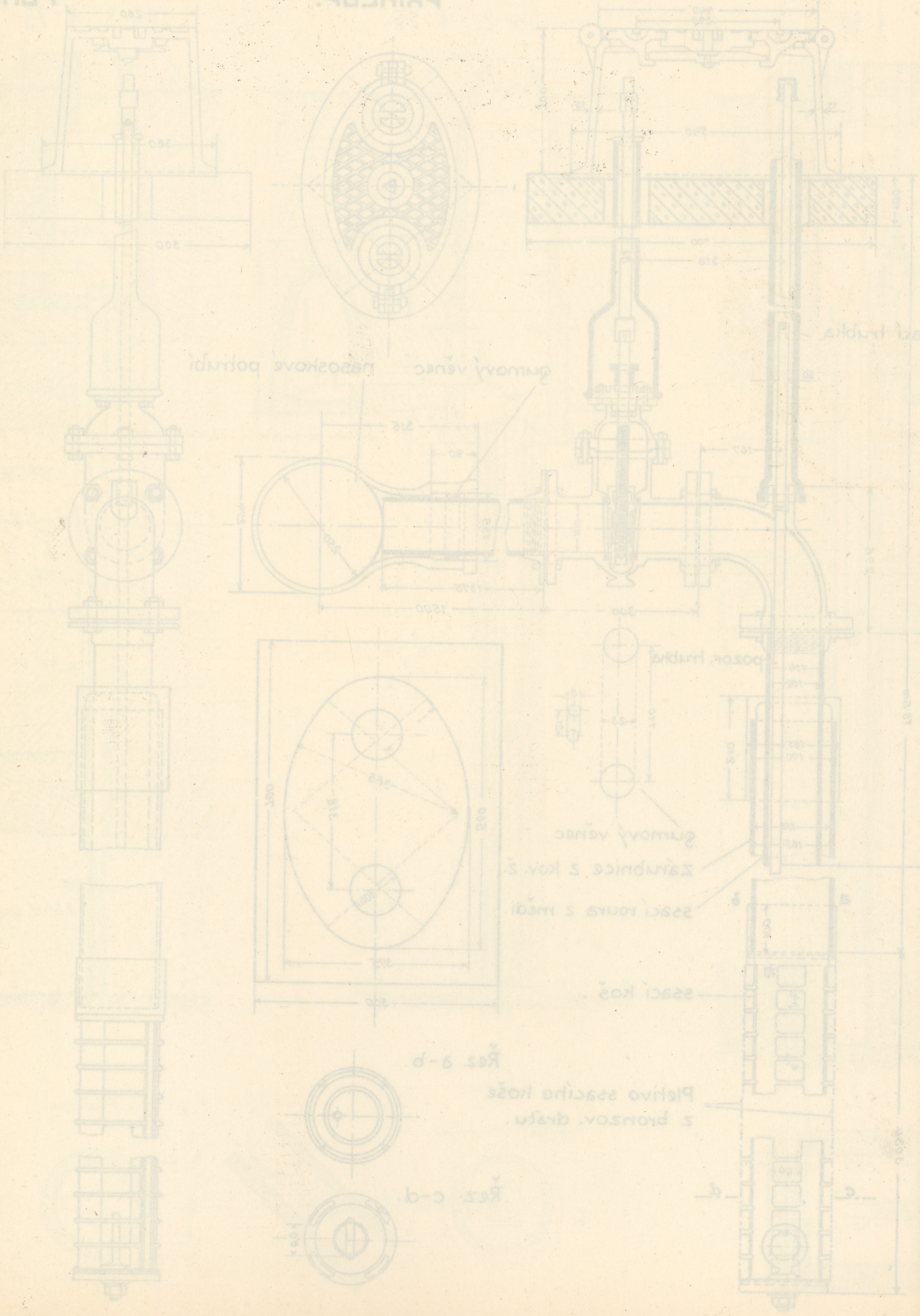
TRUBNÍ STUDNICE OD THIEMA V MOR. OSTRAVĚ.

ŘEZ.

PŘÍKLOP.

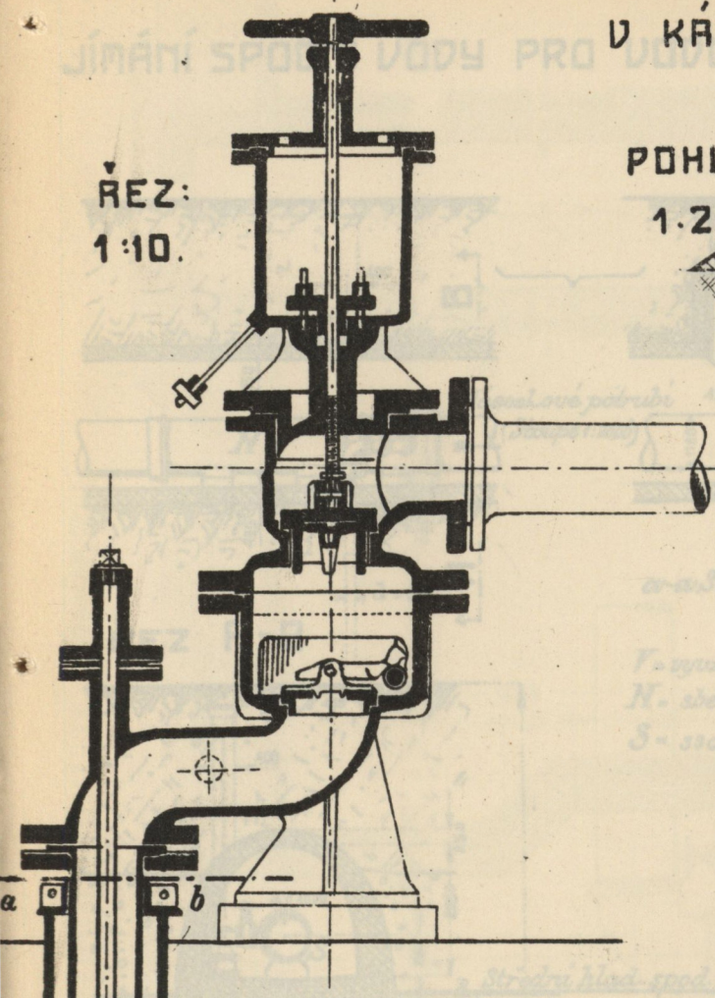
POHLED.



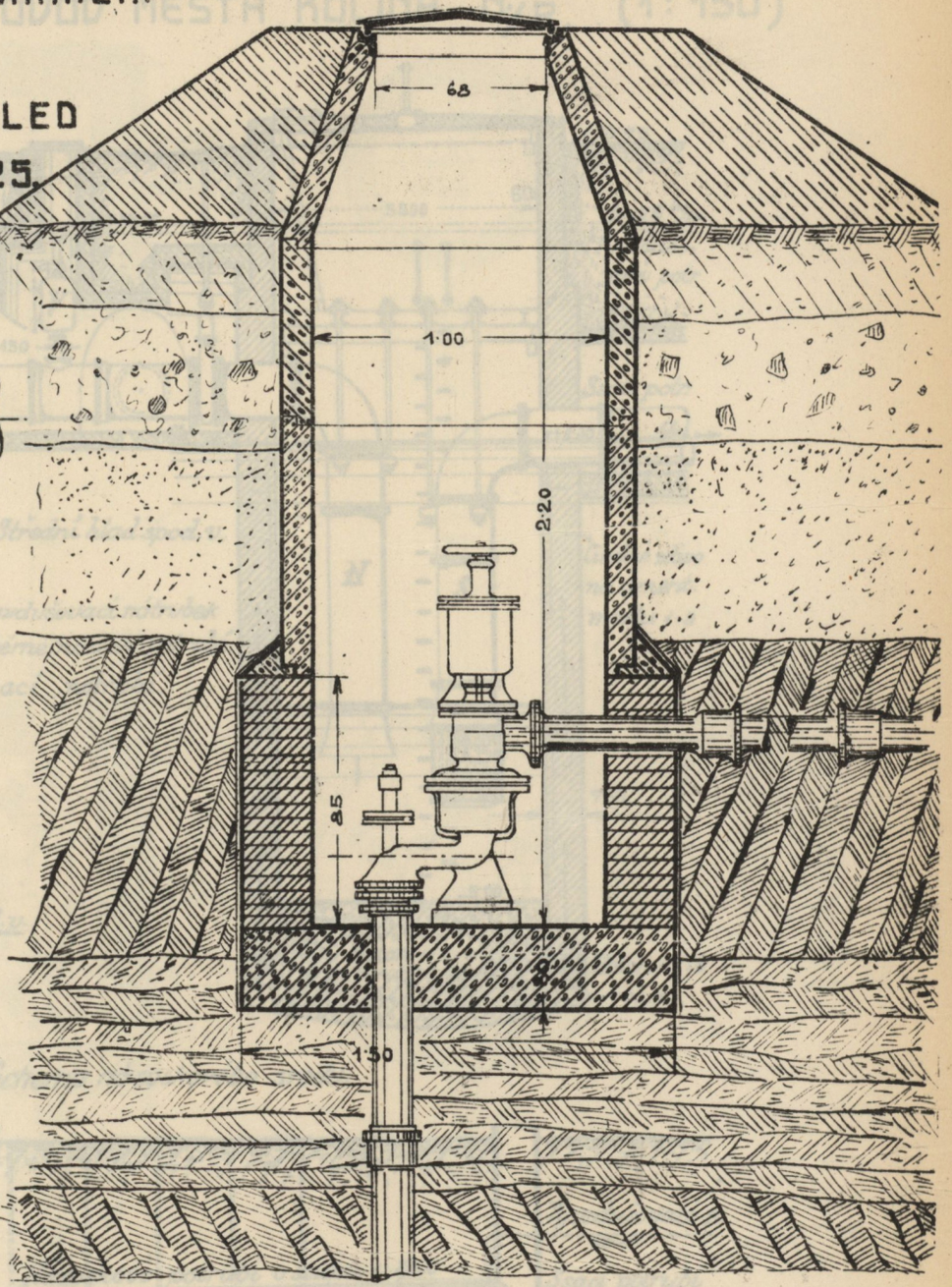


TRUBNÍ STUDNICE PRAŽSKÉHO VODOVODU V KÁRANÉM. 34

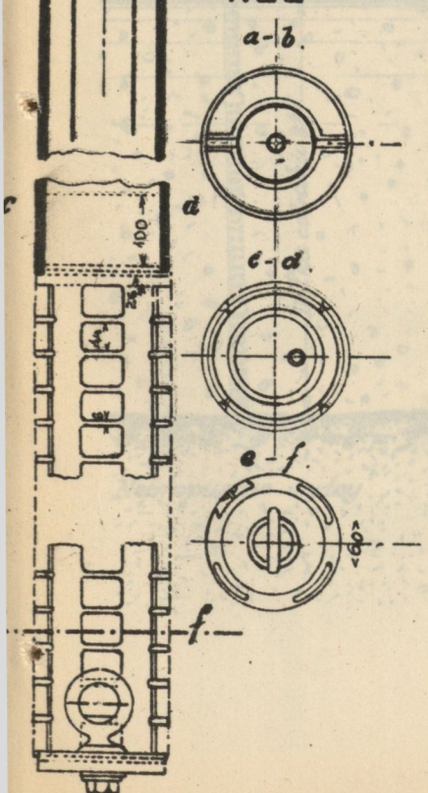
ŘEZ:
1:10.

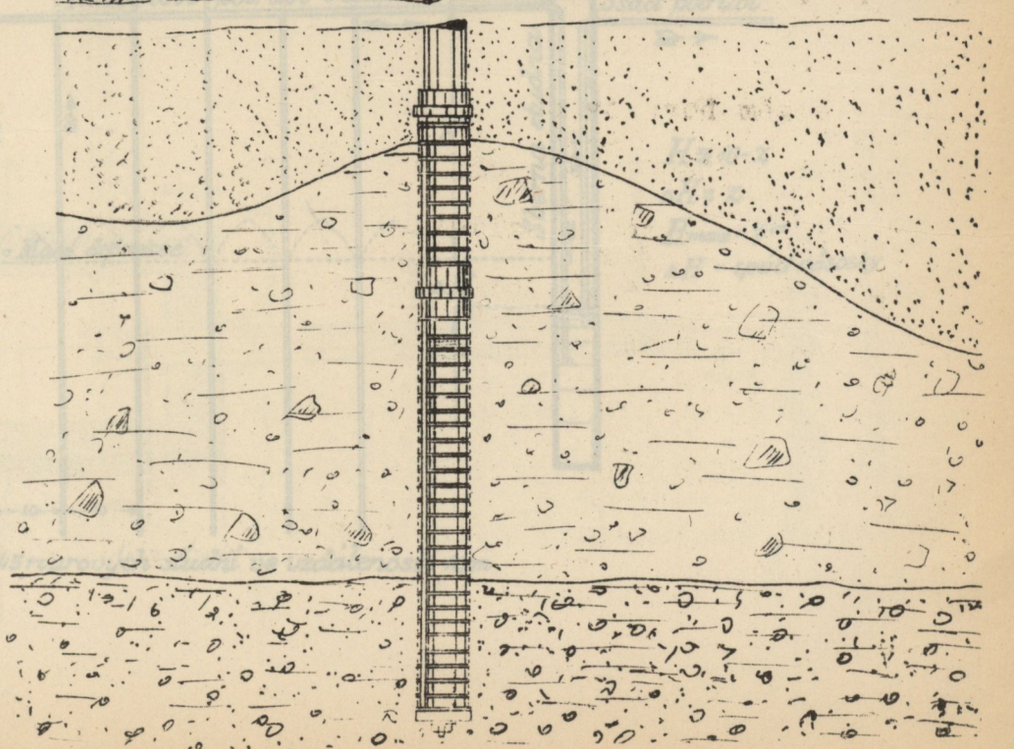


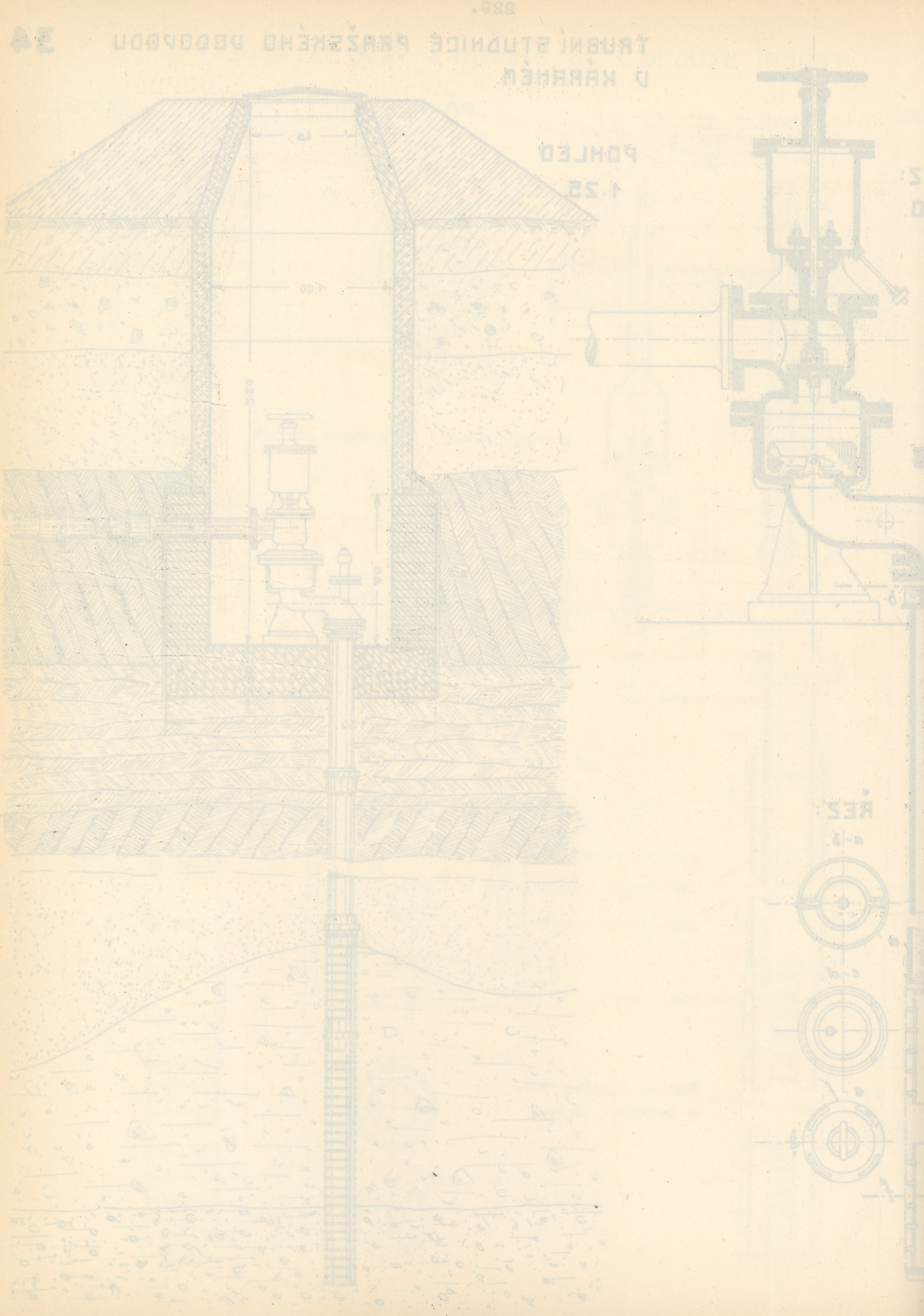
POHLED
1:25.



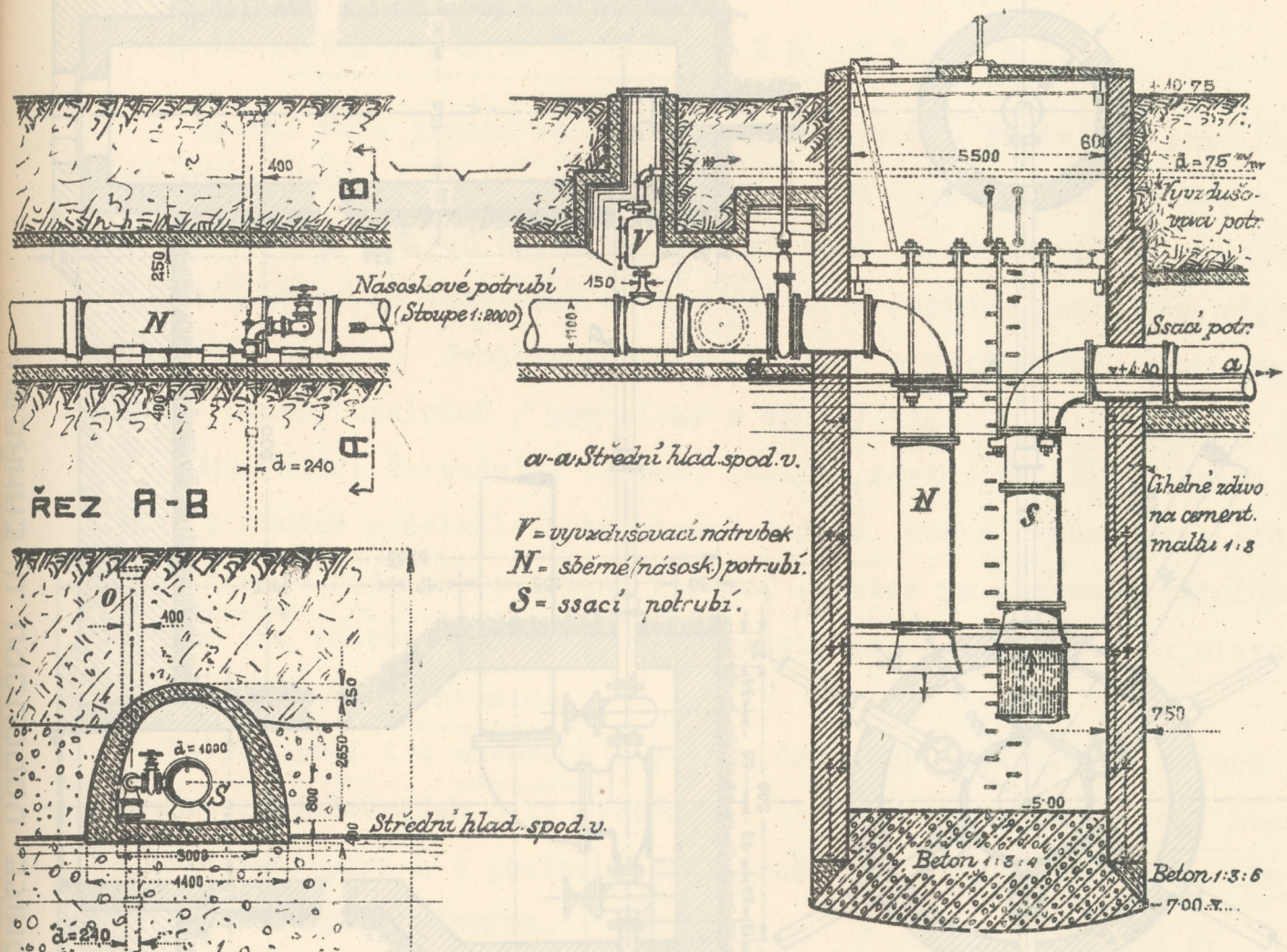
ŘEZ:
a-b.



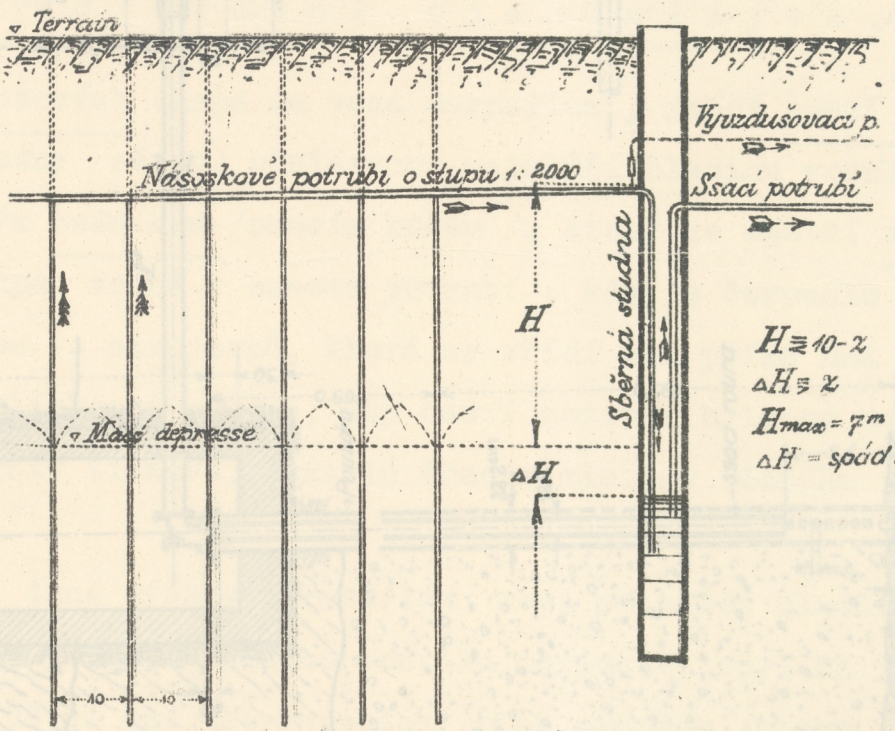




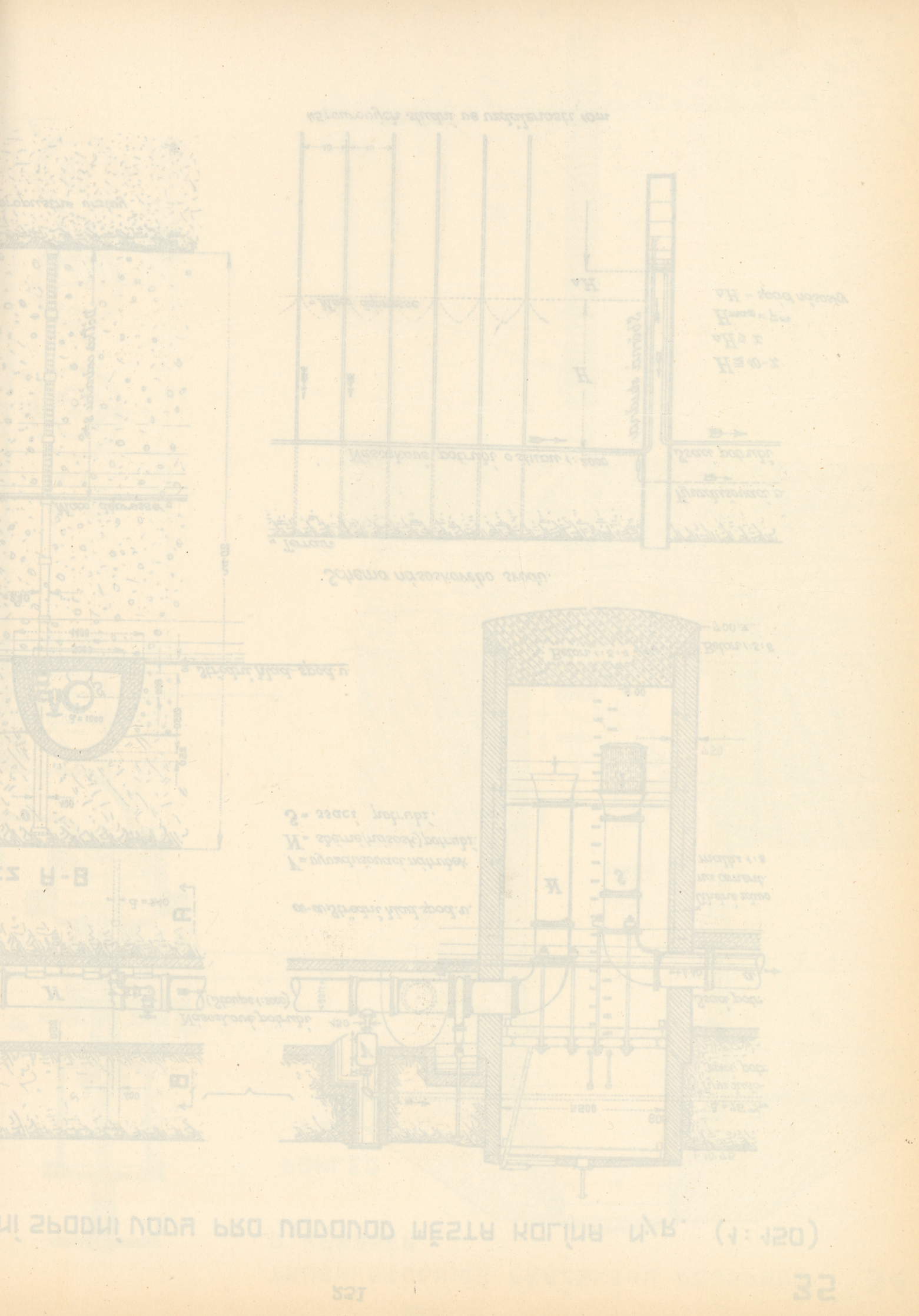
JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY PRO VODOVOD MĚSTA KOLÍNA N/R. (1:150)



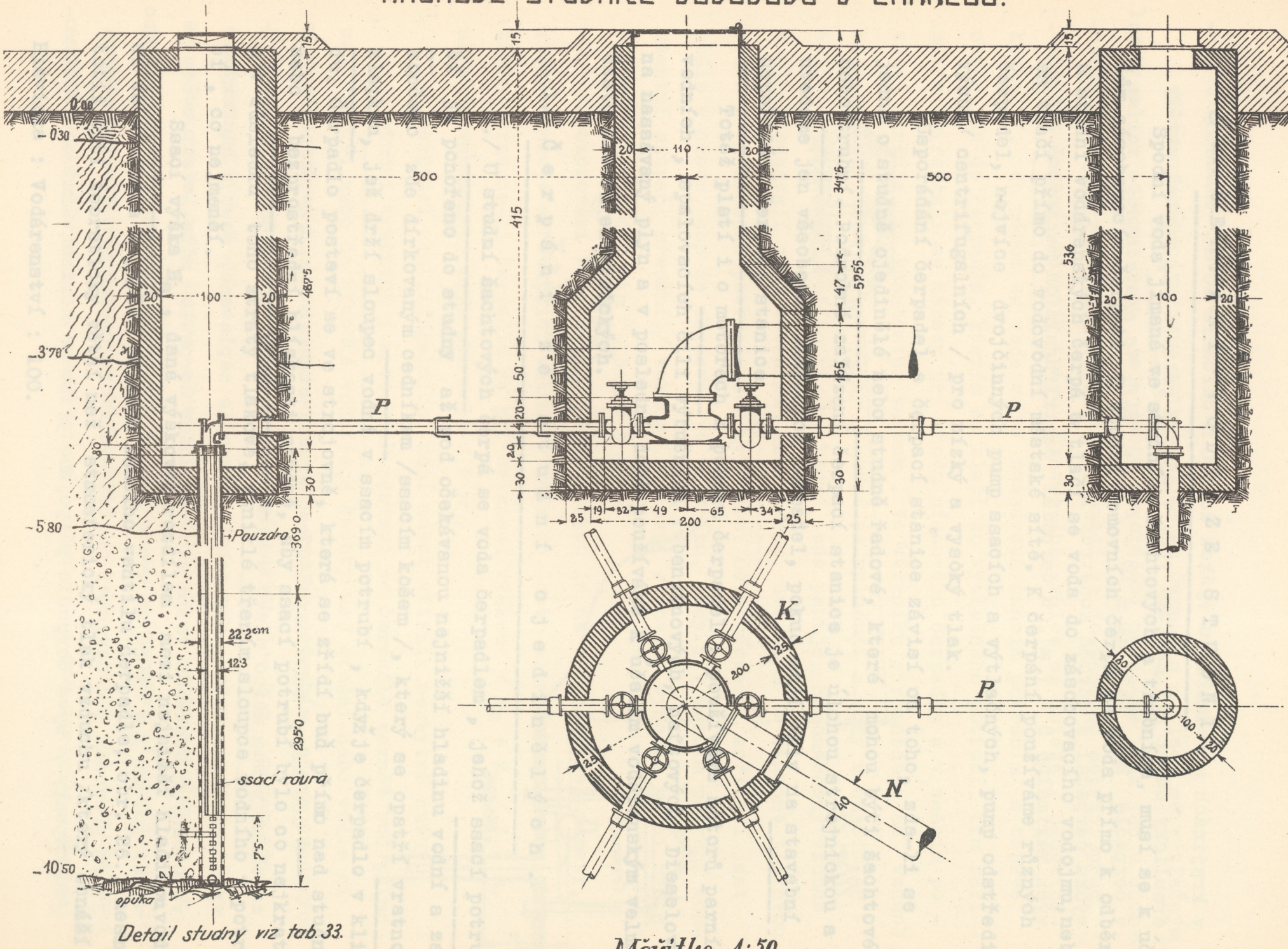
Schema násoskového svodu.



45 rourových studní ve vzdálenosti 10 m



KRUHOVÉ STUDNICE VODOVODU V ZÁHŘEBU.



Detail studny viz tab. 33.

Měřítko 1:50.

Abb. 33 bis 35. Drehbrücke über den Ems-Jade-Kanal bei Wilhelmshaven.

§ 14. ČERPÁNÍ VODY ZE STUDNÍ.

Spodní voda jímaná ve studních šachtových a trubních, musí se k účelům zásobovacím čerpati. U studní domovních čerpá se voda přímo k odběru, u studní vodárenských čerpá a tlačí se voda do zásobovacího vodojmu, nebo se tlačí přímo do vodovodní městské sítě. K čerpání používáme různých čerpadel, nejvíce dvojčinných pump ssacích a výtlačných, pump odstředivých / centrifugalních / pro nízký a vysoký tlak.

Uspořádání čerpadel a čerpací stanice závisí od toho, zda-li se jedná o studně ojedinělé nebo studně řadové, které mohou býti šachtové, nebo trubní. Podrobné zařízení čerpací stanice je úlohou strojnickou a zde uvedeme jen všeobecné disposice čerpadel, pokud mají vliv na stavební uspořádání čerpací stanice.

Totéž platí i o motorech k pohonu čerpadel ; používáme motorů parních, vodních, spalovacích čili výbušných : benzinových, naftových, Dieselových na nassávaný plyn a v poslední době používáme k účelům vodárenským velmi často motorů elektrických.

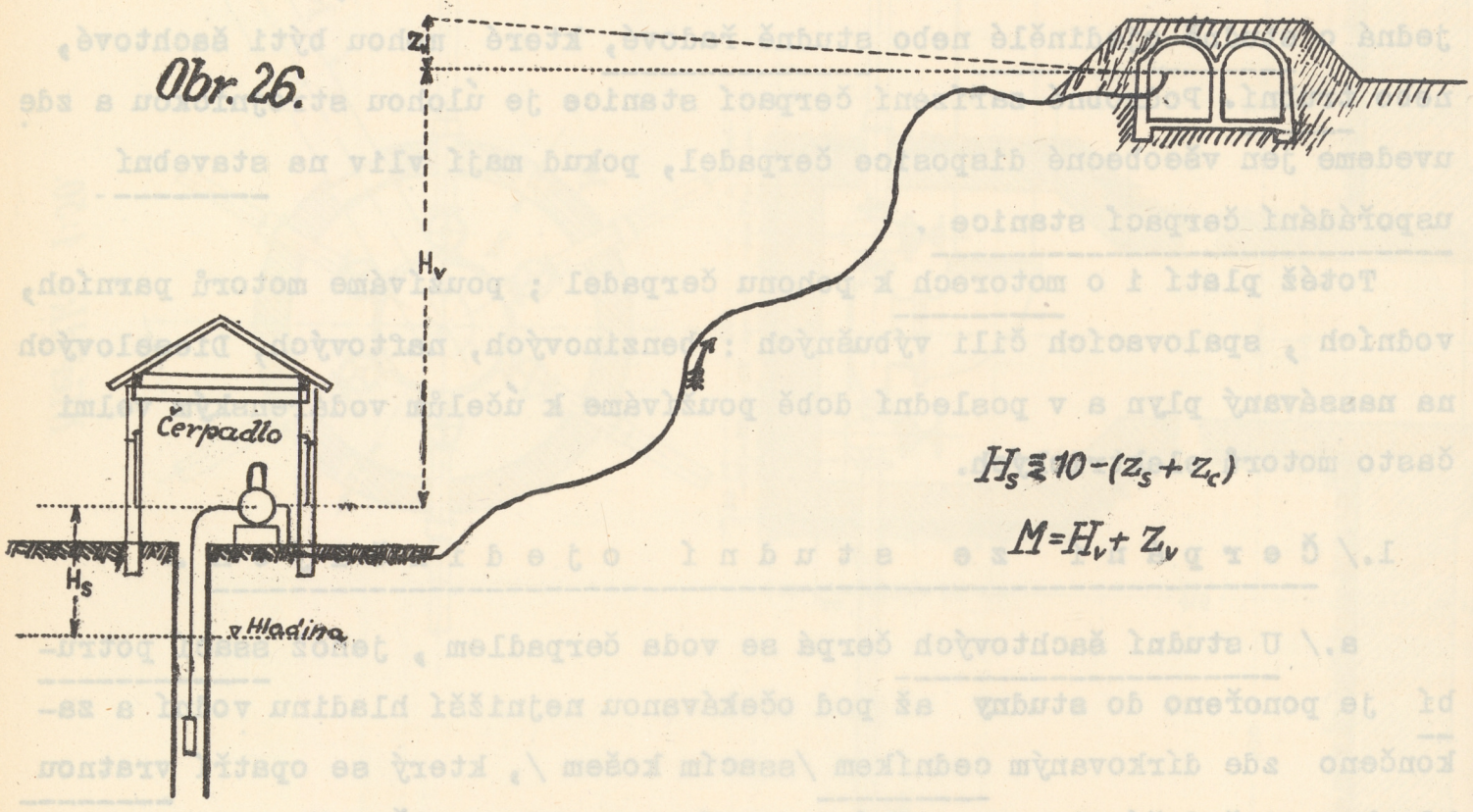
1./ Čerpání ze studní ojedinělých.

a./ U studní šachtových čerpá se voda čerpadlem, jehož ssací potrubí je ponořeno do studny až pod očekávanou nejnižší hladinu vodní a zakončeno zde dírkovaným cedníkem /ssacím košem /, který se opatří vratnou klapkou, jež drží sloupec vodní v ssacím potrubí, když je čerpadlo v klidu. Čerpadlo postaví se ve strojovně, která se zřídí buď přímo nad studní nebo v bezprostřední blízkosti studně, aby ssací potrubí bylo co nejkratší a v důsledku toho ztráty tlakové, vzniklé třením sloupce vodního v potrubí, co nejmenší.

Ssací výška H_s, daná výškovým rozdílem mezi nejnižší hladinou vodní ve studni a nejvyšší polohou ssacího ventilu čerpadla, obr. 26., nesmí totiž býti teoreticky větší než atmosferický tlak vzduchu /který obnáší

v krajinách s nadmořskou výškou do 500 m okrouhle 10 m / zmenšený o hydraulický odpor při průtoku vody v ssacím potrubí Z_s včetně ztráty v čerpadle Z_c , tedy $H_s = 10 - / Z_s + Z_c /$. Ve skutečnosti volíme ssací výšku čerpadel z důvodů konstruktivních značně menší ; u čerpadel pístových maximálně 5 - 7 m , u čerpadel centrifugalních maximálně 3 - 5 m .

Obr. 26.



V důsledku toho uspořádáme čerpací stanici tak, aby čerpadla byla založena pokud možno nízko a sice buď na lešení ve studni samé nad nejvyšší hladinou vodní, aby nebylo čerpadlo zaplaveno, nebo v hlubokých vodotěsných šachtách vedle studně. Motor čerpadla může ležeti ovšem ve vyšší poloze , z které se uvede čerpadlo v pohyb řemenicí, váhadlem nebo jiným převodem ; u čerpadel centrifugalních, poháněných elektromotorem /turbopumpy / bývá čerpadlo připojeno přímo na horizontální osu elektro-

motoru. /Viz tab. 27. str.215. /

Voda nassávaná ssacím potrubím jde do čerpadla a tlačí se výtlačným potrubím k odběru. Toto jednoduché uspořádání nalézáme však jen u domovních studní. U vodárenských zařízení osadí se do ssacího potrubí před čerpadlo ssací větrník tvaru uzavřeného válce ze železa / Saugwindkessel /, do něhož se vede voda nassávaná ssacím potrubím a teprve odtud jde do čerpadla, kterým se tlačí do výtlačného potrubí. Tím zařízením vyrovnají se nárazy při chodu pístového čerpadla a v ssacím potrubí udržuje se konstantní vakuum . Ve větrníku shromažďuje se vzduch, kyselina uhličitá a jiné plyny , které se vylučují z vody v ssacím potrubí v důsledku menšího tlaku, který zde panuje. Shromážděný vzduch a plyny odsávají se z větrníku injektorem, uváděným v činnost tlakovou vodou z výtlačného potrubí nebo vývěvou. Odvzdušovací zařízení jest stále v chodu, aby se udržoval ve větrníku, tedy i v ssacím potrubí konstantní stupeň zředění / Vakuum/ , který odpovídá výhodné ssací výšce čerpadla 0.3 - 0.5 atm = 3 - 5 m .

K pozorování této ssací výšky osazen je na větrníku vakumometr, který ukazuje na stupnici vakuum v metrech nebo zlomcích atmosferického tlaku. Pracuje-li čerpadlo na př. se ssací výškou / $H_s \div Z_s$ / 3.5 m, ukazuje vakumometr 0.35 atm nebo 3.5 m .

U čerpadel centrifugalních není ssací větrník nezbytně nutný.

U studní trubních i arteských postaví se čerpadlo rovněž buď přímo nad studní, nebo do hluboké vodotěsné šachty nad studní nebo vedle ni a sice v takové hloubce, aby se dosáhlo ssacím potrubím shora uvedených hranic maximální ssací výšky čerpadel pístových 5 - 7 m , u čerpadel centrifugalních 3 - 5 .

Takové hluboké šachty zdražují však stavbu a proto se užívá k čerpání z hlubokých trubních studnic specielních čerpadel pístových, u nichž je čerpací souprava ponořena do pouzdra studnice a sice do hloubky nad nejvyšší hladinu vodní a ssací potrubí spustí se pod maximální depresi

při čerpání. Čerpadlo uvede se v činnost dlouhým táhlem čerpacího kozlíku, postaveného nad studnicí se soukolím, jež se pohybuje ručně nebo nějakým motorem. Od pístového válce jde výstupná trubice, do které se tlačí voda a dopravuje k povrchu . Tab . 37. str.239.

Vedle čerpadel pístových používá se pro hluboké studnice též speciálních čerpadel centrifugalních s vertikální osou , jež se spustí do studnice nad nejvyšší hladinu vodní a uvádí v pohyb elektromotorem, postaveným nad studnicí. Z velmi hlubokých studnic čerpá se voda komprimovaným vzduchem /Mamut - pumpy /. Bližší popis těchto čerpadel je věcí strojnickou.

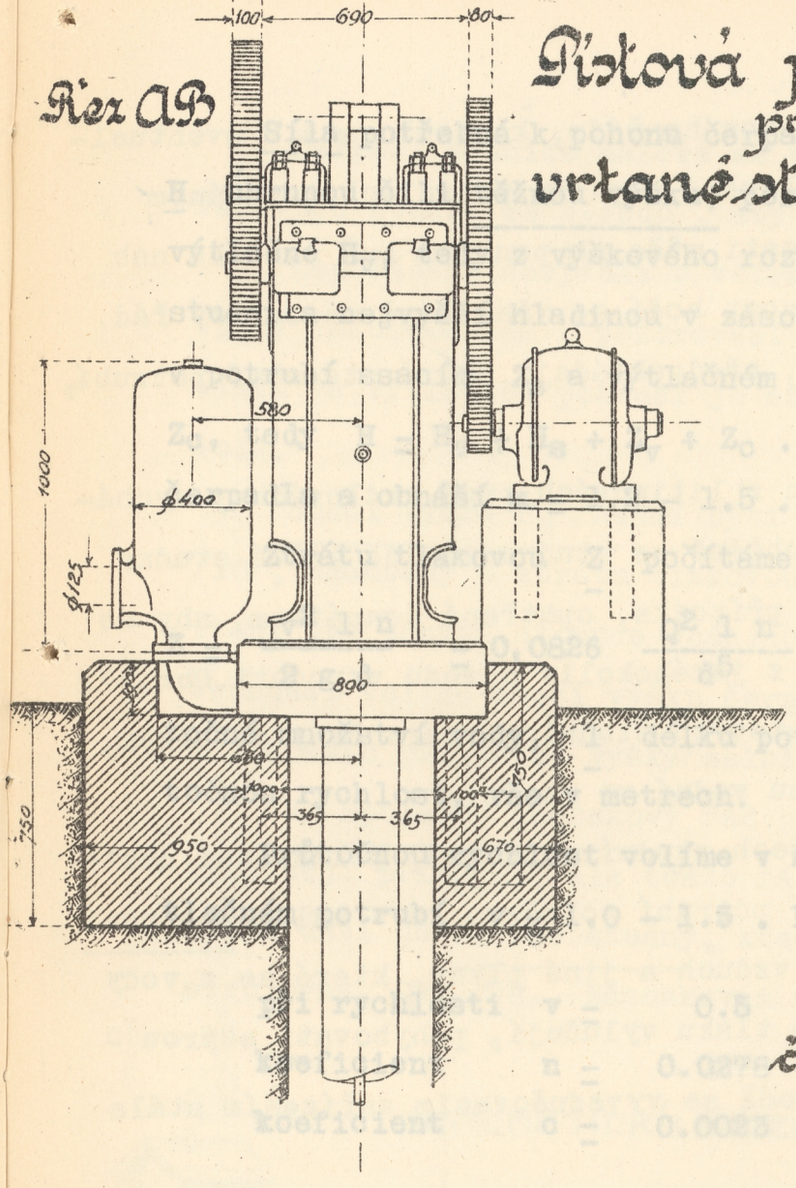
Výtlačné potrubí. Voda tlačí se čerpadlem do výtlačného potrubí a dopravuje do zásobovacího vodojmu. Jako u ssacího potrubí vkládá se z těchže důvodů též do výtlačného potrubí ihned za čerpadlem větrník výtlačný /Druckwindkessel/, kterým se tlumí nárazy při taktovém chodu pístového čerpadla a vyrovná tlak ve výtlačném potrubí. Výtlačný řád jde od čerpadla k zásobovacímu vodojmu pokud možno v přímce, bez ostrých ohybů a ve stálém stoupání až k vodojmu. Oba větrníky, ssací a výtlačný mohou se z důvodů úsporných spojiti do jednoho válce, rozděleného ve dva uzavřené díly, z nichž dolní slouží jako ssací , horní jako výtlačný větrník.

Výtlačná výška jest výškový rozdíl mezi nejnižší polohou tlačného ventilu čerpadla a nejvyšší polohou hladiny vodní v zásobovacím vodojmu, nebo výtokem vody z výtlačného potrubí. K této t.zv. dopravní výšce H_v, musí se však připočísti ztráta tlaková Z_v , totiž hydraulický odpor, vzniklý třením sloupce vodního při pohybu ve výtlačném potrubí. Tento odpor je závislý na délce a průměru výtlačného potrubí a na rychlosti, kterou se voda pohybuje. Oboje ; dopravní výška a ztráta tlaku činí t. zv. manometrickou výšku tlakovou $Mv = H_v + Z_v$, poněvadž ji ukazuje manometr, osazený na tlakovém větrníku.

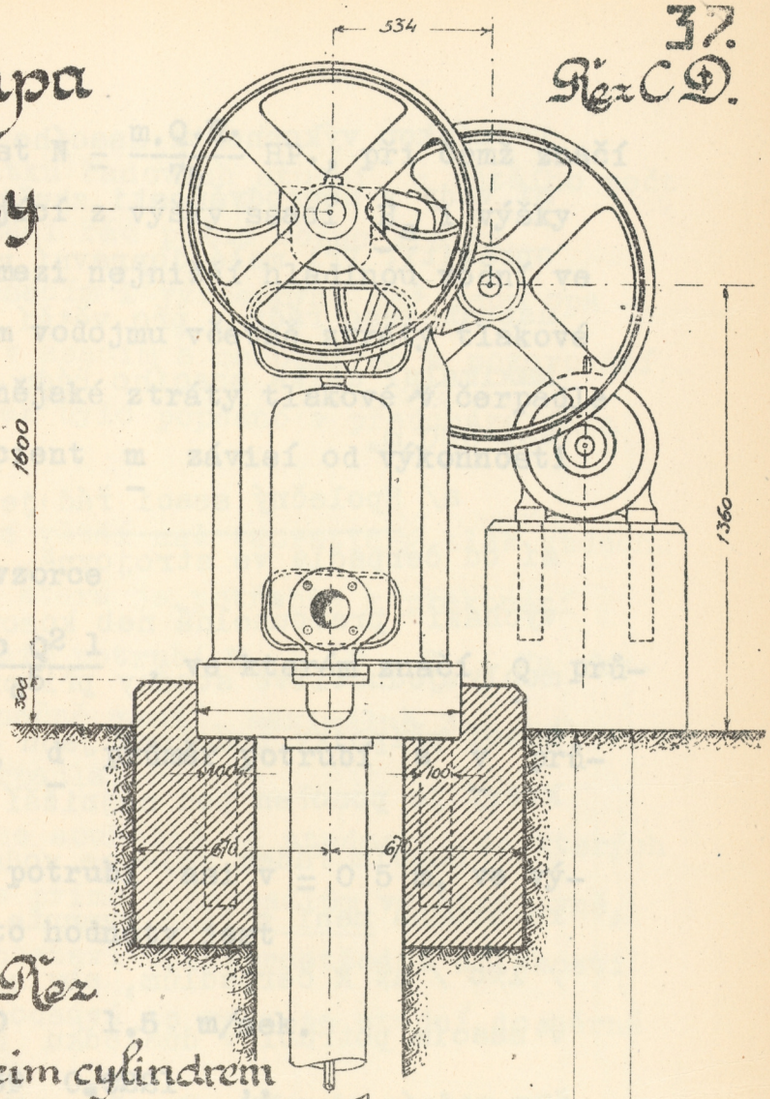
37.

Pístová pumpa pro vrtané studny

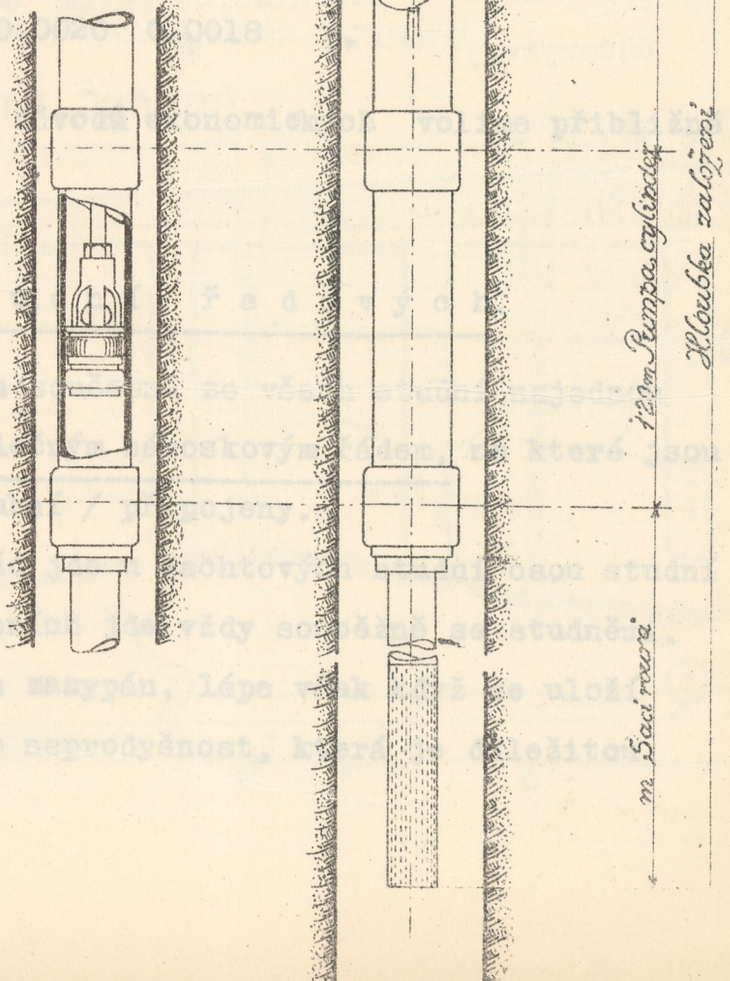
Řez AB



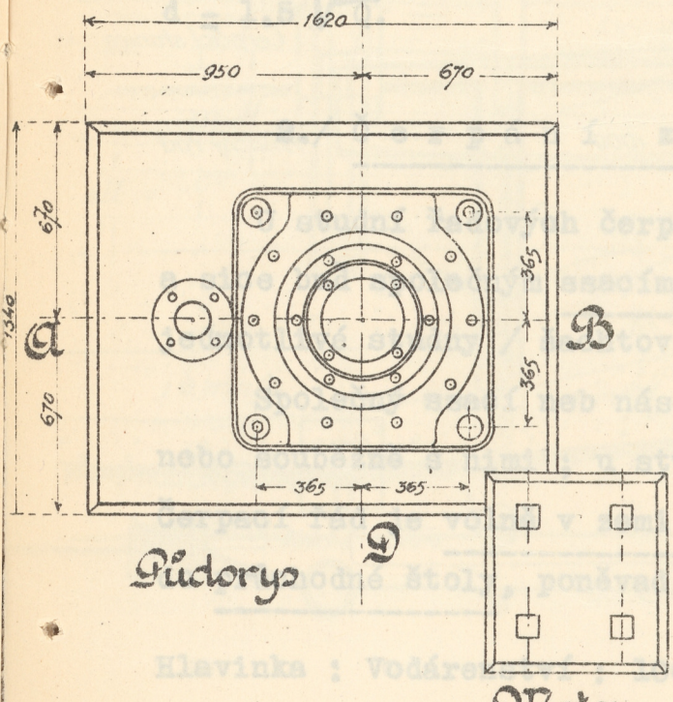
Řez CD.



Řez čerpacím cylindrem

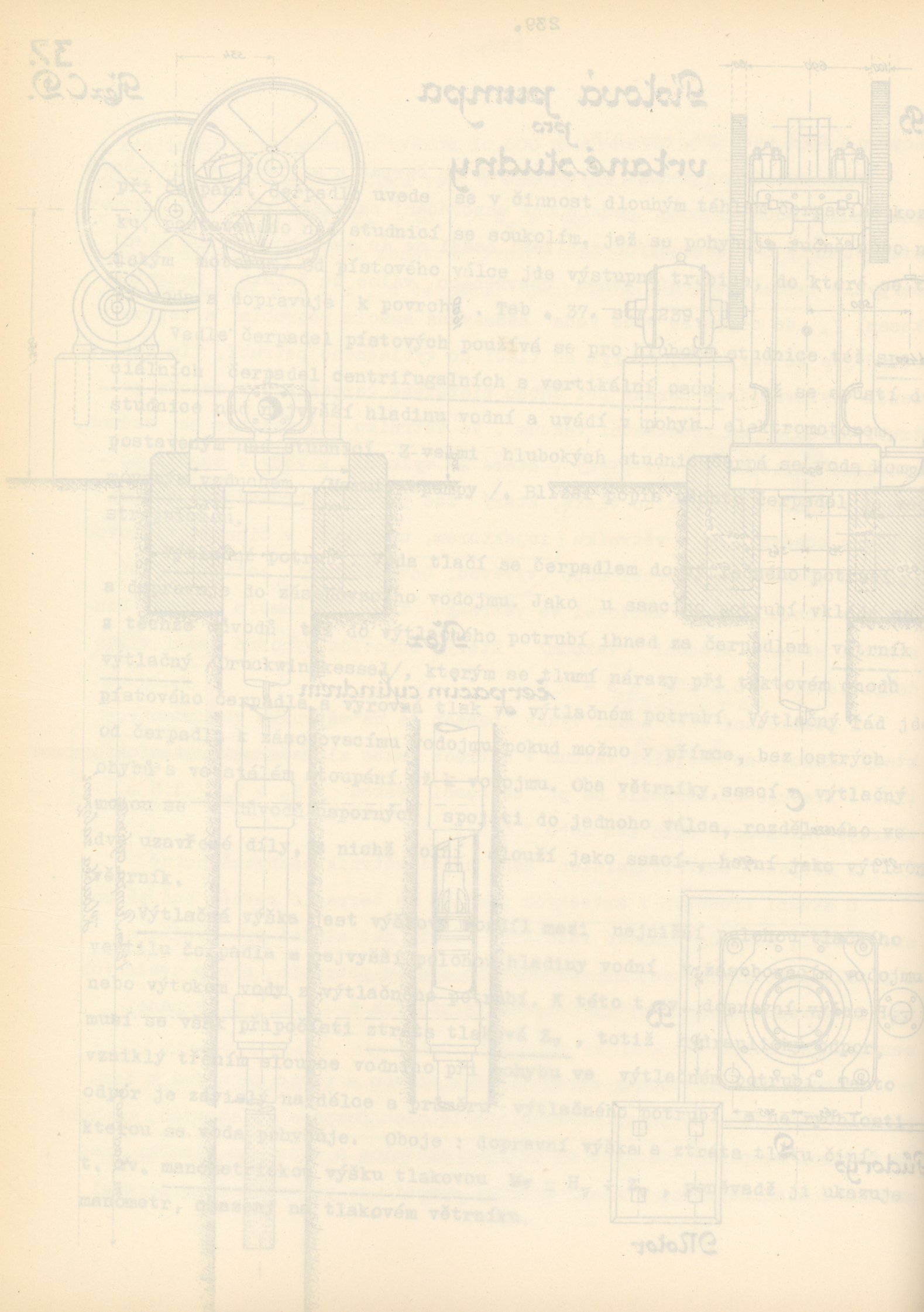


C



Půdorys

Motor



Síla potřebná k pohonu čerpadla jest $N = \frac{m.Q.H.}{75}$ HP., při čemž značí H úhrnnou čili těžnou výšku, pozůstávající z výšky ssací H_s i výšky výtlačné H_v, tedy z výškového rozdílu mezi nejnižší hladinou vodní ve studni a nejvyšší hladinou v zásobovacím vodojmu včetně ztráty tlakové v potrubí ssacím Z_s a výtlačném Z_v a nějaké ztráty tlakové v čerpadle Z_c, tedy $H = H_v + H_s + Z_v + Z_c$. Koeficient m závisí od výkonnosti čerpadla a obnáší $m = 1.2 - 1.5$.

Ztrátu tlakovou Z počítáme dle vzorce

$$Z = \frac{v^2 \, l \, n}{2 \, g \, d} = 0{,}0826 \, \frac{Q^2 \, l \, n}{d^5} = \frac{c \, Q^2 \, l}{d^5}$$, ve kterém značí Q prů-

točné množství vody, l délku potrubí , d průměr potrubí a v průtočnou rychlost, vše v metrech.

Průtočnou rychlost volíme v ssacím potrubí asi v = 0 5 m, ve výtlačném potrubí $v = 1{,}0 - 1.5$. Pro tyto hodnoty jest

při rychlosti	v =	0.5	1.0	1.5	m/sek.
koeficient	n =	0.0278	0.0239	0.0221	,,
koeficient	c =	0.0023	0.0020	0.0018	,,

Dle toho určí se průměr potrubí . Z důvodů ekonomických volíme přibližně $d = 1.5 \sqrt{Q}$.

2./ Čerpání ze studní řadových.

U studní řadových čerpá se voda scučasně ze všech studní najednou a sice buď společným ssacím neb společným násoskovým řádem, na které jsou jednotlivé studny / šachtové neb trubní / připojeny.

Společný ssací neb násoskový řád jde u šachtových studní osou studní nebo souběžně s nimi ; u studní trubních jde vždy souběžně se studněmi. Čerpací řád je volně v zemi uložen a zasypán, lépe však když se uloží do průchodné štoly, poněvadž se může neprodyšnost, která je důležitou

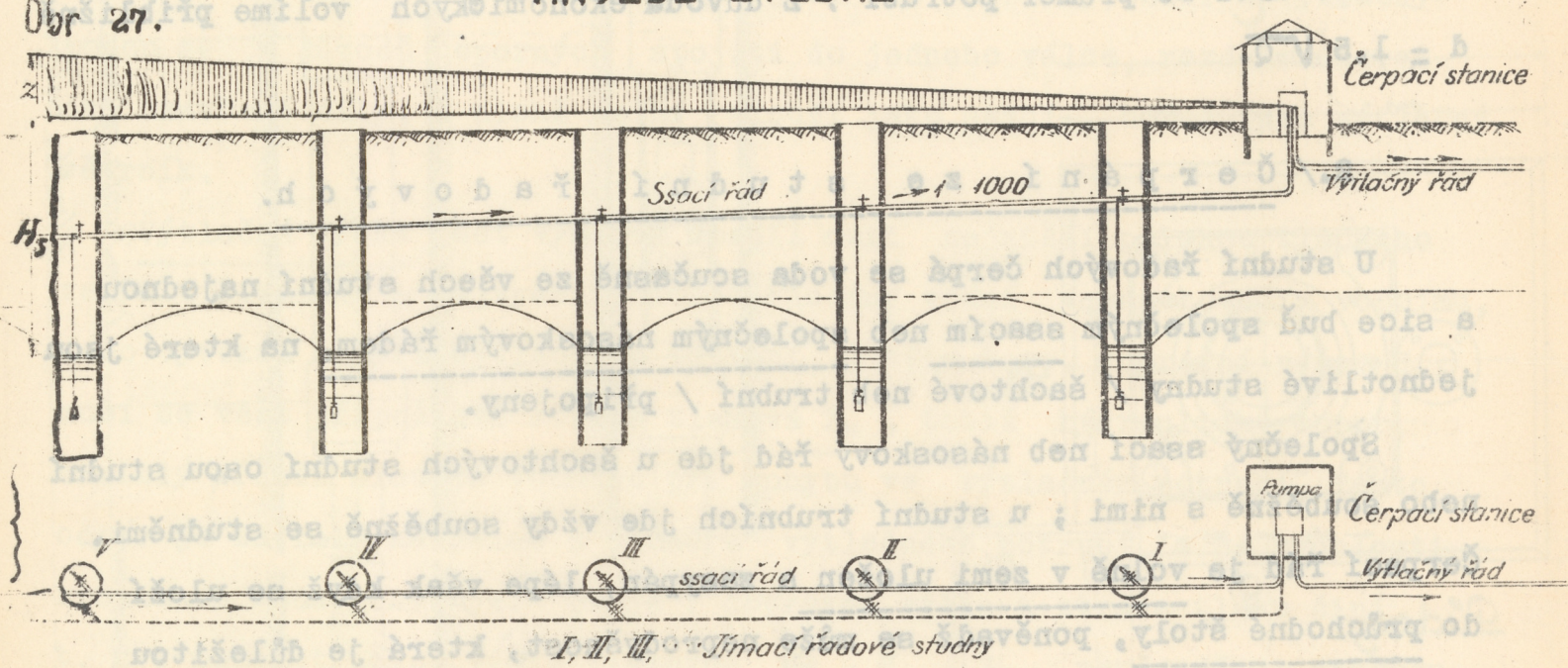
podmínkou výkonnosti ssacího i násoskového řádu, kontrolovati a eventuelní vady v neprodyšnosti zhuštěním olověné ucpávky v hrdlech temováním opraviti. Při malé dopravní vzdálenosti může se použíti buď ssacího neb násoskového řádu ; pro větší vzdálenost hodí se však lépe násoskový řád. Maximální délka ssacího řádu obnáší, předpokládaje dobré utěsnění potrubí, asi 500 m.

a/ Společný ssací řád je složen z litinových trub hrdlových ; vychází od čerpadla ve strojovně, jde souběžně se studnami a do každé studny vychází pravoúhelná neb kosoúhelná přípojka, opatřená šoupátkem, aby se mohly jednotlivé studny při provozu z jakéhokoliv důvodu vypnouti. Obr. 27. Ssací přípojky ponořeny jsou do šachtových studnic a zakončeny cedníkem, který je ponořen pod nejnižší hladinu vodní ve studni.

Ssacím řádem saje se voda ze všech studní najednou, pokud snad některá studna není z řádu vypnuta. Ssací potrubí položeno je v malém stoupání / 1‰ / až k čerpadlům, aby se mohl vzduch a jiné plyny, které se z vody v ssacím potrubí v důsledku menšího tlaku vylučují, pohybovati s proudem vodním k větrníku čerpadla, odkudž se vyvzdušovacím zařízením stále odčerpávají

ŘADOVÉ STUDNY.

Obr 27.



I, II, III, ... Jímací řadové studny

Čerpací stanice nalézá se na počátku řadových studní, u většího počt řadových studní ve středu , aby byl ssací řád pokud možno krátký.

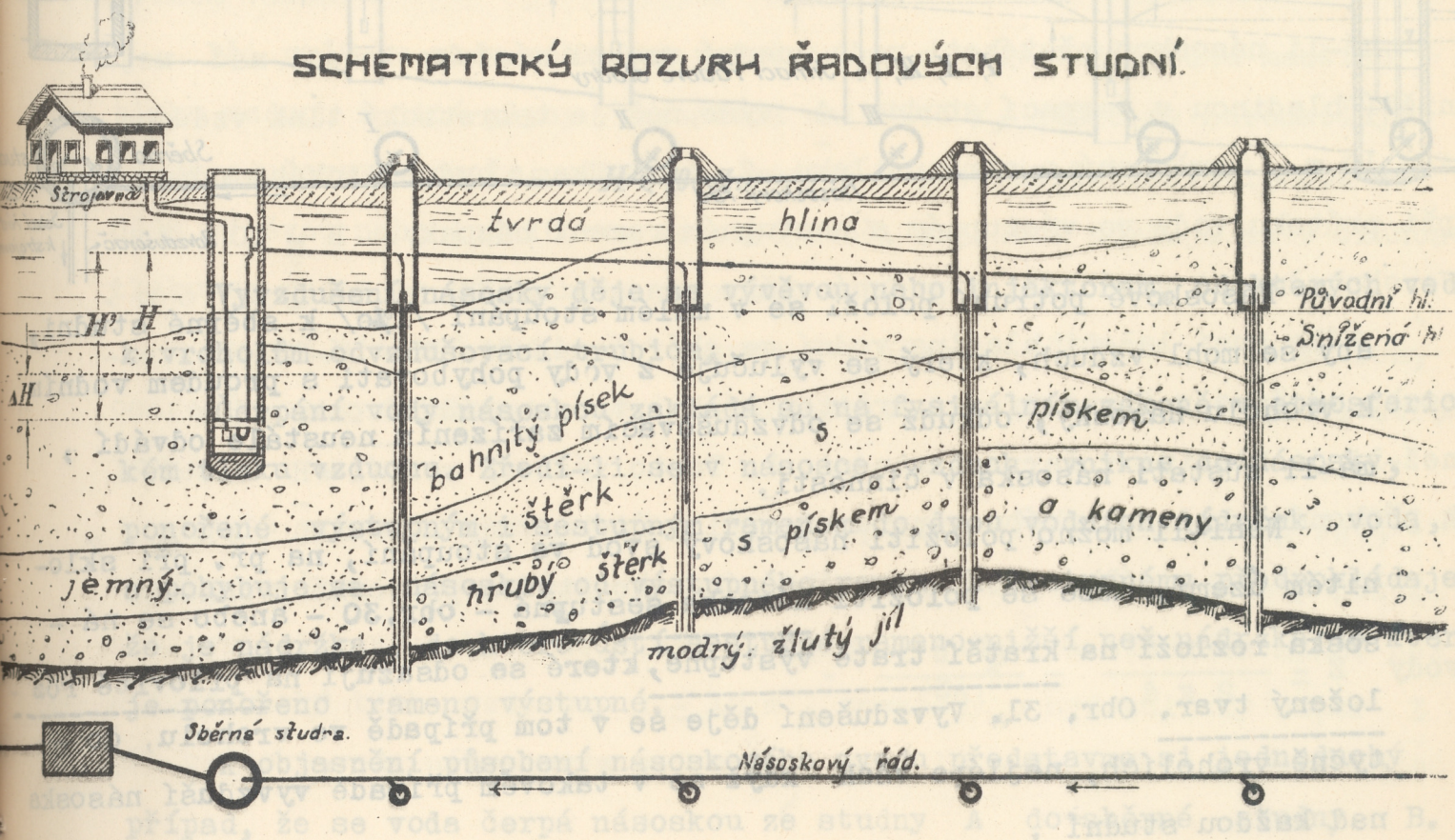
Uspořádání čerpadla s větrníkem ssacím i výtlačným, jež jsou opatřeny vakumometrem k pozorování vakua v ssacím a manometrem k pozorování tlaku ve výtlačném potrubí je stejné,jak bylo popsáno v předcházejícím bodě.

Ssací výška H_s nesmí býti ani zde větší než teoretický tlak vzduchu /10/, zmenšený o ztrátu tlakovou Z_s , která je potřebna k překonání tření při pohybu sloupce vodního v ssacím potrubí $H_s \leq 10 - Z_s$. Ve skutečnosti volíme ssací výšku čerpadel značně menší, maximálně 3 - 5 m a dle této přípustné výšky založíme čerpadla.

b/ Společný násoskový řád položí se souběžně se studnami, do kterých vycházejí přípojky, ale tento řád nejde přímo k čerpadlům ve strojovně, nýbrž ústí do sběrné studny, která se postaví v bezprostřední blízkosti strojovny. Obr. 28. Násoskovým svodem odsává se voda ze studní do sběrné

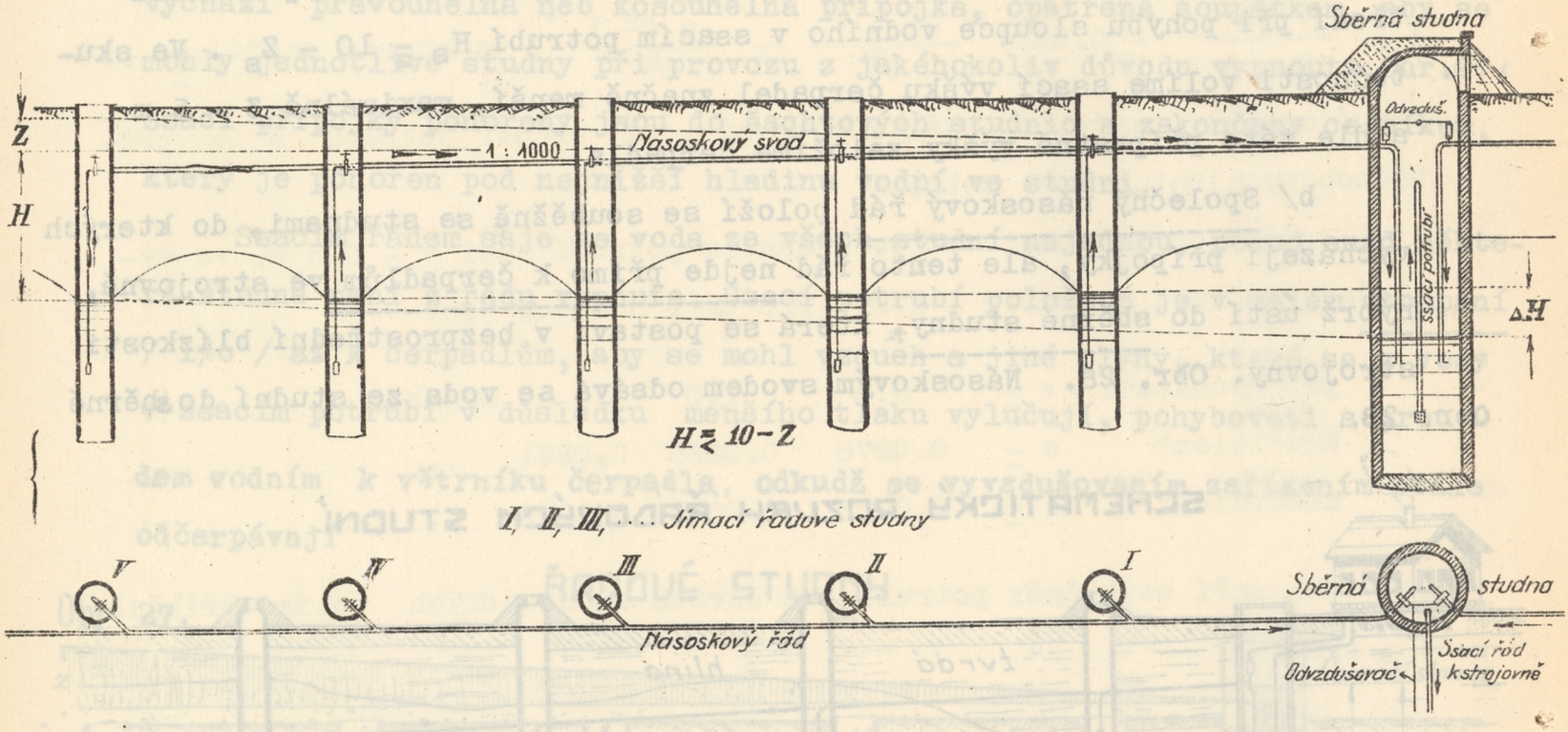
Obr. 28.

SCHEMATICKÝ ROZVRH ŘADOVÝCH STUDNÍ.



studně a teprve odtud čerpá se zvláštním ssacím potrubím čerpadel ve strojovně, podobně jako z ojedinělých studní v předcházejícím bodě.

Násoskový řád jde osou studní neb souběžně s nimi ; je volně v zemi nebo v průchodné štole. Ze společného potrubí vycházejí do jednotlivých studní opět odbočky/přípojky / každá se ssacím potrubím, jehož cedník je ponořen do studní až pod nejnižší hladinu maximální deprese. Sestupné rameno násoskového potrubí ústí do sběrné studny, ze které se čerpá čerpadlem ve strojovně . Obr. 29.

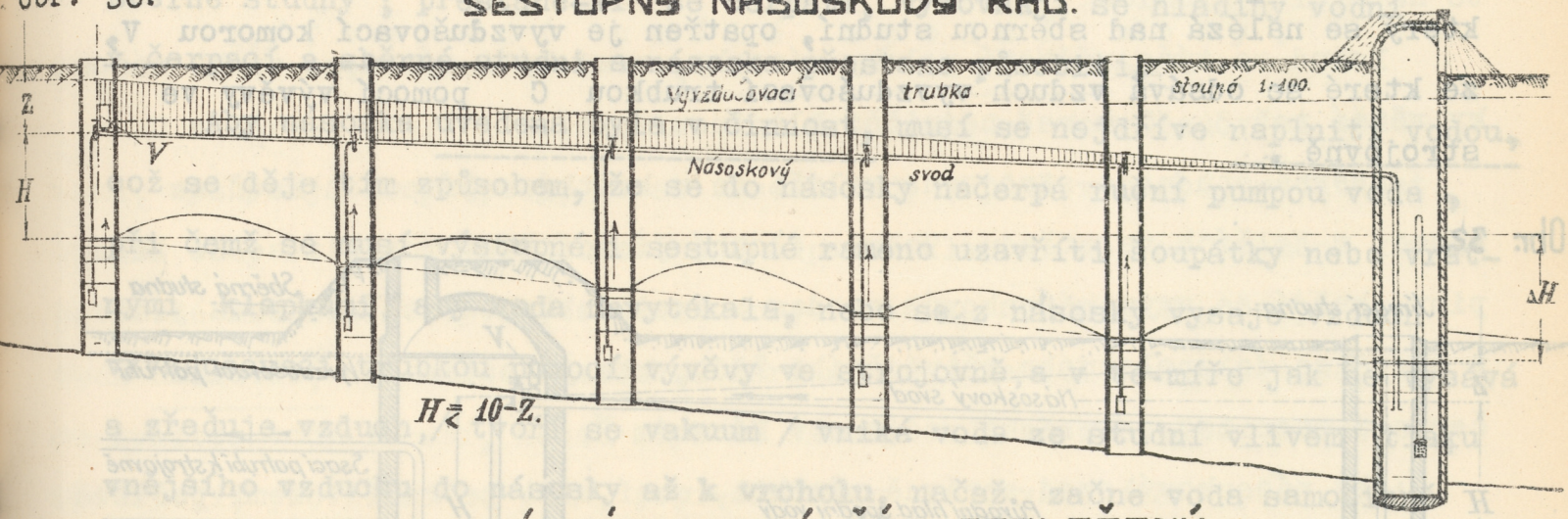


Násoskové potrubí položí se v malém stoupání /1‰/ k sběrné studni, aby se mohl vzduch, který se vylučuje z vody pohybovati s proudem vodním k vrcholu násosky, odkudž se odvzdušovacím zařízením neustále odvádí , má-li zůstati násoska v činnosti.

Není-li možno položiti násoskový svod ve stoupání, na př. při sklonitém území, může se položiti násoska sestupná - obr.30 - anebo se násoska rozloží na kratší tratě výstupné, které se odsazují na pilovitě rozložený tvar. Obr. 31. Vyvzdušení děje se v tom případě ve vrcholu, dotyčně vrcholích, nejlépe však když se v takovém případě vyvzduší násoska nad každou studní .

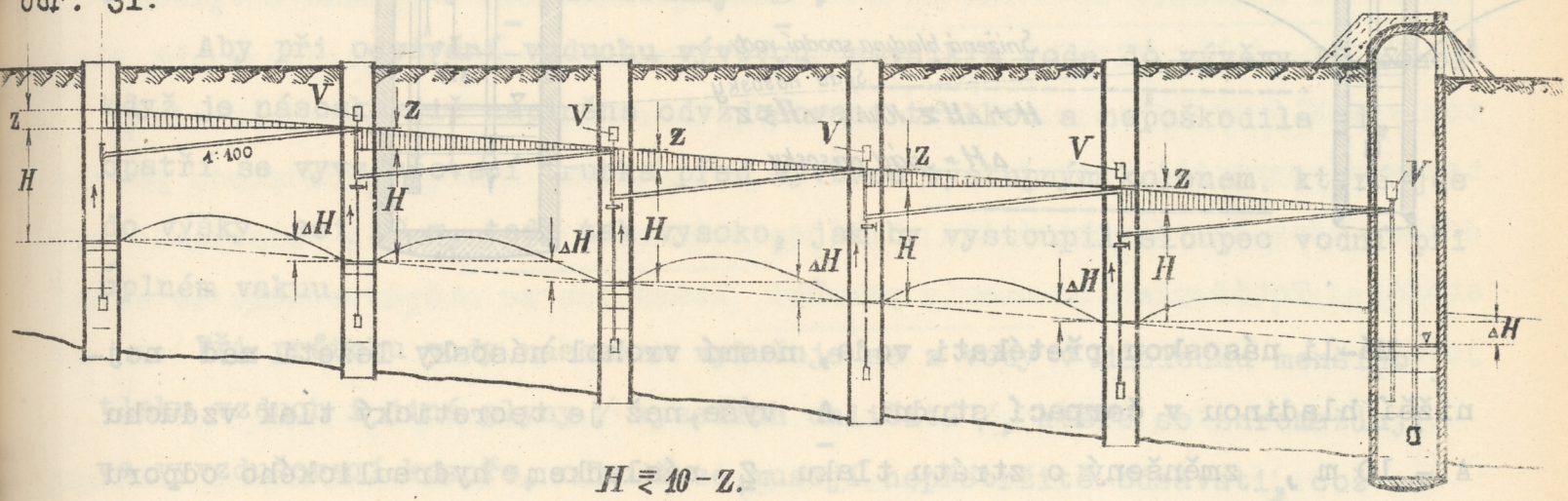
Obr. 30.

SESTUPNÝ NÁSOSKOVÝ ŘÁD.



Obr. 31.

SESTUPNÝ NÁSOSKOVÝ ŘÁD ROZLOŽENÝ.



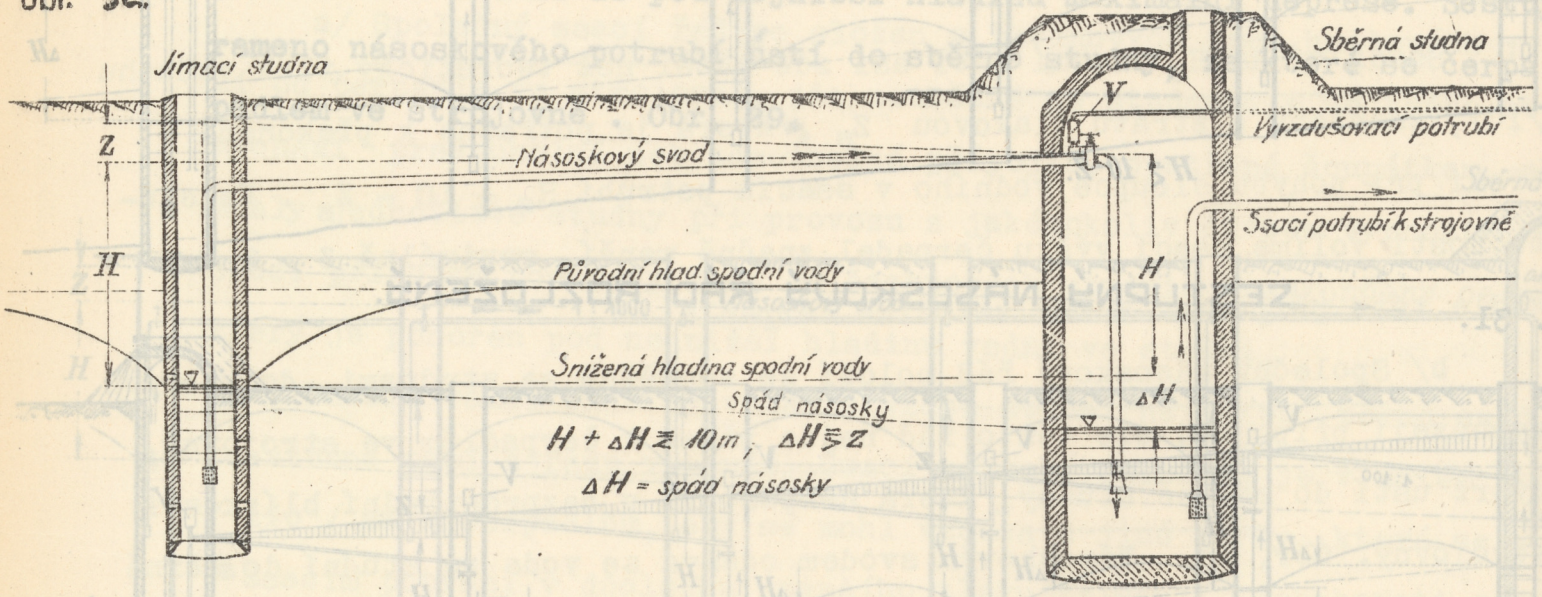
Vyvzdušení násosky děje se vývěvou nebo injektorem, od kterých vedou k vrcholům odvzdušovací trubice.

Čerpání vody násoskou zakládá se na fysikálním zákoně v atmosferickém tlaku vzduchu. Zředí-li se v násosce vzduch, vnikne do násosky, ponořené výstupným i sestupným ramenem do dvou vodních nádržek voda, a pohybuje se násoskou od výstupného ramene k sestupnému předpokládaje, že je nádržka , do které ústí sestupné rameno nižší, než nádržka do které je ponořeno rameno výstupné.

K objasnění působení násoskového svodu představme si jednoduchý případ, že se voda čerpá násoskou ze studny A do sběrné studny B.

Výstupné rameno ponořeno do čerpací studny A a sestupné rameno do sběrné studny B. Obr. 32. Násoska položena je ve stoupání a vrchol násosky, který se nalézá nad sběrnou studní, opatřen je vyvzdušovací komorou V, ze které se odsává vzduch vyvzdušovací trubkou C pomocí vývěvy ve strojovně.

Obr. 32.



Má-li násoskou přetékati voda, nesmí vrchol násosky ležeti nad nejnižší hladinou v čerpací studni A výše, než je teoretický tlak vzduchu A = 10 m, změnšený o ztrátu tlaku Z následkem hydraulického odporu při průtoku vody ve výstupném a sestupném rameni násosky. $H = 10 - Z$. Ve skutečnosti nemá býti výstupná výška násosky větší než $H = 3 - 5$ m.

Dále musí ležeti hladina vodní ve sběrné nádrži B - má-li býti násoska udržena v činnosti - o určitou výšku t.zv. spád násosky níže než-li je hladina v čerpací studni A. Tento výškový rozdíl ΔH slouží k překonání hydraulického odporu Z při průtoku vody násoskou, $\Delta H \geq Z$, a ustanoví se z délky násosky, průtočného množství a průtočné rychlosti vody $Z = \frac{v^2 \, n \, l}{2 \, g \, d} = \frac{Q^2 \, c \, l}{d^5}$.

Spád násosky ΔH udržuje se v potřebné výšce odčerpáváním vody ze sběrné studny ; přestane-li se čerpati, vyrovnají se hladiny vodní v čerpací a sběrné studni a násoska přestane působiti.

Aby násoska uvedena byla v činnost, musí se nejdříve naplniti vodou, což se děje tím způsobem, že se do násosky načerpá ruční pumpou voda , při čemž se musí výstupné i sestupné rameno uzavříti šoupátky nebo vratnými klapkami, aby voda nevytékala, nebo se z násosky vysaje vzduch vyvzdušovací trubkou pomocí vývěvy ve strojovně, a v té míře jak se vysává a zřeďuje vzduch,/ tvoří se vakuum / vniká voda ze studní vlivem tlaku vnějšího vzduchu do násosky až k vrcholu, načež začne voda samočinně přetékati ze studny A do studny B .

Aby při odsávání vzduchu vývěvou nevnikla voda do vývěvy ku konci když je násoska již naplněna odvzdušovací trubkou a nepoškodila ji, opatří se vyvzdušovací trubka před vývěvou výstupným kolenem, které jde do výšky asi 10 m, tedy tak vysoko, jak by vystoupil sloupec vodní při úplném vakuu.

Při průtoku vody násoskou vylučuje se z vody v důsledku menšího tlaku vzduch i jiné plyny / kyselina uhličitá /, které se shromažďují ve vyvzdušovací komoře, odkudž se musejí nepřetržitě odsávati, což se děje vývěvou nebo injektorem ve strojovně. Injektor udržuje se v činnosti tlakovou vodou z výtlačného potrubí vodárny.

Stupeň zředění vzduchu / vakuum / v násosce měří se vakumometrem, osazeným na vyvzdušovací komoře násosky nebo na sacím větrníku ve strojovně.

Tato pravidla jednoduchého případu platí též pro násoskový řád, kterým se čerpá voda z řadových studní. I zde musí býti výškový rozdíl mezi vrcholem násosky a nejnižší hladinou v řadových studnách menší než atmosferický tlak vzduchu $A = 10$ m , zmenšený o hydraulický odpor Z při průtoku vody násoskovým potrubím , $H = 10 - Z$, při čemž se tento

odpor stanoví se zřením na nejvzdálenější studnu. Délka násoskového řádu a jeho výšková poloha nad hladinou vodní ve studních, vázány jsou proto na určité hranice.

Pokud se týče výškové polohy násosky, nemá býti výstupná výška násosky větší než 3 - 5 m nad nejnižší hladinou vodní.

Sběrná studna a strojovna založí se u krátkých jímacích řádů na konci, u delších ve středu. Velmi dlouhé jímací řády rozdělí se na skupiny, každá se svým násoskovým svodem a svoji sběrnou studní. Voda jímá a čerpá se do společného přiváděcího řádu, kterým odtéká do ústřední čerpací stanice. /Pražská vodárna v Káraném/.

Aby násoskový svod správně působil, musí býti potrubí v zemi pečlivě uloženo a neprodyšně utěsněno, což nutno při kladení pokusným tlakem asi 3 atm. dobře vyzkoušeti. Se zřením na možné sedání potrubí a při tom vzniklé uvolnění olověného těsnění, které se musí občas zhuštěním temování opraviti, jakož se zřením na stálý dozor násoskového svodu je dobře, když se násoskový řád uloží do průchodné štoly podél řadových studní. Totéž platí o ssacím potrubí, které jde ze sběrné studny do strojovny.

-.-.-.-.-.-

§ 15. UMĚLÁ SPODNÍ VODA.

1./ Tvoření umělé spodní vody.

U vodáren, které jímají přirozený proud spodní vody řadovými studnami, vyskytují se případy, že se zásoba vody v půdě vyčerpá, vydatnost spodní vody se zmenší a hladina její nápadně klesne. Aby se nicméně krylo potřebné množství vody a odstranil objevivší se nedostatek, čerpá se voda úsilovně, ale takové úsilovné čerpání má zpravidla za následek, že se kvalita vody zhorší, neboť když se zásoby vody ve zvodněné vrstvě vyčerpají, provzduší se půda, její součástky se okysličí a v půdě vzniknou soli, nejčastěji soli železa, které voda vyplaví do jímacího zařízení. Voda se zakalí, změní svoji povahu a stává se neupotřebitelnou.

Katastrofa kvantitativní mívá proto zpravidla za následek katastrofu kvalitativní, neboť kvalita spodní vody jest vždy jen funkcí stavů hydrologických : propustnosti půdy, její vodní kapacity, dešťových srážek, vodních stavů, jejich kolísání, rychlosti prosakování atd., kterým se musí čerpání vody přizpůsobiti.

V případech, kde se vydatnost vodárenského zařízení vody zhoršila, musí se čerpání omeziti na menší míru, nebo zabrati jímacím zařízením větší vodonosný průřez, ale často musí se celá jímací zařízení napustiti a vyhledati nový zdroj vodní.

V poslední době množí se případy, že se nedostatečná vydatnost jímacího řádu doplní a zvětší umělou spodní vodou, totiž vodou, která se tvoří prosakováním zvlášť k tomu účelu přiváděné povrchové vody do podzemních vrstev, ve kterých se účinkem přirozené filtrace očistí ; takto očištěná voda spojí se přirozeným proudem spodní vody, čímž se její vydatnost zvětší a snížená hladina zvedne.

Umělé spodní vody používá se též k tomu účelu, aby se říční voda místo v pískových filtrech očistila přirozenou filtrací v pískoštěrkových

vrstvách. Voda se rozvede na pozemku a nechá prosakovati do půdy. Pro - sáklá říční voda se očistí, přijme pozvolna vlastnosti spodní vody a jímá se studnami k účelům zásobovacím.

Slouží tedy umělá spodní voda dle předcházejícího jednak ku zvětšení množství spodní vody prosakovanou vodou, jednak k očištění povrchové vody přirozenou filtrací. K účelům zásobovacím použil umělé spodní vody nejprve ing. T. Richert ve Švédsku /Göteborg 1898 /. Voda povrchová béře se při tom z řek nebo nádrží, přivádí se na infiltrační zařízení buď přirozeným spádem, nebo se čerpá čerpadly a rozvádí se pod výtlačným potrubím. Stejnoměrné rozdělení vody po povrchu území provede se podmokem z infiltračních příkopů, studní a nádrží, anebo závlahou infiltrační plochy po způsobu luční závlahy.

Nezbytnou podmínkou k tvoření umělé spodní vody jest výhodné složení spodních vrstev bez železa, rašeliny a trouchu. Vyžaduje se spodina ze štěrku a písku náležité mohutnosti, aby se mohla povrchová voda při prosakování dobře očistiti. Nejlépe hodí se k tomu mladší neb starší naplaveniny různorodého složení ; není dobrý jemný písek, poněvadž by voda velmi zvolna prosakovala a filtrační proces by dlouho trval ; není však dobrý ani hrubozrnný písek a štěrk, kterým by voda opět příliš rychle prosakovala a neočistila se .

Jaká mohutnost filtrační vrstvy jest k vertikálnímu prosakování nutna a v jaké odlehlosti třeba založiti jímací zařízení od povrchové infiltrace, závisí na mechanickém složení podzemních vrstev a možno ji určiti jen pokusným pozorováním a rozborem vody, nabrané v sondách různé vzdálenosti od filtračního zařízení.

Dále jest nutna patrná souvislost a spád umělého proudu spodní vody od filtrace k jímacímu zařízení, aby procezená voda odtékala skutečně k jímacímu zařízení a neztrácela se stranou do rozsedlin a prohlubenin v nepropustné spodině, anebo do podzemních koryt, jež mají spád k jiné oblasti. K tomu účelu třeba sondami prozkoumati uvrstvení spodiny,

zjistiti spád a útvar nepropustného podloží vodovodné vrstvy a sestaviti geologické profily infiltračního území, abychom získali správný názor o tvoření a pohybu umělé spodní vody. Tam, kde se voda již po více let čerpá a jedná se jen o zvětšení proudu spodní vody a zvýšení její hladiny, jest spodina jistě již prozkoumána a jedná se jen o to, ustanoviti na základě pozorovacích sond a na základě chemického a bakteriologického rozboru prosáklé vody, výhodnou vzdálenost jímacího zařízení od povrchové infiltrace.

Nejlépe hodí se k tvoření umělé spodní vody území tvaru kotlinovitého, které je na všech stranách uzavřeno a má mírný sklon ku středu. V nejhlubším místě založí se jímací zařízení a v přiměřené vzdálenosti od něho, zřídí se infiltrační objekty : příkopy, studny, nádrže, nebo umělá závlaha. Rovněž tak hodí se k umělé infiltraci říční údolí, vyplněná naplaveninami písko-štěrkovými, ve kterých se pohybuje přirozený proud spodní vody. Infiltrační objekty založí se v celé šířce údolí. Voda prosakuje do spodiny a jímá se hlubokými trativody nebo řadovými studnami, zalo - ženými napříč údolí, kolmo na směr proudu vodního. K lepšímu zachycení spodní vody mohou se zříditi podzemní přepážky / přehrady / z betonu neb pěchovaného jílu, které pronikají zvodněnou vrstvou a sahají až do ne - propustné spodiny.

Jako infiltrační zařízení použije se : infiltračních příkopů, studní a nádrží a závlahových úprav. K těmto stavbám patří též zařízení k jímání nassávané vody podél řek, o které byla učiněna zmínka již v § 11.2.

2./ I n f i l t r a č n í p ř í k o p y ,

jsou příkopy asi 1 m široké a vykopané do takové hloubky, aby dno zasahovalo do propustné filtrační vrstvy. Dno příkopu pokryje se asi 40 cm tlustou vrstvou jemnozrnného písku, aby se z kalné říční vody, která se do příkopu přivádí, vyloučily hrubší nečistoty, dříve než-li voda prosákne do infiltrační vrstvy, aby se tato předčasně nezašlemovala jemnými

splaveninami. Voda přivádí se z řeky do příkopu, prosakuje vertikálně do spodiny, tvoří tvar komolého jehlance a zanechá v horní vrstvě veškeré nečistoty. Učištěná voda spojuje se s proudem spodní vody a odtéká ve směru spádu k jímacímu zařízení. Občas musí se příkop od usazeného kalu očistiti. Obr. 33.

Velmi kalná říční voda musí se předčistiti a sice buď ustáním v usazovacích nádržích nebo rychlou filtrací v hrubocezích a pískových filtrech a teprve předčištěná voda přivádí se do filtračního příkopu. Rovněž tak musí se voda předčistiti, když jest filtrační vrstva spodiny slabé mohutnosti, takže nelze očekávati, že se v ní voda přirozenou filtrací dostatečně očistí. Úspěch celého zařízení závisí na mechanickém složení, na mohutnosti infiltrační vrstvy a na filtrační rychlosti cezené vody.

Prosáklá voda pohybuje se do vodovodné vrstvy, kde se spojuje s přirozeným proudem spodní vody; čistí se však dále, až příjme úplně vlastnosti a jakost spodní vody. K tomu potřebuje voda ovšem určitou dobu a určitou vzdálenost jímacího zařízení od infiltrace, která závisí na mechanickém složení vodovodné vrstvy a rychlosti prosakování. Vzdálenost tohoto místa nelze stanoviti theoretickým výpočtem, nýbrž jen zkusmo pomocí pozorovacích sond, založených v různé vzdálenosti od infiltračního zařízení. V sondách pozoruje se výška a pohyb vody a zároveň se z nich odebírá za účelem zkoumání její jakosti chemickým a bakteriologickým rozborem. Místo jímání nesmí býti ani příliš blízko, ani příliš daleko; v případě prvním by se voda nedokonale očistila a v druhém by se ztrácela.

Přirozená filtrace umělé prosáklé vody má podobný účinek jako cezení v umělých pískových filtrech, ale jest mnohem dokonalejší, poněvadž je filtrační vrstva mohutnější a filtrační rychlost může býti menší než u pískových filtrů.

Očištění vody jest dle dosavádních zkušeností velmi dokonalé; voda se rozptýlí, okysličí a zanechá veškeré nečistoty minerální i organické, ztrácí barvu, odpornou chuť, zápach říční vody po trouchu a hnilobě,

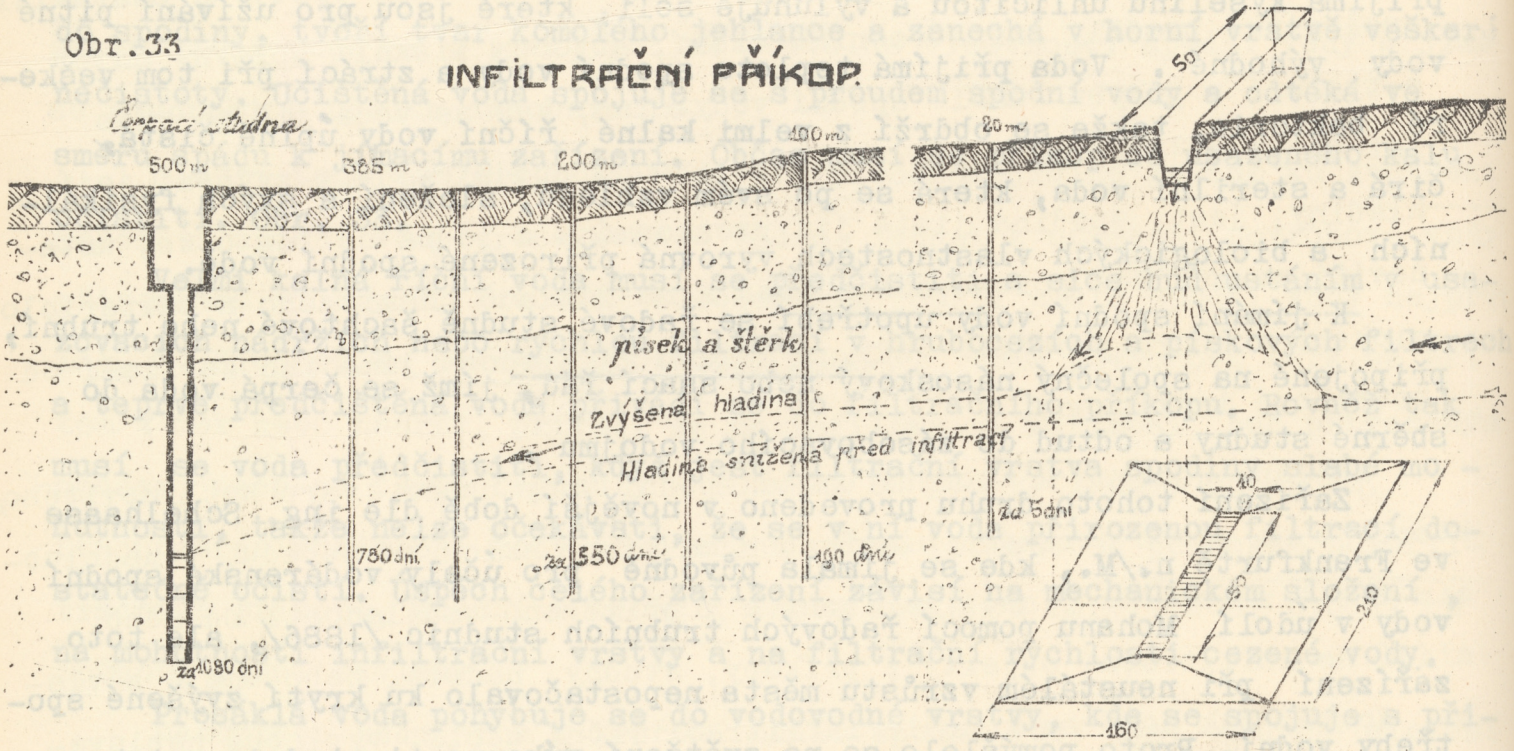
přijímá kyselinu uhličitou a vyluhuje soli, které jsou pro užívání pitné vody výhodné. Voda přijímá teplotu spodní vody a ztrácí při tom veškeré bakterie, takže se obdrží z velmi kalné říční vody úplně čistá, čirá a sterilní voda, která se po svém vzhledu, složení a svých fysikálních a biologických vlastnostech vyrovná přirozené spodní vodě.

K jímání spodní vody upotřebí se řadové studně šachtové nebo trubní, připojené na společný násoskový nebo ssací řád, jímž se čerpá voda do sběrné studny a odtud do zásobovacího vodojmu.

Zařízení tohoto druhu provedeno v novější době dle ing. Schelhaase ve Frankfurtě n./M., kde se jímala původně pro účely vodárenské spodní vody v údolí Mohanu pomocí řadových trubních studnic /1886/, ale toto zařízení při neustálém vzrůstu města nepostačovalo ku krytí zvýšené spotřeby vodní. Proto pomýšlelo se na zvětšení výkonnosti studnic a toho se dosáhlo ve velmi uspokojivé míře umělou spodní vodou, vytvořenou infiltrací povrchové vody do vodovodné vrstvy. K tomu účelu používá se velmi kalné vody z řeky Mohanu, která se čerpá nejprve do hrubocezů, kde se předčistí a odtéká do pískových filtrů, aby se zbavila všech hrubých i jemných příměsů. Předčištěná voda přivádí se pak do infiltračního příkopu, který jest vykopán tak hluboko, aby jeho dno sahalo do pískoštěrkové vrstvy; příkop má ve dně šířku 1m, hloubku 3 m, se svahy boků 1 : 3; jeho délka obnáší 50 m, Obr. 33. Založen je 500 m od původních řadových studnic, kolmo na proud spodní vody. Voda prosakuje z příkopu do vodovodné vrstvy, pohybuje se v ní nejprve vertikálně dolů a pak ve směru vodorovném a při tom se šíří, takže těleso zaujaté prosakující vodou má tvar komolého jehlance 10 m výšky o půdnici 160 m šířky, 210 m délky.

V hloubce 10 m pode dnem infiltračního příkopu přichází prosáklá voda se sníženou hladinou spodní vody, zvedá ji a vytvoří vlnu, která se po proudu splošťuje. Prosáklá voda a přirozená spodní voda se míchají

Obr.33



a pohybují ve směru vodorovném rychlostí asi 0,5 m/den k jímacím řadovým studnám.

Rozborem vody v pozorovacích sondách bylo shledáno :

a/ Bakteriologicky nezávadnou jest voda již v odlehlosti 20 m, a tuto urazí voda za 45 dní.

b/ Teplotu přirozené spodní vody přijme prosakovaná voda v odleh - losti 75 m, jež urazí za 150 dní.

c/ Zápach a příchuť vody mizí v odlehlosti 100 m, jež urazí za 190 dní. Zbarvení mizí v odlehlosti 130 m / 250 dní / úplně, ale již v odlehlosti 100 m / 190 dní / není závadné.

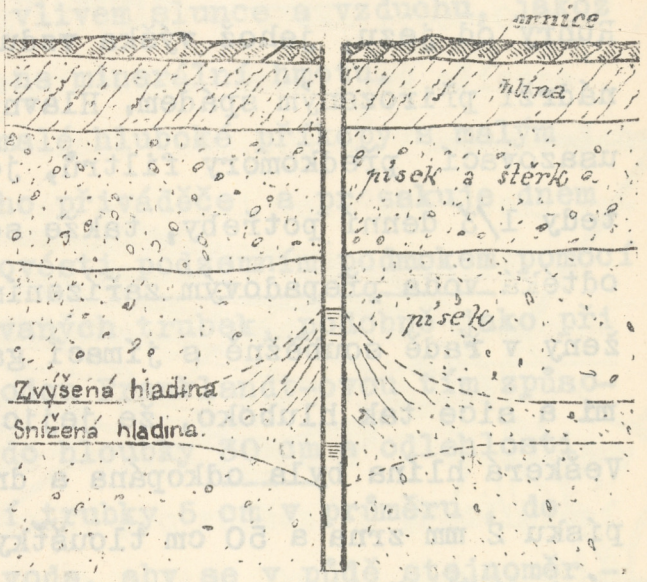
d/ Voda jímá se trubními studnami ve vzdálenosti 500 m ; voda jest zde úplně čistá, čirá, bez zápachu a příchuti a biologicky jest úplně sterilní.

Nějaké ztráty vody, totiž rozdíl prosáklé a čerpací vody, nebylo možno při tříletém provozu zjistiti. Ve vzdálenosti 130 m od infiltračního zařízení jest tedy velmi kalná říční voda Mohanu tak očištěna, že se rovná po stránce fysikální, chemické a biologické dobré spodní vodě.

3./ I n f i l t r a č n í s t u d n y

jsou studny, jež se založí v řadě kolmo na proud spodní vody a sice tak hluboko, aby sahaly až do vodovodné vrstvy. Voda předčištěná v usazovacích nádržích a filtrech přivádí se do studní, ze kterých prosakuje dnem pokryté praným pískem do vodovodné vrstvy a spojuje se s proudem přirozené spodní vody. Obr. 34. Manipulací podobného druhu provádí se při melioracích, když odvodňujeme půdu hltači do podzemních vrstev.

Obr. 34 INFILTRAČNÍ STUDNA



Jímání procezené vody děje se opět studnami, založenými v náležité odlehlosti od infiltračních studní.

4./ I n f i l t r a č n í n á d r ž e

jsou přirozené neb uměle vytvořené nádrže, jichž dno sahá až do infiltrační vrstvy. Povrchová voda, napuštěná do nádrží, prosakuje do vodovodné vrstvy a zachycuje se trativody a studnami. Aby se z vody vyloučily hrubší nečistoty, pokryje se dno 50 - 100 cm vysokou vrstvou čistého písku, který se občas vybere a očistí nebo vymění, podobně jako u pískových filtrů.

Infiltrační zařízení tohoto druhu provedeno je v poslední době ku zvětšení spodní vody při vodárně v Essenu. Dřívější vodárenské zařízení pozůstávalo z trativodných galerií podél řeky Ruhry a řadových studní, založených napříč údolí. Poněvadž potřeba vody stále stoupala / dříve 50.000 m^3, nyní 150.000 m^3 na den /, byla vodárna tímto způsobem rozšířena.

Postaveno bylo 16 filtračních nádrží o úhrnné ploše 90.000 m^2 =

9 hektarů k filtraci 150.000 m^3 vody denně. Filtrační nádrže a s nimi projektované usazovací nádrže založeny jsou nad územím, ve kterém se dosud jímala spodní voda trativody a studnami. Voda odebírá se z řeky Ruhry od jezu, jehož výška vzdutí stačí ku přivádění vody do filtračních nádrží přirozeným spádem. Hlavním přiváděčem přitéká voda nejprve do usazovací předkomory filtrů, jejíž kubický obsah obnáší 30.000 m^3, tedy 1/3 denní potřeby, takže se zde voda zadrží asi 8 hod. Z předkomory odtéká voda přepadovým zařízením do filtračních nádrží, které jsou založeny v řadě souběžně s jímací galerií. Filtrační nádrže jsou vykopány v zemi a sice tak hluboko, že jejich dno sahá až do pískoštěrkové spodiny. Veškerá hlína byla odkopána a dno pokryto vrstvou čistého rýnského písku 2 mm zrna a 50 cm tloušťky. Svahy nádrží jsou odlážděny betonovými dlaždičkami. Voda předčištěná v usazovacích předkomorách, pouští se v přestávkách do hlubokých filtračních nádrží, prosakuje filtrační vrstvou na dně nádrže rychlostí 60 mm za hodinu a přichází do vodovodné vrstvy, ve které se pohybuje po spádu k jímacím zařízením, které pozůstává z trativodné galerie postavené napříč údolí, aby se zachytil celý proud spodní vody přirozené i umělé. Prosáklá voda se vlivem přirozené filtrace dokonale očistí, ztrácí barvu, příchuť, přijímá teplotu spodní vody, zbaví se všech bakterií a přichází jako čistá, čirá a sterilní voda do jímací galerie, která se nalézá asi 50 m pod filtry. Z jímací galerie odtéká voda do sběrné studny a čerpá se odtud do zásobovacího vodojmu.

5./ Závlahová pole.

Za účelem umělého prosakování povrchové vody mohou se provésti též závlahy po způsobu umělých závlah lučních, kterými se voda rozdělí stejnoměrně po povrchu infiltračního území a prosakuje do vodovodné vrstvy, která se nalézá bezprostředně pod povrchem území. Nejlépe hodí se k tomu plochy luční s porostem travin a závlaha provede se výtopou,

podmokem nebo přerovnem.

U závlahy výtopou, rozdělí se území nízkými hrázkami na menší pole, která se v několikadenních přestávkách vytopí a sice po řadě jedno za druhým, aby se na povrchu usazené nečistoty vlivem slunce a vzduchu, jakož i účinkem nitrifikačních bakterií proměnily na minerální hmotu.

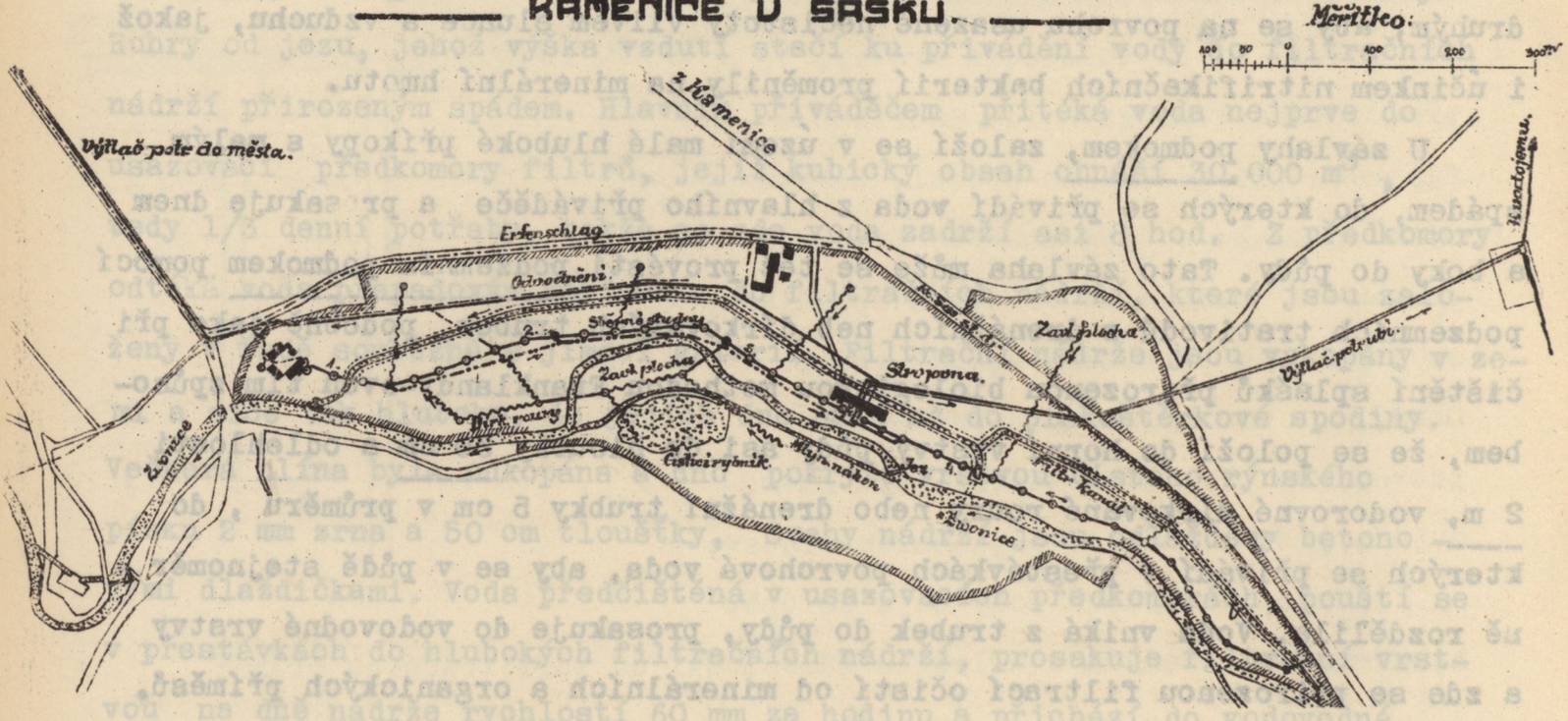
U závlahy podmokem, založí se v území malé hluboké příkopy s malým spádem, do kterých se přivádí voda z hlavního přiváděče a prosakuje dnem a boky do půdy. Tato závlaha může se též provésti podzemním podmokem pomocí podzemních trativodů z drenážních neb dírkovaných trubek, podobně jako při čištění splašků přirozenou biologickou methodou Franklandt-ovou tím způsobem, že se položí do horní vrstvy půdy asi do hloubky 30 cm a odlehlosti 2 m, vodorovné dírkované roury nebo drenážní trubky 5 cm v průměru , do kterých se přivádí v přestávkách povrchová voda, aby se v půdě stejnoměrně rozdělila. Voda vniká z trubek do půdy, prosakuje do vodovodné vrstvy a zde se přirozenou filtrací očistí od minerálních a organických příměsů. Prosáklá voda spojí se s přirozenou spodní vodou a pohybuje se k jímacímu zařízení.

U závlahy přeronem zřídí se ve svažinatém území horizontální příkopy, t. zv. zavlažovačky, do kterých přitéká voda z hlavního přiváděče, přetéká přes okraj příkopu a zavlažuje povrch, podobně jako u závlah lučních dle systému svažin a hřbetin.

Zařízení tohoto druhu provedeno je v Saské Kamenici, Obr. 35. Vodárenské zařízení nalézá se v údolí potoka Zvonice, kde se jímá spodní voda a dílem též voda, nassávaná z potoka. Území, ve kterém se voda jímá, měří 28 ha, pokryto jest lukami a táhne se podél potoka v délce 1 1/2 km. Vodovodná vrstva pozůstává ze štěrku a písku , jest 3 m mocna a pokryta se shora vrstvou pískovité hlíny 0.5 - 1.5 m tloušťky. Ve vodovodné vrstvě, která spočívá na nepromokavé spodině, pohybuje se spodní voda, která se jímá řadou studní 4 - 5 m hloubky, jež sahají až do nepropustné spodiny.

Obr 35.

INFILTRAČNÍ POLE VODÁRNY MĚSTA ——— KAMENICE U SASKU. ———



Celkem jest zřízeno 50 studní v odlehlosti 30 - 40 m ; studny jsou založeny v řadě souběžně s potokem Zvonice, v průměrné vzdálenosti asi 35 m od koryta. Studny jsou připojeny na společný násoskový řád, kterým se voda odvádí do sběrné studny a odtud přečerpává do zásobovacího vodojmu.

Studnami zachycuje se přirozený proud spodní vody ; poněvadž však jeho vydatnost nestačila, rozmnožuje se spodní voda umělou infiltrací říční vody do spodiny. K tomu účelu založen jest souběžně s řadovými studnami ve vzdálenosti 40 m infiltrační příkop, který jest vykopán tak hluboko, že jeho dno zasahuje do zvodněné vrstvy. Dno příkopu pokryto jest 40 cm vysokou vrstvou čistého písku. Voda z řeky Zvonice odvádí se od jezu do příkopu, ve kterém se stavidly uklidní a nadrží, aby voda prosakovala dnem příkopu do půdy. Prosáklá voda se ve zvodněné vrstvě přirozenou filtrací očistí, smíchá se spodní vodou a jímá stávajícími studnami.

Když se požadavky na výkonnost řadových studní vzrůstem města stupňovaly a když se ukázalo, že jímací řád ku krytí potřeby nestačí, bylo od celého staršího zařízení, jímání spodní vody řadovými studnami upuštěno a zřízena v letech 1891 - 94 přehrada u Einsiedeln / obsah 1,300.000 m^3 / a voda z této nádrže upotřebena ku zásobování vodou. Roku 1909 zřízena k témuž účelu druhá údolní přehrada u Lautenbach /500.000 m^3 / a v novější době staví se ještě jedna přehrada za účelem opatřiti vodu pro účely vodárenské, ale též zmírniti přívaly na potoce Zvonici. Voda z nádrží přehrady Einsiedeln a Lautenbach, čistí se pro účely vodárenské pískovou filtrací. Čistící zařízení pozůstávalo dříve jen z pískových filtrů /2058 m^2/, které jsou nyní rozšířeny novými filtry /3733 m^2 / a doplněny hrubocezy /421 m^2/ , s kaskádovými přepady ku provzdušení a předčištění vody dříve, než-li přijde do jemných pískových filtrů, které jsou vyplněny 1 m tlustou pískovou vrstvou na 40 cm vysoké podloze štěrkové. Filtrační rychlost obnáší u filtrů 100 - 200 mm na hodinu a u hrubocezů 600 - 1.400 mm na hodinu.

Těmito nádržemi mohla se krýti veškerá potřeba vody ; když ale roku 1911 nastal následkem velkého sucha nedostatek vody, uvedena stará vodárna opět v činnost a vydatnost řadových studní rozmnožena umělou závlahou, která jest provedena dílem přeronem , dílem přerušovanou výtopou mezi hrázemi. Říční voda přivádí se na luční plochy, pohybuje se po povrchu, při čemž se mezi stébly travin zachytí nečistoty a pročištěná voda vsakuje do půdy. Poněvadž se říční voda v potoce časem velmi znečistila, předčisťuje se v usazovacích nádržích a občas též v hrubocezích, založených v kaskádách a teprve takto předčištěná voda přivádí se do infiltračního příkopu a k závlaze. Prosáklá voda sbírá se trativody a odvádí do řadových studní.

V poslední době stouplo znečištění říční vody do té míry, že se při slabé mohutnosti infiltrační vrstvy voda nemohla vůbec dokonale očistiti , ukazovala odpornou příchuť a byla též biologicky závadnou. Proto byla

vodárna doplněna sterilisační stanicí, ve které se spodní voda, čerpaná ze studní, dočišťuje ozonem.

°–·–·–·–·–·–·–·–·–°

DÍL II.

ZLEPŠOVÁNÍ JAKOSTI VODY.

V I. díle uvedeny byly požadavky, které klademe při ústředním zásobování na zdravou pitnou vodu. Avšak i při nejbedlivějším pátrání po zdroji bezvadné jakosti vody jsme v mnoha případech odkázáni bez jakéhokoliv výběru jen na určitý zdroj, jehož voda všem požadavkům nevyhovuje.

Tak používáme vody povrchové z potoků a řek, jezer a nádrží, která je obvčejně kalná a znečištěna minerálními a organickými příměsy a může býti též infikována zárodky choroboplodných bakterií, které bývají příčinou epidemických nemocí. Avšak i spodní voda obsahuje často různé minerální, ve vodě rozpuštěné látky na př. železo, mangan, které činí vodu neupotřebitelnou. Ve spodní vodě mohou býti i zárodky bakterií, jestliže se voda jímá v mělkých naplavených vrstvách blízko povrchu, ve kterých se povrchová voda při prosakování nemohla přirozenou filtrací náležitě očistiti. Rovněž tak i pramenitá voda může býti znečištěna povrchovou vodou, jestliže se pohybuje podzemními kanály a puklinami, které jsou v přímém spojení s povrchem na př. v Krašském útvaru, takže voda dešťová a povrchová přichází do spodních vodovodních vrstev přímo a bez předchozí filtrace. Taková voda může býti na pohled úplně čistá, čirá a přece nakažená zárodky patogenních bakterií.

Ve všech těchto případech musí se voda přiměřenými prostředky čistiti, aby se zbavila všech závadných příměsů a vyhovovala především po stránce fysikální a chemické. Vedle toho vyžaduje však hygiena, aby byla voda prosta jakýchkoliv zárodků patogenních bakterií, aby tedy byla sterilní, a aby vodárenské zařízení poskytovalo úplnou bezpečnost, že se pitná voda nahodilou infekcí choroboplodnými bakteriemi ani v budoucnosti nenakazí.

Avšak nejen voda pitná, nýbrž i voda užitková pro domácnosti a účely průmyslové musí se často čistiti a zbaviti škodlivých minerálních příměsů, zejména vápna, železa, manganu, kyseliny uhličité a jiných látek, které činí vodu pro řečené účely neupotřebitelnou.

Otázka čištění a zlepšování vody pitné i užitkové zaujímá dnes ve vodárenství důležité místo, poněvadž jsme, jak již shora řečeno, často nuceni upotřebiti k zásobení vodu, která všem požadavkům pitné neb užitkové vody nevyhovuje.

V následujícím pojednáme o jednotlivých způsobech čištění vody pitné a užitkové, totiž o :

1./ Čištění vody povrchové mechanickou filtrací .

2./ Odželezování a odmanganování vody .

3./ Změkčování tvrdé vody pro účely průmyslové.

4./ Odkyselování vody od kyseliny uhličité .

5./ Sterilisování vody .

·-·-·-·-·-·-·-·-·-·

§16. ČIŠTĚNÍ VODY MECHANICKOU FILTRACÍ.

1./ Methody čištění vody povrchové.

Voda říční a rovněž tak voda z nádrží a jezer musí se pro účely vodárenské zpravidla čistiti a to se děje :

a./ ustáním v usazovacích nádržích a

b./ filtrací čili cezením v pískových filtrech.

Syrová říční voda přivádí se k tomu účelu od jímacího zařízení nejprve do usazovacích nádrží, kde se ustojí, t.j. usadí se z ní hrubší plovoucí příměsy a takto předčištěná voda odvede se do pískových filtrů, kde se cezením pískovou vrstvou zbaví všech jemných příměsů.

Ustání vody v usazovacích nádržích má účel vyloučiti z vody jen hrubší nečistoty a jest jen přípravou pro vlastní čištění v pískových filtrech. Usazování může odpadnouti, když je syrová voda dostatečně čistou, na př. voda z jezer a nádrží, voda z horských řek. Kalnou říční vodu nelze však bez předchozího ustání v pískových filtrech očistiti, poněvadž by se filtrační písková vrstva zachyceným kalem brzy ucpala a výkonnost filtru by brzy klesla. Bylo by chybou mysliti, že se kalná voda očistí jen pískovou filtrací bez předchozího ustání a očištění od hrubých příměsů, neboť pískové filtry slouží jen k očištění od jemných a nejjemnějších příměsů. Není však též možno říční vodu očistiti pouhým ustáním v usazovacích nádržích, poněvadž by musila v nádržích dlouho státi, následkem čehož by se v létě příliš oteplila a zhoršila vegetací vodních bylin a vodními živočichy, které se v nádržích brzy objeví. Zkutečnost také učí, že velmi jemné a ve vodě se vznášející příměsy jílnaté nelze ustáním z vody vůbec vyloučiti.

K dokonalému očištění říční vody nutny jsou proto oba procesy ; sedimentační v usazovacích nádržích a filtrační v pískových filtrech, jež se navzájem doplňují.

Příměsy, které jsou ve vodě říční obsaženy, mohou býti minerálního nebo organického původu. Ony jsou ve vodě buď mechanicky rozptýleny /plovou, vznášejí se /, nebo jsou chemicky rozpuštěny. Rozpuštěné látky na př. železo, mangan, se filtrací neodstraní. Vedle toho jest voda říční zpravidla znečištěna velkým počtem bakterií a jejich zárodků.

Čištění říční vody v pískových filtrech po předchozím ustání vody v usazovácích zpravidla stačí a za normálních poměrů obdrží se tím způsobem pitná voda, která vyhovuje jak po stránce fysikální a chemické, tak po stránce bakteriologické, poněvadž se mechanickou filtrací odstraní z vody nejen hlinité a organické příměsy, nýbrž i bakterie. Jen když se upotřebí velmi kalná voda, pak jednoduchá filtrace nestačí ; v takovém případě použije se filtrace vícenásobné, nebo se použije k čištění různých chemických přísad a srážidel, aby se ve vodě rozptýlené příměsy z vody lépe vyloučily a jestliže filtrát nevyhovuje po stránce bakteriologické, dočistí se filtrovaná voda sterilisací, kterou se ve vodě obsažené bakterie usmrtí.

Také se jakost říční vody průběhem času mění a v důsledku intensivního zemědělství, rozvojem průmyslu a vypouštěním splašků z městských kanalisací se zhoršuje, čímž vzniká potřeba intensivnějšího čištění říční vody pro účely zásobovací a dle toho mění se i způsob čištění říční vody. Jsou to zejména barvírny, papírny, prádelny, celulosy, bělidla, kože - lužny, továrny chemicko-technologické, potravinářské, cukrovary, lihovary, sladovny a j., které říční vodu ve velké míře znečišťují.

Město Hamburg užívalo na př. jako pitné vody až do r. 1882 labské vody, ustálé pouze v usazovacích nádržích ; později zavedeny byly pískové filtry, ve kterých se v usazovacích nádržích předčištěná voda dočišťuje.

2./ U s a z o v a c í n á d r ž e .

Usazovací nádrže jsou otevřené, v zemi vykopané vodojmy, ve kterých se syrová říční voda ustojí. Provoz usazováků děje se buď na chod přetržitý nebo chod stálý.

Při chodu přetržitém naplní se nádrž vodou a zůstane zde 12 - 24 hod. v klidu, tak že se ve vodě rozptýlené příměsy sednou, načež se voda z nádrže do určité hloubky stáhne a odvede do pískových filtrů a nádrž naplní se syrovou vodou znova. Čím větší je kubický obsah usazováků a čím déle zůstane voda v nich státi, tím lépe se očistí, ale déle než-li 24 hodin není radno vodu v usazovácích držeti, poněvadž se v létě příliš oteplí a přibývá v ní i počtu bakterií. Zkušeností je však dokázáno, že více než 80% jemných součástek hlinitých nelze z vody ustáním vůbec vyloučiti a k tomu stačí asi 12 hodin.

Kubický obsah a rozměry usazovacích nádrží při přetržitém chodu volí se minimálně tak, aby v nádržích byla pohotově 2 - 3 násobná denní spotřeba vody. Horizontální plocha nádrží obnáší asi 0.3 m^2 na 1 m^3 denní spotřeby a hloubka nádrží bývá 2.5 - 3.0 m, aby se voda ustáním příliš neoteplila.

Při chodu stálém přitéká syrová říční voda na jedné straně mírným proudem nepřetržitě do nádrže a na protější straně odtéká ustálá voda přeronem z nejhořejší vrstvy nádrže a odvádí se krytým kanálem do pískových filtrů. Voda tedy protéká pozvolna nádrží a sice velmi malou rychlostí, totiž 1 - 3 mm/sek., takže se mohou hlinité součástky z vody vyloučiti a na dně usaditi.

K vodárenským účelům hodí se lépe usazováky na chod stálý a dává se jim přednost před usazováky na chod přetržitý, poněvadž se střídavým plněním a vyprázdňováním ztrácí čas k sedimentaci a dále, že se stahuje při vyprázdnění nejen horní nejčistší voda, nýbrž i méně očištěná voda nižších vrstev nádrže.

Rozměry a kubický obsah usazováků na stálý chod, závisí na množství denní spotřeby a době, po kterou se má voda v nádrži zadržeti. Průtočná rychlost vody v nádrži obnáší, jak řečeno, 1 - 3 mm/sek. a doba nadržení 12 - 24 hodin ; jen u velké kalné vody déle. Hloubka nádrží obnáší 2.5 - 3.0 m. Označíme-li Q množství vody, které se má denně v usazovácích učistiti, v střední průtočnou rychlost vody v nádržích, t dobu průtoku, tedy zároveň nadržení, b šířku, h hloubku a L délku nádrže obdélníkového půdorysu, tedy $F = bh$ vertikální průřez nádrže, bude obnášeti

průtočné množství vody v 1 sekundě ..... $Q = vF = v.bh\ m^3$,

průtočná rychlost vody ..... $v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{bh}\ m$,

průtočný profil vody ..... $F = \frac{Q}{v}\ m^2$,

šířka průtočného profilu ..... $b = \frac{Q}{vh}\ m$,

délka nádrže ..... $L = v\,t = \frac{Q}{F}\,t = \frac{Q}{bh}\ m$.

Příklad : Je-li denní spotřeba vody 3600 m^3, hodinové maximum 360 m^3, tedy sekundové maximum $\frac{360.000}{60 \cdot 60} = 100$ sek./lit. a vyžaduje-li se, aby při průtočné rychlosti $v = 2$ mm byla doba nadržení $t = 10$ hodin, bude při hloubce nádrže $h = 2.5$ m :

plocha vodního průřezu ..... $F = \frac{Q}{v} = \frac{0.100}{0.002} = \frac{100}{2} = 50\ m^2$

šířka profilu..... $b = \frac{F}{h} = \frac{50}{2.5} = 20$ m

délka usazovací nádrže ..... $L = v\,t = 0.002.10.60.60 = 72$ m .

Půdorys usazovacích nádrží jest obyčejně pravidelný čtverec nebo odbélník, jinak mohou býti usazováky dle místních poměrů území též nepravidelného půdorysu. Při více nádržích n, postavených jedna vedle druhé, volíme půdorys tvaru obdélníkového a výlohy stavební jsou nejmenší, když stojí šířka a délka nádrže v poměru $\frac{b}{L} = \frac{n \div 1}{2n}$, na př. při $n = 3$ nádržek $\frac{b}{L} = \frac{4}{6} = 2/3$: $b = 2/3\ L$.

K sedimentaci říčné vody potřebujeme vzhledem k občasnému čištění a udržování a oprav nádrží nejméně dvě nádrže, jinak ale závisí jejich počet a velikost na denní spotřebě vody. Z vypočtené úhrnné plochy usazováků, stanoví se rozměry jednotlivých nádrží.

Často slouží usazovací nádrže též k tomu, aby se v nich zadržela určitá zásoba vody, když se voda v řece po prudkých deštích náhle zakalí, tak že ji nelze upotřebiti anebo by se musela v usazovacích déle držeti. Vzhledem k tomu musí se založiti usazovací nádrže o něco větší, než-li to výpočet nevyhnutelně vyžaduje.

3./ Zařízení usazovacích nádrží.

Usazovací nádrže jsou otevřené vodojmy, vykopané v zemi, nebo vytvořené jednak výkopem a jednak sypanými hrázemi. Obr. 1. tab. 38. str. 269. Svahy boků jsou dobře pěchovány a odlážděny na podloze pěchovaného jílu kamenem nebo cihlou na cementovou maltu. Dno nádrže leží v mírném spádu aby se mohla voda při úplném vyprazdňování nádrže lépe stáhnouti.

Výšková poloha usazovacích nádrží musí býti taková, aby mohla ustálá voda z nádrží přirozeným spádem do pískových filtrů odtékati. Nejnižší hladina vodní v usazovacích musí tedy ležeti nad nejvyšší hladinou ve filtrech. Dle toho musí se zaříditi způsob a výška jímání vody v řece a výška zdvihu, když se voda čerpá z řeky, aby voda přitékala od jímacího zařízení rovněž přirozeným spádem do usazovacích nádrží.

Přítok vody do usazováků o chodu přetržitém děje se z počátku nízko při dně, aby voda nepoškodila dno a nerozvířila usedlý kal; později přivádí se voda při hladině a proto má přiváděcí potrubí dvě ústí, dolní a horní. Odtok vody z nádrží o chodu přetržitém děje se přeronem, pomocí kloubové roury s nálevkou nebo teleskopické trubice /obr. 4/, jejíž přepadová hrana se drží povrchovým plovákem v určité hloubce pod hladinou vodní, aby odtékalo právě tolik vody, kolik filtry mohou zpracovati. Když hladina vodní klesne do určité hloubky, odtok se zastaví, nádrž se

naplní znova a odvádí se ustálá voda z nádrží ostatních .

V usazovacích nádržích o chodu stálém, udržuje se konstantní výška hladiny vodní. Voda přivádí se potrubím do usazováků a vytéká při hladině vodní buď svislou trubicí nebo otvory v rozdělovacím kanále, založeném na celé šířce nádrže /Obr. 2./Aby v nádrži nevznikl proud jen určitého směru, - na př. od ústí přiváděcího potrubí k výtoku, kdežto v ostatní nádrži by zůstala voda klidná - nýbrž aby voda protékala celým průřezem, nechá se vytékati na více místech, anebo se nechá přetékati přepadem v celé šířce nádrže. Voda protéká pozvolna nádrží a odvádí se s povrchu na protější straně přítoku opět přeronem přes hranu ne celé šířce nádrže /obr. 1.2./anebo svislými teleskopickými trubicemi, do nichž voda přepadá a odtéká do společného potrubí k filtrům./Obr. 4./ Množství odtoku reguluje se výškou přepadu dle vzorce $Q = 2/3\ mbh\sqrt{2gh}$.

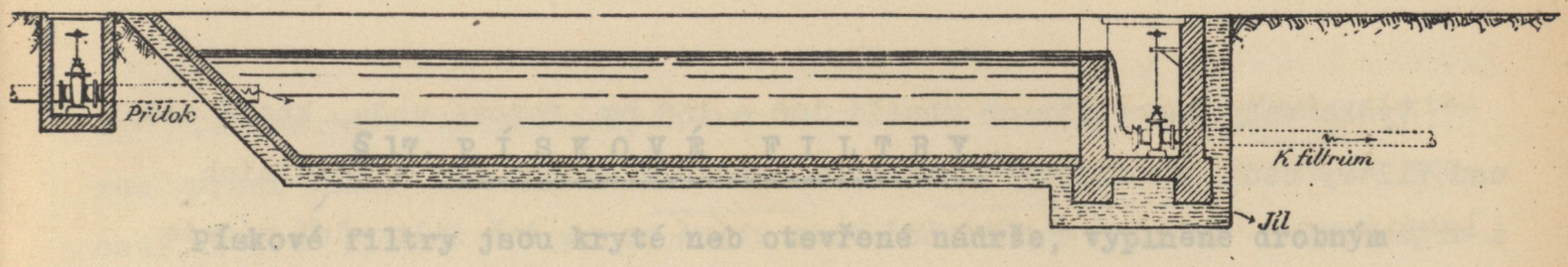
Pozorováním pohybu vodních paprsků a jimi stržených splavenin v kalné vodě bylo shledáno, že se následkem různé teploty vody vytvořují ve svislém řezu mrtvé body, jednou ve vrstvách horních, po druhé v dolních V létě, kdy jsou dolní vrstvy chladnější než vrstvy povrchové, omezuje se proud jen na horní, teplejší vrstvy, kdežto dolní chladnější vrstvy zůstanou v klidu . V zimě děje se odtok obráceně . Aby se dosáhlo stejnoměrného proudu celým průřezem a aby byl využitkován celý profil nádrže, tedy celá šířka a celá hloubka nádrže osadí se dle Lindley-e do nádrží před výtokem ponorné tenké přepážky, které sahají 2/3 - 3/4 do vody a nutí v létě teplejší vrstvy k pohybu dolem a v zimě horem. /Obr. 3/.

Usazovací nádrže opatřeny jsou různými armaturami : šoupátky na potrubí přiváděcím, odváděcím , přelivem a výpustí k úplnému vypuštění vody, když se nádrž čistí od usazeného kalu, nebo opravuje .

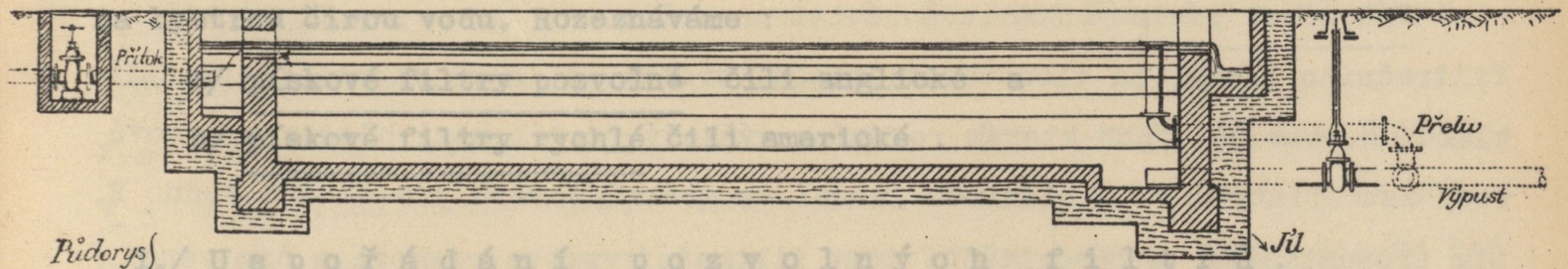
- - - - -

USAZOVACÍ NÁDRŽE

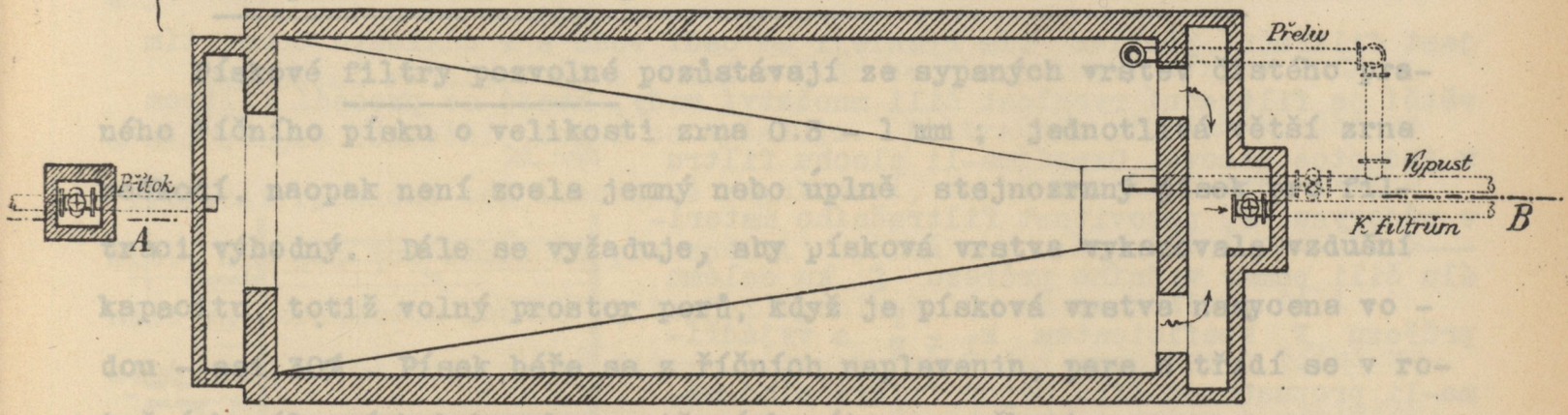
Obr. 1.



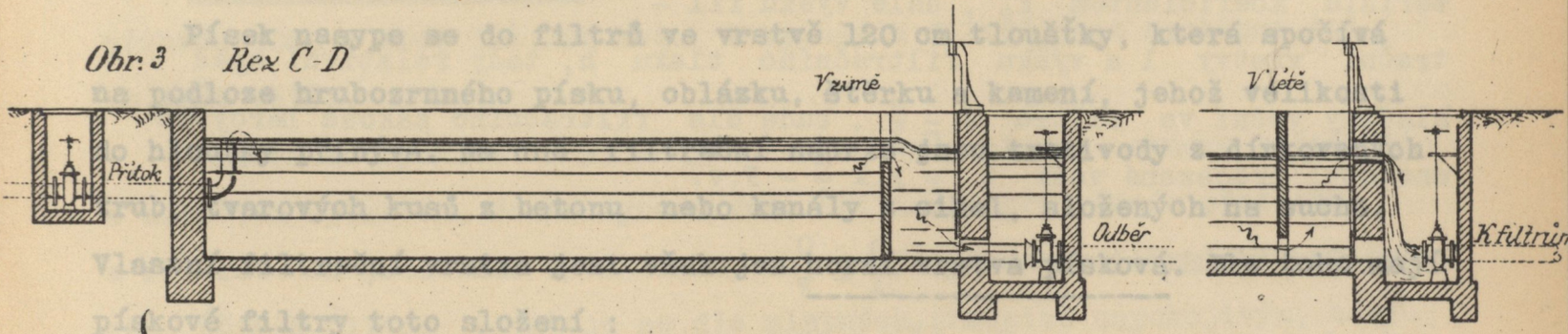
Obr. 2 Řez A-B



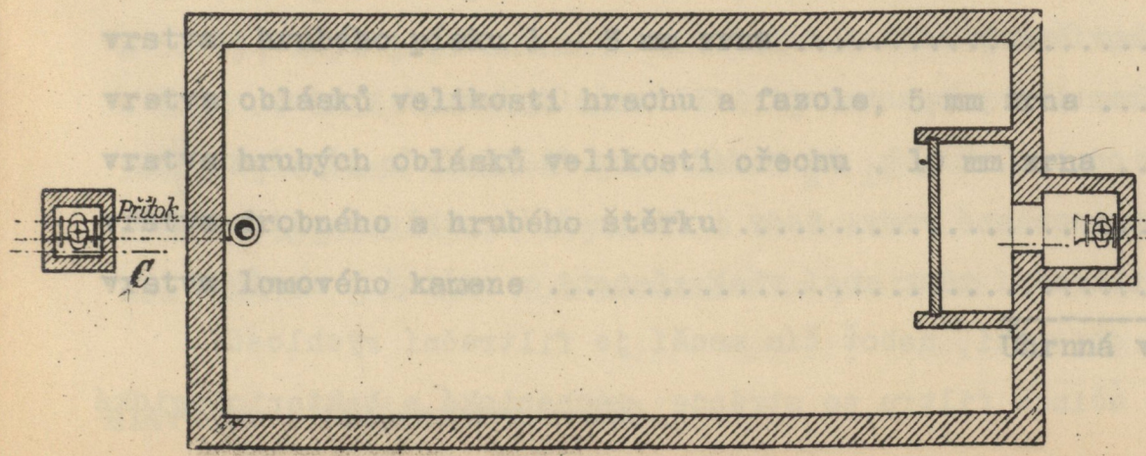
Půdorys



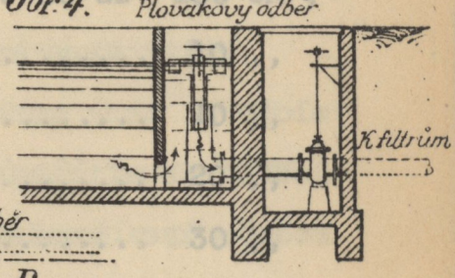
Obr. 3 Řez C-D

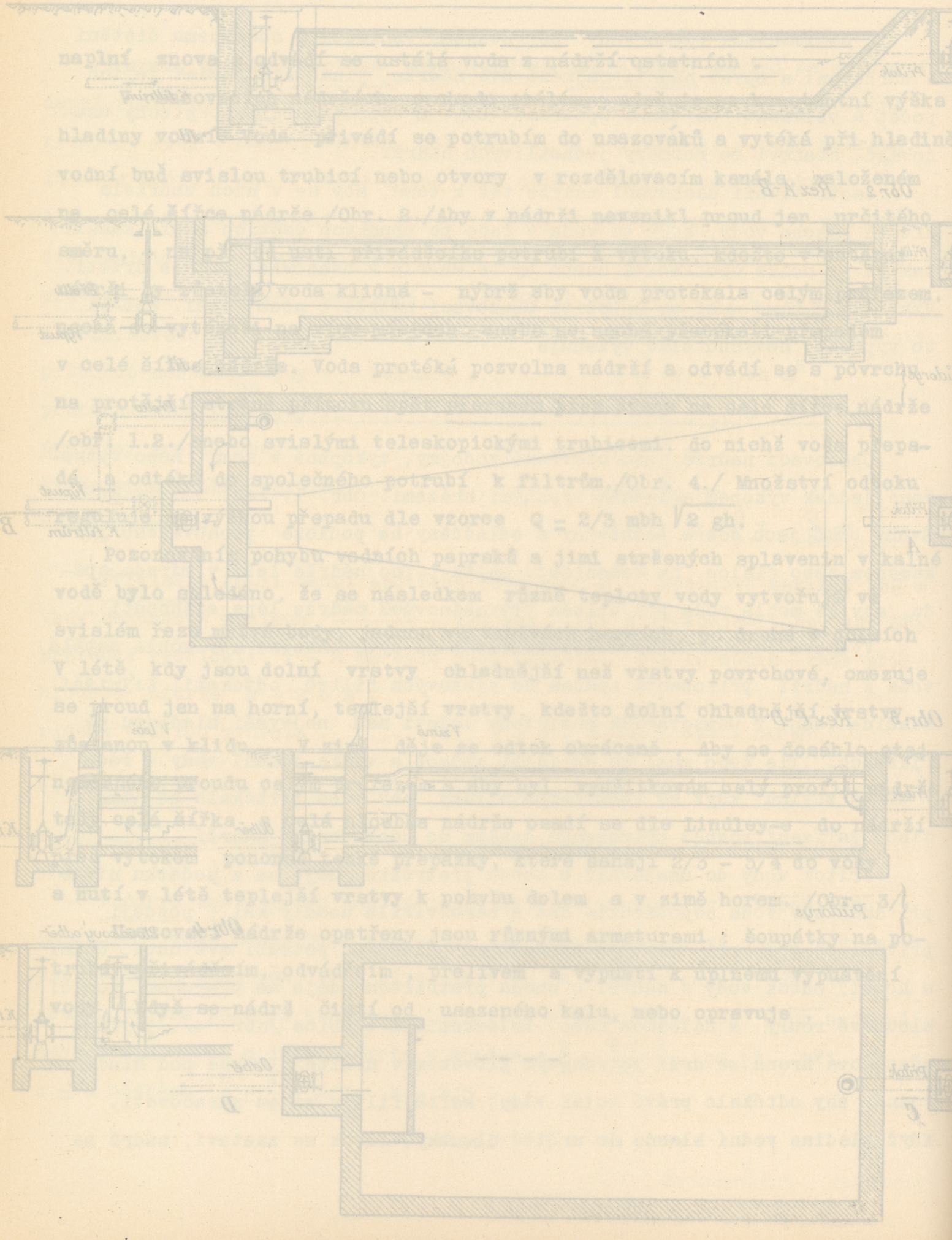


Půdorys



Obr. 4. Plovákový odběr





§17. PÍSKOVÉ FILTRY.

Pískové filtry jsou kryté neb otevřené nádrže, vyplněné drobným pískem, kterým se voda, předčištěná v usazovácích pozvolna cedí a očistí na bystrou čirou vodu. Rozeznáváme :

a/ pískové filtry pozvolné čili anglické a

b/ pískové filtry rychlé čili americké.

1./ Uspořádání pozvolných filtrů.

Pískové filtry pozvolné pozůstávají ze sypaných vrstev čistého praného říčního písku o velikosti zrna 0.3 - 1 mm ; jednotlivá větší zrna neškodí, naopak není zcela jemný nebo úplně stejnozrnný písek pro filtraci výhodný. Dále se vyžaduje, aby písková vrstva vykazovala vzdušní kapacitu, totiž volný prostor porů, když je písková vrstva nasycena vodou - asi 30% . Písek béře se z říčních naplavenin, pere a třídí se v rotačních válcových bubnech, opatřených síty a pračkami.

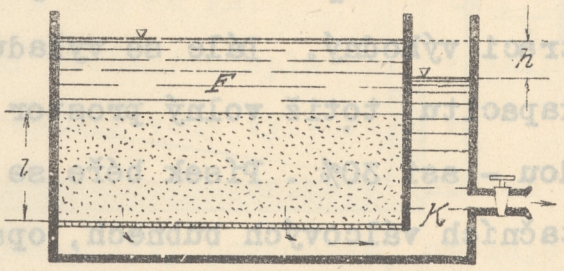
Písek nasype se do filtrů ve vrstvě 120 cm tloušťky, která spočívá na podloze hrubozrnného písku, oblázku, štěrku a kamení, jehož velikosti do hloubky přibývá. Na dně filtrační nádrže jsou trativody z dírkovaných trub, tvarových kusů z betonu nebo kanály z cihel, složených na sucho. Vlastní filtrační vrstva jest však jen horní vrstva písková. Dle toho mají pískové filtry toto složení :

Nahoře filtrační písková vrstva 0.3 - 1 mm zrna o tloušťce 60 až	100 cm ,
vrstva hrubého písku 1 - 3 mm zrna	10 ,,
vrstva oblásků velikosti hrachu a fazole, 5 mm zrna	10 ,,
vrstva hrubých oblásků velikosti ořechu , 10 mm zrna	20 ,,
vrstva drobného a hrubého štěrku	30 ,,
vrstva lomového kamene	30 ,,
Úhrnná výška	200 cm

Výška vody nad filtrech obnáší 100 - 150 cm. Syrová voda, která stojí nad filtry cedí se filtrační vrstvou, zbavuje se při tom minerálních i organických příměsů a očištěná voda sbírá se na dně filtrační nádrže v trativodech a odvádí do vodojmu na čistou vodu.

Výkonnost pískových filtrů závisí na velikosti zrna a porovitosti filtračního písku, na tloušťce filtrační vrstvy l a velikosti filtračních tlaku h, obr.36., pod kterým rozumíme výškový rozdíl mezi hladinou syrové vody nad filtrem F a hladinou vodní ve sběrné komoře pro čistou vodu K. Čím propustnější a porovitější jest filtrační vrstva písková a čím větší jest filtrační přetlak tím rychleji se cedí voda a v důsledku toho, tím větší je filtrační rychlost čili množství vody, které se procedí filtrem v jednotce časové. Označíme-li plochu filtru v půdorysu F, porovitost filtračního materiálu čili poměr vodního průřezu f ku celému průřezu F koeficientem $k_1 = \frac{f}{F}$ a vyjádříme-li propustnost čili odpor filtračního materiálu koeficientem k_2, dále výšku filtrační vrstvy l a výšku filtračního tlaku h, tedy relativní spád hladiny vodní ve filtru $J = \frac{h}{l}$, bude dle filtračního zákona Darcy-ho množství procezené vody $Q = F.k \frac{h}{l} = F.v.$

Obr. 36.



filtrační rychlost $v = k \frac{h}{l} = \frac{Q}{F}$

filtrační tlak $h = \frac{vl}{k} = \frac{Ql}{Fk}$.

Filtrované množství vody závisí tedy na velikosti filtru /F/, na složení, tedy porovitosti a propustnosti filtrační pískové vrstvy, vyjádřené koeficientem odporu $k = k_1 k_2$ a dále na filtračním přetlaku $\frac{h}{l}$, kterým lze množství procezené vody, tedy i filtrační rychlost, libovolně regulovati. Tento filtrační tlak musí však zůstati v určitých mezích, má-li se voda dobře očistiti, neboť čím menší je filtrační rychlost, tím dokonalejší jest účinek filtru po stránce mechanické a bakteriologické

Celkem jest filtrační rychlost velmi malá a měří se buď drahou, kterou urazí vodní částečky za 1 hodinu anebo množstvím vody, které se procedí na 1 m^2 filtru ve 24 hodinách. Obnáší-li na př. rychlost prosakování 100 mm za hodinu, tedy ve 24 hod. 2.4 m dává 1 m^2 filtru za 1 hodinu sloupec vody = 0.1 m^3 = 100 lit. a za 24 hod. 2400 lit. = 2.4 m^3.
Pro jiné rychlosti obdržíme tato čísla :

v =	30	50	100	150	200	250	300	400	500 mm/hod.
v =	0.20	1.20	2.40	3.60	4.80	6.00	7.20	9.60	12.00 m/24 hod.
Q =	720	1200	2400	3600	4800	6000	7200	9600	12000 lit/24 hod

Filtrační rychlost bývá různá a řídí se dle jakosti syrové vody a dle stupně učištění, které se vyžaduje. Filtračním přetlakem může se filtrační rychlost též libovolně regulovati, totiž zmenšiti nebo zvětšiti, ale při tom nesmí se překročiti určitá mez . Pro říční vodu obnáší za normálních poměrů filtrační rychlost 100 mm za hodinu, čili 2400 lit. ve 24 hod. na m^2 filtru . Jinak filtrační rychlost u říční vody kolísá 1200 - 3600 lit. za 24 hodin, u čisté vody z jezer a údolních přehrad 3000 - 6000 lit./24 hod. U rychlých filtrů jest rychlost asi 10 krát větší.

Filtrační rychlost musí se pro každou vodu předem zkusmo vyšetřiti a sice tím způsobem, že se syrová voda filtruje při různém přetlaku a filtrát se prozkoumá fysikálním, chemickým a bakteriologickým rozborem. Účinek filtru považuje se dle platných předpisů uspokojivým, tedy filtrační přetlak přiměřeným, když jest voda čistá, čirá, bez příchutě a barvy, když její chemické složení není horší než bylo před filtrací a když v učištěné vodě není větší počet zárodků, než 100 v 1 cm^3 vody. Takto vyšetřená tlaková výška nesmí se překročiti ; z důvodů bezpečnostních a hygienických doporučuje se dokonce filtrovati s menším přetlakem, totiž jen asi 2/3 maximálního přetlaku .

Vyšetřená filtrační rychlost a přetlak nelze však považovati při provozu za stálé hodnoty, nýbrž hodnoty, která se dle stupně zakalení syrové vody mění Zejména po prudkých deštích a za velké vody, kdy bývá říční voda velmi kalná, může se filtrovati jen malou rychlostí Velké znečištění říční vody organickými příměsy nastane na př. u nás, když začnou cukrovary na podzim pracovati a vypouštěti odpadové vody do řeky. Filtrační rychlost třeba z bezpečnostních důvodů zmírniti též za doby epidemických nemocí, kdyby se takové objevily v povodí řeky, ze které se voda odebírá.

Velmi kalnou vodu nelze jednoduchými pískovými filtry vůbec očistiti; v takových případech provádí se filtrace za pomocí chemických přísad , nebo se zavede předčištění vody v rychlých filtrech nebo chemických filtrech z hrubšího písku.

2./ Účinek filtrů.

Účinek filtrů jest především mechanický a pozůstává v tom, že se ve vodě rozptýlené hlinité, vegetabilní i animalické příměsy usadí na povrchu anebo přilnou / adsorbce / na povrchu a v porech mezi pískovými zrnky filtrační vrstvy . Poněvadž ale písková zrna mají průměr 0.3-1 mm tedy by se v meziprostorách pískové vrstvy mohly zachytiti ve skutečnosti jen příměsy větší než asi 1/5 velikosti zrna tedy příměsy velikosti 0.06-0.2 mm, kdežto jemné součástky jílu a velmi drobounké bakterie o velikosti 0.001 - Ø.001 mm by mohly pískovým filtrem volně procházeti.

Z toho důvodu pouhá filtrační vrstva písková k očištění vody nestačí, a s počátku dávají pískové filtry vždy kalnou vodu. Teprve po nějakém čase, když se na povrchu filtru vytvoří z usazených minerálních vegetabilních a animalických příměsů : zelených a žlutých řas, infusorií makro- i mikroorganismu , vodních ráčků, štírků, blech a j. t. zv. filtrační čili resistenční blána, jest filtrát čistý.

Filtrační blána / Membrane. Filterhaut / jest hustá plšťovitá pokožka na povrchu filtru a představuje rosolovitou, sliznatou, kolodiální hmotu, usazenou v nejhořejší části filtrační vrstvy, která lpí na písku a sužuje mezery /pory / mezi pískovými zrny. Její účinek spočívá především v tom, že zadržuje z cezené vody mechanicky velmi jemné příměsy a dále, že zvětšuje adsorbcí a kontaktem s vodou činnost filtru. Tím způsobem zadrží se veškeré jemné příměsy na povrchu anebo v nejhořejší části filtru, kdežto dolní vrstvy filtračního písku zůstanou poměrně čisté.

Novějšími výzkumy / Piefke, Fränkel, Götze, Kisskalt / bylo zjištěno že činnost filtrační blány pískových filtrů jest též biologická, spočívající v tom, že se v ní usadí velké množství prvoků / protozoe Amoebe, Hyalodiscus, Actinophrys, Aspidisca, Lynceus a j./, které sežírají ve vodě obsažené bakterie. V zimě, když se tito prvoci nemohou při nízké teplotě vyvíjeti, jest také biologická činnost filtrační blány menší.

Dle toho odehrává se v pískových filtrech dosti složité životní pochody - proto je nazýváme též biologickými filtry a jejich činnost lze srovnati s čištěním kalné vody říční, když protéká korytem, vyplněným hustým porostem vodních bilin, které mají podstatný vliv na samočištění přirozených toků.

Průběhem filtračního provozu bývá filtrační blána tlustší a hustší, následkem čehož nalézá voda při prosakování čím dále tím větší odpor a výkonnost filtru bývá menší. Aby se tato výkonnost udržela na vyžadovaném stupni, musí se filtrační přetlak pozvolna zvětšovati, ale toto zvětšování má svoje meze, poněvadž vzniká nebezpečí, že se filtrační blána zvětšeným tlakem protrhne a že se vytvoří ve filtru průchody, kterými by mohla syrová voda a nečistoty, zejména bakterie volně procházeti.

Proto se musí filtrační blána po nějakém čase zároveň s horní vrstvou písku do hloubky asi 3 cm seškrábnouti a odstraniti. Stahování filtrační

blány děje se v období asi 4 - 10 týdnů tím způsobem, že se voda z filtru vypustí, aby hladina vodní klesla pod filtrační pískovou vrstvu, načež se usazený kal s filtrační blánou a nejhořejší vrstvou písku hřebly seškrábne a lopatou odstraní. Na to filtrace opět pokračuje, ale dokud se nevytvoří nová filtrační blána, což trvá několik dní , ba i týdnů , cedí se z filtrů kalná voda, která se vypouští do odpadové stoky. Seškrabování filtrační blány opakuje se tak dlouho, až klesne tloušťka pískové vrstvy na 50 cm ; pak se musí celá filtrační vrstva vyměniti , t.j. veškeren písek vybrati a nahraditi novým.

3./ Velikost pískových filtrů.

Rozměry pískových filtrů závisí na velikosti denní spotřeby vody a na filtrační rychlosti. Dokonalá filtrace vyžaduje, aby byly filtry náležitě dimensovány, aby byla po ruce nějaká reserva a aby se filtrační rychlost mohla dle potřeby, totiž dle stupně zakalení syrové vody regulovati.

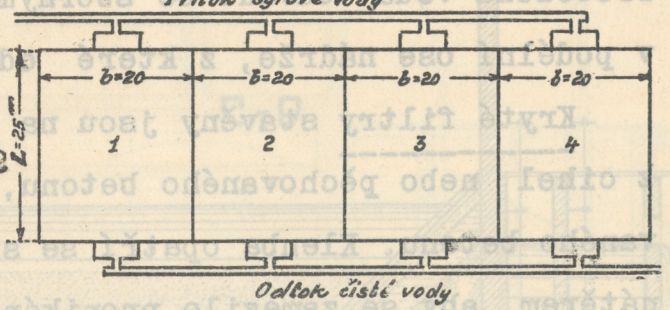
Označíme-li denní spotřebu vody Q a minimální filtrační rychlost v, musí býti výkonná plocha filtru $F = \frac{Q}{v}$, která se rozdělí na několik jednotek. Pro udržení stálého chodu filtračního musí se vzhledem k občasnému vypírání a čištění filtrační hmoty a se zřetelem k opravám a udržování filtrů zříditi vždy více nádrží, než-li jest dle výpočtu nezbytně nutno, tak že zůstane vždy několik /m/ filtrů, aspoň dva, mimo činnost, totiž buď ve stavu vypírání nebo v reservě pro nahodilé poruchy a opravy filtrů .

Půdorys filtračních nádrží jest obdélník ; při n nádržích o šířce b a délce L budou stavební výlohy nejmenší, když stojí šířka a délka v poměru $\frac{b}{L} = \frac{n+1}{2n}$. Velikost jednotlivých nádrží obnáší 500 - 1000 m^2 .

Příklad : Obnáší-li denní spotřeba $Q = 3600\ m^3$, tedy průměrná hodinová potřeba $\frac{3600}{24} = 150\ m^3 = 150.000$ lit. a minimální filtrační rychlost 100 l./m^2 na hodinu čili 2400 lit. na 24 hod. musí býti výkonná plocha filtru

$F = \frac{3600000}{2400} = 1500\ m^2$ nebo $F = \frac{Q}{v} = \frac{150000}{100} = 1500\ m^2$.

Obr. 37.



Tuto plochu rozdělíme na 4 jednotky, tedy 3 nádrže o ploše $f = \frac{1500}{3} = 500\ m^2$, každou o šířce b = 20 m a délce L = 25 m. K tomu reserva 1 nádrž, dohromady tedy 4 nádrže /n/.

4./ Výstavba pískových filtrů.

Pískové filtry jsou otevřené nebo kryté nádrže, založené v takové výšce, aby mohla do nich voda z usazovacích nádrží přirozeným spádem přitékati.

Otevřené filtry /obr.1.,2.,tab.39 / mohou se provésti jako kopané zemní nádrže, opatřené ve dně a bocích pěchovanou vrstvou jílu, 30 cm tloušťky a zpevněné dlažbou z cihel neb betonových desek na cementovou maltu, aby byla nádrž vodotěsná a do filtru aby nemohla prosakovati spodní voda z přilehlé půdy nebo prosáklá voda s povrchu.

Dále provádějí se filtry jako zděné nádrže z kamene a cihel na cementovou maltu, nebo z betonu ; aby se zamezilo pronikání povrchové a spodní vody z přilehlé půdy do filtrů, opěchují se obvodní zdi jílem. Dno nádrže provede se s malým podélným a příčným spádem /1 : 50/ a opatří se nepromokavou dlažbou z cihel na cementovou maltu nebo z betonu, rovněž na podloze pěchovaného jílu. Středem dna nádrže jde podélný kanál, do kterého ústí procezená voda z postranních trativodů z cihel nebo dírkovaných hliněných trubek asi 10 cm průměru. Trativody založí se kolmo na hlavní sběrač ve vzdálenosti 2-3 m a obloží kamenem a hrubým štěrkem.

Procezená voda odvádí se sběrným kanálem do regulační komory, přistavené v podélní ose nádrže, z které odtéká do čerpací studny ve strojovně.

Kryté filtry stavěny jsou na způsob zásobovacích vodojmů s klenbou z cihel nebo pěchovaného betonu, eventuelně s rovným stropem z armovaného betonu. Klenba opatří se shora cementovou omítkou a asfaltovým nátěrem, aby se zamezilo pronikání dešťové vody do filtru. Se shora pokryje se překlenutý filtr 1 - 1.5 m vysokým násypem z pěchované hlíny, odrnovaným nebo osetým travou. K osvětlení slouží zasklené otvory v klenbě / zeleným sklem / a k ventilaci postaví se do klenby ventilační průduchy z hliněných neb železných trub, jichž otvory jsou potaženy hustým pletivem z měděného drátu, aby do nich nemohl zalézati hmyz. Tab. 40.

Na otázku, zda-li jsou výhodnější otevřené nebo kryté filtry, můžeme říci, že jsou otevřené filtry lacinější, že u nich působí na vodu blahodárně paprsky sluneční a vzduch a že se vytvoří za krátkou dobu filtrační blána ; s druhé strany se namítá, že se v nich v létě voda příliš oteplí a v zimě ochladí, ba i zamrzá a mimo to, může se voda v otevřených nádržích znečistiti dovátým prachem a bujnou vegetací bylinnou, která vzniká na stěnách filtru.

Aby voda v otevřených filtrech nezamrzala, drží se nad filtry větší hloubka vody a v zimě musí se dbáti, aby voda kolem zdí nezamrzla, poněvadž by led poškodil zdivo. Toho se dosáhne odsekáváním ledu kolem zdí nebo ohříváním vody parou, která se přivádí ze strojovny, železným, dobře isolovaným potrubím, které jest připevněno na stěnách filtrační nádrže ve výšce hladiny vodní.

U krytých filtrů tohoto nebezpečí není, ale stavba jest dražší . Proti mrazu chrání se filtry též tím způsobem, že se postaví nad nimi střecha na jednoduchých odvodních zdích, jež jsou dobře isolovány korkem, asbestem, a pod./ aby se mohl krytý prostor nad filtry v zimě ohřívati.

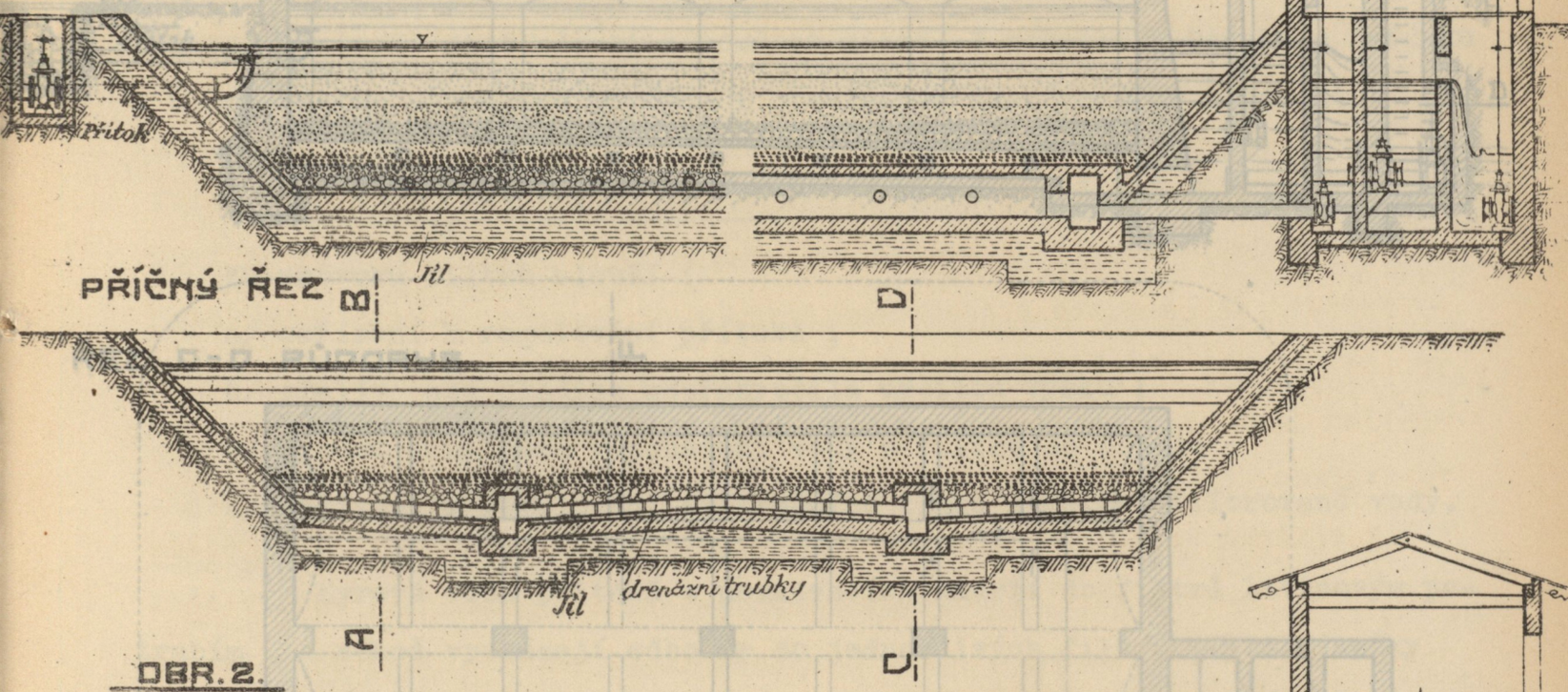
TAB. 39.

PÍSKOVÉ FILTRY

OBR. 1.

PODÉLNÝ ŘEZ A-B

C-D

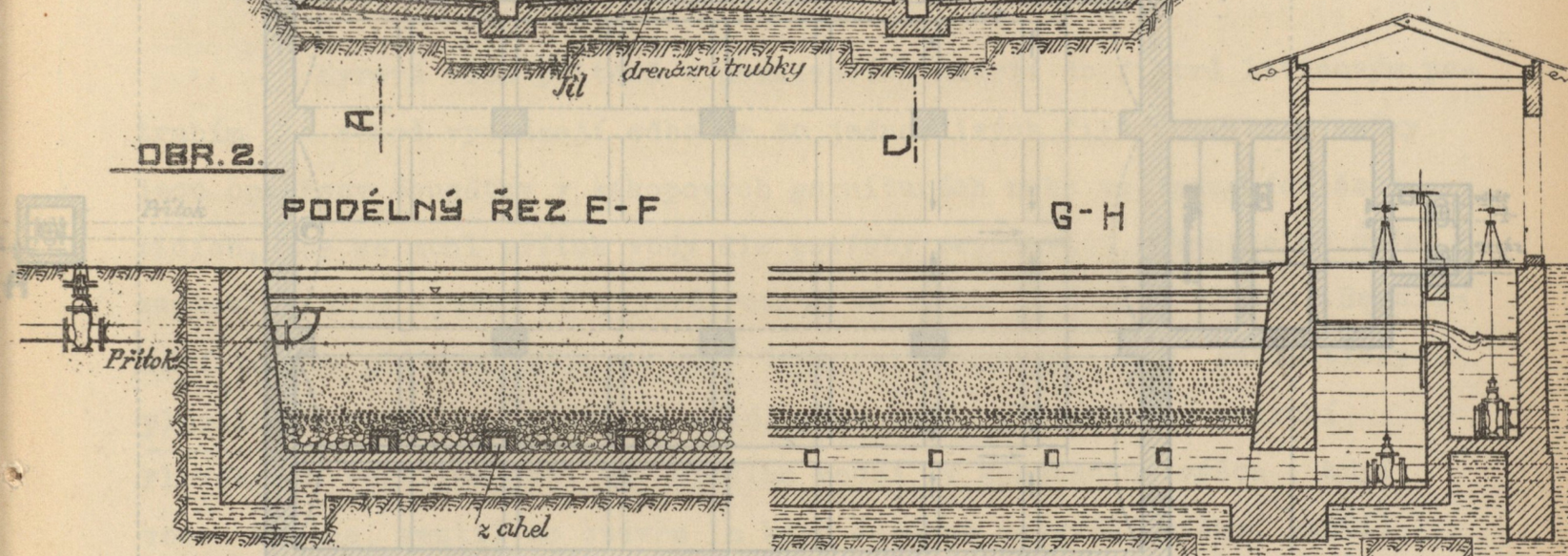


PŘÍČNÝ ŘEZ

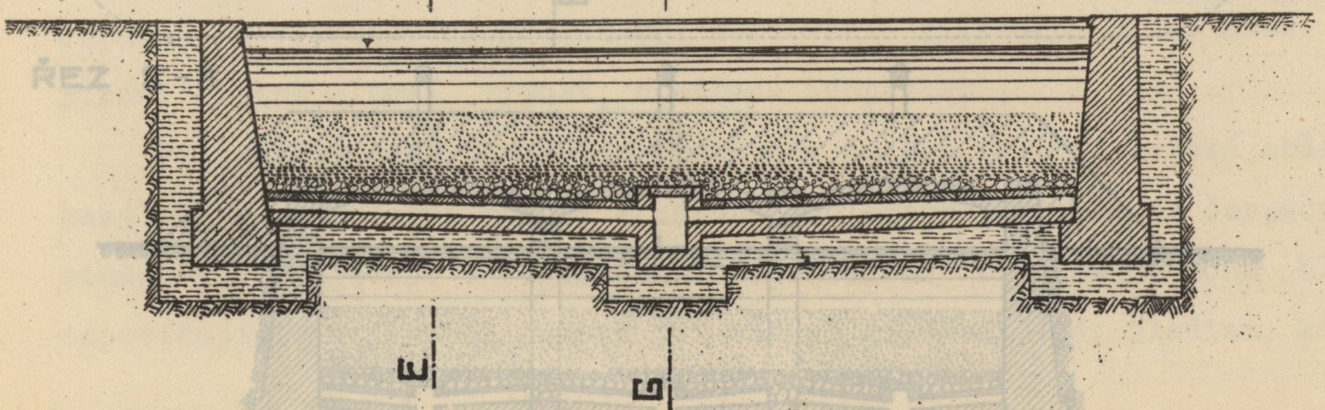
OBR. 2.

PODÉLNÝ ŘEZ E-F

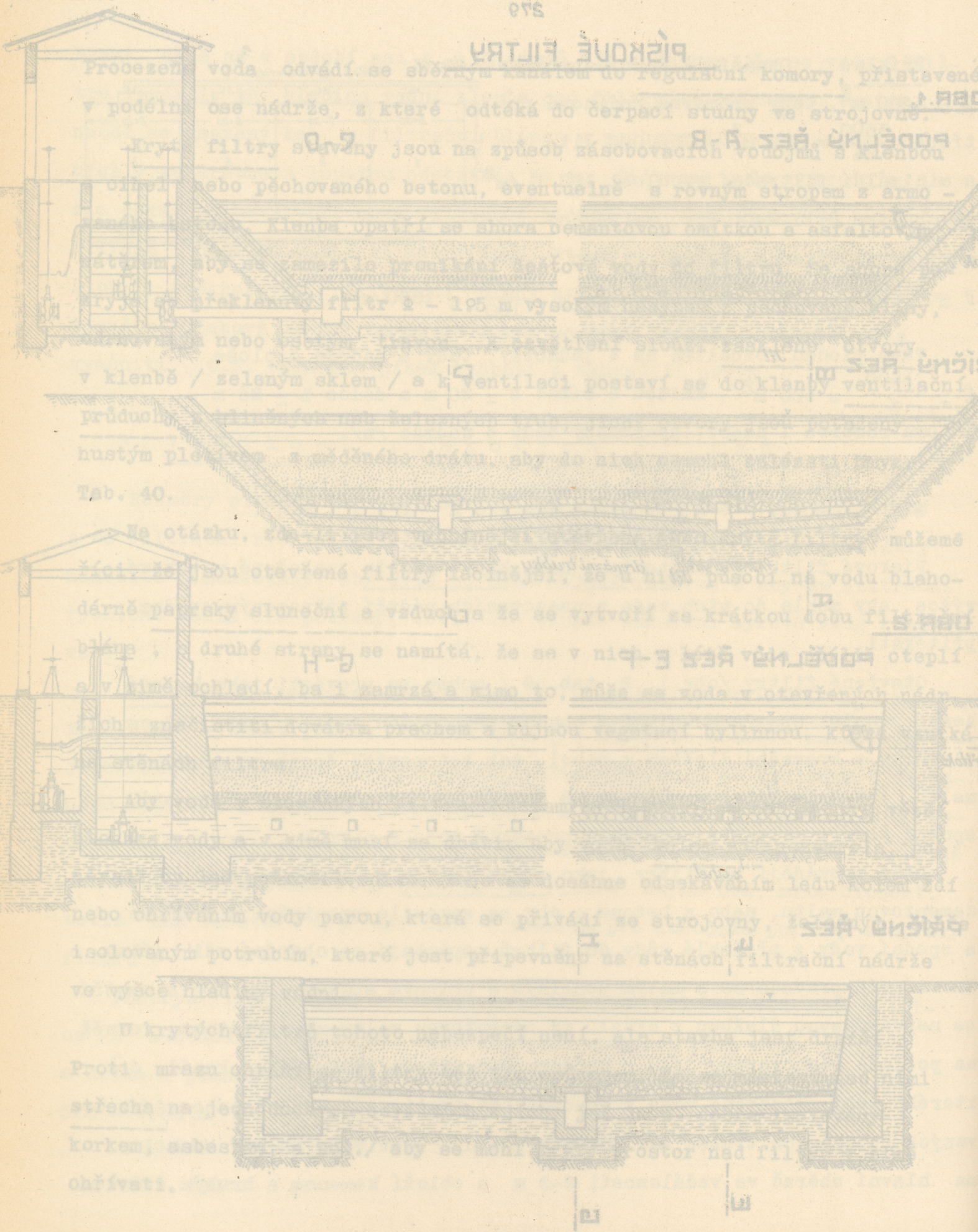
G-H



PŘÍČNÝ ŘEZ



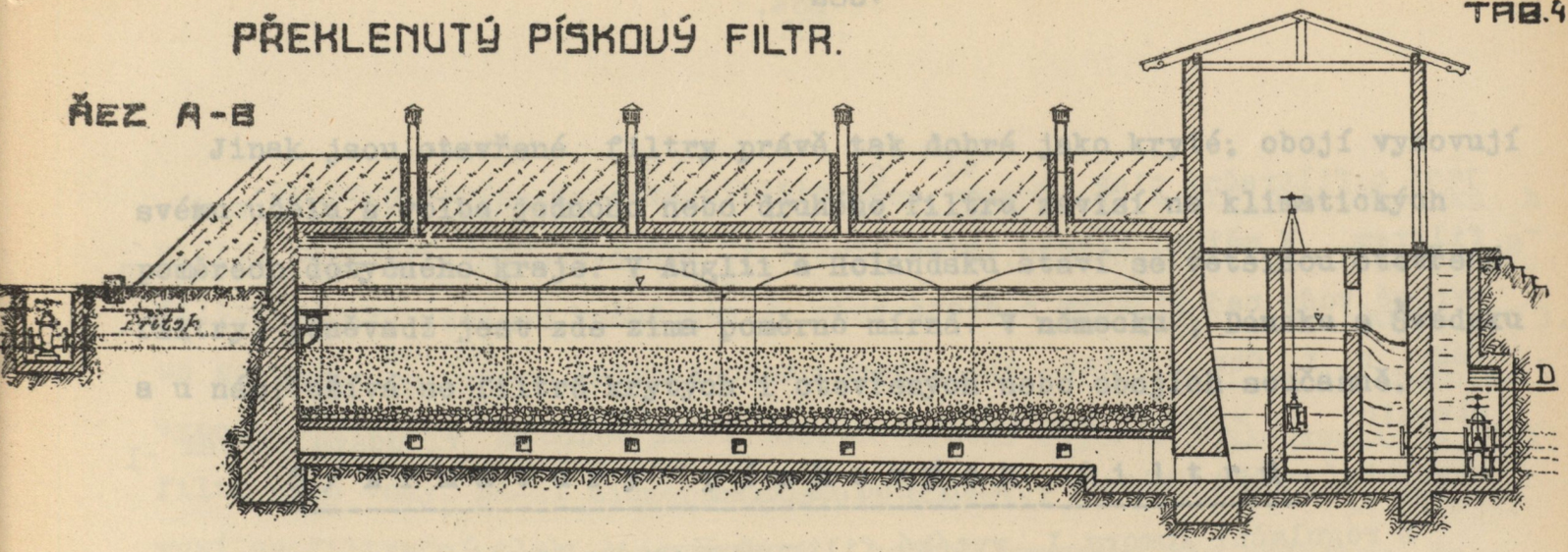
1:100


A-B
C-D
E-F
G-H

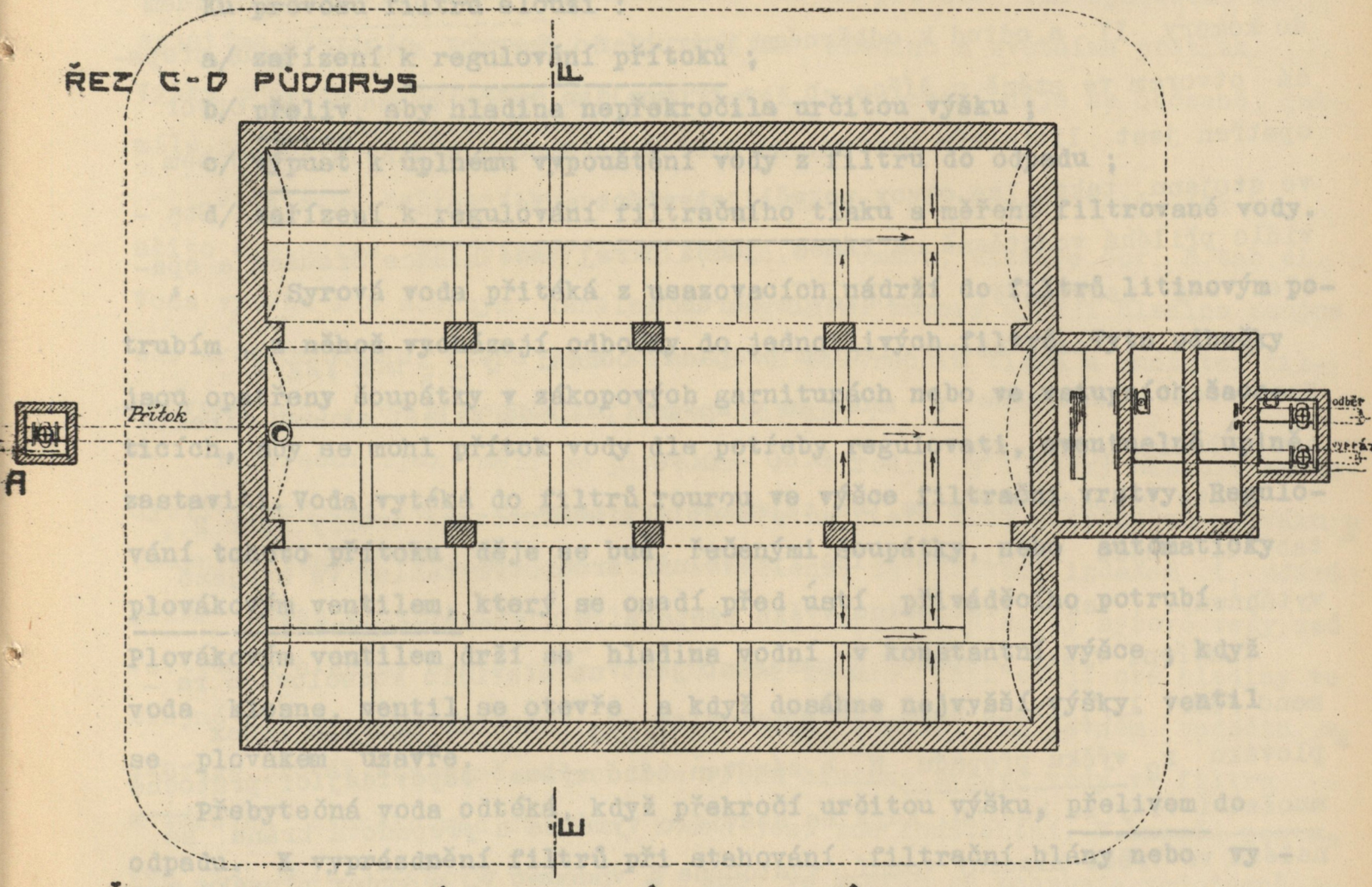
TAB. 4.

PŘEKLENUTÝ PÍSKOVÝ FILTR.

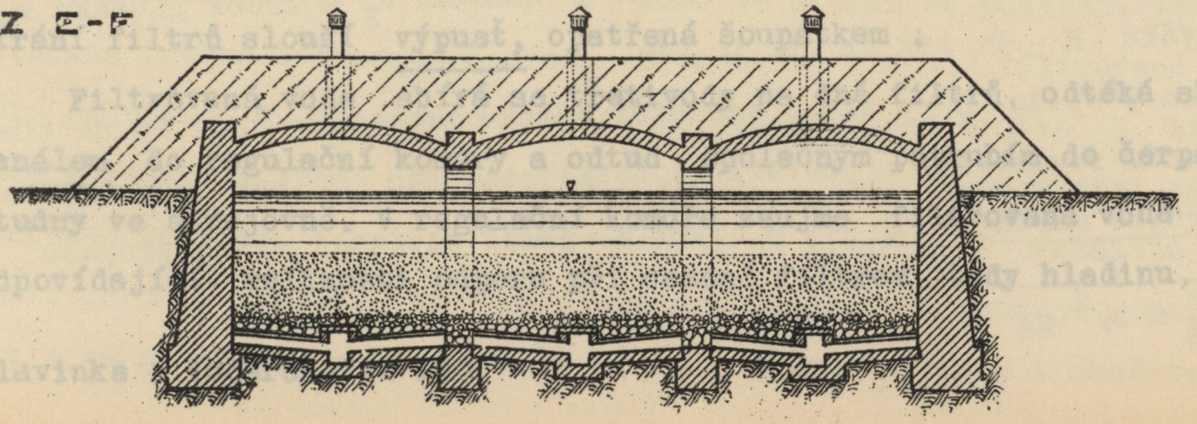
ŘEZ A-B



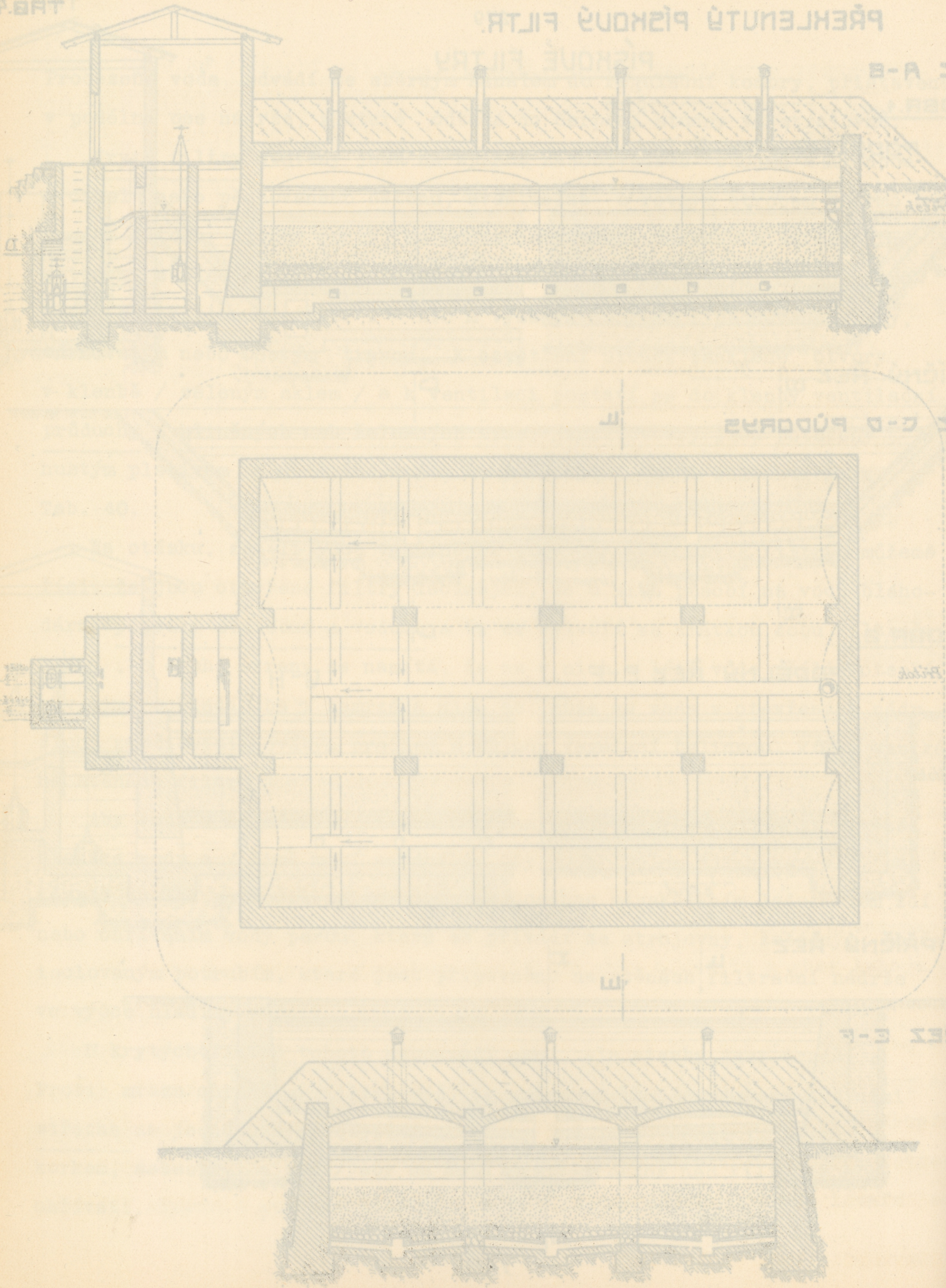
ŘEZ C-D PŮDORYS



ŘEZ E-F



1:200



Jinak jsou otevřené filtry právě tak dobré jako kryté; obojí vyhovují svému účelu a volba jednoho nebo druhého filtru závisí na klimatických poměrech dotyčného kraje. V Anglii a Holandsku staví se většinou otevřené filtry, poněvadž jest zde zima poměrně mírná. V Německu , Dánsku a Švédsku a u nás, užívá se filtrů krytých i otevřených nebo obojích současně.

5./ Armatury pískových filtrů.

Ku provozu filtrů slouží :

a/ zařízení k regulování přítoků ;

b/ přeliv, aby hladina nepřekročila určitou výšku ;

c/ výpusť k úplnému vypouštění vody z filtru do odpadu ;

d/ zařízení k regulování filtračního tlaku a měření filtrované vody.

Syrová voda přitéká z usazovacích nádrží do filtrů litinovým potrubím , z něhož vycházejí odbočky do jednotlivých filtrů. Tyto odbočky jsou opatřeny šoupátky v zákopových garniturách nebo ve vstupních šachticích, aby se mohl přítok vody dle potřeby regulovati, eventuelně úplně zastaviti. Voda vytéká do filtrů rourou ve výšce filtrační vrstvy. Regulování tohoto přítoku děje se buď řečenými šoupátky, nebo automaticky plovákovým ventilem, který se osadí před ústí přiváděcího potrubí. Plovákovým ventilem drží se hladina vodní v konstantní výšce ; když voda klesne, ventil se otevře a když dosáhne nejvyšší výšky, ventil se plovákem uzavře.

Přebytečná voda odtéká, když překročí určitou výšku, přelivem do odpadu. K vyprázdnění filtrů při stahování filtrační blány nebo vypírání filtrů slouží výpusť, opatřená šoupátkem ;

Filtrovaná voda sbírá se trativody na dně filtrů, odtéká sběrným kanálem do regulační komory a odtud společným potrubím do čerpací studny ve strojovně. V regulační komoře zaujme filtrovaná voda hladinu odpovídající velikosti odporu při cezení filtrem, tedy hladinu, která

jest o filtrační tlak $h = \frac{vl}{k} = \frac{Ql}{Fk}$ nižší než hladina syrové vody nad filtrem. K měření tohoto přetlaku, t.j. výškového rozdílu mezi hladinou syrové vody nad filtrem a čisté vody v regulační komoře slouží dva plováky r_1 r_2 obr. 1 tab. 41., které ukazují svými indexy na společné stupnici V_1 výškový rozdíl obou hladin. Na vodočtu V_2 udává plovák r_1 absolutní výšku /hloubku/ vody nad filtrem.

Z regulační komory I. vytéká filtrovaná voda Poncelet-ovým přepadem do komory II. a odtud k odběrnému potrubí do čerpací studny. Voda přepadá otvorem ve stěně o šířce b a proměnlivé výšce přepadu H. Otvor opatřen jest litinovým rámcem, na kterém se posunuje stavidlo šroubem ve stojanu, takže lze otvor po vůli otevříti a též úplně uzavříti. Stavidlo přiléhá vodotěsně na rámec, jehož okraj jest hladce broušen a opatřen, aby nezrezavěl bronzovou obrubou.

Množství vody, které otvorem přepadá, obnáší $Q = \frac{2}{3} mbH\sqrt{2g\,H}$. Koeficient kontrakce m musí se v každém případě zvlášť zkusmo direktním měřením ustanoviti; $m = 0.60 - 0.70$.

Místo přepadu užívá se též teleskopicky sestavované trubky, obr. 2., tab. 41, jejíž horní část lze libovolně šroubovým táhlem ve stojaně vytáhnouti, takže jest možno výšku přepadu H libovolně měniti.

K měření výšky přepadu H nasazeno jest na stavidlo konsolovité rameno /obr. 1./, které nese tyč s vodočtem V_3, na němž ukazuje index plováku r_2 výšku přepadu H a zároveň této výšce odpovídající průtočné množství vody za hodinu. Když se stavidlo vytáhne a přepadová hrana se nalézá ve výšce hladiny vodní, vystoupne i vodočet V_3 a index plováku r_2 ukazuje výšku $H = 0$, tak že je $Q = 0$.

Výška přepadu H a tím i množství odtoku procezené vody dá se tímto zařízením regulovati · postaví se totiž stavidlo S tak aby odtékalo otvorem určité množství $Q = \frac{2}{3} m\, bH\sqrt{2g\,H}$, jemuž odpovídá výška přepadu

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{/\frac{2}{3} m\, b/^2\, 2g}}$$

Filtr o ploše F dává při určitém odporu k a určitém přetlaku h určité množství vody $Q = F\,k\,\frac{h}{l}$. Je-li na př. plocha filtru $F = 500\ m^2$, filtrační rychlost $Q = 100$ lit./h., dává filtr za hodinu $500 \cdot 100 = 50\,000$ l./h za sekundu $\frac{50.000}{3.600} = 14$ lit. Dle tohoto množství postaví se stavidlo na vypočtenou výšku H. Po nějakém čase se zvětší odpor a následkem toho dává filtr méně vody. Má-li nicméně zůstati množství filtrované vody stejné, musí se filtrační tlak h zvětšiti, což se provede tím způsobem, že spustíme stavidlo přepadu, tedy snížíme hladinu a zvětšíme přetlak. Výška přepadu H zůstane ale opět tatáž. Regulování děje se občasně, jakmile se pozoruje, že výkonnost filtru klesá.

Jiný druh zařízení ku regulování a měření filtrované vody, jak ho užito dle Götze při pískových filtrech v Brémách, ukazuje obr. 3. tab. 41. Voda vytéká zde sběrným kanálem do regulační komory a její hladina zaujme zde určitou výšku, která jest závislá na filtračním tlaku a množství filtrované vody, jež z regulační komory odtéká.

Filtrační tlak měří se plovákem r v rouře p, který ukazuje na pohyblivý vodočet v_1, postavený v komoře na čisté vodě, dotyčně na plováku p. Stupnice tohoto vodočtu jest tak rozdělena, že odečtení indexem i_1 udává přímo výšku filtračního přetlaku h, t.j. rozdílu hladiny syrové vody nad filtrem a hladiny čisté vody v regulační komoře. Když stojí obě hladiny ve stejné výšce, ukazuje index i_1 na plováku r nulu. Na pevném vodočtu v_2 ukazuje plovák současně nadmořskou výšku hladiny syrové vody ve filtru a zároveň hloubku nad filtrem, která jest zde konstantní. V komoře postaven jest dále litinový tvarový T kus, ve kterém se pohybuje vodotěsně vytočená trubka z bronzu R, přes jejíž okraj přepadá filtrovaná voda a odtéká odbočkou O, opatřenou šoupátkem. Teleskopická trubka R zavěšena jest kloubem na táhlo M opatřeném v dolní části šroubovitými závity, ktere se pohybují v matici N upevněné na plováku P. Jestliže otáčíme táhlo horní rukojetí, tedy se přepadová trubka R vsunuje nebo vysunuje a tím se zvětšuje nebo zmenšuje výška přepadu H, tedy i množství přepada-

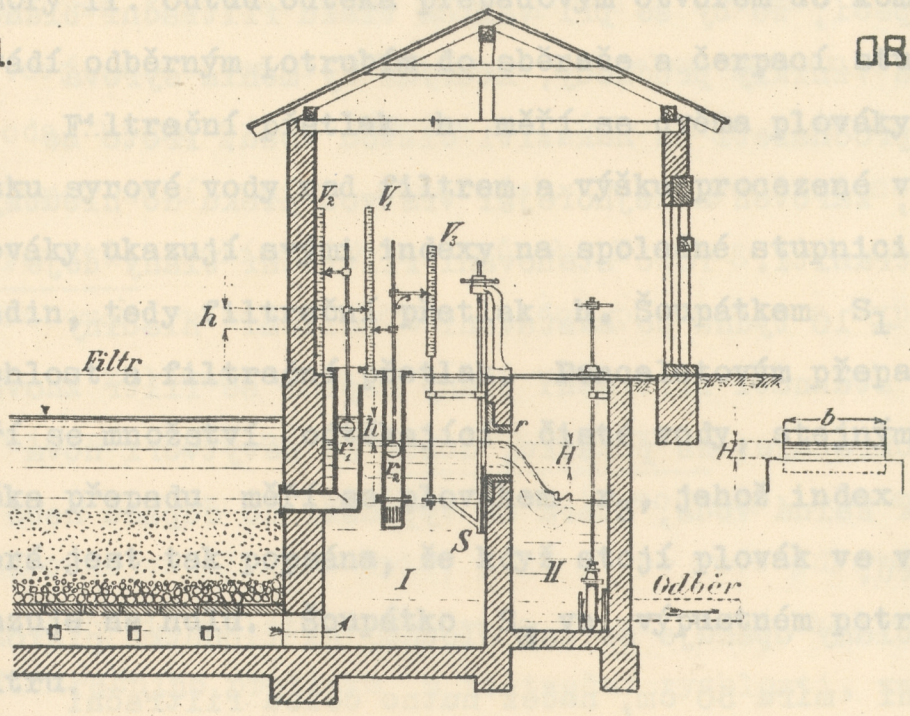
jící vody $Q = 2/3\ m\ bH\sqrt{2g\ H}$. K měření výšky přepadu H slouží vodočet V_3, postavený na plováku P. Ukazovák i na táhle M ukazuje přímo výšku přepadu v milimetrech a zároveň této výšce odpovídající množství přepadající vody v 1 sekundě nebo 1 hodině. Stupnice musí býti v důsledku toho tak rozdělena a popsána, že když se odběrná trubka R vytáhne až stojí horní přepadová hrana ve výši hladiny vodní, ukazuje index i_3 na vodočtu V_3 výšku $H = 0$ a odtokové množství jest rovněž $Q = 0$. Výška přepadu H postaví se na počátku filtračního chodu na vyžadovaný výkon filtru. Obnáší-li filtrační rychlost 100 mm čili 100 lit./hod a plocha filtru $F = 500\ m^2$, bude dávati filtr za 1 hodinu 50000 lit., čili za 1 sekundu $\frac{50000}{3600} = 13.8$ lit. Dle toho postavíme teleskopickou trubku R pomocí stupnice V_3 tak, aby do ní přepadalo za 1 sekundu 13.8 litrů za 1 hodinu 50000 litrů, a tomuto množství, dotyčně výšce přepadu, přizpůsobí se samočinně výška filtračního přetlaku h. Jednou postavená výška hrany odběrné trubky R pod hladinou vodní, zůstane po celý chod konstantní. Když průběhem času výkonnost filtru ochabne, klesne hladina vodní v komoře, poněvadž trubka obvádí stále totéž množství vody a tím se i přetlak h samočinně zvětší. Toto zvětšování má ovšem, jak již shora řečeno svoji hranici, které když se dosáhne, musí se filtrace zaraziti a filtrační blána seškrábnouti.

I toto zařízení pracuje tedy s přepadem, který se však postaví plovákem samočinně do stejné vzdálenosti od hladiny vodní, takže se musí výška přepadu jen tehdy měniti, když chceme výkonnost filtru změniti: na př. když se změnila jakost vody. Jinak zůstane relativní poloha hrany přepadu ku hladině vodní a tím i výška přepadu stálá, a této stálé poloze přizpůsobí se samočinně přetlak filtru. Filtr pracuje kledněji a správněji než-li při ručním regulování přetlaku posuvným stavidlem.

V obr.4. znázorněno jest regulační zařízení systému tříkomorového, jehož se použilo při anglických filtrech v Brně. Procezená vody vytéká z filtrů do komory I., ze které se vypouští regulačním šoupátkem S_1 do

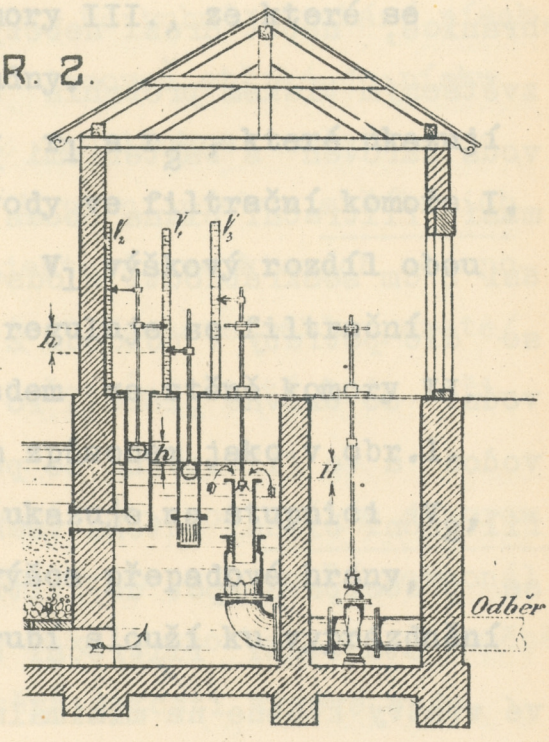
REGULAČNÍ KOMORA PÍSKOVÝCH FILTRŮ

OBR 1.



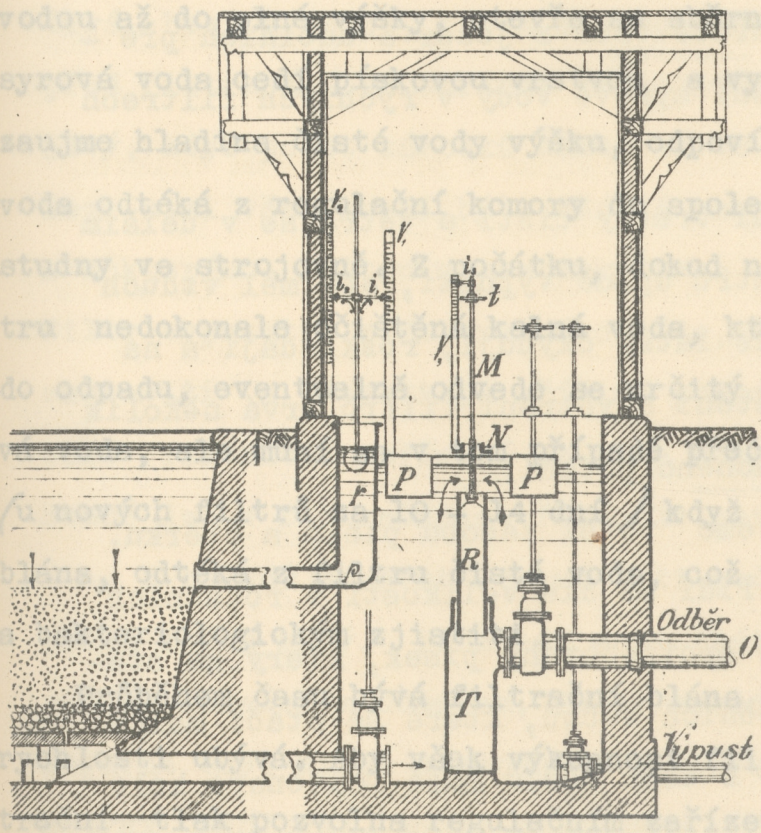
SYSTÉM DVOUKOMOROVÝ

OBR. 2.



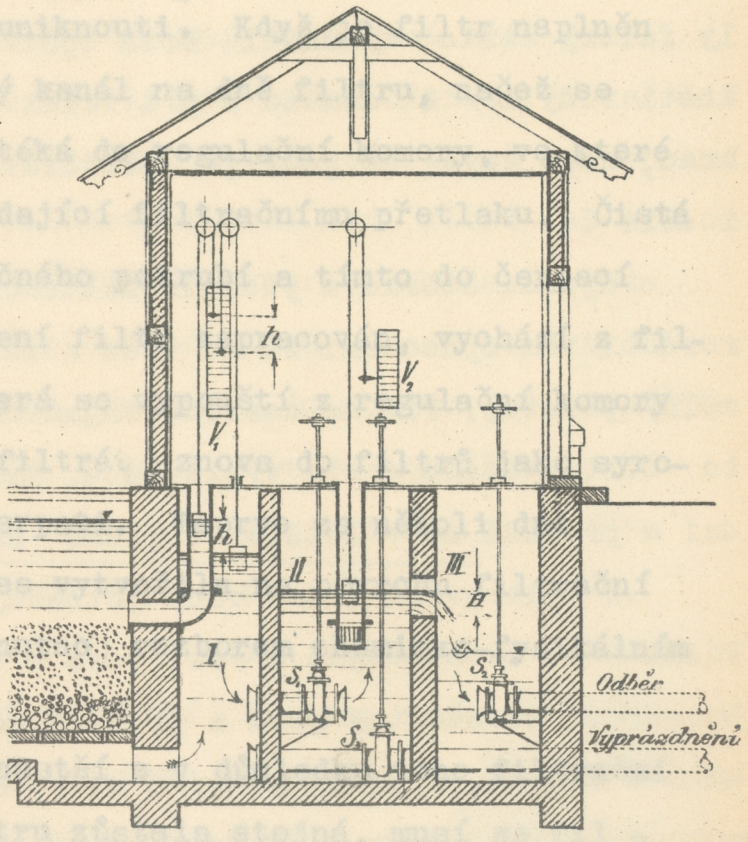
SYSTÉM JEDNOKOMOROVÝ

OBR. 3.

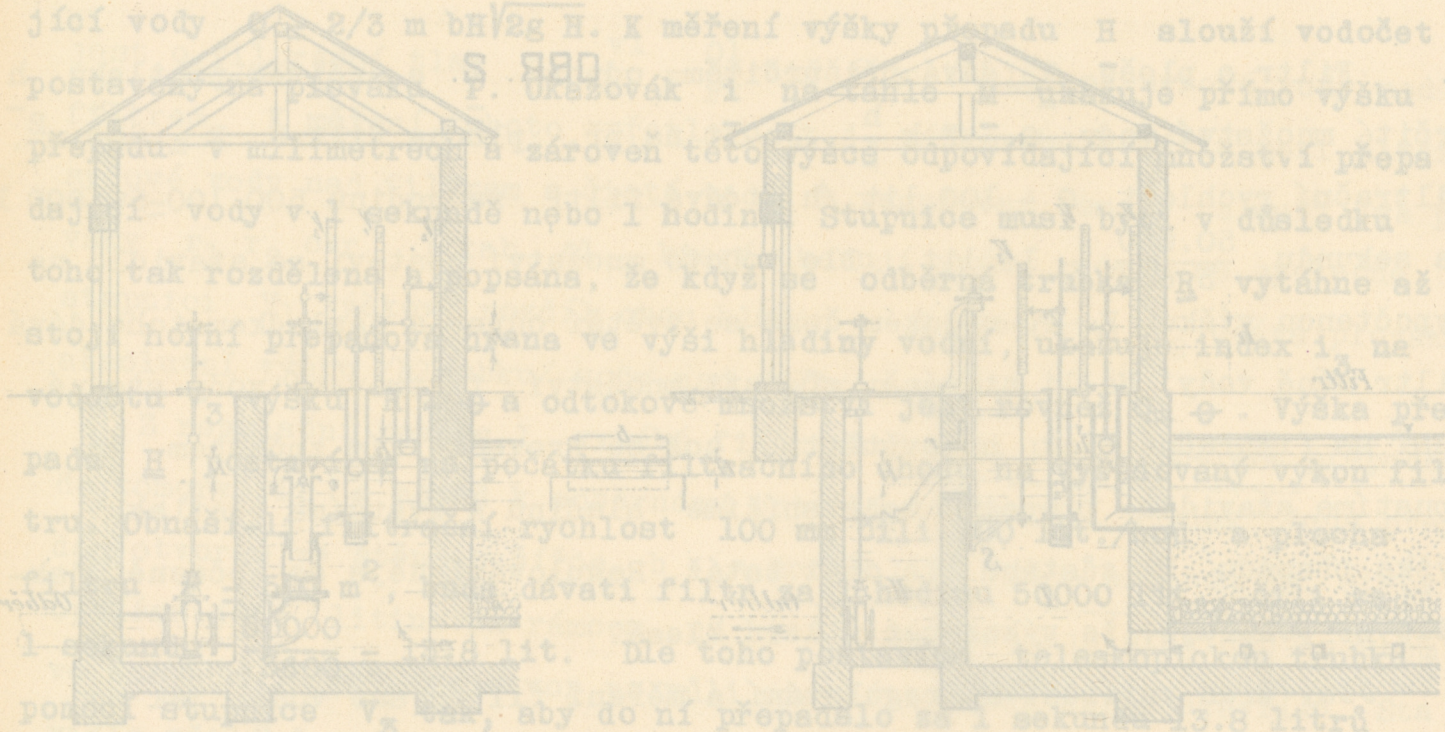


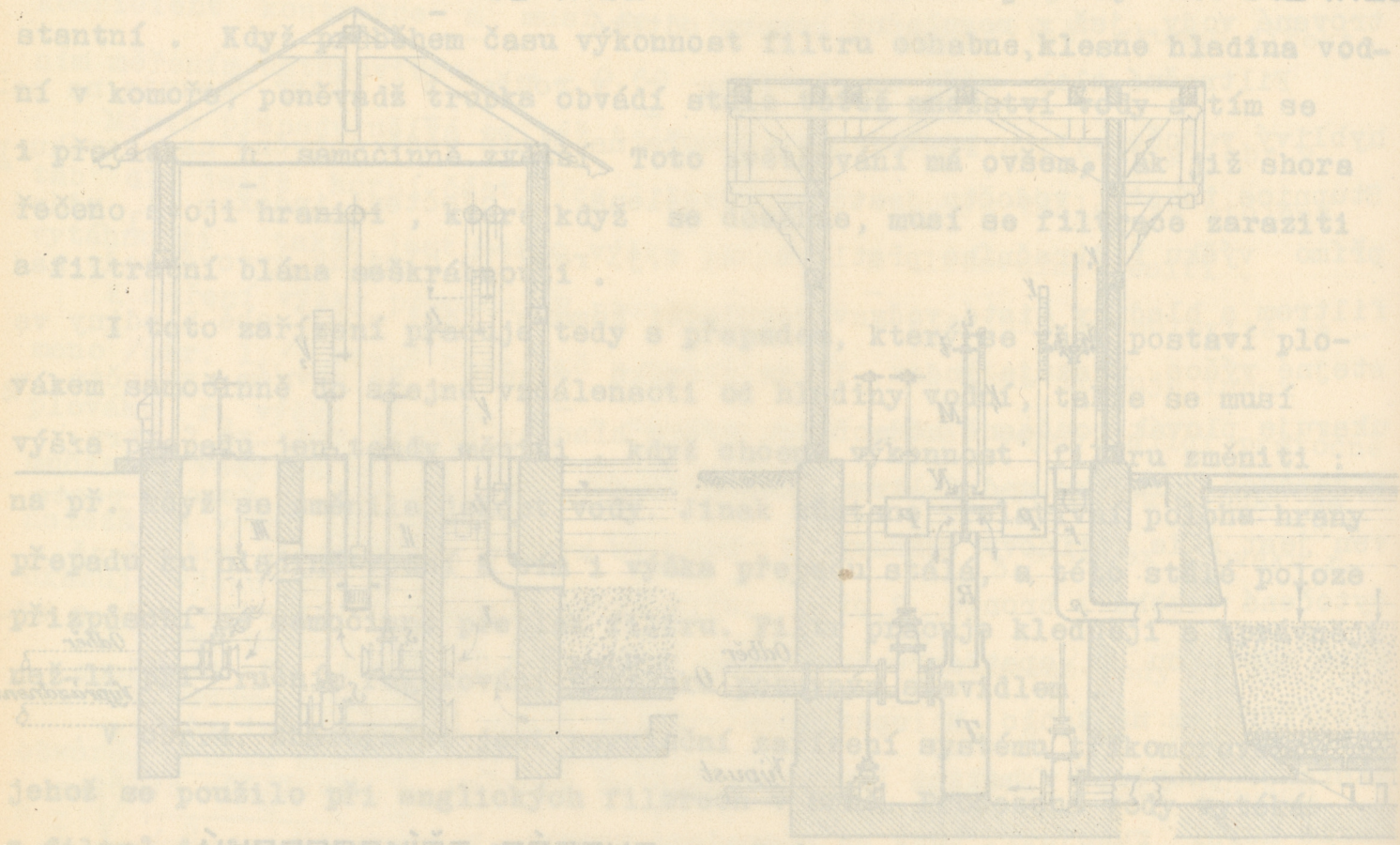
AUTOMATICKÉ ZAŘÍZENÍ SYSTÉM GÖTZE.

OBR. 4.



SYSTÉM TŘÍKOMOROVÝ.





komory II. Odtud odtéká přepadovým otvorem do komory III., ze které se odvádí odběrným potrubím do sběrače a čerpací studny.

Filtrační přetlak h měří se dvěma plováky r_1 a r_2, které ukazují výšku syrové vody nad filtrem a výšku procezené vody ve filtrační komoře I. Plováky ukazují svými indexy na společné stupnici V_1 výškový rozdíl obou hladin, tedy filtrační přetlak h. Šoupátkem S_1 reguluje se filtrační rychlost a filtrační přetlak. Ponceletovým přepadem ve stěně komory II. měří se množství odtékající čisté vody, stejným způsobem jako v obr.1. Výška přepadu měří se plovákem r_3, jehož index ukazuje na stupnici V_2, která jest tak popsána, že když stojí plovák ve výšce přepadové hrany, ukazuje na nulu. Šoupátko S_3 ve výpustném potrubí slouží ku vyprázdnění filtru.

6./ P r o v o z p í s k o v ý c h f i l t r ů.

Do nových filtrů napouští se pozvolna voda a sice čistá voda ze zdola, aby mohl veškeren vzduch z filtru uniknouti. Když je filtr naplněn vodou až do plné výšky, otevře se sběrný kanál na dně filtru, načež se syrová voda cedí pískovou vrstvou a vytéká do regulační komory, ve které zaujme hladina čisté vody výšku, odpovídající filtračnímu přetlaku. Čistá voda odtéká z regulační komory do společného potrubí a tímto do čerpací studny ve strojovně. Z počátku, dokud není filtr zapracován, vychází z filtru nedokonale očištěná kalná voda, která se vypouští z regulační komory do odpadu, eventuelně odvede se určitý filtrát znova do filtrů jako syrová voda, ale musí se v tom případě přečerpati. Teprve za několi dní (u nových filtrů za 10 - 14 dní) když se vytvořila na povrchu filtrační blána, odtéká z filtru čistá voda, což nutno rozborem chemicko-fysikálním a bakteriologickým zjistiti.

Průběhem času bývá filtrační blána hustší a v důsledku toho filtrační rychlosti ubývá. Aby však výkonnost filtru zůstala stejná, musí se filtrační tlak pozvolna regulačním zařízením zvětšovati, což má však svoje

hranice, neboť hrozí nebezpečí, že by se při velkém tlaku filtrační blána zvětšeným tlakem protrhla a vznikly průchody, kterými by mohla syrová voda zároveň s bakteriemi procházeti a nakaziti čistou vodu. Proto se musí filtrační blána občas, zároveň s nejhořejší vrstvou písku do hloubky asi 3 cm seškrábnouti a odstraniti. Toto stahování filtrační blány děje se dle potřeby v rozdobí 2 - 10 týdnů po zastavení a snížení hladiny vodní do úrovně písku. Po stáhnutí filtrační blány naplní se filtr znova vodou a ve filtrování se pokračuje. Na počátku, dokud se nevytvoří nová filtrační blána, odtéká však kalná voda, která se vypouští do odpadu nebo se přečerpává zpět do filtrů.

Stahování filtrační blány opakuje se tak dlouho, až tloušťka pískové vrstvy klesne na minimální míru 50 cm, načež nutno celou filtrační vrstvu vyměniti, písek odstraniti a filtr naplniti znova buď novým nebo pískem již použitým, ale vypraným. Proto se filtrační vrstva písková sype vždy ve větší tloušťce než jest nevyhnutelně nutno, aby se nemuseli filtry často vyměniti. Doba opotřebení /chodu/ filtru obnáší dle jakosti vody 1 - 3 měsíce a při velmi čisté vodě z jezer a údolních přehrad, nebo když se použije předčištění syrové vody v rychlých filtrech i déle.

Spodní štěrková podloha filtrační vrstvy čistí a větrá se v delším rozdobí tím způsobem, že se voda z filtrů úplně vypustí, aby měl vzduch volný přístup. Tím se usazené organické látky oxydují, rozkládají a na to čistou vodcu dobře vypláchnou. Čištění a větrání filtrů trvá několik dní a provádí se v létě za teplého suchého počasí.

K filtrování říční vody potřebujeme větší zásobu písku a štěrku. Písek béře se obyčejně z řek, pere a třídí se dle velikosti v rotačních bubnech. Rovněž tak pere a prosévá se opotřebovaný písek, který se stáhnul z filtru. K praní používá se rotačních bubnů, které se otáčí malým motorem elektrickým ; často používá se k tomu účelu malé Peltonovo kolo, hnané vodou z výtlačného potrubí, nebo zásobovacího vodojmu, při čemž se

motorem spotřebovaná voda použije k praní písku. Do bubnů přichází písek, který se stáčením přehazuje a šnekem posunuje. Zároveň stříká do písku voda, která písek vypírá a dírkovaným pláštěm propláchne, načež se na slunci suší. Místo rotačních bubnů používá se k praní písku stříkacích aparátů, zařízených na způsob Körtingových ejektorů, ve kterých se opotřebovaný písek tlakovou vodou přehazuje a vypírá /Wasserstrahlapparate/.

Filtrace syrové říční vody a rovněž tak i čerpání čisté vody zařizuje se obyčejně na celodenní provoz.

Provoz filtrů jest sice jednoduchý, ale musí býti pod stálým dozorem odborně vzdělaných lidí, jímž je po ruce zdravotní rádce. Dozorčí personál musí býti náležitě poučen o vlivu jakýchkoliv změn v provozu, na př. změně filtračního přetlaku a filtrační rychlosti, změně jakosti syrové vody, stahování filtrační blány, obnova filtr. písku atd.

Učištěná voda musí se neustále pozorovati a každý 2 - 3 den prozkoumati zejména po stránce bakteriologické, obzvláště na počátku provozu a po periodickém stahování filtrační blány. Filtrovaná voda musí býti čistá, čirá, bez příchutě, barva a chemické její složení nesmí býti horší než-li před filtrací. Po stránce biologické považuje se účinek filtrů za uspokojivý, když počet zárodků bakterií ve filtrované vodě není větší než 100 cm^3, mezi nimi však nesmí býti žádné choroboplodné bakterie. Ukáže-li voda z některého filtru nedostatky nebo hygienické závady, musí se dotyčný filtr vypnouti z filtračního řádu, voda vypustiti do odpadu, vůbec provoz zastaviti a pátrati po příčině poruchy. Z toho důvodu rozděleno je též celé filtrační zařízení ve více úplně samostatných jednotek / filtrů/, které lze z filtračního řádu dle potřeby vypnouti.

Z ohledů zdravotních má býti počet při filtrech zaměstnaných lidí pokud možno malý. Personál musí dbáti největší čistoty a musí býti pod stálým lékařským dozorem. Osoby nemocné musí se od provozu odstraniti, zejména ony, které onemocněly na infekční nemoce/tyfus, dysenterie , antrax, cholera/, anebo u kterých se takové nemoce vyskytly v rodině, s kterou přichází zaměstnaný dělník do styku. Při obsluze filtrů dává se

dělníku zvláštní nepromokavý oblek, jehož používají, kdykoliv přijdou s vodou ve filtrech do styku. Čistá voda ve sběrném potrubí a čerpací studni musí však býti úplně isolována, aby s ní nepřišel vůbec nikdo do styku.

7./ Čerpací stanice.

Učištěná voda odtéká z filtrů do nádrže na čistou vodu, ze které se čerpá čerpadly ve strojovně do zásobovacího vodojmu anebo přímo do městské vodovodní sítě. Čerpací nádrž zřídí se obyčejně v samé strojovně jako šachtová studna 3 - 5 m průměru a asi 5 - 10 m hloubky, tak aby do ní přitékala procezená voda přirozeným spádem /gravitací/ a aby v ní bylo asi 4 m hloubky vody.

Sběrná studna staví se po způsobu šachtových studní z cihel, kamene na cementovou maltu, nebo z pěchovaného betonu a uvnitř opatří se stěny nepromokavou omítkou. Okolo zapěchuje se studna 40 cm tlustou vrstvou jílovou, aby do ní neprosakovala voda z půdy. Se shora jest studna překlenuta nebo pokryta stropem a opatřena vstupem. Ssací potrubí čerpadel sahá přímo do studny.

Někdy zřizuje se čerpací studna jako vodojem k přirozenému chlazení filtrované vody v létě; takové studny mají velkou hloubku 20 - 25 m, a kubický obsah rovná se asi dvoudenní spotřebě vody. Pokud k tomu nestačí jedna studna, postaví se jich více, jedna vedle druhé. Voda přivádí se z filtrů do studní, kde přijme ustáním nízkou teplotu spodních vrstev půdy, načež se čerpá do zásobovacího vodojmu. Závadou filtrované vody je totiž její vysoká teplota - v létě až 20° - která sice v rozdělovacím vodovodním potrubí zase klesne na 13 - 15°, ale i to jest pro pitnou vodu mnoho, takže se musí filtrovaná voda k pití často uměle chladiti, na př. ledem, což ostatně při malé spotřebě pitné vody 2÷4 lit. na osobu a při celkové denní spotřebě 100 - 200 lit. na osobu nepadá na váhu a jsou proto chladící zařízení ve filtrační stanici zbytečným zařízením, které by provoz zdražovalo.

K čerpání vody ze sběrné studny použije se pozvolna jdoucích plunžrových pump ssacích a tlačných nebo pump centrifugalních, poháněných parními, spalovacími nebo elektrickými motory. Čerpání zařizuje se obyčejně na celodenní provoz, může se však čerpati jen 10 - 12 hodin denně, ale v tom případě musí se zříditi náležitě dimensovaný vodojem na čistou vodu, ve kterém se filtrovaná voda hromadí, když se nečerpá. Podrobné zařízení čerpací stanice jest věcí strojnickou.

§18. SPECIÁLNÍ FILTRY.

1./ Vícenásobné filtry.

K čištění velmi kalné vody povrchové, užívá se mimo chemických srážidel a rychlých filtrů též vícenásobné filtrace, která pozůstává v tom, že se voda filtruje dva i vícekráte za sebou v pískových filtrech buď stejného složení anebo filtrech různého složení.

Dvojité filtry stejného složení založí se stupňovitě pod sebou dvě řady pískových filtrů normálního složení, takže voda procezená v horní řadě odtéká přirozeným spádem do druhé nižší řady filtrů, ve kterých se dočistí a učištěná voda odvádí se do sběrné čerpací studny nebo zásobovacího vodojmu. V Brémách čistila se tímto způsobem občas voda z řeky Vesery a sice v době letní ; nyní čistí se i zde voda filtrací jednoduchou.

Dvojité filtry různého složení zakládají se stupňovitě pod sebou z písku různého zrna : horní, přípravné filtry čili hrubocezy z písku 2 - 4 mm , dolní, biologické filtry z jemného písku 0.3 - 1.0 mm zrna, oboje na podloze oblázků a štěrku .

Syrová voda přivádí se z usazovacích nádrží do filtrů přípravných /hrubocezů/ cedí se jimi a procezená voda odvádí se na jemné pískové filtry, kde se dočistí. Přípravné filtry mají účel zbaviti vodu od hrubších příměsů minerálních, vegetabilních a animalických /planktón/, aby se biolo -

gické, jemné filtry odlehčily.

Hrubocezy pracují bez filtrační blány a s větší, asi 10ti násobnou rychlostí než jemné filtry, tedy denně 20 - 40 m^3 na m^2 filtru, v důsledku čehož mají i menší rozměry, t.j. menší filtrační plochu. Hrubocezy odlehčují jemné pískové filtry a filtrační chod jest následkem toho 3 - 4 krát delší; biologické filtry připouštějí pak větší filtrační rychlost, takže je provozovací náklad menší, než-li u filtrace bez hrubocezů . Hrubocezy musí se, poněvadž pracují bez filtrační blány, častěji čistiti, což se děje vyplachováním mohutným proudem vodním, do kterého se žene eventuelně též proud komprimavaného vzduchu, kterým se písek rozvíří. Čištění hrubocezů provádí se každý nebo každý druhý den a asi dvakráte do roku se hrubocezy rozeberou, očistí se a složí znova.

Dle jakosti syrové vody může se založiti též více řad hrubých filtrů, stupňovitě pod sebou, tak že syrová voda přechází z jedné řady do druhé a z posledních hrubocezů odtéká na jemné biologické filtry, kde se dočistí. V takových případech složeny jsou hrubocezy z materiálu různého zrna , na př. při třech řadách hrubocezů I. řada 10 - 20 mm, II. řada 5 - 10 mm, III. řada 2 - 4 mm a jemný pískový filtr biologický 0,5 - 1 mm. S ubýváním velikosti zrna, ubývá i filtrační rychlosti a v důsledku toho přibývá filtrační plochy.

2./ F i l t r y s o u s t a v y P u e c h - C h a b a l .

Tyto filtry pozůstávají z několika řad hrubocezů / degrossisseurs Gtobfilter/ přípravných filtrů /Vorfilter/a vlastních jemných pískových filtrů /Feinfilter/uspořádaných stupňovitě pod sebou. Hrubocezy odděleny jsou přepady a kaskadami, jimiž procezená voda přepadá, aby se provzdušením a ozářením slunečním světlem zlepšila. Hrubocezy a přípravné filtry mají účel zbaviti velmi kalnou říční vodu hrubších příměsů vegeta - bilních a animalických a odlehčiti vlastní jemné, biologické filtry.

Syrová voda přivádí se z usazovacích nádrží do hrubocezů, ze kterých odtéká do přípravných rychlofiltrů, kde se filtruje bez filtrační blány a zde předčištěná voda odvádí se na jemné biologické pískové filtry, kde se mechanicky i biologicky dočistí. V hrubocezích a předfiltrech vyloučí se z vody též eventuelní železo.

První filtry toho druhu provedeny jsou r.1906 dle návrhu francouzských inženýrů Puech/čti Pyéš/ a Chabal v pařížském předměstí Suresnes, které se zásobí filtrovanou vodou řeky Seiny a od té doby užito jest jich s dobrým prospěchem v celé řadě jiných měst : Magdeburg, Vratislava, London, Port Said, Ismaila, Antwerpen, Tiflis, Luneville, Nancy a j.

Stavební uspořádání těchto filtrů, jak provedeno bylo v řečeném pařížském předměstí, znázorněno jest schematicky v tab. 42. str. 297. Zásobená část města má 160.000 obyvatel a potřebuje denně 35.000 m^3 vody, která se čerpala z řeky Seiny pod Pařížem a čistila v obyčejných pískových filtrech. Vzrůstající znečištění říční vody vyžádalo si však dokonalejšího čištění, k němuž použito stupňovitě založených hrubocezů soustavy Puech, které jsou však jen vhodnou přípravou pro vlastní biologické filtry. Filtrační zařízení pozůstává ze čtyř řad hrubocezů, každá řada o čtyřech odděleních. Jako filtračního materiálu použilo se hrubého písku a štěrku, jehož zrna postupně ubývá : v I. řadě 15 - 20 mm, II. řadě 10 - 15 mm, III. řadě 7 - 10 mm, IV. řadě 4 - 7 mm. S ubýváním velikosti zrna ubývá i filtrační rychlosti a přibývá ovšem filtrační plochy. Před I. až IV. hrubocezem vloženy jsou kaskady, přes které syrová voda přepadá ; u ostatních hrubocezů odtéká voda povrchovými přepady.

Z hrubocezů přichází voda do přípravných čili rychlých filtrů, založených ve 12ti odděleních v úhrnné ploše 1260 m^2 a vyplněným režným pískem 2 - 4 mm zrna a 60 cm tloušťky na vrstvě oblázků ; na dně nádrže jsou trativody z betonových, tvarových kamenů dírkovaných.

Z přípravných filtrů odtéká předčištěná voda do jemných pískových filtrů biologických, založených v 18ti odděleních po 700 m^2, dohromady

12.600 m^2 plochy a vyplněných pískem 0.5 - 1 mm zrna, 70 cm tloušťky, na podloze hrubého písku a štěrku. Na dně filtru jsou opět trativody z tvarových kamenů betonových.

Z pískových filtrů odtéká voda do čtyř zásobovacích vodojmů na čistou vodu, jichž obsah obnáší dohromady 40.000 m^3.

Přítok vody do hrubocezů reguluje se čerpadly, kterými se čerpá syrová voda říční, do přípravných filtrů reguluje se přítok pomocí plovákových ventilů, a do pískových jemných filtrů rovněž automatickými plovákovými ventily. Doba nepřetržitého chodu obnáší u hrubocezů 10 - 30 dní, u přípravných filtrů 5 - 20 dní a u jemných filtrů 6 - 13 měsíců.

Účinek hrubocezů jest velmi dobrý; většina hlinitých příměsů /60-80% / a organických látek /10-25% / vyloučí se z vody již v hrubých rychlofiltrech, takže se jemné filtry odlehčí a jejich chod trvá 5-10 krát déle, filtrační rychlost se v nich zvětší a náklad provozovací se sníží. Tím způsobem očistí se kalná říční voda na bezvadnou pitnou vodu.

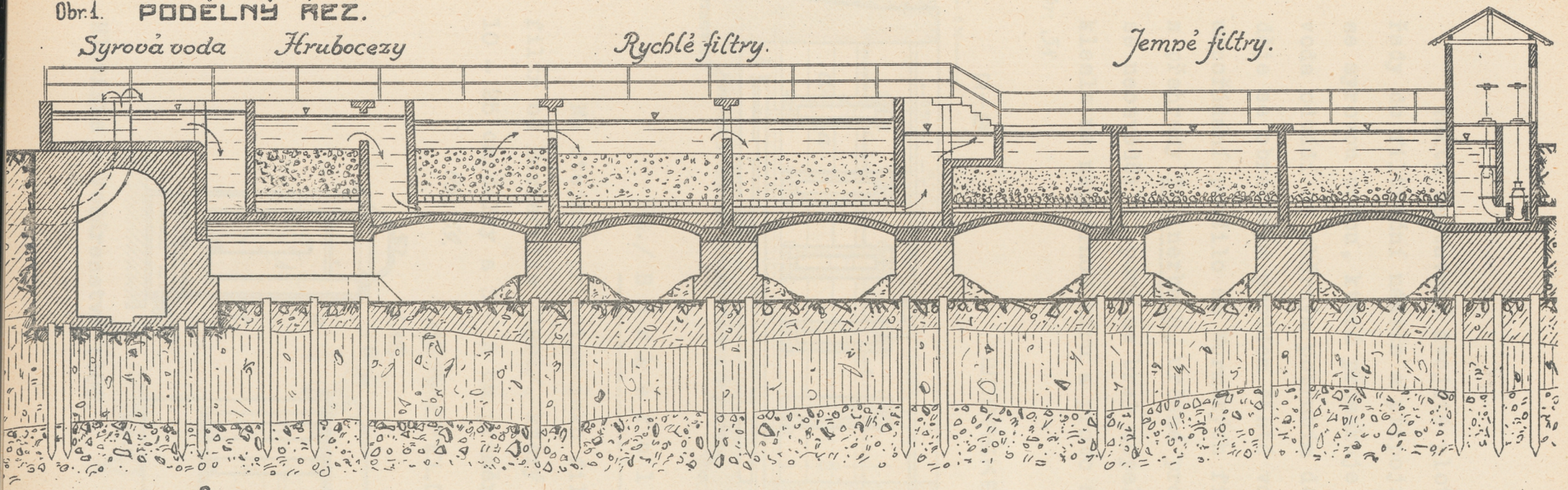
3./ Wormské desky a Berkefeld filtry.

Místo pískových filtrů sypaných, použito bylo ve vodárně města Wormsu /1890/ uměle vyráběných t.zv. Wormských ploten, kterými se voda cedí. Plotny vyrábí se ze směsi porcelánové hlíny/Kaolínu/, otrub a mouky. Směs se dobře uhnětla, lisovala na tvarové desky s obrubou nebo duté válce, které se při vysokém žáru/1200°/ vypálily. Organická látka shoří, načež se popel a vápno rozředěnými kyselinami vypere a vyplaví, takže se obdrží porcelánová porovitá hmota, kterou může prosakovati voda.

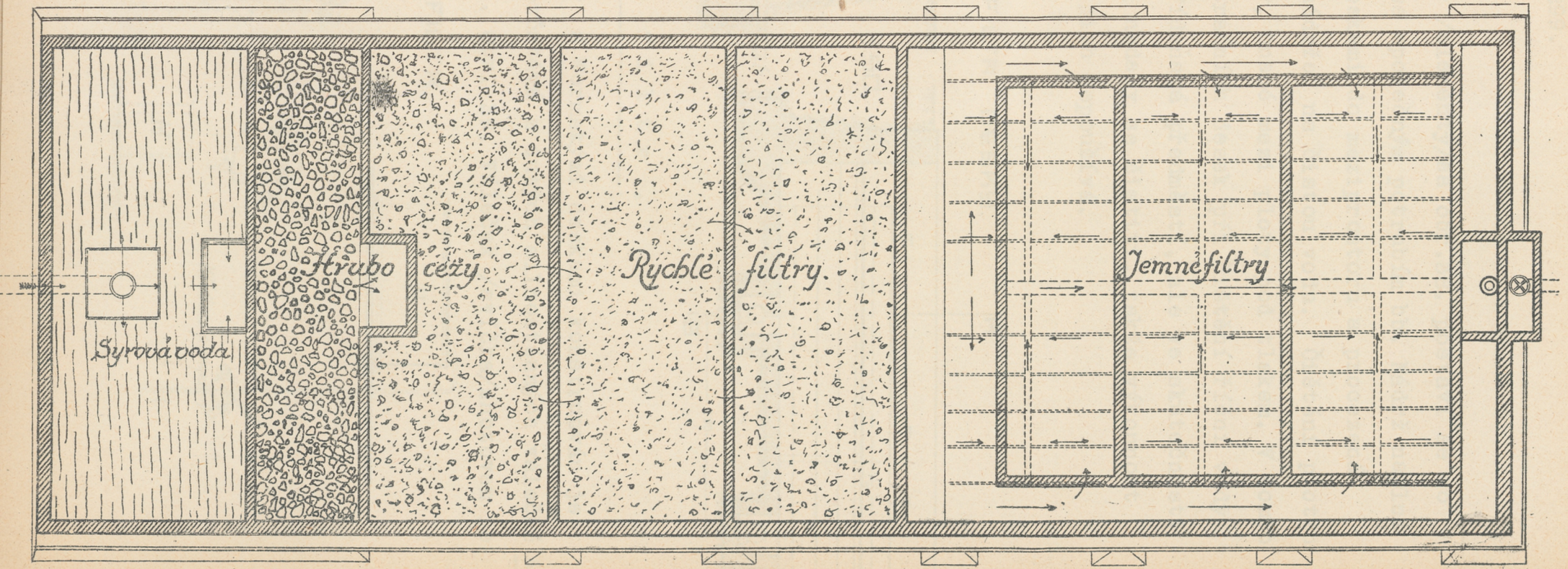
Plotny mají 10 cm tloušťky, 1 m šířky, 1 m délky; spojeny jsou po dvou pomocí šroubů a utěsněny kaučukovými pásy 8 cm šířky, 1.5 cm tloušťky. Mezi plotnami zůstane úzký prostor, do kterého se cedí stěnami prosáklá voda.

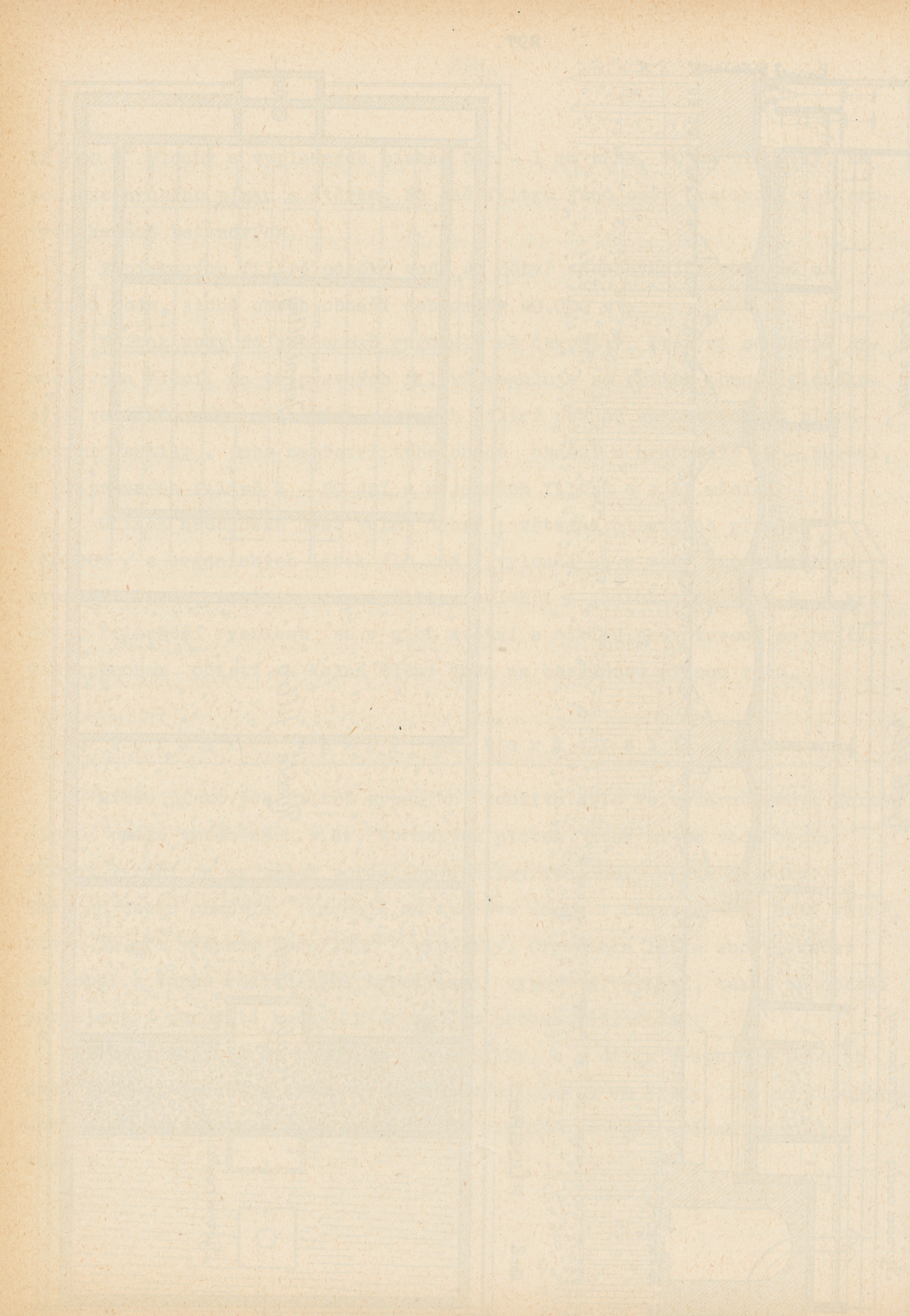
— FILTRY PUECH-CHABAL. —

Obr. 1. **PODÉLNÝ ŘEZ.**



Obr. 2. **PŮDORYS.**

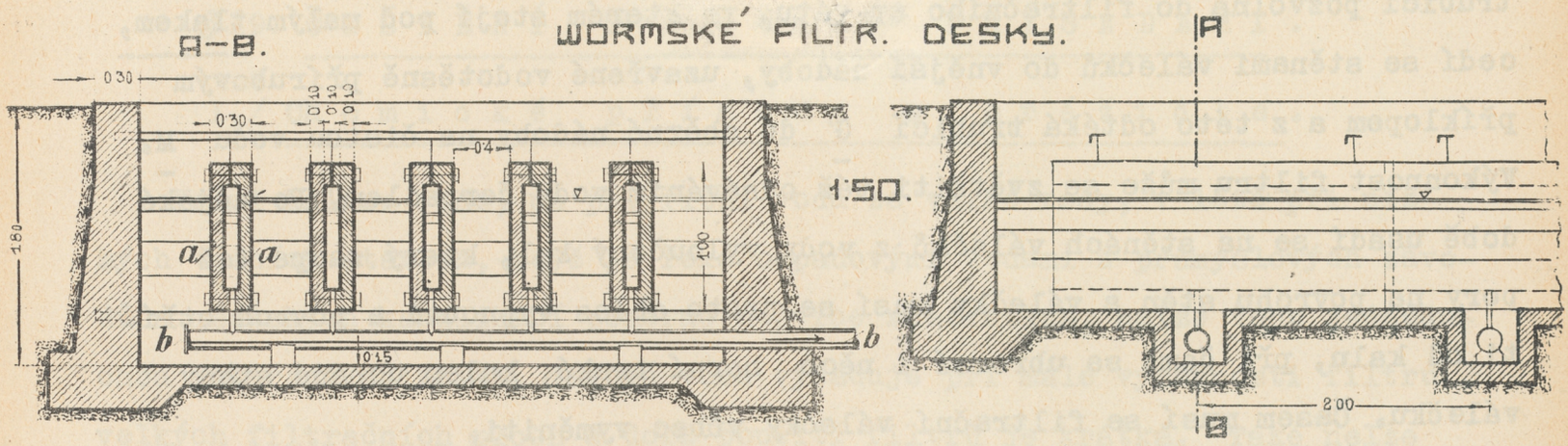




Takto sestavené dvojité plotny /elementy/aa obr.38. postaví se do řady do filtrační nádrže a připojí se společným potrubím bb. Nádrž naplní se syrovou vodou, která prosakuje deskami do meziprostoru a procezená voda odvádí se sběrným potrubím do nádrže na čistou vodu. Čištění ploten děje se obráceným proudem čisté vody, hnané mezi ploty pod tlakem. V tomto uspořádání použilo se Wormských filtračních desek při čištění říční vody z přehrady Tullnerbach, určené pro Vídeňská předměstí, ale ve skutečnosti se neosvědčily, pory se brzy ucpaly, nedaly se čistiti, takže výkonnost klesla na nepatrnou míru a proto se jich nepoužívá.

Obr: 38.

WORMSKÉ FILTR. DESKY.

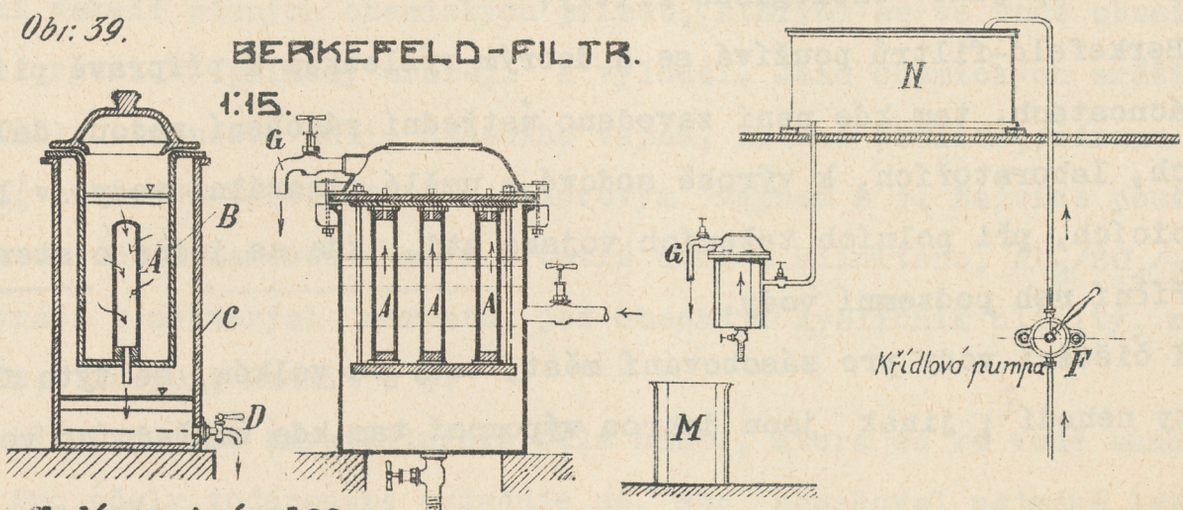


4./ Berkefeld filtr.

Na stejném principu jako filtr s Wormskými deskami konstruován je filtr od Berkefelda /1891/, který pozůstává z dutých silnostěnných válečků A, 10 - 25 cm délky a 3 - 5 cm průměru. Obr. 39. Váleček /svíčka/zhotoven je

Obr: 39.

BERKEFELD-FILTR.



z vypálené poresní infusoriové hlíny ; shora je uzavřen, dole otevřen a osazen okovaným koncem, vodotěsně na otvor ve dně nádoby B, která je z kameniny nebo železného, emailovaného plechu. Tato nádoba postavena je do druhé vnější nádoby C, přikryté příklopem. Syrová voda naleje se do vnitřní nádoby B, ze které se cedí poresní stěnou válečku do dutiny válečku, vytéká do vnější nádoby C, odkudž se odebírá kohoutkem D.

Dle vyžadovaného výkonu použije se filtračního aparátu s více válečky /svíčkami/ ; pro větší zařízení postaví se nad filtrační aparát nádržka N, do které se načerpá voda ruční neb ojní pumpou F. Syrová voda přitéká trubicí pozvolna do filtračního erém stojí pod malým tlakem, cedí se stěnami válečků do vnější nad. ., uzavřené vodotěsně přírubovým příklopem a z této odtéká trubicí G do sběrné nádoby na čistou vodu M. Výkonnost filtru může se zvětšiti též odsáváním vody čerpadlem. Po nějaké době usadí se na stěnách válečků z vody vyloučený kal, který zacpe též pory na povrchu stěn a válečky musí se proto občas vypnouti a povrch otříti od kalu, při čemž se ubrousí i něco horní tenké, kalem ucpané stěny válečku. Časem musí se filtrační válečky vůbec vyměniti.

Výsledky dosažené s Berkefeld-filtrem jsou dobré. Voda očistí se v důsledku mikroskopických porů infusoriové hlíny dokonale nejen od jemně rozptýlených příměsů, nýbrž od mikroskopických bakterií, což se uvádí jako obzvláštní přednost těchto filtračních aparatů, které možno považovati z toho důvodu jako biologické filtry.

Berkefeld-filtrů používá se s dobrým výsledkem k přípravě pitné vody v domácnostech, tam kde není zavedeno ústřední zásobení vodou, dále v lékárnách, laboratořích, k výrobě sodové a umělé minerální vody, v lázních, nemocnicích, při polních taženích vojska atd., kde se jedná o sterilisování říční neb podzemní vody.

K čištění vody pro zásobování měst, tedy ve velkém, se tyto filtrační aparáty nehodí ; jinak jsou dobrou výpomocí tam, kde ústředního vodovodu není.

Dodává je firma Lautenschläger v Berlíně .

Vedle těchto filtračních aparátů doporučuje se různými firmami celá řada filtrů „ pro domácnosti" , u nichž se voda cedí asbestem, suknem, plstí, pemsou, dřevěným uhlím a pod., avšak takové domovní filtry za mnoho nestojí ; kalná voda říční může se jimi sice mechanicky očistiti, ale hygienicky jsou vždy závadné. Můžeme je proto považovati jen špatnou náhražkou v případech, kde není zavedeno ústřední zásobování vodou.

§19. ČIŠTĚNÍ S PŘÍSADAMI.

1./ Chemické přísady a srážividla.

Velmi kalnou vodu, na př. říční vodu za velké vody, v létě při nízkých vodních stavech, když je řeka odpadovými vodami z průmyslových závodů a městských kanalisací poměrně nejvíce znečištěna, nelze vodu jednoduchou filtrací očistiti. Taková voda vyžaduje při malé výkonnosti filtru velkých filtračních ploch a doba použití filtrů je krátká. Také nelze říční vodu dokonale očistiti, jestliže jsou jílnaté, ve vodě obsažené příměsy velmi jemné a lehké, poněvadž neklesají ke dnu, nýbrž vznášejí se ve vodě.

V takových případech používá se k čištění trvale, neb když se voda v řece velmi zakalí různých chemických přísad, kterými se ve vodě obsažené minerální i organické příměsy srážejí a vyloučí. Jako chemických srážividel používáme umělé kamencové soli, hašeného vápna, zelené skalice, (síranu železnatého) chloridu železnatého s chlorovým vápnem a j. Nejvíce používá se však k tomu účelu kamencové soli , totiž síranu hlinitého, $Al_2(SO_4)_3$, která se vyrábí z některých nerostů, jež obsahují kysličník hlinitý, na př. hydrargillit, Diaspor, Bauxit a j.

Síran hlinitý jest krystalinická bílá hmota, která se ve vodě snadno rozpouští. Pro účely vodárenské vyžaduje se, aby obsahoval nejméně 14%

ve vodě rozpustného kysličníku hlinitého /Al_2O_3/, nejvýše 0.6 % nerozpustných zbytků, 0.8% volné kyseliny sírové a smějí v něm býti jen nepatrné stopy arsenu, kyslíku, železa, zinku a mědi.

Síran hlinitý rozpouští se v čisté vodě v dřevěných, olovem obložených sudech na velmi koncentrovaný roztok neurčité hustoty a tento roztok rozředí se pomocí areometru / Raumé/ v druhé nádobě na hustotu 1 : 5 tak, aby v 5 lit. vody bylo 1 kg síranu hlinitého. Tento normální roztok přidává se pak syrové vodě dříve, než-li přijde do usazovacích nádrží v onom množství, jež bylo chemickým rozborem dříve ustanoveno. Má-li dávka přísady obnášeti na př. 20 gr/m^3, což odpovídá poměru 1 : 50.000, musí se přidati 1 lit. normálního roztoku na množství 50.000 : 5 = 10.000 lit. vody. Má-li přísada obnášeti 40 gr/m^3 což odpovídá poměru 1 : 25.000 , musí se přidati 1 lit. normálního roztoku na 25.000 : 5 = 5.000 lit. vody.

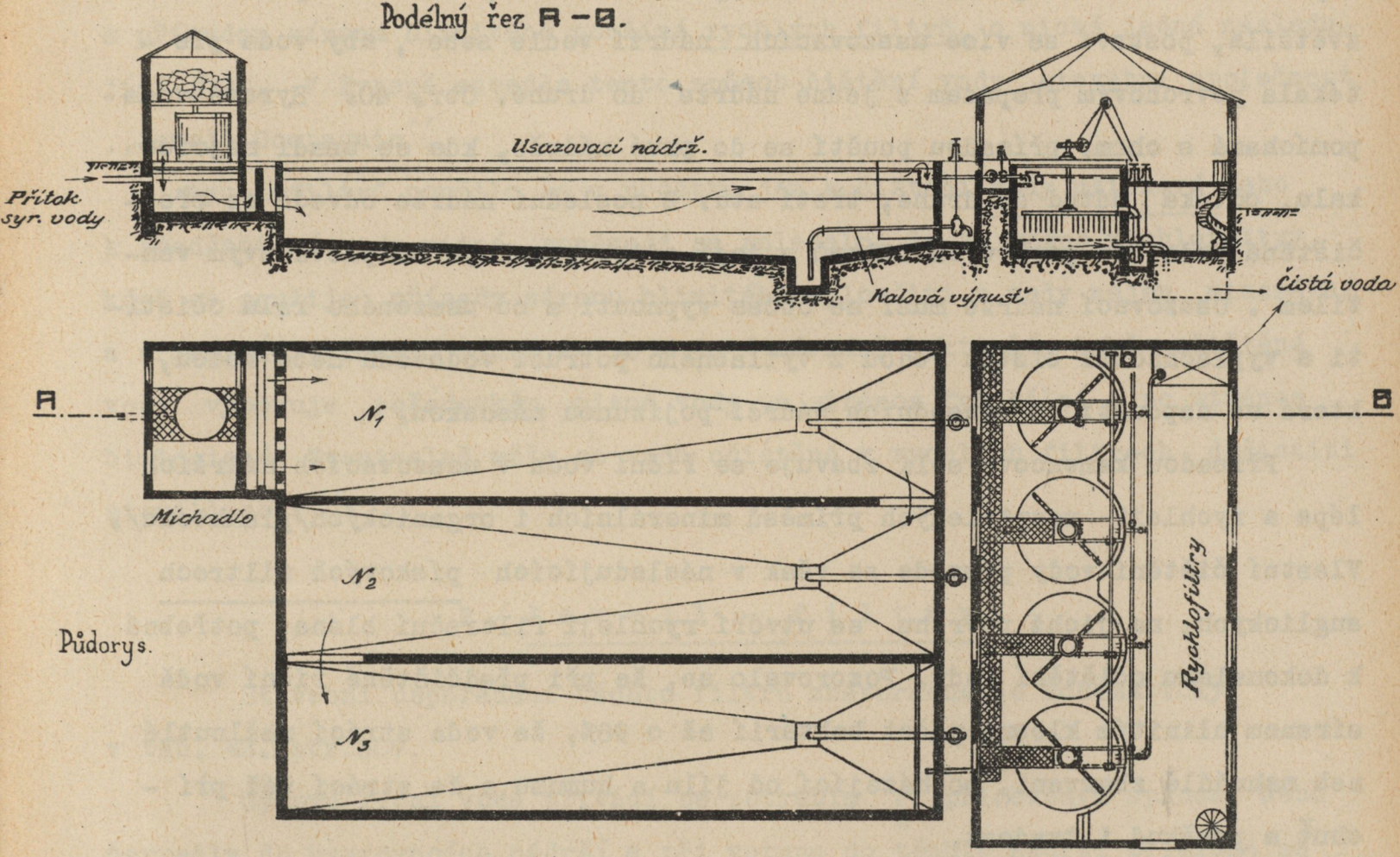
Přimíchání normálního roztoku síranu hlinitého syrové vodě děje se stejnoměrným přítokem, regulovaným přesně kalibrovanými aparáty před ústím do usazovacích nádrží. Obr. 40. Dvojuhličitan vápenatý a hořečnatý, který se nalézá v každé říční a povrchové vodě, tvoří s kamencovou solí nepropustný hydrát hlinitý, /vedle síranu vápenatého a hořečnatého a kyseliny uhličité/, který se vylučuje/koaguluje/ jako chumáčkovité vločky, jež obalují hlinité příměsy zároveň s makro a mikroorganismy a strhují je ke dnu usazovací nádrže. Chemický pochod lze znázorniti rovnicí :

$$Al_2(SO_4)_3 + 3\ Ca(HCO_3)_2 = Al(OH)_6 + 3\ CaSO_4 + 6\ CO_2 .$$

Doba potřebná ku koagulaci a srážení hydroxydu hlinitého je 1-2 hod.

Množství přísady kamencové soli obnáší 20 - 50 gr na 1 m^3 syrové vody, což odpovídá poměru míchání 1 : 50.000 - 1 : 20.000 . To závisí na složení syrové vody, hlavně na množství ve vodě obsaženého dvojuhličitanu vápenatého, který je k tvoření chumáčů hydrátu hlinitého/koagulaci/, nezbytně nutný. Není-li ho ve vodě dostatek, zůstane síran hlinitý nepro-

Obr. 40. **SCHEMA ČISTENÍ CHEM. PŘÍSADAMI.**



měnen v roztoku a bez účinku. Musí se proto v každém případě chemickým rozborem vyšetřiti složení syrové říční vody, aby se mohla ustanoviti správná dávka přísady /Dosierung/. Eventuelně může se syrové říční vodě při nedostatku dvojuhličitanu vápenatého přidati vápenné mléko a soda, které podporují vzník vloček hydratu hlinitého.

Ve filtrované vodě, předčištěné síranem hlinitým, zůstane vždy něco této soli ve vodě. Větší množství této soli je vedle kyseliny sírové na úkor jakosti vody a tento nadbytek musí se přísadou hašeného vápna při výtoku z usazovacích nádrží do úplně normální reakce odstraniti .

Syrová říční voda pomíchaná s přísadou síranu hlinitého pouští se do usazovací nádrže, ve které se pozvolna pohybuje.

Rychlost tohoto průtoku obnáší asi 2 mm/sek. a doba nadržení 1 - 4 hod., aby chemická reakce přišla náležitě k platnosti. Aby se délka průtoku zvětšila, postaví se více usazovacích nádrží vedle sebe , aby voda přetékala povrchovým přepadem z jedné nádrže do druhé. Obr. 40. Syrová voda pomíchaná s chem. přísadou pouští se do prvé nádrže, kde se usadí nejvíce kalu, odtéká odtud do druhé, třetí atd. Z poslední nádrže odvede se předčištěná voda do pískových filtrů a její odtok reguluje se plovákovým ventilem . Usazovací nádrže musí se občas vypnouti a od usazeného kalu očistiti a vypláchnouti čistou vodou z výtlačného potrubí vodovodu nebo vodou, která se napouští ze sousedních nádrží pojízdnou násoskou.

Přísadou kamencové soli zbavuje se říční voda v usazovacích nádržích lépe a rychleji rozptýlených příměsů minerálních i organických/planktonu/. Vlastní čištění vody provede se však v následujících pískových filtrech anglických, na jichž povrchu se utvoří rychleji filtrační blána, potřebná k dokonalému očištění vody. Pozorovalo se, že při předčištěné říční vodě síranem hlinitým klesne počet bakterií až o 98%, že voda ztrácí nažloutlé neb nahnědlé zbarvení, pocházející od jílu a humusu a že ztrácí též příchuť a poněkud i tvrdost.

Rychlost a intensita tvoření a usazování vloček hydrátu hlinitého není vždy stejná a řídí se dle zakalení vody a její teploty. Kalnější voda učistí se poměrně rychleji než-li méně kalná voda, poněvadž vločky, když strhnou více těžkých příměsů, rychleji klesají ke dnu. Při vyšší teplotě jest usazování kalu rovněž intensivnější než-li při nízké teplotě, kdy se usazený hydrát hlinitý zachycuje terpve ve filtrech, které se následkem toho brzy ucpou. Z těchto důvodů upouští se často od přimíchání síranu hlinitého v době zimní, když jest říční voda studená a poměrně čistší nežli v době letní .

V pískových filtrech musí se v důsledku rychlejšího tvoření filtrační blány pískové filtry častěji vypírati , než-li u filtrů, které čistí vodu bez chemických přísad. To dalo i podnět k tomu, že se pro čištění říční vody s přísadou síranu hlinitého používá rychlých filtrů, o nichž jedná následující § 20. V Evropě zavedla tento způsob čištění vody stavební společnost „Jewell-Compagnie".

Rychlofiltrů použilo se z počátku jen k čištění vody užitkové nebo k předčištění vody pitné, poněvadž se shledalo, že je možno rychlofiltry, když se použije přísady síranu hlinitého vyloučiti z vody nejen minerální a organické příměsy, nýbrž až 90 - 98 % zárodků bakterií, takže očištěná voda vyhovuje požadavkům pitné vody po stránce fysikální i po stránce biologické. Eventuelně může se voda očištěná v rychlých filtrech dočistiti sterilisací.

2./ J e w e l l - f i l t r y .

Stavební uspořádání těchto filtrů znázorněno je schematicky v tab. 43., str.307.

Syrová říční voda přivádí se potrubím P přirozeným spádem, nebo čerpadly do usazovacích nádrží a při vstupu do těchto nádrží přimíchá se ji roztok síranu hlinitého, připravený v sudech M nad usazováky. Množství přísady závisí na složení syrové vody a obnáší 20 - 50 gr./m^3 . Voda pomíchaná s kamencovou solí protéká usazovacími nádržemi velmi malou průtočnou rychlostí, při čemž se tvoří hydrat hlinitý, který se sráží jako klkovité vločky , jež strhují ve vodě obsažené příměsy a usazují se na dně. Usazovací nádrže jsou zděné, otevřené nebo kryté vodojmy, 2 - 3 m hloubky, opatřené armaturami ku přivádění a odvádění vody, přelivem a výpustí k úplnému vyprázdnění vody. Usazovací nádrže zařízeny jsou na nepřetržitý chod s průtočnou rychlostí 2 - 5 mm/sek. a nadržením 1 - 2 hodiny dle jakosti a složení syrové vody, jež se ustanoví chemickým rozborem. Aby voda pro-

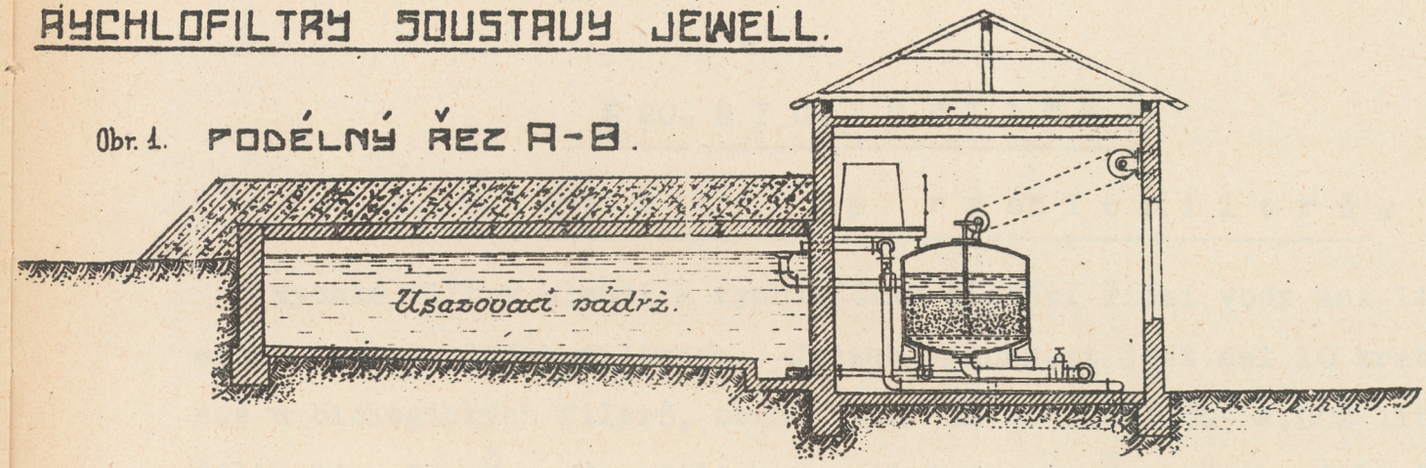
tékala celým profilem, opatří se nádrže svislými přepážkami uvnitř nádrže, a aby se doba nadržení vody v usazovácích prodloužila, nechá se voda protékati několika nádržemi za sebou ; syrová voda pomíchaná s přísadou kamencové soli přichází do první nádrže, protéká jí a odtéká povrchovým přepadem do nádrže druhé, odtud do nádrže třetí atd. Z poslední nádrže odvádí se voda do rychlofiltrů, konstruovaných dle § 20 . Průtočná rychlost a doba nadržení musí se ustanoviti pokusným měřením, dle kterého se ustanoví rozměry a počet usazováků.

Voda přitéká pozvolna do filtru, cedí se pískovou vrstvou a procezená voda odvádí se potrubím S do společné sběrné studny na čistou vodu, odkudž se čerpá do zásobovacího vodojmu. Filtrační rychlost obnáší na hodinu 1000 - 2000 lit./m^2 , na den 24 - 48 m^3/m^2 . Dle toho určí se rozměry filtrů, které se postaví v příhodné budově do řady vedle sebe. Po nějakém čase se filtrační písková vrstva ucpe usazeným kalem a nutno ji čistiti, což se děje vypíráním obráceným proudem čisté vody, který se pustí z výtlačného potrubí do filtrů. U novějších konstrukcí rychlofiltrů děje se toto vypírání za stálého míchání pískové vrstvy mechanickým míchadlem nebo proudem stlačeného vzduchu, kterým se písek rozvíří a kal rozmělní, takže ho voda lépe vypláchne. Čistá voda k vypírání filtrů béře se z výtlačného potrubí nebo zásobovacího vodojmu. Čištění provádí se dle potřeby a vyžaduje asi 1 - 2 % očištěné vody. Rovněž tak musí se občas čistiti od usazeného kalu usazovací nádrže, které se vypustí a kal odstraní vyplachováním do odpadu.

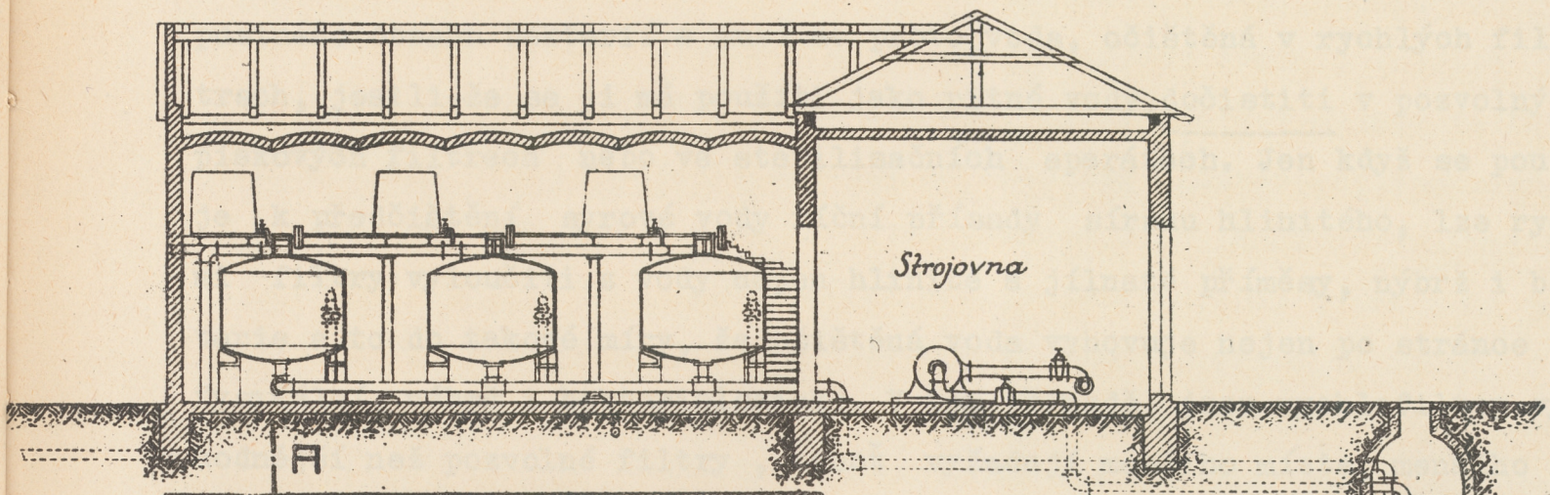
·_·_·_·_·_·

RYCHLOFILTRY SOUSTAVY JEWELL.

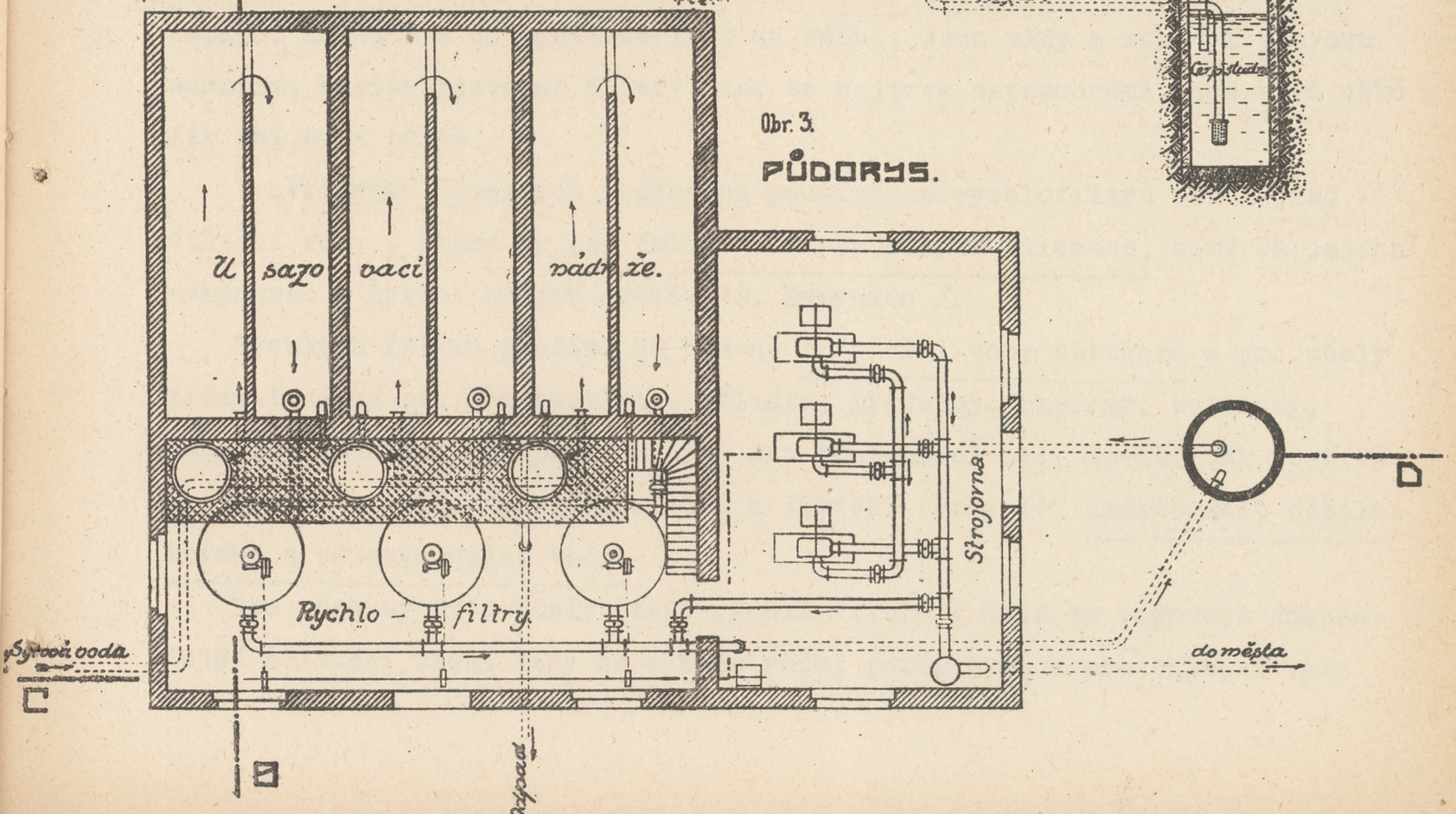
Obr. 1. PODÉLNÝ ŘEZ A-B.

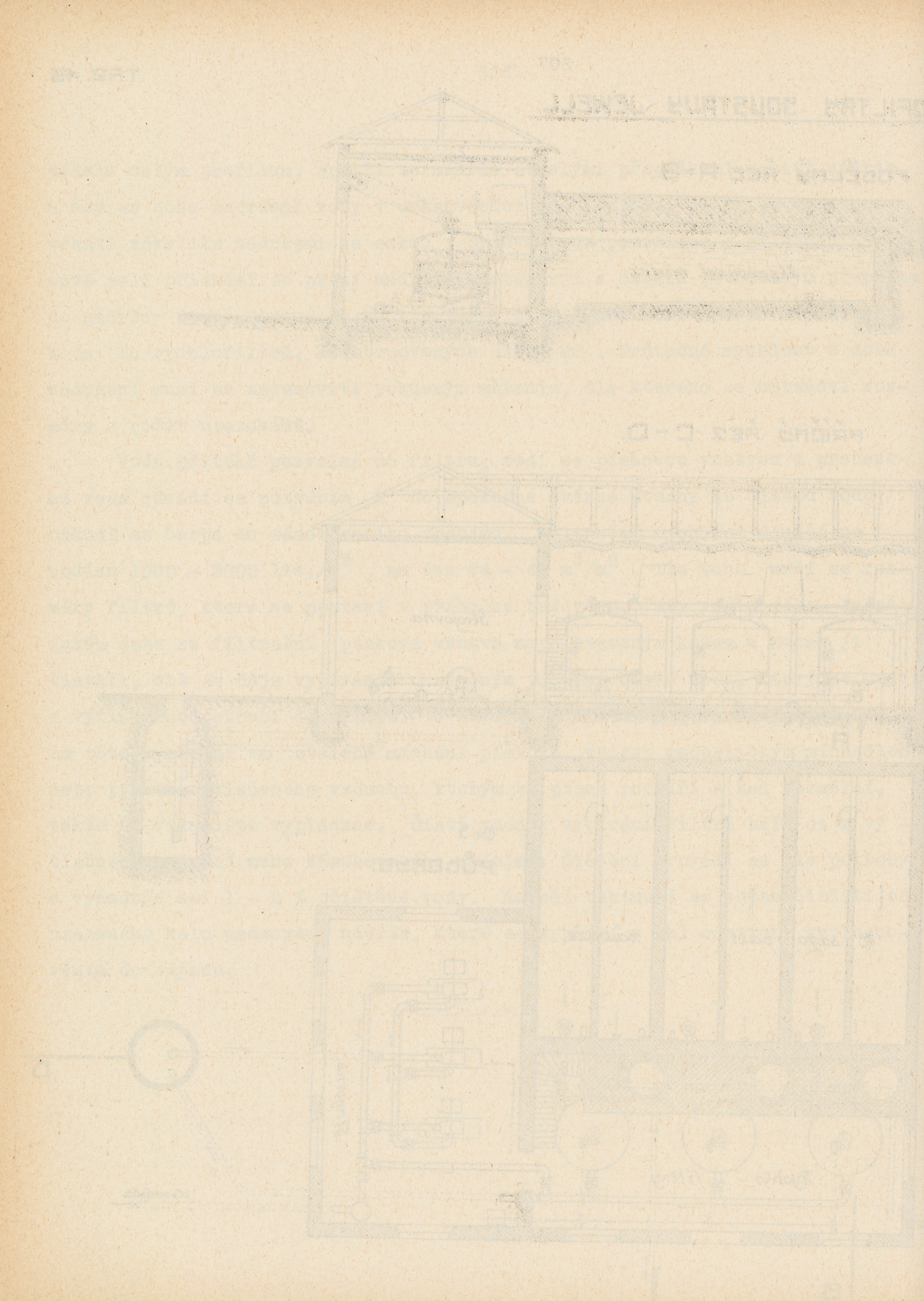


Obr. 2. PŘÍČNÝ ŘEZ C-D.



Obr. 3. PŮDORYS.





§ 20. R Y C H L O F I L T R Y.

1./ Ú č e l a d r u h y r y c h l o f i l t r ů.

Rychlé filtry slouží k rychlejšímu čištění říční vody než-li je to možno v pozvolných filtrech. Jejich výkonnost jest asi 10 krát větší než u biologických filtrů, obnáší tedy na hodinu 1000- 2.000 lit.na 1 m^2 čili 24 - 50 m^3 na den filtru oproti 2,4 - 5 m^3 na den u filtrů pozvolných. V důsledku toho nemůže býti filtrát ovšem takové jakosti jako u pozvolných filtrů, zejména co se týče hygienických požadavků, totiž přípustného obsahu bakterií a musí se proto voda, očištěná v rychlých filtrech, jestli-že se ji má použíti jako pitné vody, dočistiti v pozvolných pískových filtrech nebo ve sterilisačních aparátech. Jen když se použije k předčištění syrové vody říční přísady síranu hlinitého, lze rychlými filtry vyloučiti z vody nejen hlinité a jílnaté příměsy, nýbrž i bakterie a to do takové míry, že očištěná voda vyhovuje nejen po stránce fysikální, nýbrž i bakteriologické. V tom případě jsou rychlofiltry výhodnější než pozvolné filtry , neboť vyžadují menšího místa, menšího stavebního nákladu a co padá obzvlášť na váhu , jsou vždy a ihned k provozu schopny, kdežto pozvolné filtry musí se nejprve zapracovati, což trvá několik dní,ba i týdnů.

V některých městských vodárnách používá se rychlofiltrů též k předčištění vody , která se pak dočistí v pozvolných filtrech, čímž se jejich výkonnost a trvání značně zvětší./S. Kamenice /.

Rychlých filtrů používá se hlavně k čištění vody užitkové a pro účely průmyslové na př. pro barvírny, bělidla, prádelny, papírny, celulosy, chemické továrny, pro parní kotly, pro kondensaci atd. Rovněž tak používá se parních strojů, rychlých filtrů k čištění vody při změkčování, odželezování a odmanganování vody.

Pro všechny tyto účely stačí rychlé filtry a když se vyžaduje dokonalejší očištění říční vody na pitnou vodu, použije se k předčištění vody

přísady síranu hlinitého.

Důležitým bodem u všech rychlofiltrů jest, že větší filtrační rychlost vyžaduje filtrační písek hrubšího zrna 1 - 3 mm, než-li u pozvolných filtrů / 0,5 - 1 mm/ a dále, že se musí písková vrstva filtru následkem větší výkonnosti filtrů častěji čistiti a vypírati, poněvadž se písek usazeným jemným kalem brzy zanese a meziprostory v pískové vrstvě se ucpou. Filtrační blána nehraje u rychlých filtrů tu úlohu jako u pozvolných filtrů, neboť ve vodě obsažené příměsy zachycují se nejen filtrační blánou na povrchu, nýbrž i uvnitř filtrační vrstvy, mezi pískovými zrnky.

Čištění pískové vrstvy provádí se u rychlých filtrů aniž by se písek vybíral pouhým vyplachováním proudem čisté vody pod tlakem opačného směru než jde cezení, při čemž se písková vrstva současně mechanickým míchadlem promíchá, nebo mohutným proudem stlačeného vzduchu rozvíří, aby se usazený kal uvolnil a lépe vypláchnul.

Další důležitou součástkou rychlých filtrů jest přístroj k regulování přítoku syrové vody do filtrů a přístroj k regulování filtrační rychlosti, aby tato zůstala stejnou, když je filtr na počátku filtračního provozu čistý a později když je postupem filtrace kalem zanešen. Regulátor, osazený do odváděcího potrubí sleduje tedy účel učiniti filtrační rychlost neodvislou od zakalení filtru, avšak dle nabytých zkušeností, tyto jinak velmi důmyslně konstruované regulační aparáty selhou a proto se jich nepoužívá.

Konstruktivní uspořádání rychlofiltrů bývá různé a počet v praxi používaných rychlofiltrů je velký. Pozůstávají z otevřených neb uzavřených nádrží ze železného silného plechu nebo vyztuženého betonu. Do nádrže uloženo je na roštu dírkované dno, potažené sítí z bronzového drátu, na kterém spočívá vrstva režného písku 1 - 2 mm zrna a 60 - 80 cm tloušťky. Zda-li se použije filtrů otevřených neb uzavřených, závisí od účelu čištění, místních poměrů, složení syrové vody a systému rychlofiltrů

V první řadě používáme filtrů otevřených, hlavně z důvodu snazšího dozoru a pohodlnější obsluhy .

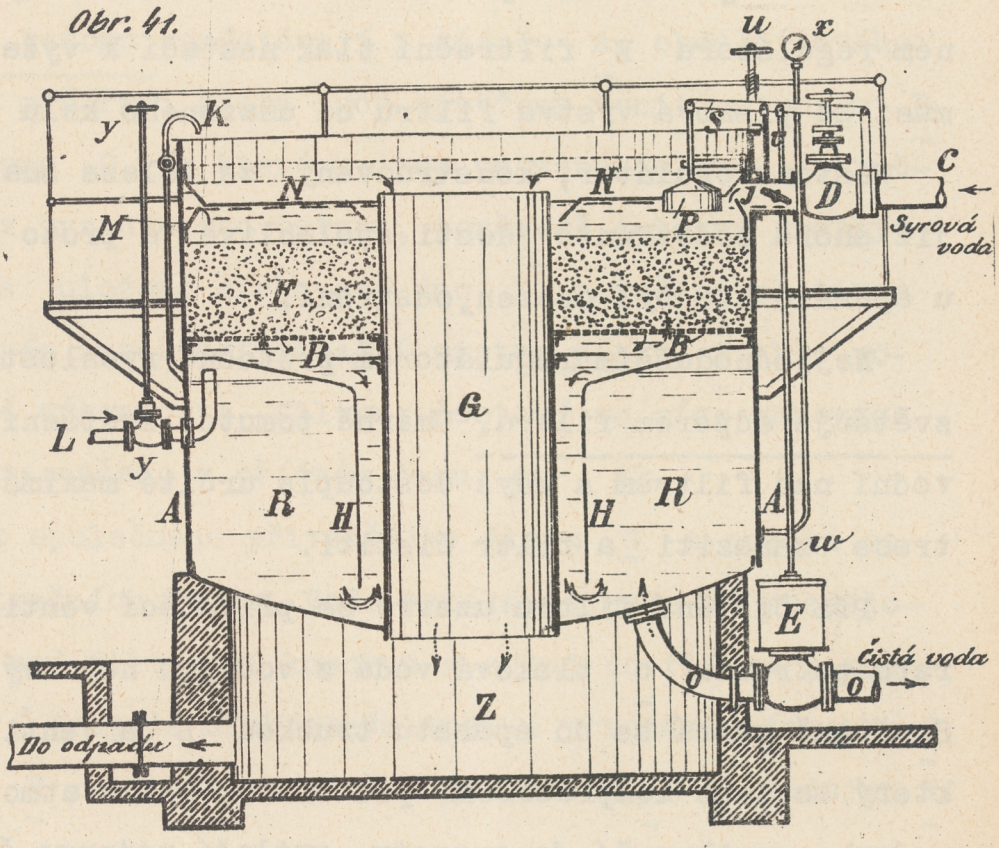
Filtrů uzavřených používá se tam, kde není pro otevřené filtry vhodného místa , nebo když se filtrační aparát má osaditi do výtlačného řádu. V posledním případě musí býti filtr ovšem tak konstruován, aby vydržel tlak vodní, pod kterým stojí ve výtlačném potrubí.

V následujícím popíšeme dnes nejvíce používané konstrukce rychlofiltrů a sice: a/ soustavy R e i s e r t ; b/ soustavy H a l v o r- B r e d a; c/ soustavy G a r t z w e i l e r ; d/ soustavy B o l l m a n n .

2./ R y c h l o f i l t r y s o u s t a v y R e i s e r t .

a/ Otevřený rychlofiltr ze železa obr. 41, pozůstává ze železného bubnu 3 - 5 m průměru a 3 m výšky, který je postaven na betonovém podstavci. Uvnitř bubnu uloženo je dírkované dno B potažené bronzovým drátem, na kterém spočívá filtrační vrstva čistého režného písku F asi 1 m výšky. Syrová voda přitéká přiváděcím potrubím C a pouští se ventilem do filtru. Přítok vody reguluje se škrtící klapkou J, která se pohybuje regulátorem E . Voda vytéká do obvodového, šikmými plechy M, N, vytvořeného žlabu, aby stejnoměrně přepadala na celou pískovou vrstvu . Voda prosakuje filtrační vrstvou, ve které zanechá rozptýlené příměsy

Obr. 41.



a hlinitý kal, cedí se dírkovaným dnem a propadá mezerou mezi vnitřním válcem G a trychtýřovitou vložkou H do dolní nádrže na čistou vodu R, odkudž se odvádí potrubím O do vodojmu na čistou vodu.

K regulování filtrační rychlosti, aby tato zůstala stejnou, když je filtr na počátku filtrace čistý a později kalem zanešen, slouží regulátor E t.zv. Weston - Controller, osazený na odváděcím potrubí O a spojený táhlem W a pákou S s plovákem P. Tímto regulátorem protéká čistá voda a se stoupajícím odporem filtračním vypínají se automaticky uměle vložené odpory. Regulátor postaví se na vyžadovanou výkonnost filtru a při stoupajícím zanesení filtrační vrstvy, vypínají se tyto odpory tak, že filtrační rychlost zůstane stejnou. Plovák P pohybuje jednak škrtící klapkou J, která reguluje přítok vody, aby byl úměrný vyžadované výkonnosti filtru. Pákou S a táhlem W může se regulátor E a tím výtok vody z filtru libovolně otevříti a provoz filtru úplně zaraziti.

Vakumometr X ukazuje stupeň zanesení filtru, tedy velikost filtračního odporu. Stoupl-li tento do takové míry, že i při zcela otevřeném regulátoru E filtrační tlak nestačí k vyžadované výkonnosti filtru, musí se písková vrstva filtru od usazeného kalu vyprati.

Weston regulátor, konstruovaný ze železa snadno rezaví a nepůsobí jak již shora podotknuto dosti spolehlivě a proto se vynechává, nebo se u aparátů kde byl osazen, odstraní.

Nejjednodušším regulátorem průtočné rychlosti je tlak vodní, který se zvětšuje odporem filtru. Úměrně tomuto zvětšení zvýšuje se i hladina vodní nad filtrem a když dostoupla určité maximální výšky, musí se filtrace zaraziti a filtr čistiti.

Při čištění filtru uzavře se přiváděcí ventil D a pustí se do aparatu potrubím o tlaková voda z vodojmu nebo výtlačného potrubí. Současně pustí se do aparatu trubkou L a ventilem Y stlačený vzduch, který se žene kompresorem pod tlakem asi 3 atmosfer. Proud stlačeného vzduchu vniknuvší do aparatu, vytlačí nejprve čistou vodu z prostoru R

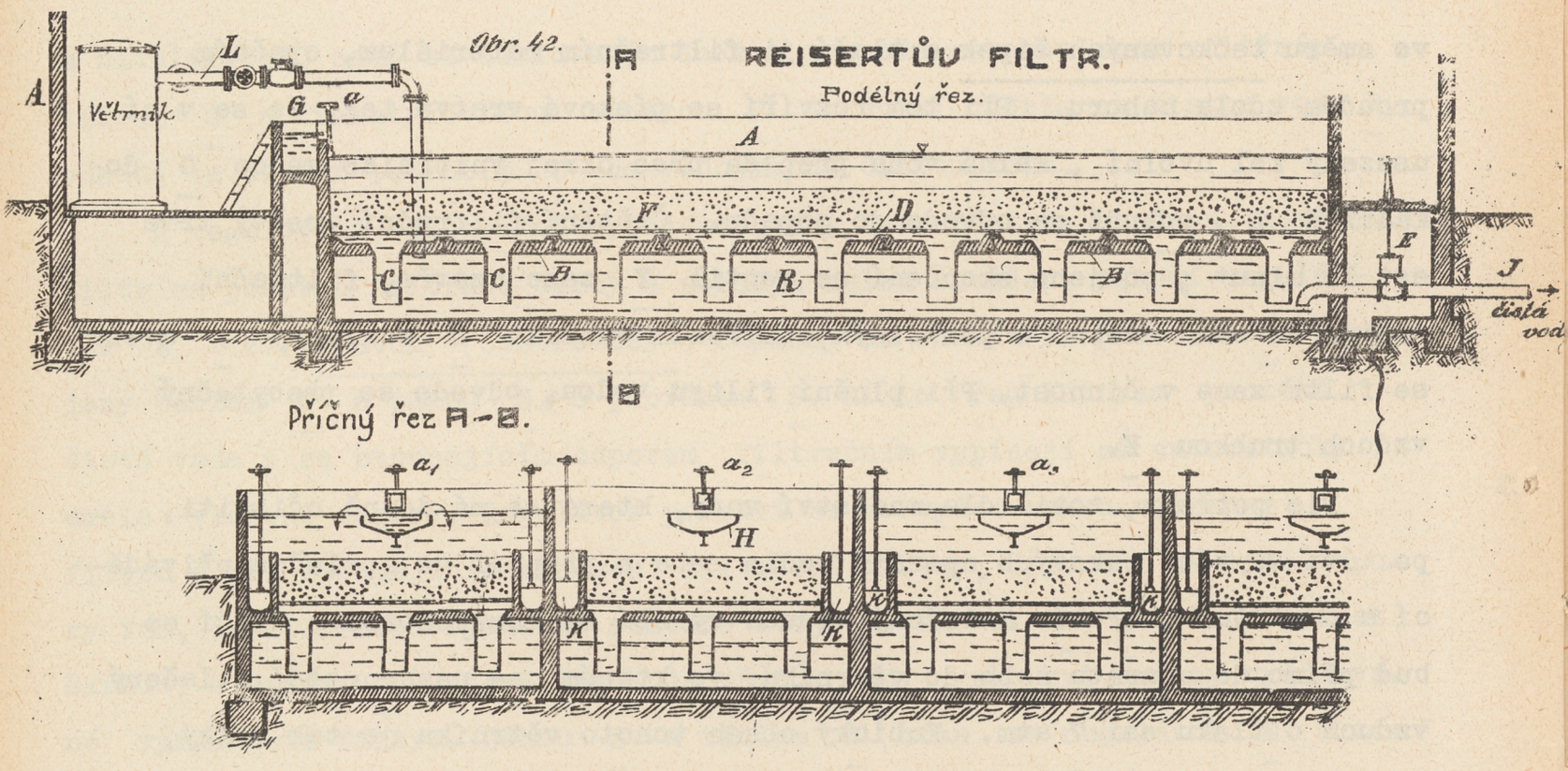
ve směru tečkovaných šipek a tlačí ji filtračním materiálem, opačným proudem zdola nahoru. Při tom rozvíří se písková vrstva tak, že se v ní usazený kal uvolní , kalná voda přepadá přes okraj vnitřního válce G do kaliště Z , odkudž se odvede do odpadu. Čištění filtrační vrstvy trvá asi 15 minut ; po jeho skončení se ventil Y zase uzavře, filtrační vrstva se sama slehne a pozvolným otevřením ventilu D a klapky J uvede se filtr zase v činnost. Při plnění filtru vodou, odvede se přebytečný vzduch trubkou K.

Dle potřeby, totiž dle množství vody, která se má denně očistiti, postaví se více takových aparátů vedle sebe a připojí na společné přiváděcí a odváděcí potrubí. Stlačený vzduch vyrábí se kompresorem a tlačí se buď přímo do aparatu nebo do větrníku, ve kterém se nashromaždí stlačený vzduch o tlaku asi 7 atm. Kubický obsah tohoto větrníku je tak velký, že jeho obsah stačí k vyprání jednoho aparatu.

Čistá voda odvádí se do sběrné studny, ze které se čerpá do zásobovacího vodojmu.

b./ Otevřené filtry z betonu pozůstávají z nádrže A obdélníhového půdorysu asi 15 m délky, 5 m šířky, které jsou opatřeny uvnitř stropem B z vyztuženého betonu s otvory C, ve kterých jsou osazené železné nátrubky C, lépe však nátrubky z vyztuženého betonu, poněvadž železné trubky trpí rezem. Nad stropem je uloženo dírkované dno D, potažené pletivem z bronzového drátu, na kterém spočívá filtrační vrstva písku F. Dle potřeby, totiž dle vyžadované výkonnosti filtru, postaví se více takových filtrů vedle sebe, jak je vyznačeno v příčném řezu. Obr. 42.

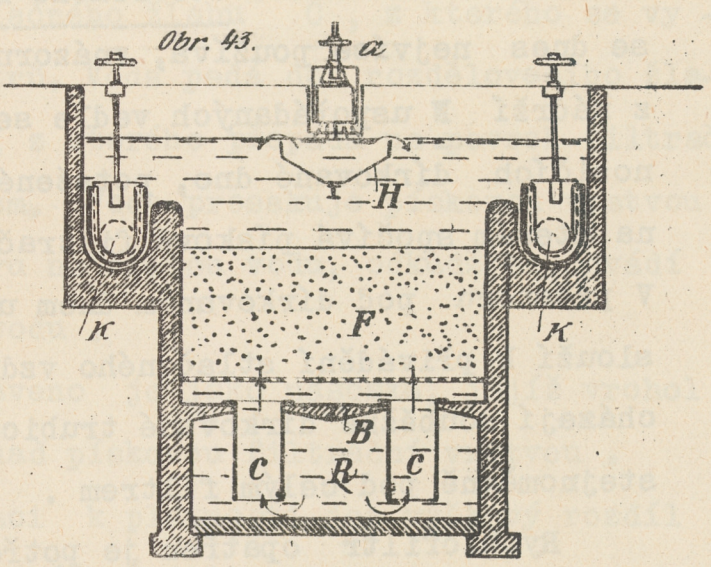
Syrová voda přitéká do společného přiváděcího žlabu G a pouští se stavítky a_1 a_2 ... do filtračních komor. Voda vytéká nejprve do rozdělovacího žlabu H, osazeného nad filtrační komorou a odtud do filtru ; prosakuje pískovou vrstvou F , propadá dírkovaným dnem a přichází nátrubky C do prostoru na čistou vodu R , odkudž se odvádí potrubím J do vodojmu N.



K regulování filtrační rychlosti slouží opět regulátor E, který je osazen do odváděcího potrubí jako v předcházejícím bodě. Regulátor postaví se na vyžadovanou výkonnost filtru, patrnou na stupnici s ukazovákem a dle stupně zanešení filtrační vrstvy a velikosti filtračního odporu, který se měří na vakumometru, reguluje se filtrační rychlost a současně i přítok vody do filtru.

Stoupl-li odpor filtru do takové míry, že při zcela otevřeném regulátoru nedává filtr vyžadované množství vody, musí se pískový filtr od usazeného kalu vyprati. Při vypírání filtru uzavře se přiváděcí potrubí pro syrovou vodu a do odváděcího potrubí pustí se z výtlačného potrubí proud vody pod tlakem. Tato voda vniká do prostoru R, vystupuje nátrubky do filtrační pískové vrstvy a vypláchne zde usazený kal. Současně pustí se do prostoru na čistou vodu R vzduchovým ventilem L stlačený vzduch, který vniká nátrubky C do filtračního písku který prostupuje zdola nahoru, při čemž se písková vrstva rozvíří a usazený kal uvolní, takže jej voda snadno vypláchne. Kalná voda přepadá do postranních žlábků K

obr.43.a odvede se do odpadu. Po ukončeném vypírání, jež trvá asi 15 minut, uzavře se přítok tlakové vody a příchod stlačeného vzduchu , načež se uvede filtr opět v činnost .



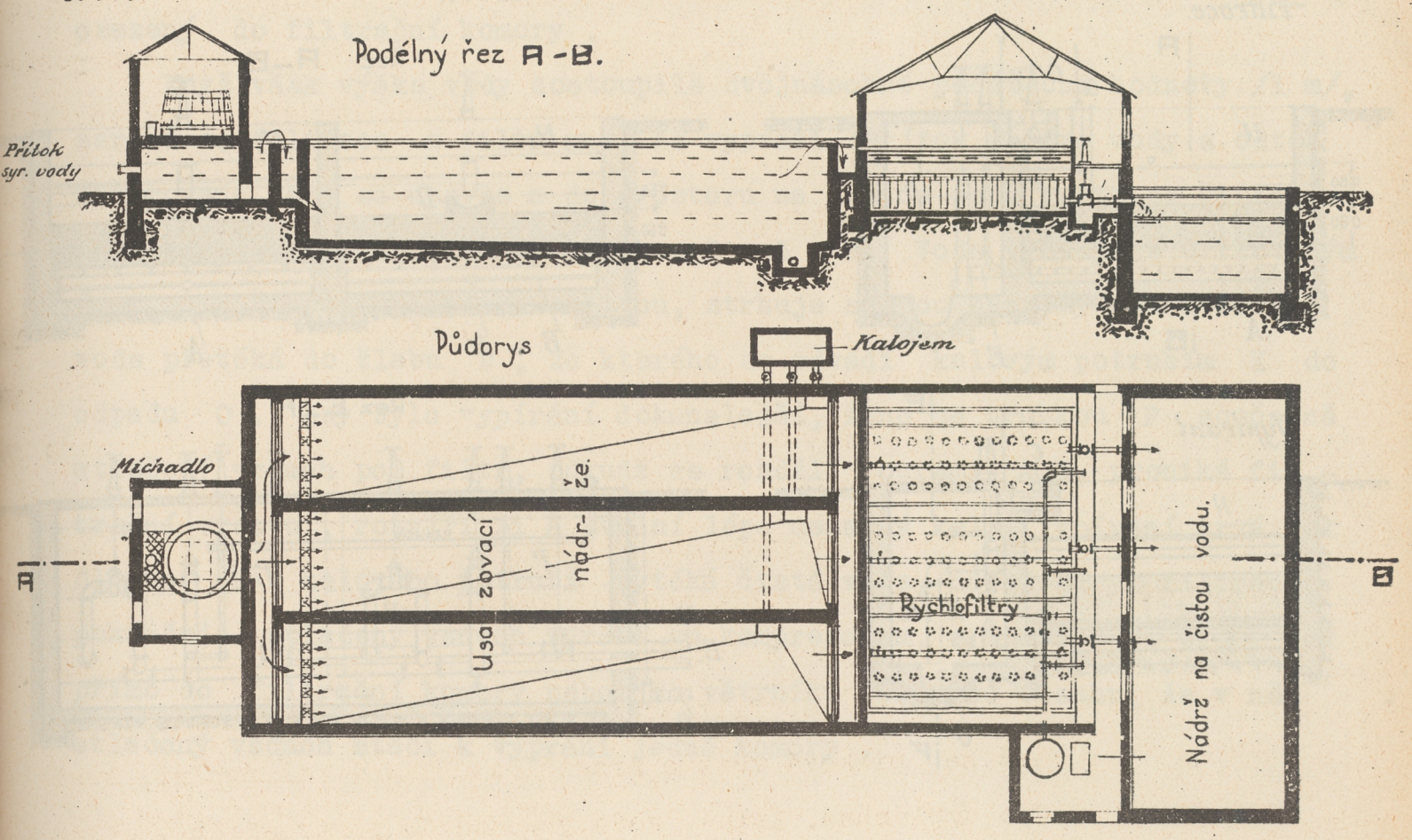
Obr. 43.

Pozůstává-li filtrační stanice z více komor, vypírá se každá komora zvlášť, aniž by se musel provoz druhých komor přerušiti .

Obr. 44. znázorňuje celkovou disposici tohoto filtračního zařízení.

RYCHLÉ FILTRY SOUSTAVY REISERT.

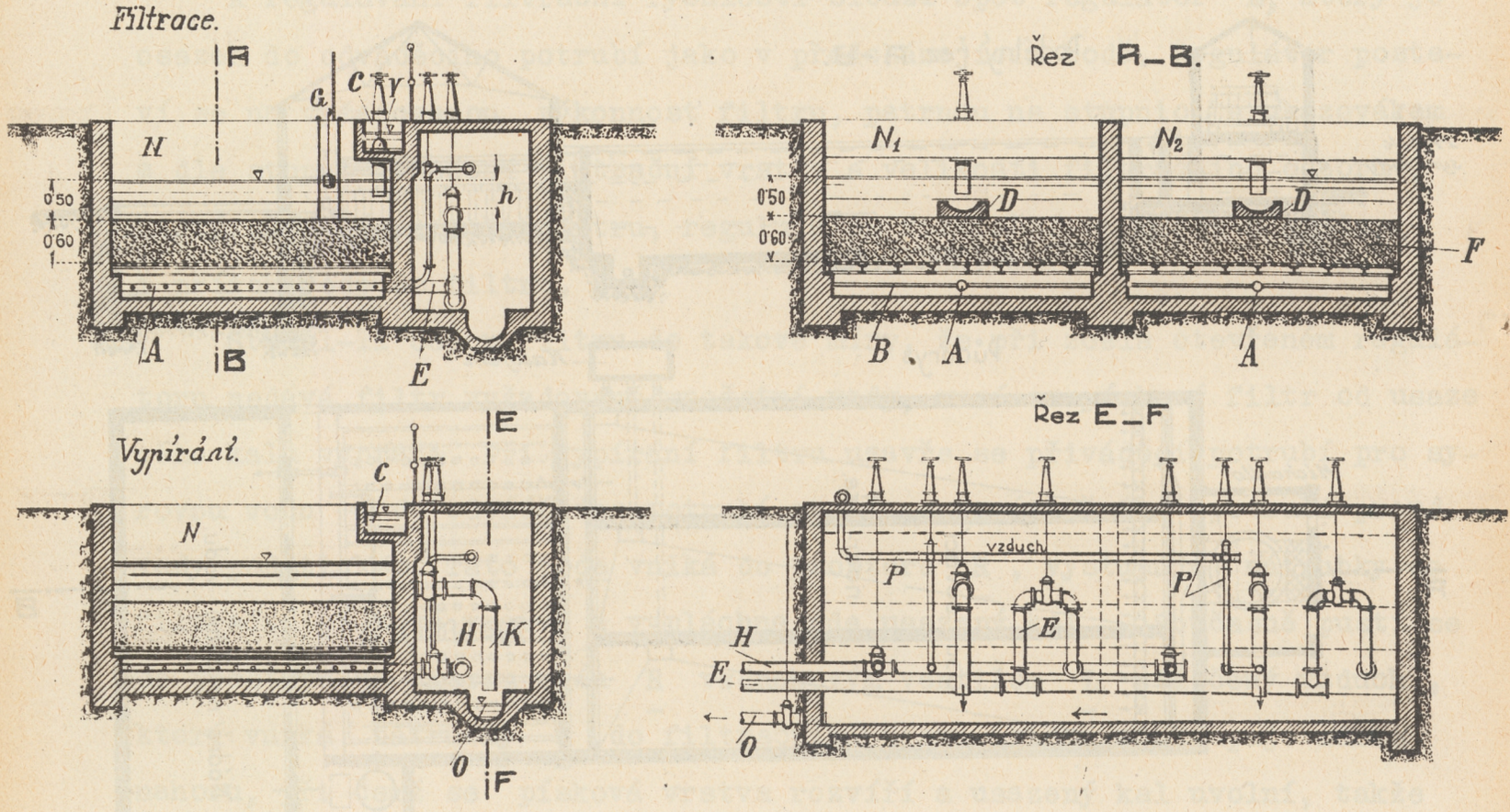
Obr. 44.



Jiná konstrukce otevřeného rychlofiltru systém R e i s e r t , které se dnes nejvíce používá, znázorněna je v obr. 45. Rychlofiltr pozůstává z nádrží N uspořádaných vedle sebe. Do nádrží uloženo je na železných nosičích dírkované dno, potažené hustou sítí z tenkové bronzového drátu, na kterém spočívá písková filtrační vrstva F, asi 60 cm tloušťky. V prostoru pod dírkovaným dnem uložena je ve středu roura A , která slouží k přivádění stlačeného vzduchu při vypírání filtru a z roury vycházejí souběžné dírkované trubice B, aby se stlačený vzduch rozdělil stejnoměrně pod celým filtrem .

Rychlofiltr opatřen je potřebnými armaturami k přivádění syrové vody, odvádění čisté /filtrované/vody , přivádění tlakové vody, odvádění kalné vody při občasném vypírání filtru, přivádění stlačeného vzduchu od kompresoru a měření filtracního tlaku .

Obr: 45. REISERTŮV FILTR.



Syrová voda přivádí se do společného žlabu C , z kterého se vypouští talířovitými ventily do filtrů. Voda padá do rozdělovacího žlabu D ve středu filtrační komory, z kterého přepadá na povrch filtrační vrstvy, kde stojí asi ve výšce 50 cm. Voda prosakuje pískovou vrstvou , cedí se dírkovaným dnem do prostoru na čistou vodu, odkudž se odvádí potrubím E do nádrže na čistou vodu .

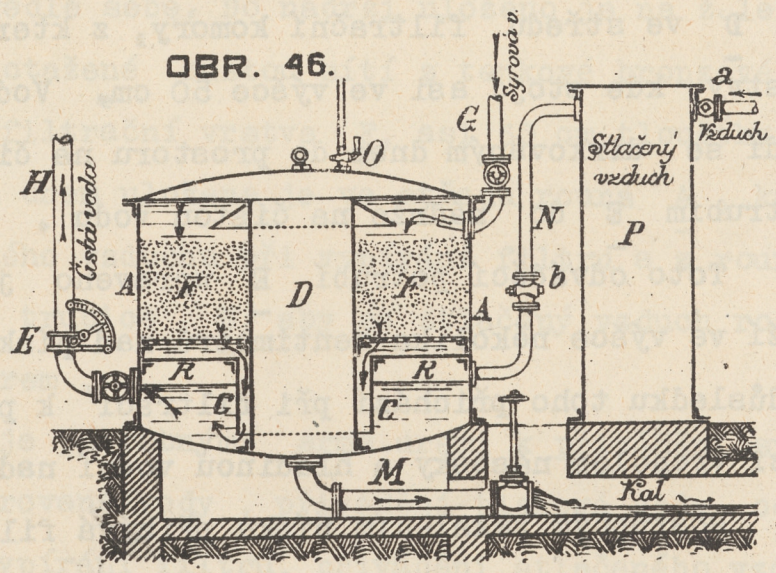
Toto odváděcí potrubí E upraveno je jako násoska, jejíž vrchol leží ve výšce několika centimetrů nad pískovou filtrační vrstvou . V důsledku toho přichází při filtraci k platnosti jen výškový rozdíl h mezi vrcholem násosky a hladinou vodní nad filtrem .

Postupným zakalením písku přibývá filtračního odporu a má-li množství filtrované vody zůstati totéž, musí souběžně se zakalením filtru přibývati též filtračního tlaku, dotyčně hloubky vody nad filtrem. Hladina vodní nad filtrem proto pozvolna vystupuje, což ukazuje plovákový vodočet G , osazený do filtrační komory .

Když však výška vody dostoupila dvojnásobné počáteční hodnoty /1 m/, zarazí se filtrace a filtr musí se vyprati. Přítok syrové vody a odtok filtrované vody se uzavře a do prostoru na čistou vodu pustí se čistá voda z výtlačného potrubí H pod tlakem 2 - 3 atm. Voda vystupuje dírkovaným dnem, prostupuje pískovou vrstvou, strhuje ssebou usazený kal a kalná voda přetéká do žlabu D , ze kterého se odvádí kalovým potrubím K do odpadu O . Aby bylo vypírání dokonalejší, žene se trubkou P současně stlačený vzduch pod filtr, odkudž se rozdělí rourami A,B, proniká filtrační vrstvu , rozvíří ji a uvolní lépe usazený kal . Vypírání trvá tak dlouho, až z kalového potrubí vytéká čistá voda, načež se ve filtraci pokračuje. Stlačený vzduch vyrábí se kompresorem, z kterého se tlačí buď přímo do filtrační komory nebo do větrníku takového obsahu, že v něm stlačený vzduch stačí k vyprání jedné komory .

c./ Uzavřený filtr ze železa pozůstává z cylindrické nádoby 2 - 5 m průměru ze železného plechu, uzavřeného kulovitým dnem a stropem .Obr.46. Uvnitř bubnu A, uloženo je dírkované dno, potažené jemným pletivem z bronzového drátu, na kterém spočívá filtrační pískcvá vrstva F , asi 1 m výšky. Syrová voda přivádí se pod tlakem do filtru potrubím G , prosakuje pískovou vrstvou F a cedí se dírkovaným dnem do dolní části bubnu, kde se sbírá v prostoru na čistou vodu R a odvádí výtlačným potrubím H do vodojmu na čistou vodu . Regulování filtrační rychlosti děje se regulátorem E , osazeným do odváděcího potrubí H , při čemž se stupeň filtračního odporu pozoruje na stupnici . Filtrační aparát osazen je do výtlačného řádu a musí býti proto tak konstruován, aby tlak ve výtlačném potrubí vydržel.

OBR. 46.



FILTR SOUSTAVY REISERTOVY

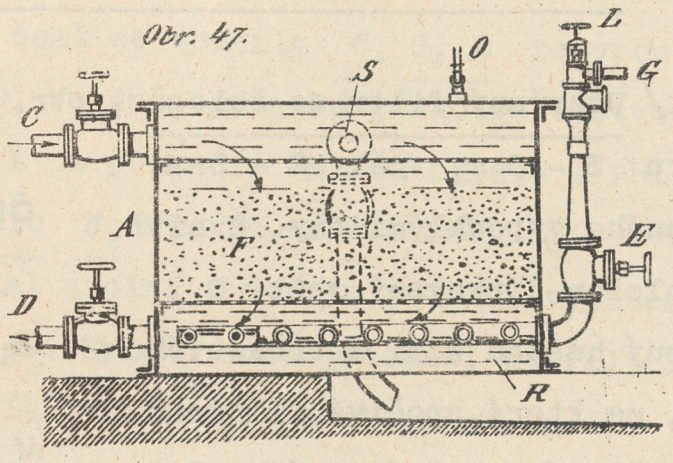
Vypírání filtru děje se opačným proudem vodním, který se pustí do nádrže potrubím H ; voda vniknuvši do prostoru na čistou vodu C jde mezerou mezi ponorným válcem C a centrální rourou D a vystupuje dírkovaným dnem do filtrační pískové vrstvy, prostupuje ji zdola nahoru a strhuje ssebou kal, usazený mezi pískovými zrnky. Kalná voda přepadá přes okraj do trubky D a odvádí se kalovým potrubím M do odpadu .

Aby vypírání pískové vrstvy bylo dokonalejší, pouští se do aparátu potrubím N proud stlačeného vzduchu , který rozvíří a rozmělní písek i usazený kal, takže se usazený kal lépe vypláchne. Při vypírání filtru vypouští se přebytečný vzduch vyvzdušovací trubkou a ventilem O, který

se při vypírání otevře . Stlačený vzduch vyrobený kompresorem, žene se do větrníku P, který je společný více filtračním aparátům.

Jednodušší konstrukce uzavřených filtrů soustavy R e i s e r t o v y znázorněna je v obr. 47. Aparát pozůstává z cylindrické nádoby ze železného plechu A, ve které je uloženo dírkované, jemným pletivem potažené dno B , na kterém spočívá filtrační vrstva čistého režného písku F 60 - 80 cm výšky. Syrová voda přitéká ventilem C do filtru , prosakuje pískovou vrstvou a cedí se dírkovaným dnem do prostoru na čistou vodu R, odkudž se odvádí ventilem B do vodojmu na čistou vodu .

Obr. 47.



Vypírání pískové vrstvy děje se opět opačným proudem vodním z výtlačného potrubí za současného vhánění komprimovaného vzduchu . K tomu účelu uzavrou se přiváděcí a odváděcí šoupátka C,D, a otevře šoupátko kalového potrubí S, které je v obrazci jen tečkováno. Z výtlačného potrubí pustí se do aparatu ventilem E tlaková voda , která vystupuje dírkovaným dnem do pískové filtrační vrstvy, prostupuje ji a vypláchne kal usazený mezi pískovými zrnky. Aby bylo vyplachování dokonalejší, pustí se současně do aparatu ventilem L stlačený vzduch z potrubí G, který se rozdělí v prostoru na čistou vodu R soustavou rovnoběžných dírkovaných trubek. Vzduch míchá se s vodou a rozvíří pískovou vrstvu, takže se usazený kal uvolní a lépe vypláchne. Kalná voda odvádí se s povrchu filtru kalovým potrubím S do odpadu . Vzduch odvede se z aparatu vyvzdušovací trubkou a ventilem O.

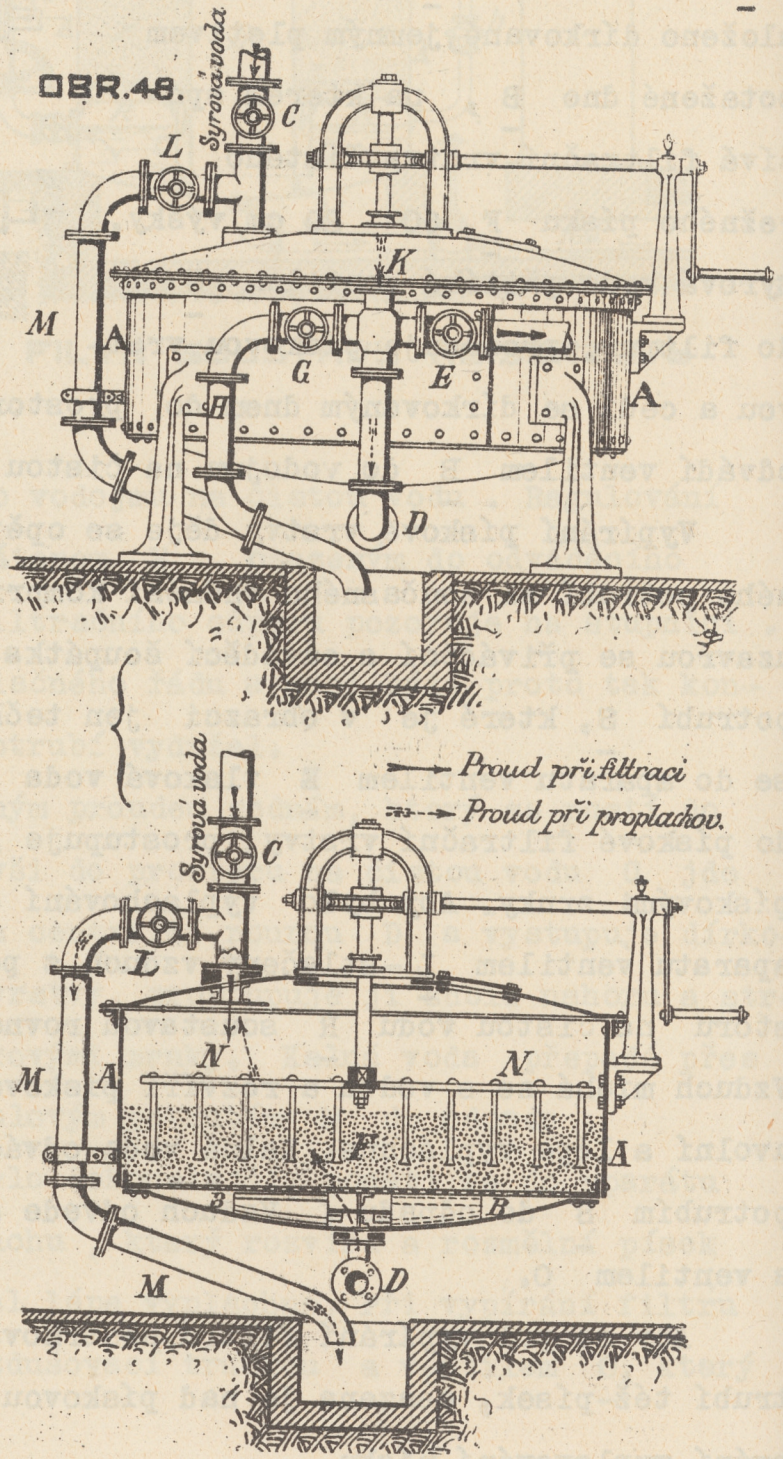
Aby se při vypírání filtru nestrhoval proudem vodním do kalového potrubí též písek, osazena je nad pískovou vrstvou dírkovaná deska, která brání vyplavování písku .

Vypírání filtru trvá několik minut ; po jeho ukončení uzavře se ventil E i L a otevrou se ventily C D , načež se ve filtraci pokračuje.

3./ Rychlofiltry soustavy Breda .

a./ Uzavřený filtr ze železa , obr. 48, pozůstává ze železného válce A průměru 3 - 5 m, výšky 2 - 3 m, uzavřeného vypouklými dny. Uvnitř jest uložen dírkovaný rošt B , potažený hustou sítí z bronzového drátu, na které spočívá filtrační vrstva čistého režného písku 1-3mm zrna a 1 m výšky. Válec stojí na nohách a opatřen je potřebnými armaturami k přivádění syrové a odvádění čisté vody při chodu filtračním a při vypírání filtru.

OBR.48.

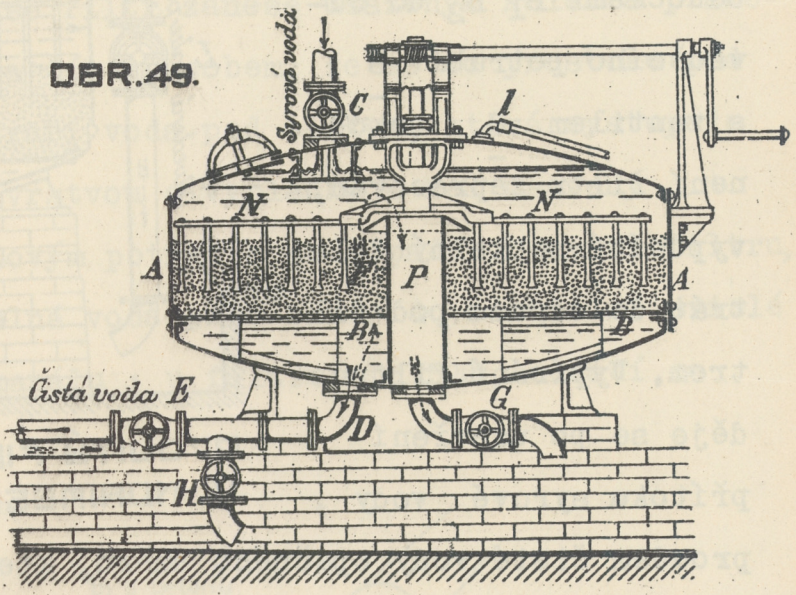


Syrová voda přivádí se pod tlakem potrubím C do filtru, cedí se pískovou vrstvou a očištěná voda sbírá se na vypouklém dně, odkudž se odvádí potrubím D a ventilem E do vodojmu. Dokud není filtr zapracován, vypouští se filtrát ventilem G a rourou H do odpadu. Filtrační rychlost obnáší 1000 - 2000 lit./hod. a reguluje se přístrojem, osazeným do odváděcího potrubí.

Po nějakém čase se filtrační písek usazeným kalem ucpe, výkonnost filtru následkem toho ochabne a filtr musí se proto občas čistiti, což se děje vypíráním pískové vrstvy proudem čisté vody opačného směru než je při filtraci. Čistá voda přivádí se z výtlačného potrubí nebo vysoko položeného vodojmu do potrubí, při čemž se ventily C, G, E uzavrou; voda vstupuje do filtru potrubím D ve dně, proniká pískovou vrstvou ze zdola nahoru a vytéká ventilem L a potrubím M do odpadu. Při tom se současně otáčí mechanické míchadlo N, kterým se filtrační písková vrstva rozmělní, takže se usazený kal uvolní a vodním proudem vypláchne.

Jinou konstrukci ukazuje obr. 49. Syrová voda přichází do filtru potrubím a ventilem C, prosakuje pískovou vrstvu a sbírá se na dně a čistá voda odtéká potrubím D a ventilem E do vodojmu. Dokud není filtr zapracován, vypouští se kalný filtrát ventilem H do odpadu. Vypírání filtru provádí se proudem čisté vody opačného směru a béře se k tomu účelu z výtlačného potrubí nebo z vysoko položeného vodojmu. Voda vstupuje do filtru potrubím D, prostupuje filtrační vrstvou zdola nahoru, padá do centrální trouby P a vypouští se ventilem G do odpadu. Při tom se současně míchadlem N otáčí, aby se písková vrstva rozmělnila a lépe od usazeného kalu vyprala.

OBR. 49.

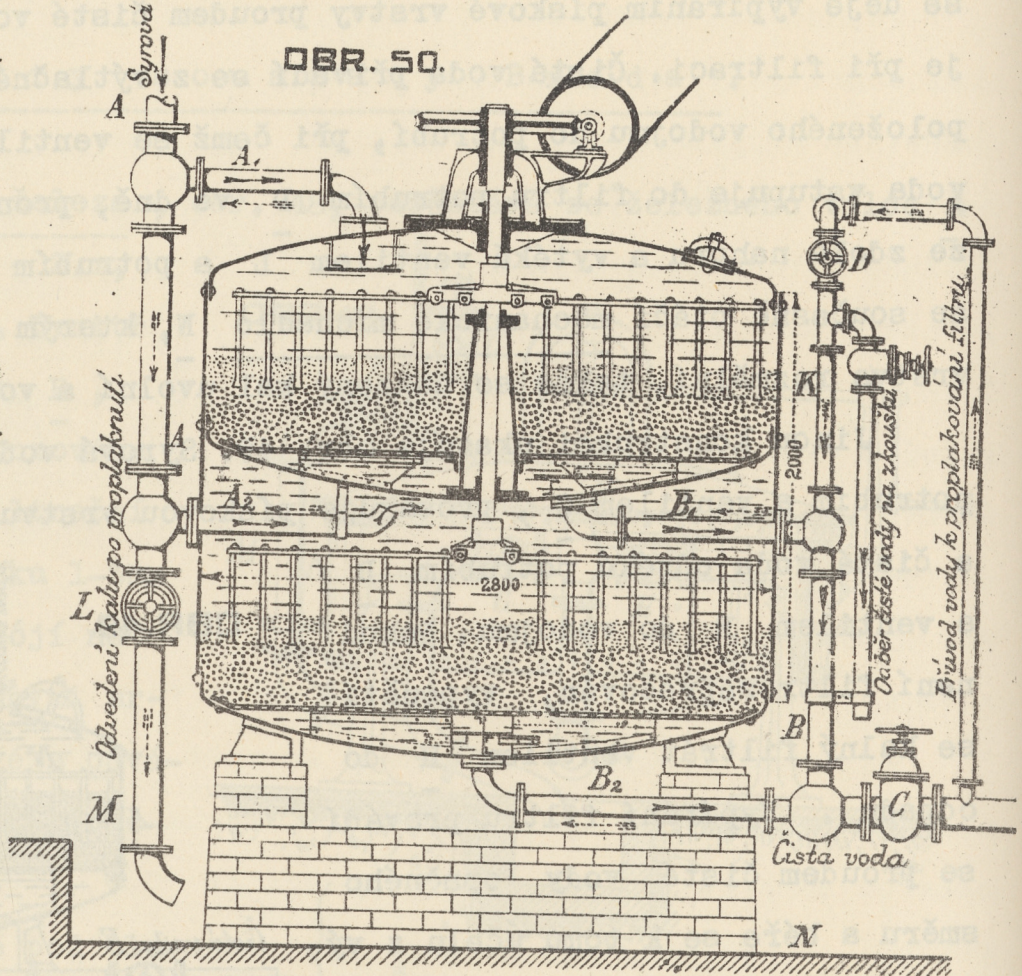


Troubkou S, ventilem J, odvádí se z filtru plyny a kyselina uhličitá, nashromážděné ve filtru.

Obr. 50. znázorňuje dvojitý filtr odželezovací stanice v Norimbergu, který pozůstává ze dvou oddělených částí, postavených nad sebou, z nichž každá je opatřena dírkovaným dnem, potaženým hustou sítí z bronzového

drátu, na níž spočívá filtrační vrstva písková. Každé oddělení pracuje samočinně a opatřeno je potrubím přiváděcím a odváděcím A a odbočkami A_1 A_2 do filtru. Voda prosakuje filtrační vrstvou, sbírá se na dně a odtéká odbočkami B_1 B_2 do odváděcího potrubí B s ventilem C. Dokud není filtr zapracován, vypouští se kalný filtrát do odpadu pod filtrem. Vypírání filtru děje se po uzavření přítoku syrové vody, proudem čisté vody opačného směru, která se odebírá z výtlačného potrubí B po uzavření ventilu C a otevření ventilu D a vede do potrubí K a dále odbočkami B_1 B_2 na dno filtrů. Voda prostupuje pískovou vrstvou zdola nahoru, vypírá kal usazený v písku, vystupuje vrchem filtrů do odboček A_1 A_2 a odtéká po otevření ventilu L trubkou M do odpadu. Mechanická míchadla, osazená na společné ose s řemenicovým převodem, uvádějí pískovou vrstvu v pohyb.

OBR. 50.



DVOJITÝ FILTR ODŽELEZOVACÍ STANICE V NORIMBERGU.

b./ Rychlofiltry otevřené konstruovány jsou z betonu nebo železného plechu a znázorněny jsou v obr. 51. Pozůstávají z otevřených nádrží 4 - 6 m Ø, ve kterých je osazeno na železných nosičích dírkované dno,

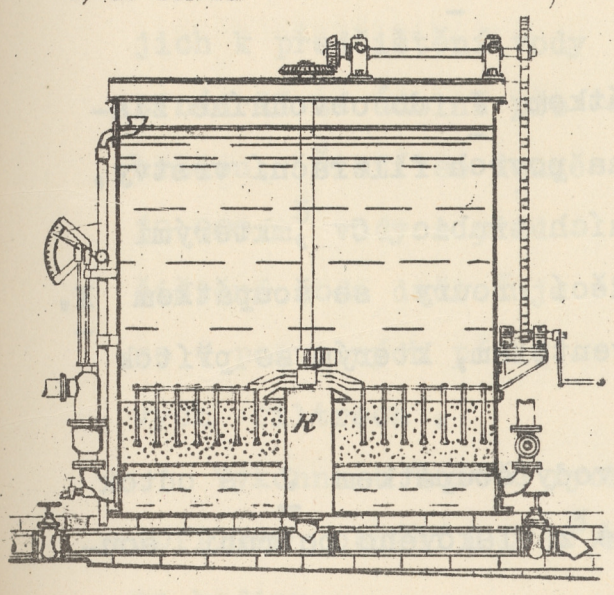
potažené hustou sítí z bronzového drátu, na kterém spočívá filtrační písková vrstva 60 - 80 cm tloušťky. Nádrž opatřena je potřebnými armaturami k přivádění syrové vody, odvádění čisté/filtrované/vody, k přivádění tlakové vody, vypouštění kalné vody při vypírání filtru a k regulování filtračního tlaku.

Do filtrační pískové vrstvy zasahuje mechanické míchadlo s ručním neb strojním pohonem .

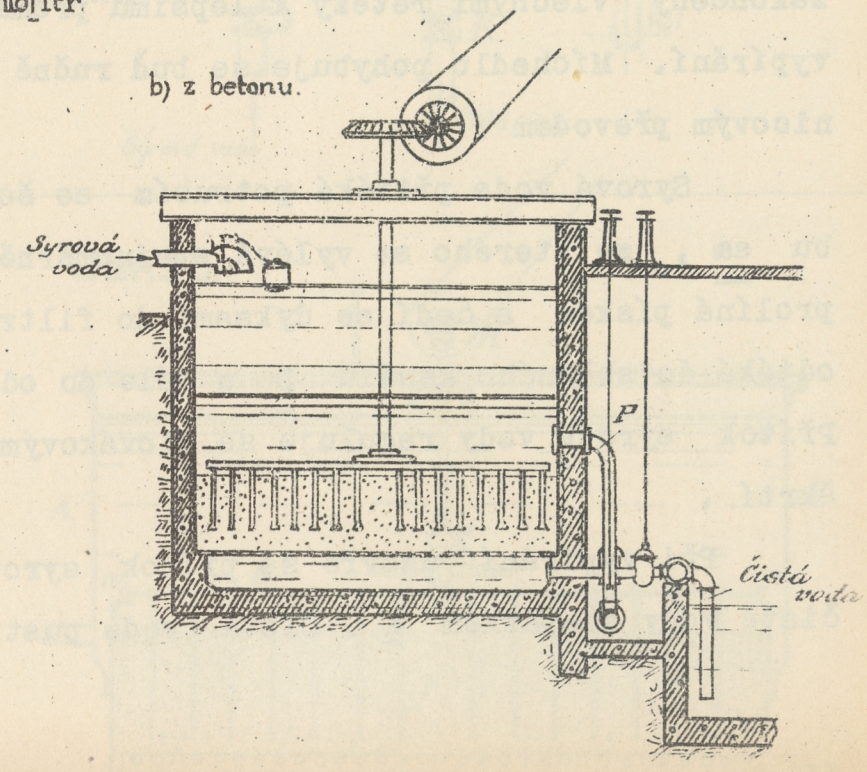
Syrová voda pouští se do nádrže ve výšce maximální hladiny vodní , voda prosakuje pískovou vrstvou a cedí se dírkovaným dnem do prostoru na čistou vodu, odkudž se odvádí potrubím. Do tohoto potrubí osazen je regulátor, který ukazuje táhlem a indexem výšku filtračního tlaku, kterým čistá voda vytéká. Po nějakém čase se filtr zanese usazeným kalem a písková vrstva musí se vypírat. To se děje tím způsobem, že se do prostoru pod dírkované dno pustí z výtlačného potrubí voda pod tlakem, která vystupuje z dola nahoru, prostupuje filtrační vrstvou a vyplachuje kal usazený v písku. Kalná voda vypouští se kalovým potrubím do odpadu. U rychlofiltru, znázorněného v obr. 51a , přepadá kalná voda přes okraj do centrální svislé roury R, kterou padá do odpadního kanálu ; u filtru obr.51b, odvádí se kalná voda postranním potrubím P.

Obr.51. Otevřený rychlofiltr.

a) ze železa.



b) z betonu.



Aby vypírání bylo dokonalejší, uvede se po napouštění tlakové vody do filtru a rozmělnění pískové vrstvy v pohyb mechanické míchadlo .

Vypírání filtru trvá tak dlouho, až kalovým potrubím vytéká čistá voda, načež se ve filtraci pokračuje .

4./ R y c h l o f i l t r s y s t é m G a r t z w e i l e r .

Pozůstává z otevřené nádrže A z betonu, obr. 52, nebo železa, obr. 55, kruhového půdorysu 4 - 6 m průměru , 1.5 - 2 m výšky s dvojitou obvodní stěnou, která tvoří žlabek aa , do něhož přitéká syrová voda. Na dně nádrže B položeny jsou hustě vedle sebe, ve vzdálenosti asi 15 cm, souběžné filtrační trubky C , 40 mm ø ze železné litiny, jež jsou nahoře dírkovány a opatřeny bronzovými dyksami /Düsen /. Všechny filtrační trubky ústí do společného sběrného kanálu D , který jde středem dna nádrže a na něj připojuje se odváděcí potrubí E se šoupátkem K .

Do nádrže uloží se písková filtrační vrstva F , 60 - 80 cm tloušťky, do které zasahuje mechanické míchadlo G , jehož prsty jsou zakončeny vlečnými řetězy k lepšímu promíchání filtrační vrstvy při vypírání. Míchadlo pohybuje se buď ručně soukolím H nebo strojně řemenicovým převodem .

Syrová voda přitéká potrubím se šoupátkem J do obvodního žlabu aa , ze kterého se vylévá stejnoměrně na povrch filtrační vrstvy, prolíná pískem a cedí se dyksami do filtračních trubic C , kterými odtéká do sběrného kanálu D a dále do odváděcí roury se šoupátkem K. Přítok syrové vody reguluje se plovákovým ventilem, kterým se přítok škrtí .

Při vypírání uzavře se přítok syrové vody šoupátkem J a odtok čisté vody šoupátkem K . Čistá voda pustí se z tlakového potrubí šou-

pátkem M do sběrného kanálu D, z kterého vniká do filtračních trubic C a z těchto dyksami do pískové vrstvy, kterou prostupuje za stálého pohybu míchadla zdola nahoru a vypláchne kal, usazený mezi pískovými zrnky. Kalná voda přepadá z nádrží do obvodního žlabu aa a odvádí se kalovým potrubím a šoupátkem L do odpadu.

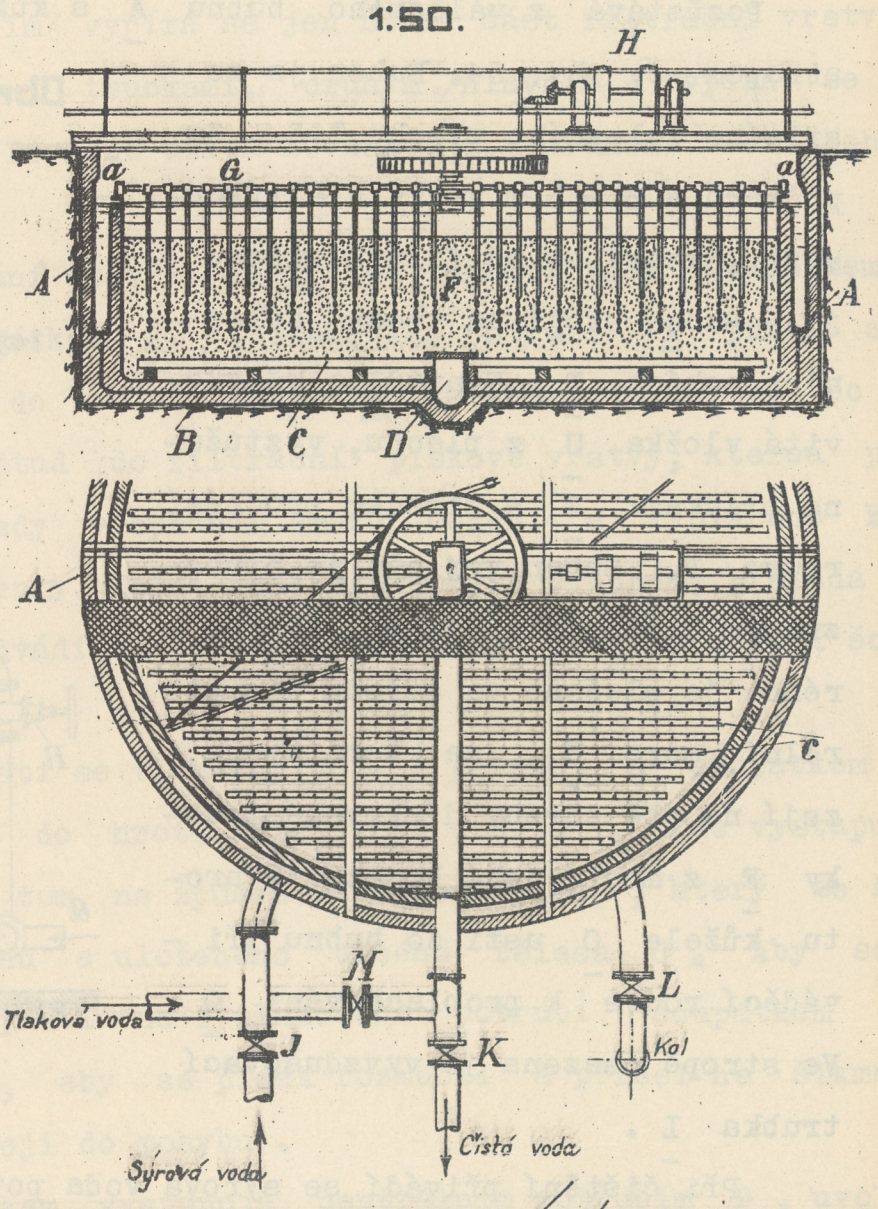
Město Remscheid v Porýní má 9 takových rychlofiltrů, 6,6 m ø, s úhrnnou filtrační plochou 307 m^2 a používá jich k předčištění vody z nádrží za údolní přehradou. Čistí se denně 30.000 m^3 vody a předčištěná voda dočišťuje se v pozvolných pískových filtrech.

Výkonnost tohoto rychlofiltru obnáší 1-2 m^3/m^2 na hodinu.

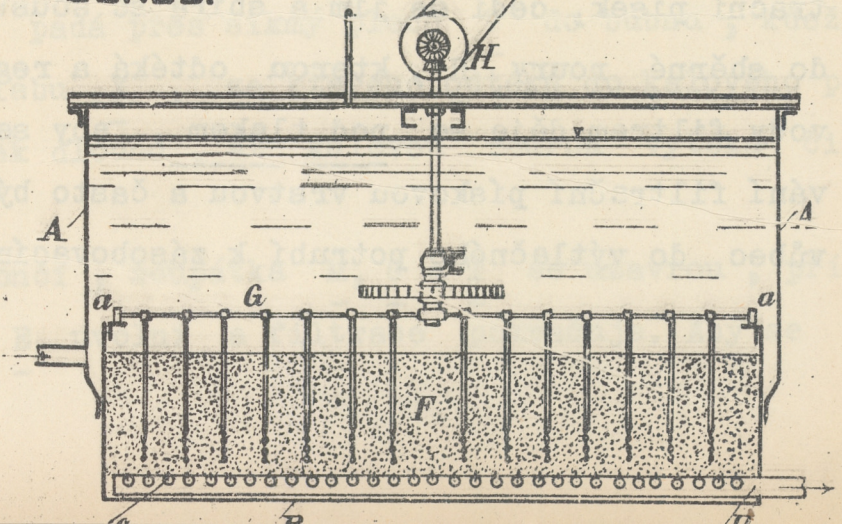
Obr.52.

FILTR GARTZWEILER-ÚV.

1:50.



Obr.53.

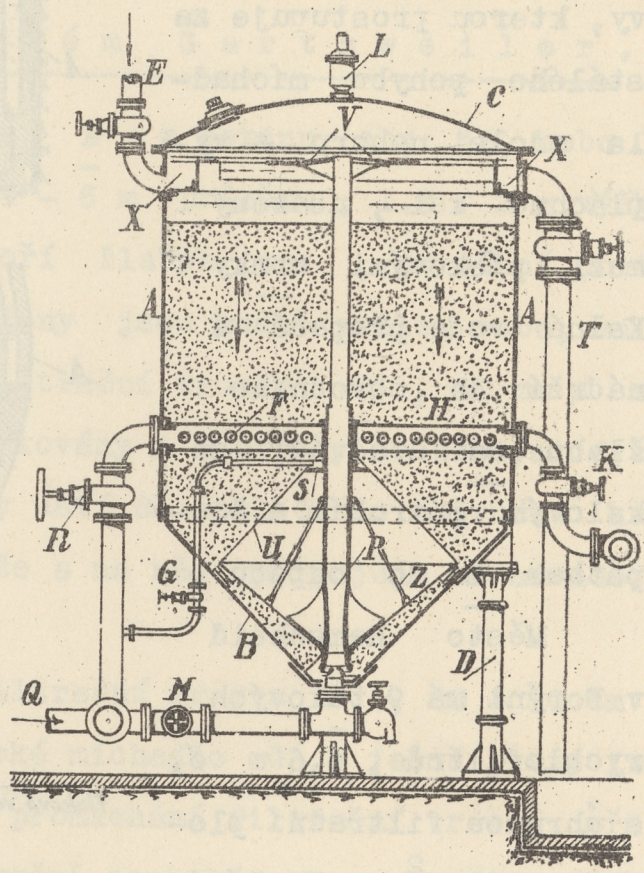


5./ Rychlofiltr systém Bollmann.

Pozůstává z válcového bubnu A s kůželovitým dnem B a vypouklým stropem C. Obr. 54. Buben je ze silného železného plechu, 1.5 - 3m průměru a 3 - 5 m výšky dle výkonnosti, která se od filtru vyžaduje. Buben stojí na třech železných nohách D. Uvnitř je kůželovitá vložka U z plechu, vyztužená příčkami Z a středem prochází roura P. Buben vyplněn je hrubozrnným filtračním pískem, do kterého je uložena ve středu diametrální roura H, ze které vychá - zejí na obě strany dírkované trubky F z mědi nebo bronzu. V hrotu kůžele O ústí do bubnu při - váděcí roura k proplachování Q. Ve stropě osazena je vyvzdušovací trubka L.

Obr.54.

FILTR BOLLMANNŮV.



Při čištění přivádí se syrová voda potrubím a šoupátkem E do vrchu, rozdělí se obvodným žlábkem X, ze kterého přetéká na filtrační písek, cedí se jím a sbírá se soustavou dírkovaných trubek F do sběrné roury H, kterou odtéká a reguluje se šoupátkem K. Průtok vody filtrem děje se pod tlakem, aby se překonal odpor při prosakování filtrační pískovou vrstvou a často bývá filtrační aparát osazen vůbec do výtlačného potrubí k zásobovacímu vodojmu.

Po nějakém čase se filtrační písek zanese a ucpe kal, takže výkonnost filtru klesne. Pak se musí přistoupiti k vypírání filtru, které je dvojí ; jedním /vedlejším/ vypírá se jen horní část filtrační vrstvy , která leží nad dírkovanými trubkami, druhým /hlavním / vypírá se veškeren písek v bubnu. Prvního užívá se častěji, druhého v delších přestávkách .

Při vedlejším vypírání uzavře se přítok syrové vody šoupátkem E a výtok čisté vody šoupátkem K. Z tlakového potrubí A pustí se čistá voda šoupátkem R do sběrné roury H, ze které vniká do postranních trubek F a odtud do filtrační pískové vrstvy, kterou prostupuje z dola nahoru, tedy v opačném směru cezení a vypláchne kal, usazený mezi pískovými zrnky. Kalná voda vystupuje v bubnu, přepadá do obvodového žlabu X a odvádí se kalovým potrubím T po otevření šoupátka do odpadu.

Při hlavním praní pustí se tlaková voda z potrubí A šoupátkem M /po uzavření šoupátka R/ do hrotu kůželového dna O , kde vystupuje rourou P a strhuje při tom na způsob ejektoru písek , který se šine mezerou mezi stěnou bubnu a uloženého dutého tělesa U . Aby se písek lehčeji sklízal, pustí se z tlakového potrubí šoupátkem G proud vody do žlabu S , aby se písek rozmočil a přišel na šikmé stěně dutého kužele snázeji do pohybu .

Voda se strženým pískem vystupuje centrálním potrubím P , uvolňuje kal, který lpí na písku a tato směs vody s pískem chrlí při stropu zpět do bubnu. Písek padá přes šikmý plech V do bubnu , kdežto kalná voda přepadá do žlabu X , ze kterého odtéká do kalového potrubí T. Vypírání trvá tak dlouho , až kalovou rourou vytéká čistá voda .

Vypírání se na to ukončí , šoupátka M, G a T se uzavrou , přítok syrové vody se šoupátkem E uvolní a filtrace pokračuje. Aby se po

ukončeném vypírání písek na povrchu filtru urovnal , uvede se před započetím filtrace po nějakou dobu v činnost vypírání horní / vedlejší /

Výkonnost těchto filtrů obnáší na 1 m^2 2 - 4 m^3 /hod.

Potřeba vody k vypírání obnáší asi 2% celkového množství učištěné vody .

-.-.-.-.-.-.

§ 21. ZMĚKČOVÁNÍ VODY.

1./ Účel a prostředky k změkčování vody.

Tvrdost vody posuzujeme dle obsahu ve vodě rozpuštěných solí vápna, hořčíku, hliníku a j. kovů, které přicházejí do vody vyluhováním z hornin s kterými přišla voda do styku. Pro pitnou vodu nemá větší neb menší tvrdost vody velkého významu, ale pro různé účely užitkové musí se voda, jakmile tvrdost překročí určité hranice, řečených solí zbaviti, t.j. voda musí se změkčiti.

Tvrdost vody jest dvojího druhu : přechodná a trvalá. Přechodná tvrdost pochází od dvojuhličitanu vápenatého a hořečnatého $Ca /H CO_3/_2$, $Mg /HCO_3/_2$; ona se ztrácí při vaření, poněvadž polovázaná kyselina uhličitá s párou uniká a vytvoří se ve vodě nerozpustný uhličitan výpenatý, který se vylučuje z vody a usazuje v nádobách jako bílý prášek na dně a stěnách. Trvalá tvrdost pochází od síranu vápenatého /sádry / a hořečnatého a od chloridu vápenatého a hořečnatého, vůbec od nekarbonatu. Tyto soli se při vaření z vody nevylučují, nýbrž zůstanou v ní dále rozpuštěny a teprve když se při odpařování překročí určitý stupeň nasycenosti, vyloučí se na dně jako pevný škraloup a kotlovní kámen.

Čím větší je přechodná tvrdost, tedy čím více je ve vodě uhličitanů, tím lehčí je změkčování vody a čím více je v ní obsaženo síranů, vůbec nekarbonatů, tím tíže lze vodu změkčiti.

Změkčování tvrdé vody provádí se hlavně pro účely průmyslové a sice pro tato odvětví :

a/ K plnění parních kotlů třeba měkké vody, aby se zamezilo tvoření kotlovního kamene ; tím uspoří se na palivu, poněvadž kotlovní kámen a kotlovní kal jsou špatnými vodiči tepla, zamezí se explose kotlové, zmenší náklad udržovací a prodlouží se trvanlivost kotlů.

Totéž platí o vodě, které se použije k centrálnímu topení.

b./ Textilní průmysl potřebuje pro všechna odvětví měkkou vodu ; tvrdá voda stěžuje praní tkanin a zanechává na vláknech nerozpustné soli vápna s mýdlem, které činí vlákna neohebnými a křehkými, takže se lámou a těžko barví.

c./ Továrny na papír a celulosu vyžadují měkkou vodu prostou železa; rovněž tak pivovary, palírny a sladovny.

d./ Prádelny mají obzvlášť velký zájem na tom, aby byla voda měkká, neboť tvrdá voda má v zápětí větší spotřebu mýdla a při delším používání tvrdé vody usazuje se na vláknech vápenný kal jakož i soli mýdla s vápnem, které činí vlákna křehkými, lámou se a dávají prádlu nažloutlý, šedý a nečistý vzhled .

Tvrdá voda ruší vůbec účinek mýdla a zvětšuje jeho spotřebu. Mýdla jsou soli mastných kyselin s draslem nebo sodíkem ; v řídkém roztoku štěpí se na žíravinu a kyseliny mastné, které tvoří s ještě neproměněným mýdlem kyselé soli. Tyto jsou sice ve vodě nerozpustny, mají však dobrou vlastnost mýdla že tvoří pěnu, která proniká tkaninu, obaluje špínu a odstraňuje ji. Tvrdá voda tvoří však pomíchaná s řídkým roztokem mýdla nerozpustné vápenaté soli s kyselinami mastnými, které nepění, což má za následek nejen ztrátu mýdla, tedy větší spotřebu mýdla, nýbrž řečené soli usadí se na vláknech plátna a činí je křehkými, takže se lámou ; prádlo nabývá našedlou barvu a vedle toho též nepříjemně zapáchá po zkažené mastnotě, tedy ve všem opak toho, čeho chceme mýdlem dosíci.

Změkčování vody pro účely průmyslové provádí se chemicko-mechanickým způsobem pomocí různých srážidel, kterými se soli vápenaté a hořečnaté ve vodě srážejí a na to v pískových filtrech z vody vyloučí. Používá se k tomu :

a/hydrátu vápenatého čili žíravého vápna $Ca/HO/_2$;

b/hydrátu sodnatého čili žíravé sody $Na/HO/$;

c/kalcinované sody Na_2CO_3 ;

d/ žíravého vápna společně se sodou ;

é/ baritu se žíravým vápnem Ba CO_3 ;

f/ salmiakového roztoku ve vodě, který má vlastnosti zásad alkalických kovů a tvoří s kyselinami sloučeniny, podobné alkalickým solím ;

g/ umělých zeolitů čili permutitů .

Nejvíce používá se ku změkčování vody žíravého vápna se sodou /Kalksoda-Verfahren/ jako nejlacinějších srážidel a v poslední době též permutitu.

2./ Změkčování vody vápnem a sodou

pozůstává v tom, že vápno CaO váže z dvojuhličitanu vápenatého a hořečnatého ekvivalent poluvázané kyseliny uhličité a tvoří se jednoduchý uhličitan vápenatý Ca CO_3 , který je ve vodě nerozpustný anebo jednoduchý uhličitan hořečnatý Mg CO_3 , který zůstává ve vodním roztoku. Soda $Na_2 CO_3$ přetvořuje dvojuhličitany vápenatý a hořečnatý na jednoduchý uhličitan vápenatý nebo hořečnatý a dvojuhličitan sodnatý Na /CO_3 H/ .

Žíravá soda Na OH přetvořuje dvojuhličitany vápenatý a hořečnatý na jednoduchý uhličitan vápenatý neb hořečnatý a uhličitan sodnatý /sodu/.

Trvalá tvrdost, pocházející od síranu vápenatého neb hořečnatého, odstraní se účinkem sody, která tvoří nerozpustný uhličitan vápenatý neb hořečnatý a síran sodnatý, který zůstává v roztoku .

Chemické pochody při změkčování lze znázorniti těmito rovnicemi :

$$Ca/CO_3 H/_2 + Ca\ O = 2\ Ca\ CO_3 + H_2\ O$$

$$,, \quad + Na_2CO_3 = Ca\ CO_3 + 2\ Na\ /CO_3\ H/$$

$$,, \quad + 2\ Na\ OH = Ca\ CO_3 + Na_2\ CO_3 + 2\ H_2\ O$$

$$Mg/CO_3 H/_2 + Ca\ O = Ca\ CO_3 + Mg\ CO_3 + H_2\ O$$

$$,, \quad + Na_2CO_3 = Mg\ CO_3 + 2\ Na\ /CO_3\ H/$$

$$,, \quad + 2\ Na\ OH = Mg\ CO_3 + Na_2\ CO_3 + 2\ H_2\ O$$

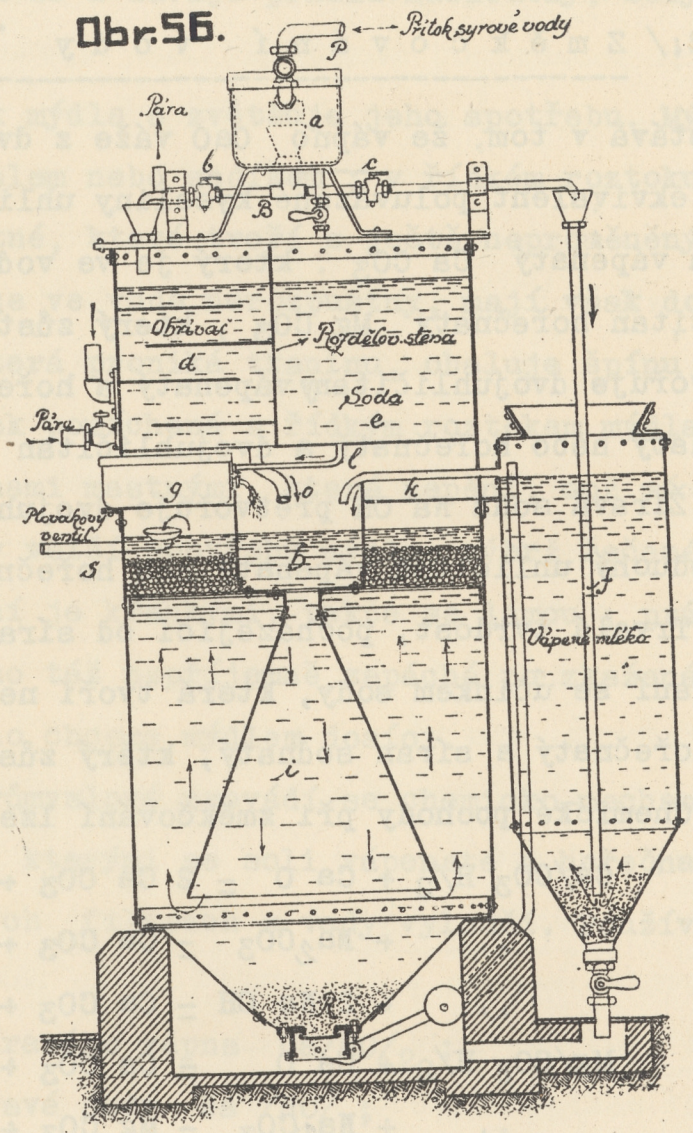
$$Ca\ SO_4 + Na_2CO_3 = Ca\ CO_3 + Na_2\ SO_4$$
$$Mg\ SO_4 + Na_2CO_3 = Mg\ CO_3 + Na_2\ SO_4$$
$$Ca\ Cl_2 + Na_2\ CO_3 = Ca\ CO_3 + 2\ Na\ Cl$$
$$Mg\ Cl_2 + Na_2\ CO_3 = Mg\ CO_3 + 2\ Na\ Cl.$$

Žíravé vápno a soda přimíchají se syrové vody v nasycených roztocích v určitých dávkách dle stupně trvalé a přechodné tvrdosti vody, kterou třeba ustanoviti chemickým rozborem syrové vody. Odměřování přísady srážidel /dosírování/, musí býti přesné, o čemž se třeba přesvědčiti pokusy a rozborem učištěné vody.

K změkčování tvrdé vody hodí se teplá i studená voda, ale teplá voda je výhodnější, poněvadž podporuje chemickou činnost srážidel. Kde je to možno, ohřívá se proto syrová voda parou od výfuku parního stroje nebo parou, která se odebírá přímo z parního kotle. K plnění parních kotlů pracuje se zpravidla s ohřívanou vodou, pro jiné účely, na př. pro prádelny, čistí se voda za studena.

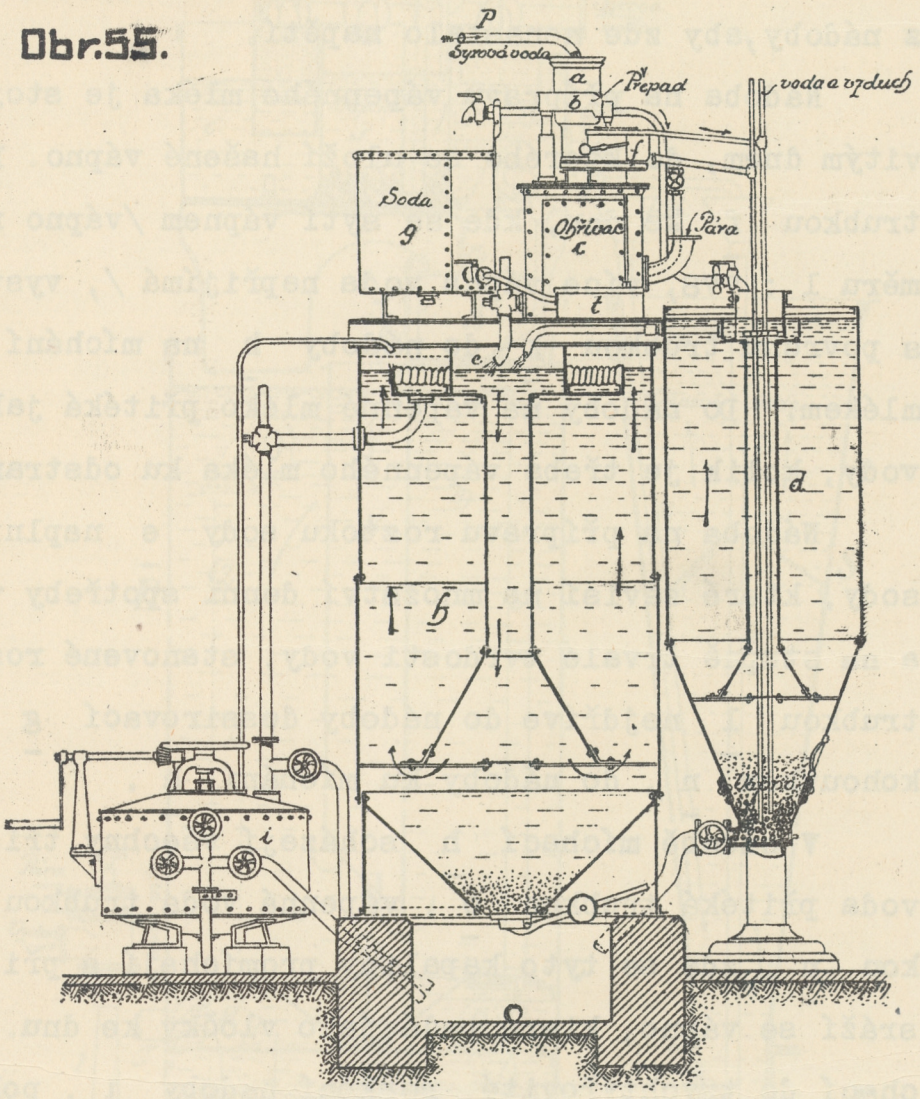
Strojní zařízení ku změkčování vody vápnem a sodou pozůstává z nádrže k přípravě vápenné vody,

Obr. 56.



nádrže k přípravě roztoku sody, aparatů k odměřování přísady srážidel, nádoby reakční, ve které se z vody vyloučí účinkem chemických srážidel vápno a pískového filtru k dočištění vody mechanickou filtrací . K filtraci používá se jen rychlých filtrů různé soustavy, které jsou změkčovacímu aparátu přistaveny/obr.55/, nebo s reakční nádrží změkčovacího aparátu v jednom kuse konstruovány. Obr. 56.

Obr.55.



Speciální průmysl technologický poskytuje více aparátů k změkčování vody, které jsou většinou chráněny patentem. Nejvíce používá se aparátů systému Halvor-Breda a systému Dervaux.

Aparáty Halvor - Breda znázorněny jsou schematicky v obr.55.a 56. a pozůstávají z těchto hlavních součástek:

a/ nádoby k přípravě nasyceného roztoku vápna ve vodě ;

b/ aparátu k přidávání vápenné vody a ohřívání syrové vody ;

c/ reakční nádoby ;

d/ rychlého filtru k učištění změkčené vody.

Voda syrová přitéká potrubím P -obr.56.- do nádoby a, ve které se udržuje plovákovým ventilem v konstantní výšce.

Z této nádoby vytéká potrubím B a dělí se ve dva proudy, jeden jde kohoutem b do ohřívače d, druhý kohoutkem c a trubkou f do nádoby na vápenné mléko. Toto dělení proudu děje se právě v tom poměru,

kolik vyžaduje syrová voda vápenného mléka ku srážení vápna, což nutno předchozím rozborem ustanoviti a dle toho postaví se oba kohoutky b, c, které jsou za tím účelem opatřeny ukazováky se stupnicemi . Voda, která přichází do ohřívače, ohřívá se parou od výfuku anebo čerstvou parou z parního kotle. Voda teče přes příčné plochy v nádobě shora dolu, kdežto pára proudí opačným směrem, kondensuje se a přebytečná pára vypustí se z nádoby, aby zde nenastalo napětí.

Nádoba na přípravu vápenného mléka je stojatá, cylindrická s kůželovitým dnem, do kterého se uloží hašené vápno. Přitékající voda vede se trubkou f ke dnu, kde se sytí vápnem /vápno rozpouští se ve vodě v poměru 1 : 778, více vápna voda nepřijímá /, vystupuje nahoru a přitéká s povrchu trubkou k do nádoby h na míchání vody se sodou a vápenným mlékem. Do nádoby na vápenné mléko přitéká jak již řečeno právě tolik vody, kolik je třeba vápenného mléka ku odstranění tvrdosti karbonatové .

Nádoba na přípravu roztoku sody e naplní se denně určitým množstvím sody, které závisí na množství denní spotřeby vody, která se má učistiti, a na stupni trvalé tvrdosti vody, stanovené rozborem. Roztok sody vytéká trubkou l nejdříve do nádoby dossirovací g a odtud pouští se malým kohoutkem n , do nádoby ku míchání h .

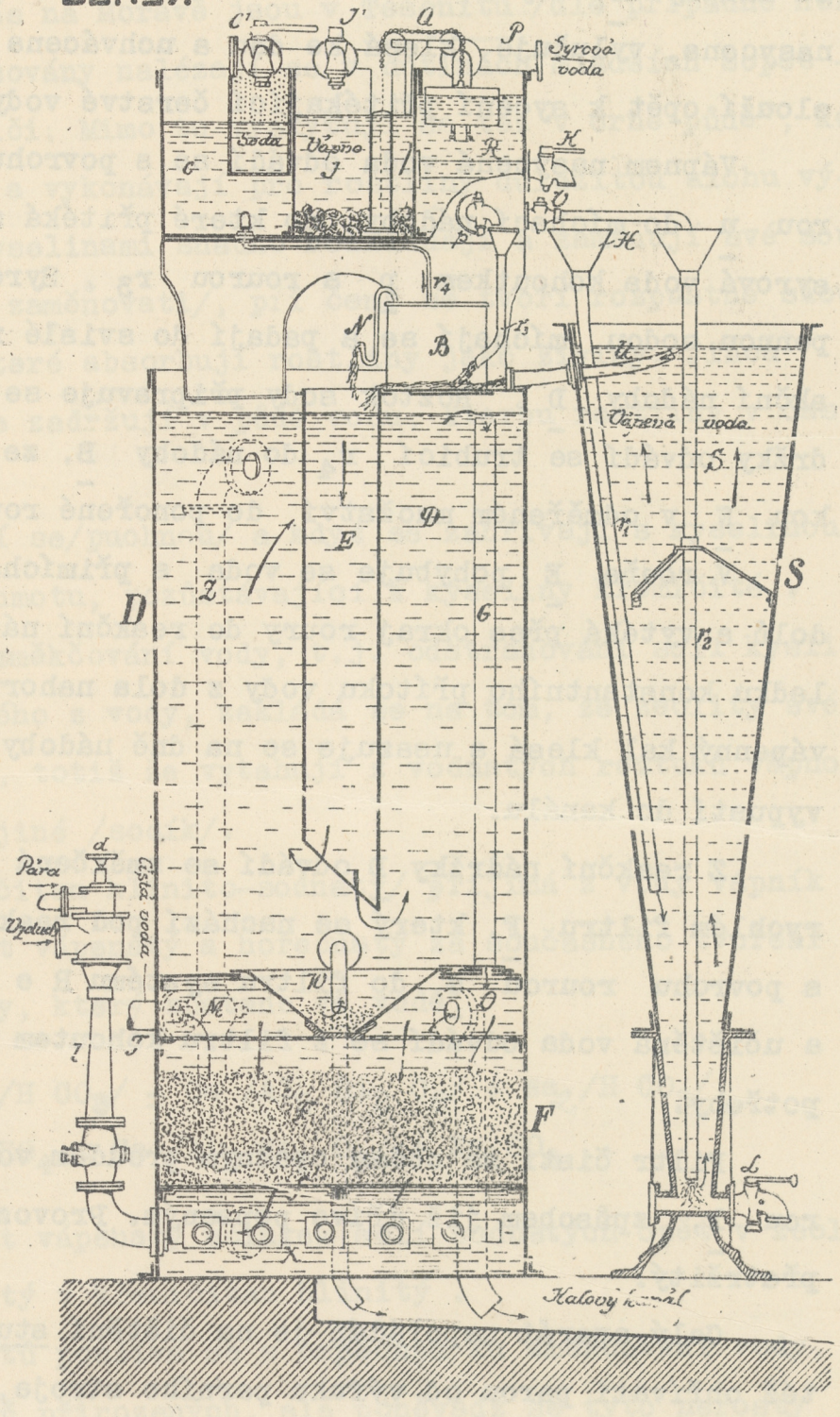
V nádobě míchací h scházejí všechny tři kapaliny : syrová přehřátá voda přitéká trubkou o , vápenná voda trubkou k, a roztok sody trubkou n ; zde se tyto kapaliny promíchají a při nastalém chemickém procesu sráží se vápno, které padá jako vločky ke dnu. Voda klesá z nádoby míchací do trychtýřovité reakční nádoby i , pohybuje se v důsledku stálého přítoku okolo dolní hrany nahoru a sice pozvolna, aby se voda zadržela v reakční nádobě asi 1 hodinu. Při tom vylučuje se z vody vápenný kal, který se usazuje na dně nádoby a denně jednou vypustí se ventilem R ven do odpadového žlabu pod aparátem. Nahoře prochází voda štěrkovitým filtrem na dírkovaném plechu, kde se ještě neusazený kal zadrží.

Voda odtéká s povrchu rourou s do rychlofiltru, postaveného vedle aparátu, kde se voda dokonale očistí.

Aparát, znázorněný v obr. 56, je podobně konstruován.

Aparáty změkčovací bývají zařízeny na stálý provoz a jejich velikost závisí na vyžadovaném výkonu, dotyčně denní potřebě očištěné vody.

Obr. 57.



Změkčovací aparát Dervaux, znázorněn je schematicky v obr. 57. a pozůstává z míchací nádoby na přípravu vápenné vody S, reakční nádoby D, rychlého filtru F pod reakční nádobou a aparátu na přípravy vápenného mléka a roztoku sody. Vše je konstruováno ze silného železného plechu.

V nádobě J připravuje se z hašeného vápna mléko, které se vypouští kohoutkem K a rourou r_1 s trychtýřem H ke dnu nádoby S, která má tvar komolého kužele, postaveného s hrotem dolů.

Do této nádoby přitéká současně a nepřetržitě syrová voda z nádržky R, ze které se vypouští kohoutkem V a rourou r_2. V nádobě S míchá se voda s vápenným mlékem, sytí se vápnem, pohybuje se v důsledku konstantního přítoku nahoru, při čemž průtočné rychlosti následkem většího průřezu nádoby S ubývá, takže se ve vodě rozptýlené vápno, jakmile je voda nasycena, vylučuje, klesá ke dnu a uchvácena jsouc novým proudem vodním, slouží opět k sycení přitékající čerstvé vody.

Vápnem nasycená voda odvádí se s povrchu /hladiny/ nádoby S rourou u do míchací nádoby, do které přitéká z nádržky R nepřetržitě syrová voda kohoutkem p a rourou r_3. Syrová voda s přimíchanou vápennou sodou míchají se a padají do svislé roury E, ponořené do reakční nádoby D. Roztok sody připravuje se v nádržce C; z této nádržky odvádí se trubicí r_4 do nádoby B, ze které vytéká občas násoskou N v odměřeném množství do ponořené roury E.

V rouře E pohybuje se voda s přimíchanými přísadami vápna a sody dolů a vytéká přes okraj roury do reakční nádoby D, pohybuje se v důsledku konstantního přítoku vody z dola nahoru, při čemž z vody vyloučený vápenný kal klesá a usazuje se na dně nádoby, odkudž se občas trubkou W vypustí do kanálu.

Z reakční nádržky D odvádí se změkčená voda k dočištění v pískovém rychlém filtru F, který se nachází pod reakční nádrží. Voda odtéká s povrchu rourou G do filtru systému R e i s e r t o v a, cedí se jím a učištěná voda odvádí se z filtru kohoutem M a rourou T na místo potřeby.

Filtr čistí se občas opačným proudem vodním, který se přivádí rourou l, způsobem již dříve popsaným. Provoz změkčovacího aparatu je nepřetržitý.

Celý aparát uspořádán je na čištění studené vody, ale voda může se též ohřívati parou od výfuku parního stroje, nebo parou, odebíranou přímo z parního kotle.

2./ Změkčování vody permutitem.

Permutity, čili zeolity, též puchavce, jsou nerosty, které se podobají živcům a po svém chemickém složení představují vodnaté křemičitany hlinité s alkalickými zásadami vápníku, drasla a sodíku. V přírodě vyskytují se jako chabarit, u nás na Moravě jsou v Těšenitu /dle případné horniny u Těšína ; vykrystalisovány nalézají se v dutinách mladších sopečných hornin, zejména v čediči. Mimo to vyskytují se též v orné půdě , kde vznikají zvětráváním živců a vykonávají pro rostliny důležitou úlohu výživnou. Zeolity se totiž kyselinami snadno rozkládají a zaměňují své součástky jinými /permutare = zaměňovati/, při čemž se tvoří rozpustné sloučeniny drasla a sodíku, které absorbují rostliny jako živiny. Jinou vlastností zeolitů jest, že zadržují v půdě vodu, kterou rostliny v čas sucha potřebují .

Když se pálí, nadýmají se/puchnou/ a když se zahřívají s kyselinou solnou, tvoří rosolovitou hmotu, pozůstávající z kyseliny křemičité .

Používání zeolitů ku změkčování vody, t.j. odstraňování solí kyslič-níku vápenatého a hořečnatého z vody, zakládá se na tom, že zeolity své součástky zaměňují za jiné, totiž že vytahují z vodnatých roztoků vápno a hořčík a zaměňují je za jiné /sodík/.

Zeolit sodnatý /křemičitan hlinito-sodnatý/ přijímá z vody vápník a hořčík a mění se v zeolit vápenatý a hořečnatý za současného tvoření indiferentního roztoku sody, který zůstane ve vodě.

$$Na_2/Al_2\ Si_2\ O_8/ + Ca\ /H\ CO_3/ = Ca\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Na_2/H\ CO_3/$$

$$Na_2/Al_2\ Si_2\ O_8/ + Ca\ SO_4 = Ca\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Na_2 SO_4 .$$

Podobně mění se zeolit vápenatý účinkem solí sodnatých opět v zeolit sodnatý, křemičitan železitý v křemičitan hlinitý .

Této vlastnosti zeolitů používá se s úspěchem ku změkčování vody, k němuž možno užíti zeolitů přirozených, ale poněvadž se tyto nerosty

vyskytují v přírodě zřídka a nikde ve větším množství, mohlo se zeolitů použíti k změkčování vody ve velkém teprve tehdy, když se podařilo vyráběti zeolit umělý, čili permutit. Tato výroba chráněna je dosud patentem prof. G a u s s-e , Berlín .

Umělý zeolit čili permutit připravuje se synteticky tavením směsi křemičitanu hlinitého /hlíny/, křemíku a sody v takovém množství, aby ve výrobku nezůstala volná žíravina, nýbrž aby byla vázána na kyselinu křemičitou. Výroba děje se po továrensku tavením 3 dílů kaolínu, 6 dílů křemene a 12 dílů sody /Na_2CO_3/, načež se výrobek za účelem hydratisování a odstranění rozpustných křemičitanů vypere horkou vodou .

Permutit je po svém chemickém složení křemičitan hlinito-sodnatý $Na_2\ Al_2\ Si_2\ O_8$, představující krystalinicko-šupinatou hmotu lesklé perleťové barvy ; vyznačuje se, jak již shora podotknuto, vlastností vytáhnouti z vodnatého roztoku vápník a hořčík a zaměniti je za sodík.

Změkčování vody permutitem provádí se tím způsobem, že se syrová voda procedí permutitem, při čemž nastává výměna látek /permutace/ v tom smyslu, že ve vodě rozpuštěné soli vápníku a hořčíku, které činí vodu tvrdou, zaměňují v permutitu ekvivalentní množství sodíku. Permutit sodnatý přemění se při tom v permutit vápenatý a sodík tvoří se zbytkem vápníku soli, které přecházejí do vody jako indiferentní a neškodné látky, které se vařením nesráží a s mýdlem netvoří žádné sloučeniny, tudíž neškodí .

Chemicky lze změkčování vody permutitem znázorniti těmito rovnicemi:

$$Na_2\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Ca\ /H\ CO_3/_2 = Ca\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Na_2 /H\ CO_3/$$
$$Na_2\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Ca\ SO_4 = Ca\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Na_2\ SO_4$$
$$Na_2\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Mg\ SO_4 = Mg\ /Al_2\ Si_2\ O_8/ + Na_2 SO_4 .$$

Procezená voda ztrácí přechodnou i trvalou tvrdost a změkne skoro až na nulu. Místo solí vápenatých a hořečnatých [illegible] do vody uhličitan sodnatý, který působí jako soda a dále síran [illegible] sodnatý, který

~~jsou~~ jest úplně indiferentní a neškodný .

Nějakého odměřování /dosírování/ dávky permutitu jako u změkčování vody chemickými srážidly dle stupně tvrdosti zde není třeba. Celý provoz jde automaticky v nepřetržitém chodu . Po nějakém čase se permutit vyčerpá , t.j. promění se záměnou sodíku v permutit vápenatý, který vodu dále již nezměkčuje, o čemž se přesvědčíme pokusy pomocí roztoku mýdlového. Vyčerpaný permutit musí se pak regenerovati, což se provádí tím způsobem, že se na permutit nechá působiti koncentrovaný roztok nějaké soli sodíku, nejlépe kuchyňské soli, a sice z důvodů hospodářských denaturované kuchyňské soli, která se přidá v roztoku do permutitového filtru.

Při regeneraci nastává opačná výměna látek, vápno a hořčík zamění se ekvivalentním množstvím sodíku ; permutit vápenatý promění se na permutit sodnatý a při tom vzniklý chlorid vápenatý a hořečnatý vypere se z filtru opačným proudem vodním zároveň s přebytečnou kuchyňskou solí .

Regeneraci permutitu můžeme znázorniti chemickou rovnicí :

$$Ca\ /Al_2\ Si_2\ O_8\ /\ +\ 2\ Na\ Cl\ =\ Na_2\ /Al_2\ Si_2\ O_8/\ +\ Ca\ Cl_2\ .$$

Po regeneraci použije se permutitu k dalšímu změkčování vody, což možno vícekráte opakovati, ale po každé regeneraci musí se přidati něco čerstvého permutitu, poněvadž se ho při vypírání ztrácí .

Konstruktivní uspořádání změkčovacího aparátu permutitem , chráněno je patentem. Aparát pozůstává ze železného reakčního válce 1 - 2 m ø a 3 m výšky. Shora je válec otevřen, dole uzavřen dnem. V dolní části leží na dírkovaném dně permutitový filtr asi 1 m výšky, podložený pískovou filtrační vrstvou asi 40 cm tloušťky .

Syrová voda přivádí se od čerpadla nebo vodovodu potrubím do nádoby a udržuje se zde plovákovým ventilem v určité výšce, aby byl ve filtru potřebný tlak. Přebytečná voda a voda při vypírání, odtéká přelivem.

Voda cedí se permutitem, ztrácí svoji tvrdost a dočistí se v pískovém rychlofiltru.

Roztok kuchyňské soli, ohřátý parou, potřebný k regeneraci filtru, připraví se v nádobě postavené nad reakčním válcem a vypouští se při regeneraci potrubím do filtru. Zde prosakuje permutitem a provede výměnu látek, jak shora popsáno. Přebytečná sůl vypere se zároveň s chemickými produkty regenerace do odpadové stoky. Vypírání filtru děje se opačným proudem vodním, který se přivádí do aparátu pod tlakem ; voda vystupuje dnem do válce, prostupuje filtrační vrstvou permutitu nahoru a odvádí se potrubím do stoky.

Dle potřeby postaví se více takových aparátů ; dodává je továrna „Permutit Gesellschaft" ve Vídni .

·_·_·_·_·

§ 22. O D Ž E L E Z O V Á N Í V O D Y .

1./ P o v a h a ž e l e z i t é v o d y .

Železo vyskytuje se velmi často ve vodách spodních, nalézajících se v hlubších podzemních vrstvách a pochází z naplavených nerostů, jež obsahují železo, obzvláště kýz /pyrit/, některé vápence ze silurového a křídového útvaru, syenit, hornblende a j., jež se účinkem vody za součinnosti kyslíku a kyseliny uhličité rozkládají. Pokud jsou tyto zvětralé produkty ve vodě rozpustny, voda je vyluhuje a stává se železitou. Železo vyskytuje se ve vodách všech útvarů, ale nejvíce v uloženinách alluviálních a diluviálních ,tedy v oněch útvarech, ve kterých jímáme nejčastěji spodní vodu pro účely vodárenské.

Železo přichází ve vodách spodních nejčastěji jako kysličník železnatý, vázaný s kyselinou uhličitou na dvojuhličitan železnatý $Fe/CHO_3/_2$, který je ve vodě, obsahující volnou kyselinu uhličitou, rozpustný. Dokud je ve vodě nadbytek kyseliny uhličité, zůstane při tom voda úplně bystrou a čirou ; přijde-li však voda na vzduch nebo se vaří na vzduchu, prchá kyselina uhličitá, roztok železnatých solí přijímá kyslík, okysličuje se a ve vodě tvoří se nerozpustný hydroxyd železitý / Ferrohydroxyd/. Voda začne nejprve opalisovat, ale později se zbarví na žluto i hnědavo. Po delším stání vyloučí se z vody hydroxyd železitý jako hnědý kal čili okr.

Vedle kyseliny uhličité vázáno je železo ve vodách spodních též na kyselinu sírovou neb humínovou, poslední obzvláště ve vodách spodních, které přicházejí z močálovité, neb rašelinovité půdy. Soli železa s kyselinou sírovou vyskytují se v půdě, která obsahuje vedle pyritu hnědé uhlí, lignit a alluviální trouchy. I tyto železnaté látky se působením kyseliny uhličité rozkládají a z jejich roztoků tvoří se okysličením opět hydrat železitý vedle kyseliny sírové a sirovodíku, jako stálého

průvodce spodních vod železnatých .

Nejčastěji bývá železo obsaženo jako kysličník železnatý, vázaný s kyselinou uhličitou na dvojuhličitan železnatý ; tento je ve vodě rozpustný, provzdušením se však okysličuje a tvoří ve vodě nerozpustný, kolodiální hydroxyd železitý, který se z vody usazuje jako hnědý kal. Tento chemický pochod lze znázorniti z hruba rovnicemi :

$$2\ Fe\ /CHO_3/_2 + H_2O + O = Fe_2\ /OH/_6 + 4\ CO_2$$

$$2\ Fe\ SO_4 + 5H_2O + O = Fe_2\ /OH/_6 + 2H_2\ SO_4\ .$$

Železo vázané na kyselinu sírovou a humínovou nelze z vody jednoduchým provzdušením a okysličením roztoku odstraniti ; takové vody možno zbaviti železa jen chemickými srážidly na př. ozonem, permanganatem, síranem hlinitým, ferrochlorem a j.

Obsah železa ve vodách spodních obnáší až 150 mg /Fe O/ v 1 lit.vody. Tento obsah kolísá a toto kolísání jeví se ve směru horizontálním, tedy s rozlohou, ale též ve směru vertikálním, totiž s hloubkou. V témže jímacím zařízení mohou vykazovati některé studny zcela nepatrný obsah železa a v jiných je voda silně železitá. Rovněž tak může býti obsah železa v různých horizontech spodní vody velmi různý. Častým zjevem při vodárenských zařízeních bývá, že obsah železa kolísá časově a že ho přibývá, obzvláště, když se čerpáním vody hladina spodní vody značně sníží, takže se horní vodovodné vrstvy půdy uvolněním nekapilárních průlin provzduší. Dokud není ve zvodněné vrstvě kyslíku, jest v půdě obsažen pouze kysličník železnatý, vázaný s kyselinou uhličitou na primerní nerozpustný uhličitan železnatý /ferrokarbonat/. Přijde-li však do půdy po snížení hladiny vodní vzduch /kyslík/ a kyselina uhličitá /ze vzduchu a též s chemických pochodů při oxydaci organických látek /, utvoří se rozpustný dvojuhličitan železnatý, který se vyluhuje do spodní vody, jestliže stav spodní vody stoupl, anebo se rozpuštěné železo vyluhuje prosáklou vodou povrchovou po vydatných deštích nebo po periodických poplavách .

Malé množství železa, totiž 0.2 - 0.5 mg FeO nebo 0.156 - 0.380 Fe v 1 lit. vody, není závadou . Při větším obsahu má však voda nepříjemnou metalickou příchuť /po inkoustu/, zapáchá po sirovodíku, který je sice hygienicky neškodný, ale nepříjemný je svým zápachem. Železitá voda, když stojí delší dobu na vzduchu, zbarví se do žluta a hněda.

Železité vody nehodí se pro svoji nepříjemnou příchuť k pití, ale nehodí se - což padá obzvláště na váhu - pro různé účely průmyslové , na př. k praní prádla, které dostává žlutavý vzhled a rezavé skvrny, nehodí se pro barvírny a bělidla, nehodí se k výrobě celulosy a papíru, nehodí se pro koželužny k výrobě světlo-barevných koží, poněvadž se železo spojuje s třísloviną a tvoří na kůžích černé skvrny, nehodí se k účelům pivovarnickým a konečně tvoří vody železité v parních kotlech tvrdý kotelní kámen, který lze na stěnách jen kladivem rozbíjeti a odstraniti.

Vadou železitých vod je též, že rostou v nich některé druhy řas : Chrenotrix, Chlamidotrix, Leptotrix, Gallionella, kterými vodovodní potrubí zarůstá a časem se úplně ucpe.

Z těchto důvodů musí se voda, která obsahuje ve větším množství železo, odželezovati, totiž zbaviti železa, a to do té míry, aby nebylo pitné a užitkové vodě závadou . Jako krajní hodnoty platí pro vodu pitnou 0.3 - 0.5 mg/lit. a pro vodu užitkovou 0.3 mg FeO nebo 0.223 Fe v 1 lit. vody ; na přípustnou míru železa ve vodě má však vliv též tvar /složení/, v jakém se železo ve vodě nalézá. Na žádný způsob nesmí se odželezovaná voda na vzduchu ani po delším stání zakaliti a nesmí se z ní usazovati železný kal i když se vaří. Tento požadavek je též směrodatný pro zařízení odželezovací soustavy.

2./ O d ž e l e z o v a c í s o u s t a v y .

Odželezování vody je celkem nového data a jeho domovem je Severo - německá nížina, kde jsou spodní vody vesměs železité a jedná se tam o to, učiniti je upotřebitelnými. První odželezovací stanice pocházejí od Ing. P i e f k e z roku 1890.

Odželezování vody je chemický a mechanický proces, který pozůstává v tom, že se voda sprchami a průkapy, nebo umělým proudem stlačeného a do vody vháněného vzduchu dokonale rozptýlí a promíchá se vzduchem, při čemž se ve vodě obsažené soli železnaté dle shora uvedené rovnice okysličují na hydroxyd železitý, který se z vody v následujících pískových filtrech mechanicky vyloučí . Dle toho pozůstává odželezovací stanice ze zařízení reakčního, ve kterém se voda okysličí a ze zařízení filtračního, ve kterém se z vody vyloučené železo zachytí a voda se mechanicky očistí .

Zařízení reakční pozůstává u systému O e s t e n z přístroje , opatřeného sprchami a u systému P i e f k e z přístroje, opatřeného průkapy čili skrápěči, kterými se voda pozvolna cedí a při tom se dokonale rozptýlí a promíchá se vzduchem , aby se v ní obsažené železo okysličilo . Oba systémy se však u dnešních odželezovacích stanic často kombinují ; všeobecně lze však říci, že se voda v průkapech dokonaleji rozptýlí a lépe provzduší, než-li sprchami.

Zařízení filtrační pozůstává z rychlofiltru z hrubozrnného písku, ve kterém se z vody vyloučený železitý kal zachycuje. U vod silně železitých používá se filtrů dvojitých, totiž hrubocezů ze štěrku a oblázků a filtrů z jemného písku. Aby se výkon filtrů zvětšil a jejich trvání prodloužilo, klade se mezi reakční zařízení a filtry usazovací nádrž , ve které se voda ustojí, aby se z ní větší část železitého okru usadila a zamezilo se tím způsobem tvoření pokožky a zašlemování filtrů železitým okrem.

Odželezovací zařízení jsou buď otevřená neb uzavřená. Otevřené soustavy mohou býti opatřeny průkapy nebo sprchami, jak shora uvedeno, nebo obojím. Uzavřené soustavy odželezovací konstruovány jsou na způsob rychlofiltrů, soustavy Halvor-Breda, Bollman, Reisert, Gartzweiler a j.

Obě soustavy odželezovacího zařízení, otevřené i uzavřené, pracují dobře, ale u vodárenských zařízení, které pracují ve velkém a slouží k ústřednímu zásobování vodou celých měst, dáváme z důvodů technických i ekonomických přednost soustavě otevřené, jelikož je provoz jednodušší, přehlednější a kontrolovatelnější a vykazuje též, pokud se týče výkonnosti, značnou pružnost. Po stránce hygienické jsou obě soustavy rovnocenné.

Při posuzování vhodnosti jedné neb druhé soustavy, není bez významu též okolnost, že se stavba provede při otevřené soustavě z betonu, kdežto aparáty otevřené soustavy jsou většinou ze železa, které trpí při odželezování silně korosí a sice působením ve vodě obsažené kyseliny uhličité a sírové, které se tvoří při odželezovacím pochodu. /Viz horní vzorce/.

Na váhu padá též i to, že se z koksu ve skrápěčích tvoří při pozvolné oxydaci síry, obsažené v každém koksu, rovněž kyselina sírová, která přispívá ke korosi železných stěn a jiných železných součástek reakční nádrže. Aparáty tím velmi trpí a poněvadž jsou pod tlakem, nejsou vyloučeny častější defekty.

Z těchto důvodů hodí se pro vodárenská zařízení lépe soustavy otevřené; soustavy uzavřené možno použíti jen tam, kde není po ruce dostatečné místo, na př. v továrnách, kde se musí umístiti celé zařízení na malém prostoru, ve dvoře a pod.

Voda procezená průkapy shromažďuje se na dně a padá do sběrné nádrže pod průkapy, kde se ustojí, aby se železitý okr, vyloučený z vody, usadil v usazovací nádrži a neucpával zbytečně následující pískové filtry. Usazovací nádrž má býti dosti veliká, aby se docílilo pokud možno klidné vody bez značnějšího proudění a dobře je, když se v usazovací nádrži ponoří přepážky, aby se voda nutila k pohybu z dola nahoru, poněvadž se při takovém pohybu vyloučí dokonaleji ve vodě rozptýlené součástky železitého kalu.

Z nádrže odtéká voda přepadem, nebo přes trychtýřovitou hranu odváděcí roury do pískového filtru.

5./ F i l t r y o d ž e l e z o v a c í s t a n i c e .

Filtry slouží v odželezovací stanici k očištění vody od železitého okru. Čištění vody ve filtrech je pochodem mechanickým, který pozůstává v tom že se železitý kal zachytí na stěnách filtračního materiálu; současně podporuje však vyloučený železitý kal svojí katalytickou činností odželezování vody, které ve filtrech vlastně ještě pokračuje.

Při filtraci odstraní se z vody eventuelní sírovodík, a kyslíku a kyseliny uhličité ve vodě ubude, což je pro odželezování vody a pro rozvádění čisté vody v uliční síti a domovních přípojkách z litinových nebo olověných trub od velkého významu.

Filtry, kterých se používá v odželezovací stanici jsou rychlofiltry, sypány ve více vrstvách hrubého písku a oblásku 4 - 12 mm velikosti, jichž zrna od shora dolů ubývá. Jako podložky filtru použije se vrstvy z hrubého štěrku a oblásku pod kterou jsou na dně filtru uloženy kanálky z prismatických neb tvarových cihel k odvádění procezené vody.

Tloušťka filtru obnáší 2 - 2.5 m. A. T h i e m konstruoval filtry v odželezovacích stanicích Meerane v Sasku, v Lipsku, v Brunšviku a jinde tímto způsobem:

Ve vrstvě :	I /horní/	II	III	IV	V podložce
zrno :	12 - 10	10 - 8	8 - 6	6 - 4	20 - 50mm
tloušťka :	0.5	0.5	0 5	0 5	0.4 - 0.5m

tloušťka a výška vody nad filtrem asi 1 m .

K čištění vod méně železitých používá se filtrů, složených na způsob filtrů biologických, tedy z jednotného zrnitého, křemenného písku 1 - 2 mm zrna, nasypaného ve vrstvě 0.5 - 0 6 m tloušťky, která spočívá na podloze štěrku 35 - 40 cm tloušťky, složené opět z několika vrstev oblásků, jichž zrna od shora dolu přibývá. V odželezovacích stanicích města Prahy a Hanoveru , složeny jsou filtry tímto způsobem :

F i l t r	P o d l o ž k a .				Na dně.
P í s e k	vrstva: I	II	III	IV	
zrno 1 - 2 mm	2 - 5	8-10	15-20	30-50 mm	Kanálky
tloušťka = 500 mm	60	80	100	120	120/120 mm

K čištění vod silně železitých používá se vedle filtrů jednoduchých též filtrů dvojitých, hrubých a jemných /Vorfilter, Nachfilter / Prvé slouží k předčištění vody, druhé k dočištění vody , která prošla hrubými filtry. K hrubým filtrům použije se oblásků a štěrku o velikosti 30-40 mm, sypaných ve vrstvě asi 50 cm na podloze hrubého štěrku, K jemným filtrům použije se křemenného písku velikosti zrna 1 - 4 mm,sypaného ve vrstvě asi 1 m tloušťky na podloze hrubého štěrku a oblásku sypaných ve vrstvách o celkové výšce 35 - 50 cm .

Na dně filtru založí se síť podélných a příčných kanálků k odvádění procezené vody, podobně konstruovaných jako u biologických filtrů Středem jde podélný kanál, který je prohlouben do zdiva dna a pokrytý cihlami nebo betonovými deskami, mezi kterými zůstanou asi 2 cm široké spáry, aby mohla voda vnikati do kanálu. Kolmo na podélný kanál jdou přes celou šířku

Provzdušení vody možno konečně dosíci též tím způsobem, že se použije asi 5 m vysokých prismatických neb cylindrických věží, rozdělených dírkovanými síty ve více pater, na které se uloží tenká vrstva koksu nebo štěrku. Voda padá z jednoho síta na druhé a rozptýlí se ; aby měl vzduch volný přístup, jsou stěny věže z drátové sítě v kostře z prutů a úhelníků .

Voda, přicházející do skrápěčů, musí se na povrchu stejnoměrně rozděliti a rozstříštiti a toho se dosáhne tím způsobem, že se voda z hlavního přiváděcího žlabu rozvede do rozdělovacích žlabů nad průkapy ; z těchto žlabů vytryskuje voda na dírkovanou podlahu /síta/ z rovného neb vlnitého plechu, z kterého padá ve způsobu deště na povrch skrápěče. Dobře je, když zůstane mezi rozdělovacím zařízením a povrchem průkapů volná výška asi 100 - 150 cm, aby se voda ve způsobu deště lépe po povrchu roztříštila a promíchala se vzduchem.

Odželezovací proces,který se odehrává v průkapech, lze vyznačiti rovnicemi

$$2\ Fe\ /CHO_3/_2 + H_2O + O = Fe\ /OH/_6 + 4CO_2$$

$$2\ Fe\ SO_4 + 5H_2O + O = Fe\ /OH/_6 + 2H_2\ SO_4$$

Avšak tyto rovnice nevyčerpávají celý chemický pochod při odželezování. Mnoho závisí na tom, v jakém složení je železo ve vodě obsaženo a velkou roli hraje při tom katalytická a absorbční činnost hydroxydu železitého, který se vylučuje z vody a během odželezování usadí se na stěnách průkapového materiálu . Hydroxyd železitý má totiž vlastnost že odstoupí kyslík na okysličovatelné látky a podporuje proto okysličování látek. Pouhým provzdušením vody bez katalytické součinnosti hydroxydu železitého bylo by odželezování vody nedokonalé. Katalytickou součinností kontaktního materiálu, na němž se usadil železitý okr, se tedy vylučování železa z vody podporuje a průkapy působí dokonale teprve tehdy, když se na kontaktním materiále průkapů usadilo určité množství železitého okru , čili když se průkap „zapracuje" .

Výkonnost průkapů obnáší za hodinu 2 - 5 m^3 na 1 m^2 průkapů a dle toho ustanoví se z celkového množství vody, jež se má odželezovati, velikost, totiž plošný obsah průkapů, jež se rozloží ve více komor o ploše jedné komory 30 - 50 m^2.

Reservních průkapových komor není sice nezbytně třeba, poněvadž je možno při periodickém vyřazení jednotlivých komor a čištění průkapového materiálu, ostatní komory po tu dobu více zatížiti. Nicméně je lépe, rozděliti průkapy na menší komory a přidati k nim jednu komoru jako reservu, které se použije při periodickém čištění neb výměně průkapového materiálu. Tento materiál se totiž usazeným železným kalem po delší době ucpe na úkor výkonnosti průkapů a musí se proto občas od tohoto kalu očistiti.

Provoz skrápěčů děje se tímto způsobem. Syrová voda tlačí se čerpadly a výtlačným potrubím nad skrápěče, kde se rozdělovacím zařízením rozptýlí, aby padala na povrch skrápěčů jako déšť. Voda cedí se průkapy, padá do usazovací nádrže a odtéká odtud do filtrů.

Občas musí se průkapy od kalu usazeného na stěnách průkapového materiálu očistiti, což se děje intensivním proplachováním proudem vody od shora dolů, až vytéká ze skrápěčů čistá voda. Délka intervalů tohoto čištění závisí od jakosti vody a od obsahu železa.

Kalná voda odvádí se do usazovacích rybníčků /nádrží/, ve kterých se usadí ve vodě obsažený kal a ustálá voda odtéká přepadem do odpadového kanálu. Po delší době musí se však veškeren materiál skrápěčů vybrati a od usazeného kalu dobře očistiti /postřikováním silným proudem vodním/, načež se do skrápěčů na novo složí. Na tuto okolnost třeba pamatovati při stavbě skrápěčů, aby obvodní zdi jednotlivých komor byly opatřeny vstupními otvory, které se uzavrou záklopkami z pozinkovaného železa, které se natře horkým asfaltem nebo inertolem.

3./ O d ž e l e z o v a c í s o u s t a v a O e s t e n .

U těchto přístrojů provádí se provzdušení vody velkým počtem sprch, ze kterých padá voda z výšky 2 - 3 m, jako jemný déšť, takže se dobře rozptýlí a promíchá se vzduchem. Oxydačním pochodem vyloučí se z vody železitý kal, který se usadí v nádrži, postavené pod sprchami, Prostor, ve kterém jsou sprchy umístěny, musí býti dobře ventilován, aby rozptýlená a rozprášená voda přibrala tolik vzduchu, kolik je ho okysličením železa třeba. Kolik vzduchu se ku provzdušení vody potřebuje, závisí na množství a tvaru ve vodě obsaženého železa; průměrně obnáší toto množství asi 2% objemu vody.

Usazovací nádrž pod sprchami, opatřená je svislými, do vody ponořenými stěnami, aby voda byla nucena pohybovati se v nádrži z dola nahoru, poněvadž se z vody lépe vyloučí při tomto pohybu železitý kal. Z usazovací nádrže odvede se voda do pískových filtrů, kde se dokonale očistí od sraženého železa a čistá voda odvede se do nádrže na čistou vodu. Podrobné uspořádání filtrů je totéž jako u následující soustavy.

4./ O d ž e l e z o v a c í s o u s t a v a P i e f k e .

U těchto přístrojů pozůstává odželezovací zařízení z průkapů čili skrápěčů, ve kterých se voda rozptýlí a provzduší ; v následujícím filtru se pak voda od sraženého železa očistí. Nejdůležitější součástkou odželezovacího zařízení jsou průkapy čili skrápěče, které pozůstávají z otevřených komor, vyplněných hrubým štěrkem s drsným povrchem, porcelánovou struskou, štěrkem z ostře vypálených cihel, tvrdého, hrubého koksu z hutí, nebo se voda cedí přes dřevěné lísky/Horden/. Štěrk nebo koks naskládá se do nádrží na dírkované dno nebo rošt ze železa nebo vyztuženého betonu. Cihly složí se na stojato v řadách na kříž, takže mezi cihlami zůstanou mezery o šířce v horních vrstvách 50 mm, dole 20 - 30 mm, aby mohla voda

naskládanými cihlami protékati. U průkapů složených z lísek, jichž se použilo s dobrým výsledkem v odželezovací stanici města Berlína, složí se deštice 15 mm tloušťky, 120 mm šířky a 1 m délky na stojato v řadách, které se navzájem křižují ; mezi deštičemi zůstanou mezery 15 mm šířky.

Nejvíce používá se dnes k průkapům tvrdého koksu, 100 - 150 mm zrna /jako pěst/ z hutí, který se naskládá pečlivě do průkapů /ne sype/ a sice ve výšce 2 - 4 m, průměrně 3 m. Tento materiál je poměrně lehčí než kámen a má velmi drsný povrch, což je pro odželezovací proces velmi výhodnou vlastností. Průkapový materiál uloží se na dírkované dno ze železobetonu, nebo železný rošt, nebo se uloží na plné dno, na kterém se utvoří z cihel síť propustných kanálků, podobně jako na dně pískových filtrů .

K průkapům hodí se též dobře vypálené cihly, ale jejich vadou je poměrně velká váha. S dobrým výsledkem používá se k průkapům shora zmíněných dřevěných lísek, ale namítá se proti nim, že jsou z organické hmoty , která může býti příčinou vegetace řas, jež přijdou s čistou vodou do železného zásobovacího potrubí .

Stavba obvodních zdí průkapových komor provede se nejlépe z pěchovaného neb vyztuženého betonu s průduchy, které jdou ve spádu dolů . Dřeva a železa budiž použito při průkapech co nejméně.

Přesně vzato, nemusely by míti průkapy vůbec žádné obvodní zdi, obzvláště průkapy které jsou složeny z lísek ; u průkapů ze štěrku a koksu, musí se však v tom případě zříditi pevná železná kostra s malým sklonem nahoru, aby se materiál držel pohromadě.

K výplni průkapů používalo se dříve dle B o c k a též dřevěných hoblin /bukových/, inpregnovaných různými kysličníky těžkých kovů . ale toto zařízení se neosvědčilo, poněvadž organická hmota hoblin jest na újmu jakosti vody a hobliny se při periodickém vypírání průkapů brzy rozpadnou .

filtru souběžné kanálky, složené z cihel na sucho, založené ve spádu asi 1%.

Čistá voda odtéká do regulační a měrné komory, zařízení podobně jako u biologických filtrů. Z měrné komory odtéká voda do nádrže na čistou vodu.

Výkonnost filtrů, totiž filtrační rychlost, jest asi 10 krát větší než u pozvolných biologických filtrů, a obnáší na 1 m^2 filtru 0.8 - 1.2 m^3 na hodinu , čili 20 - 30 m^3 na den . To závisí na obsahu a tvaru ve vodě obsaženého železa. Dle toho vypočte se velikost filtru, která se rozdělí ve více jednotek o ploše 100 - 200 m^2 .

Výkonnost hrubocezů je stejná jako výkonnost skrápěčů a obnáší na 1 m^2 3 - 5 m^3 na hodinu, čili 40 - 100 m^3 na den.

Jako u všech rychlofiltrů nepočítá se u filtrů v odželezovacích stanicích na součinnost filtrační pokožky. Tato se sice z usazeného železitého okru na povrchu filtru vytvoří, ale musí se občas s povrchu odstraniti, poněvadž je na úkor výkonnosti filtru. Stoupne-li proto následkem vytvořené pokožky výška hladiny vodní /sloupec vodní/ výše než 1 m nad povrchem filtru musí se činnost filtru zaraziti, voda z filtrů vypustiti až její hladina klesne k povrchu filtračního materiálu, načež se usazený kal s povrchu seškrábne a odveze, při čemž se seškrábne ovšem i něco /1 - 3 cm/ filtračního písku.

V delších intervalech /asi 1 za týden/, musí se čistiti celá filtrační vrstva písková a to se děje vypíráním filtru vodou. K tomu účelu otevře se výpustný ventil na dně filtru, tak že přijde k platnosti celý sloupec tlaku vodního nad filtrem, voda proudí rychle filtračním materiálem se shora dolu a vypláchne kal, usazený v meziprostorách filtru.

Filtry možno proplachovati též opačným proudem vodním a sice čistou vodou z výtlačného potrubí na čistou vodu. K tomu účelu vypustí se nejprve z filtru voda, až její hladina klesna do povrchu filtru, načež se pustí z výtlačného potrubí na dno filtru tlaková voda, která vystupuje z dola nahoru a vyplaví při tom usazený kal, podobně jako u rychlofiltrů .

Kalná voda přepadá při proplachování z filtrů do potrubí, kterým se odvádí do kalové nádrže před odželezovací stanice. Vypírání a proplachování filtru trvá tak dlouho, až vytéká z něho čistá voda, načež se pokračuje v pravidelné filtraci.

Občasné čištění a vypírání filtrů a skrápěčů vyžaduje asi 2% celkového množství vody, které se čerpá a v odželezovací stanici očistí. V delších intervalech musí se veškeren filtrační písek z filtru vybrati, vyprati, tříditi a na novo uložiti. Dotyčná zařízení jsou stejná jako u pozvolných /biologických / filtrů .

Příklad stavebního uspořádání odželezovací stanice znázorněn je v tab. 44.

6./ Uzavřené aparáty odželezovací.

Uzavřené aparáty odželezovací pozůstávají z reakčního válce /skrápěče/, který je vyplněn kontaktním materiálem, nejlépe minerálním štěrkem neb koksem. Voda čerpá se do reakčního válce, cedí se pozvolna kontaktním materiálem a současně tlačí se za účelem provzdušení vody do aparátu kompresorem vzduch, který se promíchá s vodou a okysličuje v ní obsažené železo. Z vody vyloučený kal /okr/, zadrží se adsorbcí na stěnách v meziprostorách kontaktního materiálu a podporuje svojí katalytickou činností oxydační činnost železa. Přebytečný vzduch, volná kyselina uhličitá a sírovodík, vypouštějí se vyvzdušovacím ventilem ve vrcholu reakčního válce. Množství spotřebovaného vzduchu musí se vyšetřiti pokusy.

Z reakčního válce tlačí se voda čerpadlem do uzavřených rychlofiltrů soustavy Halvor-Breda, obr. 48, 49 a 50, soustavy Reisert, obr.47, nebo soustavy Bollman, obr. 54. /Viz str. 319-322 a str.326. / Rychlofiltry postaví se vedle reakčních válců, ale konstruují se též aparáty, u kterých jsou reakční věž a pískový filtr kombinovány v jednom válci nad sebou . Filtrovaná čistá voda odvádí se do sběrné nádrže na

čistou vodu, ze které se čerpá dále do zásobovacího vodojmu. Odželezovací aparáty tohoto druhu mohou býti též vřaděny do výtlačného potrubí, kterým se voda čerpá ze studní a tlačí do zásobovacího vodojmu. Netřeba tedy čerpati vodu 2krát, nýbrž jednou do reakčního válce a po druhé do filtru. Následkem toho je odželezovací aparát pod tlakem, který je ve výtlačném řádu a musí býti dle toho konstruován.

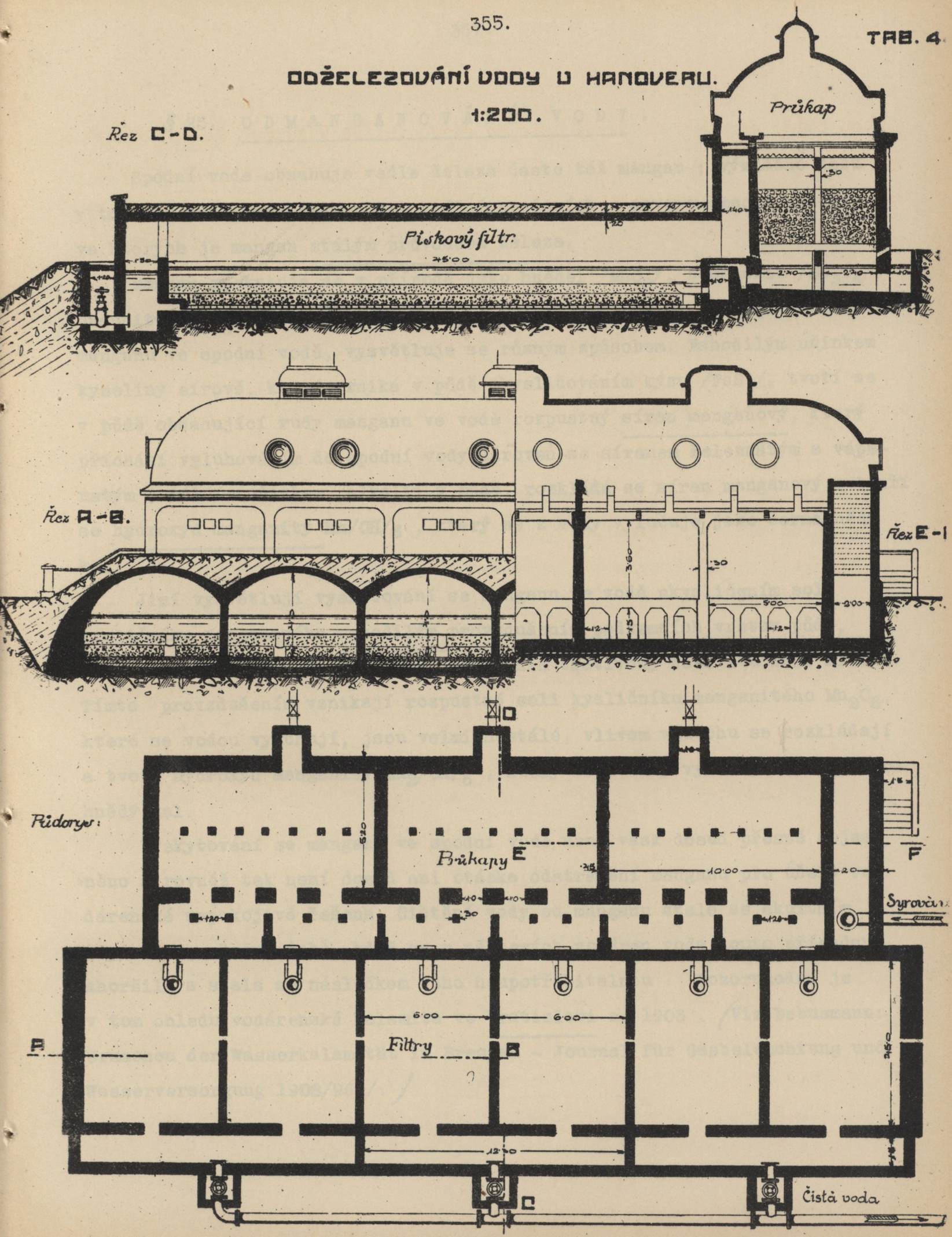
Voda prochází tedy aparátem pod tlakem a nepřijde s ničím do styku, což je určitá výhoda hygienická, jelikož přichází do styku jen s konstantním materiálem a nemůže se proto infikovati v konstantním materiálu, který se může k vůli hygienické bezpečnosti přehřátou parou desinfikovati a sterilisovati . Ale tato kombinace má též své nevýhody .

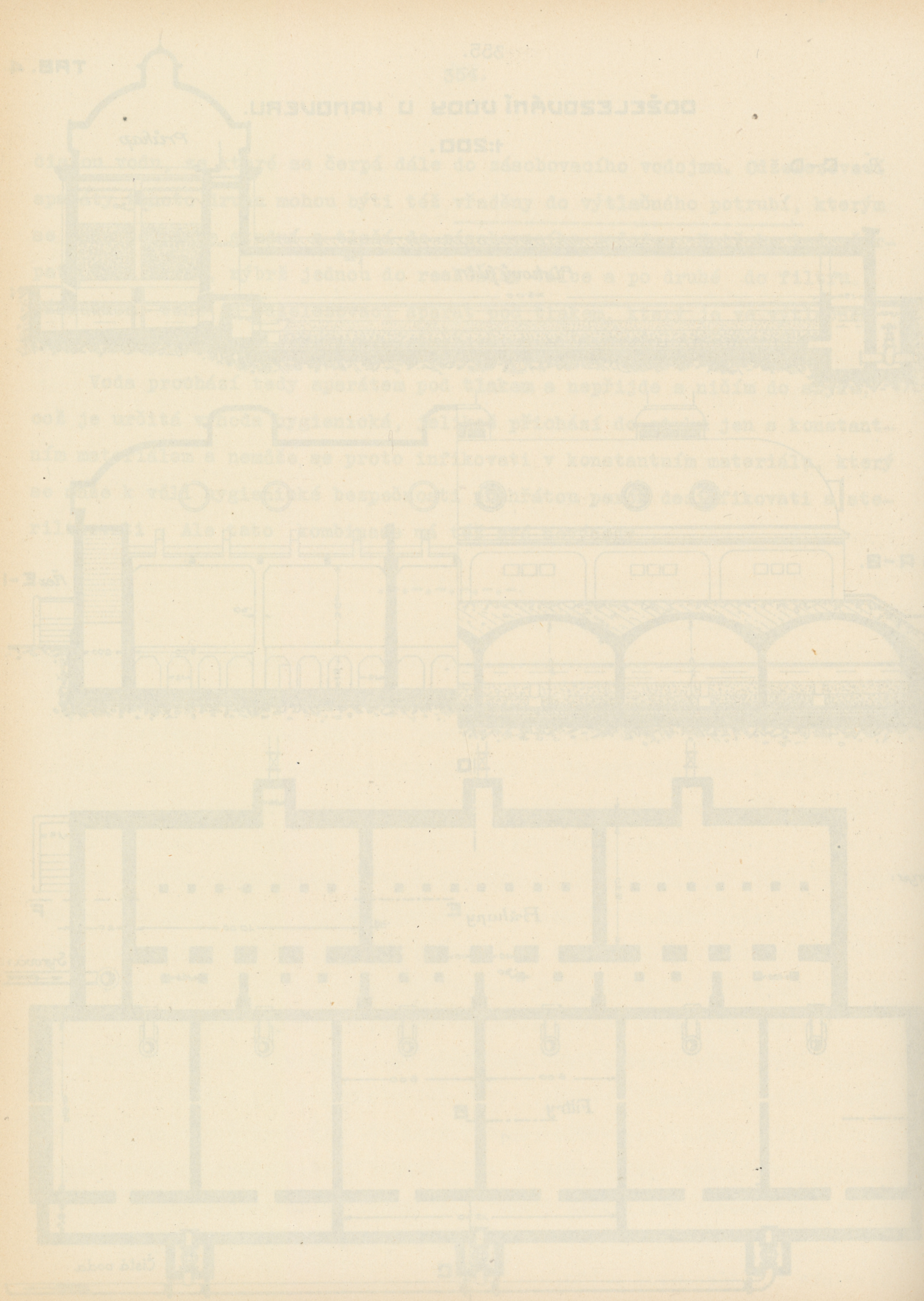
.-.-.-.-.-.-.

TAB. 4

ODŽELEZOVÁNÍ VODY U HANOVERU.

1:200.





§ 23. ODMANGANOVÁNÍ VODY.

Spodní voda obsahuje vedle železa často též mangan ; význačné jsou v tom ohledu spodní vody v diluviálních píscích v severoněmecké nížině, ve kterých je mangan stálým průvodcem železa.

Mangan vyskytuje se v přírodě jako hnědel /MnO_2/, hausmanit /Mn_3O_4/, braunit /Mn_2O_3/, manganit /$Mn_2O_3\ H_2O$/ a dialogit /$Mn\ CO_3$/. Vyskytování se manganu ve spodní vodě, vysvětluje se různým způsobem. Nahodilým účinkem kyseliny sírové, která vzniká v půdě okysličováním kýzu /FeS /, tvoří se v půdě obsahující rudy manganu ve vodě rozpustný síran manganový, který přichází vyluhováním do spodní vody zároveň se síranem železnatým a vápenatým ; dalším účinkem alkalií v půdě, rozkládá se síran manganový a tvoří se hydroxyd manganitý $Mn/OH/_6$, který se z vody vylučuje jako černohnědý kal.

Jiní vysvětlují vyskytování se manganu ve vodě okysličením solí kysličníku manganového nahodilým provzdušením podzemních vrstev půdy, na př. když hladina spodní vody odvodněním trativody nebo studnami klesne, Tímto provzdušením vznikají rozpustné soli kysličníku manganitého Mn_2O_6, které se vodou vyluhují, jsou velmi nestálé, vlivem vzduchu se rozkládají a tvoří hydroxyd manganitý $Mn_2/OH/_6$, který se z vody vylučuje jako černohnědý kal.

Vyskytování se manganu ve spodní vodě není však dosud přesně objasněno a rovněž tak není dosud ani otázka odstranění manganu pro účely vodárenské uspokojivě řešena. Čištění vody od manganu stalo se akultním teprve v poslední době, když se u některých vodáren voda touto přísadou zhoršila a stala se následkem toho neupotřebitelnou . Pozoruhodná je v tom ohledu vodárenská kalamita ve Vratislavi r. 1903 . /Viz Debusmann: Ursachen der Wasserkalamität in Breslau - Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1908/969./

Mangan i když se nachází ve vodě jen v malé míře, 0.1 mg/lit., jest velmi nepříjemným příměsem pitné a užitkové vody, který může používání vody i k průmyslovým účelům na př. pro prádelny, bělidla, barvírny, papírny a j. úplně znemožniti, poněvadž se z takové vody vylučuje černohnědý kal, který vodu zbarvuje, dává ji odpornou příchuť a pozvolným usazováním ucpává vodovodní potrubí. Ve vodě, obsahující mangan, roste podobně jako v železné vodě řasa Crenotrix, kterou zarůstá potrubí.

Co se týče čištění vody od manganu pro účely vodárenské, není dosud uspokojivé a obecně účinné metody.

Proskaner poukázal, že lze vodu očistiti od manganu, když je vázán na kyselinu uhličitou, provzdušením ve sprchách nebo průkapech, tedy okysličením vody a následujícím dočištěním vody v jemných pískových filtrech, podobně jako při odželezování vody .

Příměsy manganu na kyselinu sírovou vázaného neb na kyselinu humínovou lze z vody odstraniti jen chemickými okysličovadly -permanganatem - dle rovnice

$$2\ K\ MnO_4 + 3\ Mn\ SO_4 + 2\ H_2O = K_2\ SO_4 + 2\ H_2SO_4 + 5\ MnO_2\ ,$$

což se však pro vodárenský provoz nehodí.

V poslední době učiněny jsou s dobrým výsledkem pokusy s permutitem /umělým zeolitem/ manganovým, který se obdrží vypíráním permutitu sodnatého nebo vápenatého /$Na_2\ Al_2\ Si_2\ O_8$/ solemi manganu

$$P - Na_2 + Mn\ Cl_2 = P - Mn + 2\ Na\ Cl.$$

Vypírání této hmoty roztokem permanganatu draselnatého vytvoří se v permutitu manganovém vyšší kysličníky manganu. Jestli-že se přes tento permutit filtruje voda, uvolní se z řečených vyšších kysličníků část kyslíku, kterým se okysličí ve vodě obsažené soli kysličníku manganového a tvoří nerozpustný hydroxyd manganitý, který se v následujícím pískovém filtru z vody vyloučí. Po vyčerpání kyslíku musí se permutit regenerovati a sice opět pomocí permanganátu draselnatého K MnO_4, při čemž se tvoří

vyšší kysličníky manganu, schopné k dalšímu vylučování manganu z vody.

Výroba permutitu a celý pochod odmanganování permutitovým filtrem, chráněn je dosud patentem /Gauss.D.R.P 211.118/.

K odmanganování vody použito bylo dále filtrace přes hnědel /MnO/ přirozený neb umělý, ale s neuspokojivým výsledkem /Ges Ing.1908/637/.

Konečně použito bylo v Drážďanech k odmanganování vody biologických těles, stavěných jako pískové filtry z hrubozrnného materiálu, štěrku a strusky o ploše 100 m^2 . Působení biologických těles spočívá na oxydaci a na vylučování manganu vlivem řas a mikroorganismů, usazených v biologických tělesech.

°_°_°_°_°

§ 24. STERLISOVÁNÍ VODY PRO ÚČELY VODÁRENSKÉ.

1./ Účel a způsoby sterilisování vody.

Není tomu dávno, co se jakost pitné vody posuzovala jen dle fysikálních a chemických vlastností a to na základě chemického a fysikálního rozboru, tedy dle barvy, chuti, vůně a teploty a dle obsahu minerálních a organických příměsů, které jsou ve vodě buď mechanicky rozptýleny anebo chemicky rozpuštěny.

Chemický rozbor byl vůbec jediným spolehlivým prostředkem ku zkoumání vody, ale i dnes lze složení a čistotu vody posouditi jen dle výsledku chemického, kvalitativního a kvantitativního rozboru. Tento posudek ukázal se však ze stanoviska hygienického nedostatečným, neboť chemickým rozborem stanoví se pouze obsah minerálních nebo organických příměsů, nedotýká se však biologické podstaty vody. Ve vodě totiž na oko úplně čisté a příjemné chuti a ve vodě chemicky úplně bezvadné jakosti mohou býti nahodile nebo

trvale drobounci živočiši nejnižších řádů zoologických, bakterie a jejich zárodků, které nelze prostým okem pozorovati /mikroorganismy/ a které mohou býti zdraví lidskému škodlivé .

Vědou lékařskou a pátráním po příčinách epidemických nemocí, které se vyskytovaly v druhé polovici minulého století v různých městech evropského kontinentu, bylo epochálními pracemi Petenkofera, Pasteura, Kocha a j. nade vší pochybnost zjištěno, že jsou některé bakterie příčinou nakažlivých nemocí, zejména cholery, tyfu, antrax, dysenterie a j. Tyto bakterie přenášejí se přímým dotykem lidí, dále vzduchem, hmyzem, jidlem, ale též je pitná voda dobrým prostředkem k šíření se těchto nemocí, jestliže mikroby bakterií přijdou do pitné vody infiltrací povrchové vody, nebo výkaly chorých lidí do domovních studní.

Ne však všechny bakterie jsou zdraví lidskému škodlivé ; některé jsou neškodné a některé jsou tělu lidskému dokonce užitečné a dle toho rozeznáváme bakterie choroboplodné čili pathogenní a bakterie neškodné, indiferentní čili saprophity.

V každé vodě, která přijde do styku se vzduchem, nalézají se bakterie a jejich zárodky, které lze konstatovati jen drobnohledem. Žijí ve vodě z organické hmoty a rozmnožují se velkou rychlostí a ve velkém počtu. Nejvíce jich obsahuje voda říční, když do ní ústí splašky městských kanalisací až 1.000.000 zárodků v 1 cm^3 vody. Ve velkém množství mohou býti obsaženy též v mělkých studnách domovních uvnitř příbytků lidských, kde jest půda přesycena animalickými odpadky a nečistotami ze záchodů, stok a žump, ze kterých prosakují půdou do spodní vody. V takových studnách hemží se často nejen tisíce drobounkých mikroorganismů, nýbrž i hrubších živočichů /makroorganismů/ červů, larv, vodního hmyzu, hlíst, ráčků a j., patrných prostým okem.

V hlubokých studnách jest voda sterilní, totiž prosta bakterií, poněvadž podzemní vrstvy povrchovou vodu při prosakování do spodiny vlivem přirozené filtrace zemní očistí nejen mechanicky, nýbrž i bakteriologicky.

Čím ve větší hloubce se spodní voda nalézá, tím je sterilnější . Totéž platí o vodě pramenité, když vyvěrá z hlubokých vododajných vrstev. Takové spodní a pramenité vody jsou sterilnější, ba můžeme dokonce říci, že bakterie, které by do takové vody náhodou přišly, nebo do ní zkusmo byly nasazeny, zahynou, poněvadž jim nízká teplota spodní vody a vůbec celá disposice prostředí nevyhovuje.

Pověsti šířené na př. na počátku světové války jako by Francouzové otravovali v Elsasku studně bacily cholerovými, ukázaly se býti lichými a ze stanoviska vědeckého neodůvodněnými .

Jen když se spodní voda jímá z malé hloubky, tedy při malé mohutnosti krycích vrstev anebo při velmi propustné, štěrkovité spodině, která stojí v přímém spojení s povrchovými vodami, není infekce vody vyloučena. Z toho důvodu nevyhovuje zpravidla též nassávaná voda, která prosakuje z koryta řek do přílehlého území a jímá se zde mělkými trativody a galeriemi /Essen/.

Voda pramenitá může býti někdy rovněž závadou, jestliže vyvěrá z vodojajných vrstev mělkého uložení anebo z vápencových nebo pískovcových útvarů, kde se pohybuje v puklinách, spárách a širokých průchodech, vyluhovaných vodou, které stojí v přímém spojení s povrchem na př. v krasu. Voda na oko čistá a čirá může býti trvale nebo občas infikována bakteriemi, spláchnutými s povrchu. Podezřelým příznakem takových pramenů jest, že se voda po vydatných deštích zakalí a že se v ní objeví velké množství bakterií. Má-li se taková voda upotřebiti k zásobování vodou, musí se dříve sterilisovati.

Sterilisace pitné vody jeví se obzvláště nutnou při zásobováni vodou říční neb nádržkovou, která byla očištěna v pískových filtrech pozvolných nebo rychlých, ba můžeme říci, že to byla právě říční soustava zásobovací , která dala podnět k sterilisování zásobovací vody. Voda očištěná v pískových filtrech eventuelně za pomoci chemických srážidel

a dokonalejších metod filtračních /vícenásobná filtrace Puech-Chabalovy filtry, Berkefeld filtry a j./ vyhovuje zpravidla požadavkům pitné vody jak po stránce chemické, tak i fysikální a bakteriologické; je čistá a čirá, barva, příchuť a vůně syrové vody se ztrácí, chemicky se voda rovněž zlepší a počet zárodků klesne o 95 - 98%, takže je možno při náležité opatrnosti obdržeti filtrát, který odpovídá všem požadavkům pitné vody. Účinek filtrů jest v první řadě ovšem mechanický, ale v plsťové filtrační membráně, odehrává se částečně též biologický proces a zadrží se i drobounké bakterie, jež měří až 0.0004 mm = 0.4 mikronu . Avšak novějšími zkušenostmi /Pieſke, Fränkel/ bylo dokázáno, že mohou pískovými filtry procházeti tyto drobounké bakterie i při největší opatrnosti, jestliže se filtrační blána nahodile protrhne a ve filtrační vrstvě se utvoří volné průchody, kterými může unikati syrová voda do vody filtrované .

Z toho vysvítá, že písková filtrace velmi kalné vody říční neposkytuje vždy dostatečnou bezpečnost proti infekci zárodky choroboplodných bakterií, obzvláště když se použije k zásobování velmi kalné říční vody.

Jelikož však hygienická profylaxe možnost takové nahodilé infekce naprosto vylučuje, dočisťujeme v některých případech filtrovanou vodu sterilisací, kterou se pathogenní bakterie usmrcují a počet nepathogenních bakterií se zmenšuje na přípustnou míru, max. 100 zárodků v 1 cm^3 /1 gr/ vody .

Z důvodů hospodářských uvažujeme dnes při zakládání filtrační stanice také o tom zvětšiti filtrační rychlost pozvolných filtrů nebo zavésti místo nich rychlofiltry, které se musí ovšem doplniti sterilisací, obzvláště když je říční voda velmi znečištěna.

Z předcházejícího vysvítá, že se ve vodárenské praksi vyskytují případy ,že se musí bakteriologicky závadná voda z důvodů zdravotních sterilisací dočistiti, aby v ní nebylo pathogenních bakterií a počet saprophitů klesl na přípustnou míru .

Tato potřeba dočistiti vodu sterilisací může býti trvalou, anebo jen občasnou, na př. když je říční voda v některých dobách ročních velmi kalnou, když se objeví ve sběrné oblasti řeky epidemické nemoci atd.

Přímý podnět k sterilisování vody daly časté epidemie tyfové, které se vyskytovaly v druhé polovici minulého století v různých městech evropských, obzvláště však v městech Sev. Ameriky, kde je 2/3 všech měst zásobeno filtrovanou říční, nádržkovou neb jezerní vodou .

Biologické čištění vody jest celkem nového data a provádí se teprve asi 20 let, ale methody, kterých se k tomu používá zásluhou badatelů : Eijkman, Ohlmüller, Weyl, Prall, Proskaner, Schüder, Chlopin, Roškovič, Dobrovolský, Tindal, Bujvid, Siemes, Otto, Koch, Bruns, Kruse a j. se tak zdokonalily, že lze sterilisaci vody provésti způsobem úplně uspokojujícím nejen ve velkém pro účely ústředního zásobování celých měst, nýbrž i když se jedná o sterilisaci vody v malém měřítku, na př. pro nemocnice, léčební ústavy, lázně, vilové kolonie, kasárny, lodě, vojsko v poli a j .

Sterilisace voda provádí se dnes těmito způsoby :

a/ převařováním vody při vysoké teplotě;
b/ ozonem, jako mocným okysličovadlem;
c/ ultrafialovými paprsky ;
d/ hypochlority alkalických kovů a chlorem.

2./ Převařování vody .

Sterilisování malého množství vody může se provésti převařením vody při teplotě 110 - 120°C, tedy při tlaku 1.5 atmosfery. Hodí se k tomu uzavřené kotly, poněvadž v otevřené nádobě nelze dosíci vyšší teploty než 100°, která jest potřebná k usmrcení bakterií. K sterilisování vody tímto způsobem konstruovány jsou různé aparáty, stabilní a pojízdné, které pracují chodem přerušovaným neb nepřetržitým . Syrová voda čerpá se do kotle

pumpou, kde se ohřeje na 120° C a když dostoupil tlak 1.5 atmosfery, otevře se samočinně výpustný ventil, kterým převařená voda vytéká z kotle. V téže pak míře jak převařená voda vytéká, přitéká do kotle syrová voda, při čemž je odtok vody tak uspořádán, že teplá voda teče hadicí, uloženou ve studené vodě, aby se teplota vařené vody využitkovala k ohřátí studené vody a spořilo na palivu .

Dotyčné aparáty staví v různých velikostech - až 1000 litrů na hodinu - společnost F.M. Lautenschläger v Berlíně.

Pro účely vodárenské se však tento způsob sterilisování vody pro velký náklad provozovací nehodí ; spíše je ho možno použíti pro domácnosti, nemocnice, ústavy, lázně, vojsko v poli a pod. Vařená voda chutná také mdle a při delším užívání způsobuje poruchy, podobně jako voda destilovaná. Před použitím musí se voda dobře ochladiti a přelíváním neb šlehánim provzdušiti , eventuelně kyselinou uhličitou občerstviti .

3./ S t e r i l i s o v á n í v o d y o z o n e m .

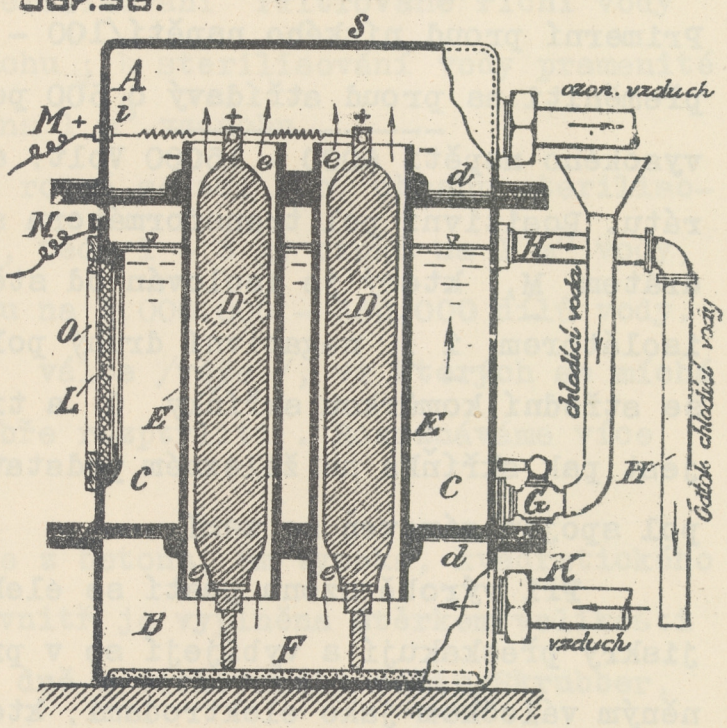
Ozon čili aktivní kyslík jest alotropickou modifikací kyslíku, ve které se skládá molekula ze tří atomů kyslíku /O_3/ ; dva otomy jsou k sobě pevně vázány /O_2/, kdežto třetí atom jest jen ve slabém spojení a lehce se odštěpí $O_3 = O_2 + O$. Tím vysvětlujeme si okysličovací účinek ozonu. Za obyčejné teploty a normálního tlaku vzduchu jest ozon nepříjemného pronikavého zápachu , připomínající na chlor. Přimíchán vodě, působí jako mocné okysličovadlo organických i anorganických látek, které usmrcuje protoplasmu bakterií ve vodě obsažených. Tento účinek ukazuje však ozon jen ve stavu mokrém, tedy když jest v roztoku s vodou .

Ozon okysličuje a ničí nejprve organickou hmotu, která jest ve vodě rozptýlena a teprve potom usmrcuje bakterie. Čím méně jest ve vodě těchto minerálních a organických příměsů, tím dokonalejší je účinek sterilisační,

tedy tím rychleji se usmrcují bakterie a jejich zárodky a tím méně jest ozonu třeba. Účinek ozonu jest dále jen povrchový, a voda, která se má ozonem sterilisovati, musí býti proto úplně čistou . Voda říční a nádržková musí se nejprve mechanickou filtrací v pozvolných nebo rychlých filtrech dobře očistiti a teprve potom může se provésti sterilisace ozonem. Kalnou vodu nelze sterilisovati, poněvadž by se spotřebovalo velké množství ozonu, sterilisace byla by drahá a při tom nedokonalá, poněvadž bakterie mohou býti obaleny hlinitým zákalem ve shluky, na které ozon nepůsobí.

Ozonové generátory. Výroba ozonu děje se pro účely vodárenské elektrokineticky tím způsobem, že se vzduch nechá prouditi Geisslerovou skleněnou trubkou, ve které se vystaví temnému /tichému/ výboji střídavého elektrického proudu o vysokém napětí, 6000- 15.000 Volt. Jedna část kyslíku ve vzduchu se při tom kondensuje na ozon a ztrácí 1/3 svého objemu ; tři molekuly kyslíku dávají dvě molekuly ozonu /$3O_2 = 2\ O_3$/. Z 1 m^3 vzduchu, obdrží se asi 3 gr ozonu .

OZONOVÝ GENERÁTOR SYSTEM SIEMENS.
Obr:58.



Ozonový generátor Siemens-ův obr. 58, pozůstává ze skleněných, na obou koncích otevřených válečků E, ve kterých jsou uloženy masivní válečky z aluminia D ; mezi oběma zůstává ještě úzký prostor e, kterým proudí při výrobě ozonu neustále čerstvý vzduch. Vnější váleček skleněný E a vnitřní aluminiový D, slouží jako elektrody pro střídavý elektrický proud, skleněné válečky jsou - aluminiové válečky + polem

Po 3 - 4 páry takových ozonových elementů osazeno je do železné skříňky S, která tvoří ozonový aparát čili generátor a více takových aparátů tvoří ozonovou baterii, která

jest uložena v etážích na společném podstavci, který stojí přímo v zemi.

Skříňka S rozdělena je dvěma přehrádkami ve tři komůrky : horní A, dolní B a střední C. Skleněné trubky E uloženy jsou těsně do otvorů přehrádek. Do skleněných trubek postaveny jsou koncentricky aluminiové válečky D, jež stojí na společné skleněné isolační desce F.

Při výrobě ozonu tlačí se čerstvý vzduch trubkou K do dolní komůrky B, proudí odtud prostorem e mezi skleněnými a aluminiovými válečky, kde se ozonuje a ozonový vzduch přichází do horní komůrky A, ze které se odvádí trubkou J. Střední komůrkou C proudí neustále studená voda - asi 10 lit./hod.-k chlazení skleněných válečků a proudícího vzduchu, který se elektrickým proudem ohřívá. Voda pouští se ventilem G a vytéká trubkou H do odpadu. V jednom boku skříňky vloženo jest okénko O se silnou skleněnou deskou L, aby se mohla pozorovati modravá barva při temném vybíjení proudu a tím i činnost generátoru.

Elektrický proud vyrábí se pro ozonové generátory v primerních strojích jako stejnoměrný proud anebo se béře z městské elektrické centrály. Primerní proud nízkého napětí/100 - 200 Volt/ musí se však pro výrobu ozonu přeměniti na proud střídavý o 500 periodách, který se transformuje na proud vysokého napětí 6000 - 15000 Volt, a tento se přivádí do ozonisačního aparátu. Positivní pol transformátoru spojen je s aluminiovými válečky D drátem M, který je isolován od stěny železné skříňky C porcelánovým isolátorem i ; negativní druhý pol transformátoru spojen je drátem N se střední komůrkou skříňky C a tím se skleněnými válečky E . Poněvadž jest pak skříňka na železném podstavci který stojí v zemi, jest negativní pol spojen zároveň se zemí.

Při výrobě ozonu pustí se elektrický proud do aparatu, elektrické jiskry přeskakují a vybíjejí se v prostoru e mezi aluminiovým a skleněným válečkem jako elektrodami, kterým proudí vzduch. Část kyslíku vzduchu promění se při tom v ozon, který proud vzduchu odnáší a odvádí trubkou J k sterilisačním aparátům .

Na stejném principu konstruován jest ozonový generátor soustavy ing. Otto a ing. Abraham .

Vzduch, ze kterého se vyrábí ozon, žene se do ozonisačních aparátů vzduchovou pumpou /kompresorem/, která ho ssaje z ovzduší a tlačí do aparátů. Vzduch musí býti čistý, suchý a chladný. K tomu cíli ssaje se vzduch přes jemná síta a bavlněné filtry, které zadržují prach a jiné nečistoty. Aby se vzduch osušil, vede se přes chlorové vápno, hašené vápno nebo kyselinu sírovou a odtud za účelem chlazení hadice přes chladicí stroje, zařízené podobně jako chladicí stroje na umělý led, ve kterých se chladí a při tom zároveň vysuší, poněvadž vodní páry vymrznou.

Ozonový vzduch, vycházející z generátoru emailovanou železnou nebo kameninovou rourou J , tlačí se kompresorem pod tlakem asi 1 atm. do sterilisačního aparátu, kde se míchá se syrovou vodou a sterilisuje ji .

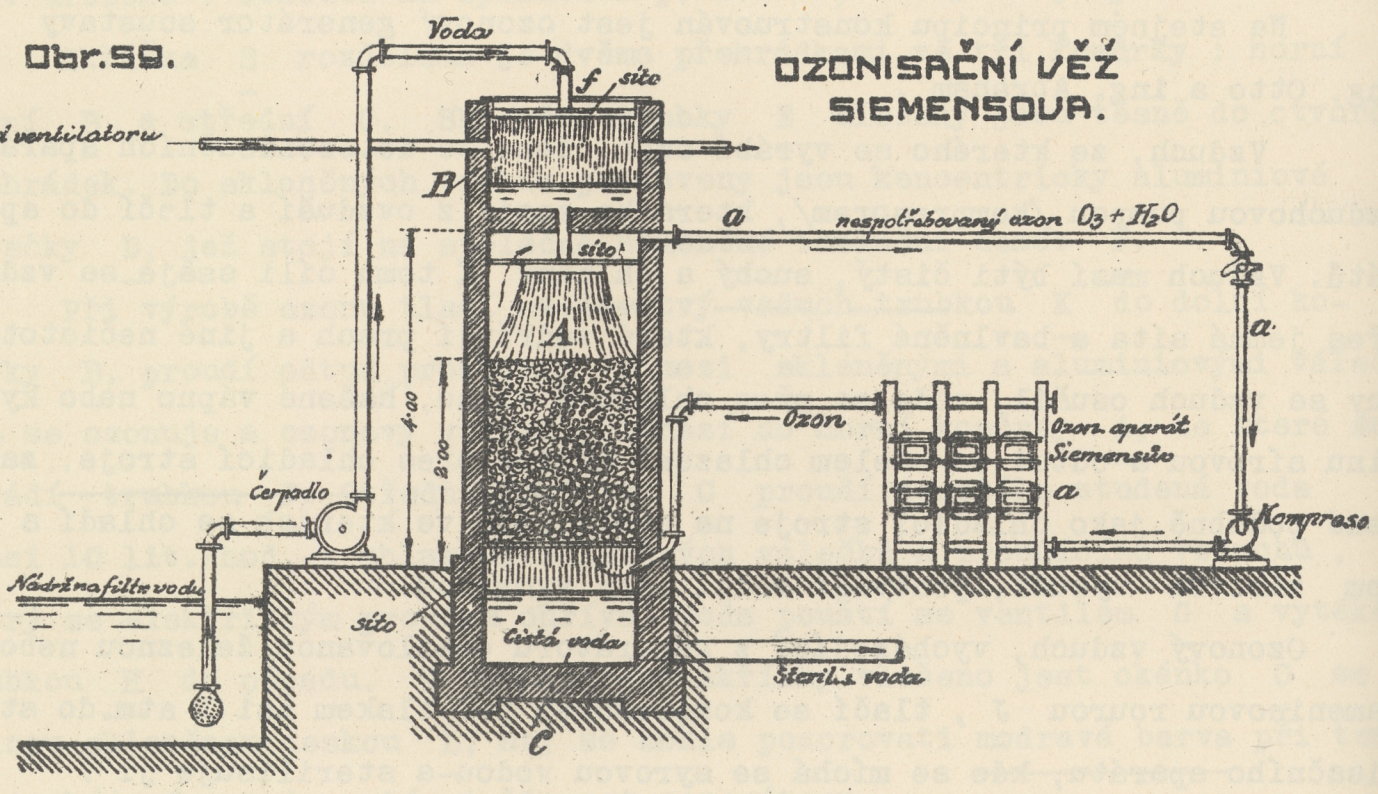
Koncentrace ozonu k sterilisování vody řídí se dle druhu a složení vody. Čím více jest voda znečištěna organickými příměsy, tím více je ozonu třeba. V nejvíce případech stačí k sterilisování filtrované říční vody koncentrace 1 - 3 g ozonu na 1 m^3 vzduchu ; k sterilisování vody pramenité a spodní stačí koncentrace 0.5 - 1 gr na 1 m^3 vzduchu .

Spotřeba ozonovaného vzduchu v m^3 rovná se asi kub. obsahu sterilisované vody v m^3 , která se sterilisuje , tedy 1 - 3 gr ozonu na 1 m^3 vody, což odpovídá poměru míchání 1 díl ozonu na 1,000.000 - 330.000 dílů vody.

Sterilisační aparáty jsou svislé válce /věže /, ve kterých se míchá ozon se syrovou vodou, kterou třeba dobře rozptýliti . Rozeznáváme více druhů těchto zařízení :

a/ Starší věž Siemensova/obr.59/je z betonu, 4m vysoká, kvadratického nebo kruhového průřezu, asi 1.5 m šířky ; uvnitř je vyplněna štěrkem velikosti ořechu, který leží ve výšce asi 2 m na dně z dírkovaného roštu/Skrubber, skrápěč/.

Obr.59. OZONISAČNÍ VĚŽ SIEMENSOVA.



Syrová voda čerpá se do nádrže B, postavené nad věží, padá odtud na povrch skrápěče A, rozptýlí se sítem jako déšť, a prosakuje skrápěčem dolů a shromažďuje se v nádrži na čistou vodu C. Opačným směrem žene se z dola nahoru přes dírkovaný rošt ozonový vzduch, který vystupuje skrápěčem a přichází zde do styku s rozptýlenou vodou. Sterilisovaná voda odvádí se z nádrže C do zásobovacího vodojmu gravitací neb se čerpá čerpadly. Aby se voda zbavila přebytečného vzduchu, nechá se voda, odtékající ze sterilisačního aparátu, přepadati kaskadami.

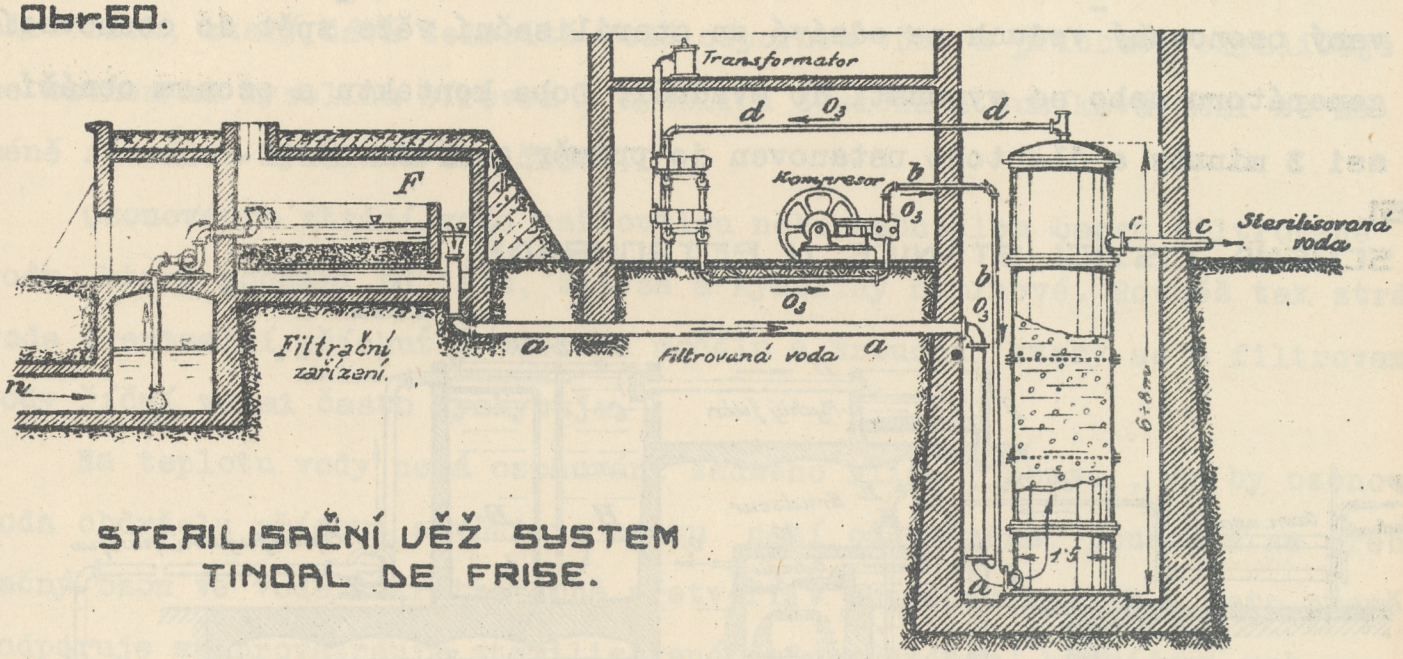
Ozonový vzduch, který se nespotřeboval k sterilisování vody, tedy k oxydaci organické a minerální hmoty, odvede se ze sterilisační věže potrubím a do ovzduší nebo do separatoru, kde se oddělí od stržených vodních kapek a tlačí se pak kompresorem přes vysoušecí zařízení zpět do ozonového generátoru.

Sterilisačních věží tohoto druhu užito jest při starších zařízeních ve Wiesbadenu a Padenbornu.

b./ Sterilisační věž Tindal-de Frise /obr.60/ pozůstává ze stojatého válce 5 - 8 m výšky, 1 - 1.5 m v průměru, složeného ze železných emailovaných nebo kameninových trub. Uvnitř válce uloženo je několik celuloidových sít s úzkými otvory ø 0.7 mm. Syrová /filtrovaná/ voda přivádí se do věže rourou aa pod tlakem buď gravitací nebo čerpadlem; voda ústí do věže při dně, pohybuje se ve věži zdola nahoru a při tom se uloženými síty dokonale rozptýlí a míchá. Současně tlačí se z ozonisačního generátoru trubkou bb ozonem do věže, dotyčně do přiváděcího potrubí aa, kde se míchá s vodou. Směs vody s ozonovým vzduchem vystupuje ve věži a při tom se vloženými síty dobře s ozonem promíchá a sterilisuje. Sterilisovaná voda odtéká rourou cc do vodojmu, kdežto nespotřebovaný ozonový vzduch odvádí se trubkou dd do ovzduší nebo zpět do ozonového generátoru.

V jedné věži sterilisuje se denně asi 150 m^3 vody a spotřeba ozonovaného vzduchu obnáší rovněž tolik.

Obr.60.



STERILISAČNÍ VĚŽ SYSTEM TINDAL DE FRISE.

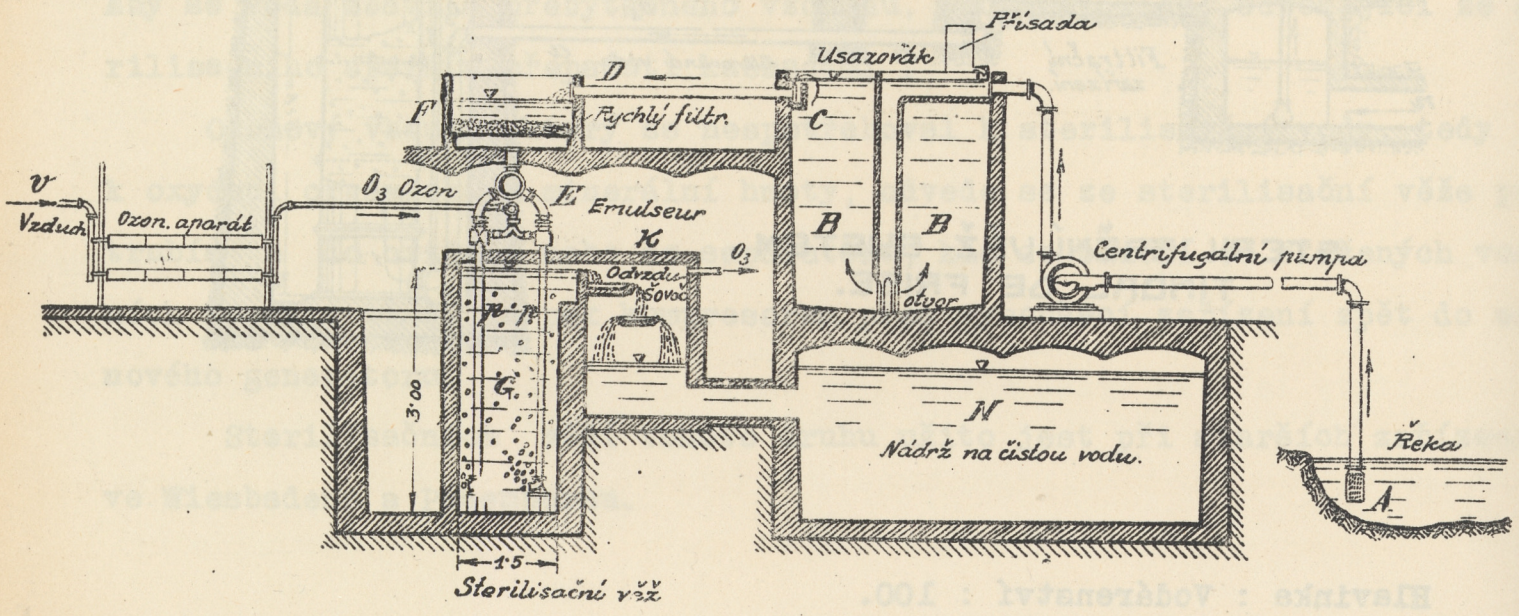
c./ Sterilisační věž s emulseurem soustavy O t t o jest věž z betonu asi 3.0 m výšky a 1.5 m šířky. Nad věží nalézá se emulseur /míchadlo/, kterým se odsává ozonovaný vzduch z generátoru po způsobu Körtingova ejektoru, poháněného tlakovou vodou z výtlačného vodovodu nebo filtru, který je postaven nad emulseurem.

V obr. 61. znázorněno je schematicky zařízení emulseuru čistící stanice v Petrohradě, ve které se čistí voda z Nievy pískovými rychlofiltry za přísady síranu hlinitého a filtrovaná voda dočišťuje se ozonem.

Syrová voda čerpá se z řeky A do koagulační /usazovací/ nádrže B, ze které přichází přepadem C a potrubím D do rychlofiltru F. Filtrovaná voda odtéká ze sběrné komory do emulseuru E a strhuje ssebou ozonový vzduch z generátoru. Směs vody s ozonovaným vzduchem vede se dvojitým potrubím p ke dnu sterilisační věže G, vystupuje nahoru, při čemž se míchá voda s ozonem. Sterilisovaná voda vytéká do odvzdušovače s kaskadami K a odtud do vodojmu na čistou vodu N, kdežto nespotřebovaný ozonovaný vzduch se odsává ze sterilisační věže zpět do ozonovacího generátoru nebo se vypouští do ovzduší. Doba kontaktu s ozonem obnáší asi 3 minuty a dle toho ustanoven je průměr a výška věže .

Obr. 61.

SCHEMA ČISTÍCÍ STANICE U PETROHRADĚ.



Účinek ozonování jest biologický, chemický a fysikální Biologický účinek pozůstává v tom, že se pathogenní bakterie tyfu, cholery, uplavice, antrax a všechny střevní bakterie druhu coli usmrtí a počet neškodných bakterií vodních klesne na nepatrnou míru 5 - 20 zárodků v 1 cm^3. Vodní bakterie se ani ozonem všechny neusmrtí a není to také nutno, neboť ze stanoviska hygieny se jen vyžaduje, aby se pitná voda sterilisovala do té míry, že se usmrtí pathogenní bakterie a toho se dosáhne ozonem úplně.

Vedle biologického účinku pozoruje se při ozonování též účinek fysikální a chemický. Minerální a organické, ve vodě rozptýlené příměsy se ozonem okysličují ; sloučeniny železa a manganu , které jsou vázány na minerální nebo organické kyseliny /kyselinu humínovou/ ozonem se okysličují a z vody vylučují ve tvaru nerozpustné hmoty. Tato oxydace děje se však na úkor sterilisace vody a proto je nutno, aby se voda, která obsahuje železo a mangan, těchto příměsů dříve zbavila /odželezovala /, poněvadž jest jinak sterilisace při velké spotřebě ozonu nedokonalá. Eventuelní sirovodík, který dává železité vodě odpornou vůni a příchuť, okysličuje se ozonem na kyselinu sírovou ; kyselina dusičná a dusíková mění se na méně závadnou kyselinu dusičnou .

Ozonováním ztrácí voda nažloutlou nebo nahnědlou barvu filtrované vody, která pochází od jílu, železa a kyseliny humínové. Rovněž tak ztrácí voda eventuelní příchuť a vůni po močálu a trouchu, který se u filtrované vody říční velmi často vyskytuje.

Na teplotu vody nemá ozonování žádného vlivu ; obava , že by ozonovaná voda obdržela příchuť a vůni po ozonu není odůvodněna, poněvadž se přebytečný ozon ve vodě v krátké době přetvoří v obyčejný kyslík a tato přeměna podporuje se provětráním sterilisované vody přeronem, kaskádami neb sprchami.

Ozonování vody provozuje se do té míry, že v ozonované vodě zůstane ještě něco volného ozonu, který později ovšem vyvětrá a tato přítomnost

ozonu se konstatuje reagencí roztoku jodidu draselnatého v řídkém škrobovém lepidle, které ozonem zmodrá. Tato reakce jest velmi jednoduchá a slouží indirektně též ku zjištění, zda-li je voda bakteriologicky očištěna ; neboť nachází-li se ve vodě ještě volný ozon, pak není ve vodě ani organické hmoty a bakterií, poněvadž by je ozon usmrtil. Mikroskopické zkoumání sterilisované vody a vypěstování kultur na gelatině vyžaduje vždy delší dobu a mezi tím by mohla infikovaná voda přijíti do vodovodu .

Kontrola ozonovacích aparátů jest automatická a tak uspořádána, že když se elektrický proud nahodilou poruchou přeruší anebo když kompressor přivádějící ozonovaný vzduch přestane pracovati, zastaví se samočinně přítok vody do sterilisatoru. Přes to vyžaduje ozonovací zařízení bedlivou obsluhu, přesné regulování přítoku vody a proudu ozonovaného vzduchu, jeho koncentrace atd. Tato obsluha jest kombinovanou úlohou elektrotechnika a hygienika.

Náklad na sterilisaci vody ozonováním závisí na mnoha činitelích : na množství a potřebné koncentraci ozonu, která se řídí dle obsahu minerální a organické hmoty obsažené ve filtrované vodě , na provozovacím nákladu filtrace , ceně elektrického proudu, na výši stavebního nákladu a j. Ve Wiesbadenu stálo před válkou ozonování 2.4 hal., v Sibini 1.6 hal. v Saské Kamenici 1 hal., v Petrohradě 1 hal. na m^3 vody .

Celkem můžeme dle dosavádních zkušeností říci, že jest sterilisace vody ozonem technicky, hygienicky i ekonomicky výhodná a bylo ji použito s dobrým úspěchem v celé řadě velkých měst na evropském kontinentu, ve kterých řádily častěji epidemie tyfu nebo cholery. Příčina, že této sterilisace nebylo dosud ve větší míře použito, leží jednak ve značném stavebním nákladu, který připouští použití ozonování jen pro štacionerní zařízení velkých vodáren a ne pro menší města, a jednak též v tom, že se našly lacinější metody sterilisační.

Význačné sterilisační stanice ozonové postaveny jsou mimo jiné v těchto městech :

a./ Sterilisace vody pramenité a spodní : Wiesbaden, Paderborn, Nizza, Madrid, Florenec, Janov, Spezia.

b./ Sterilisace vody říční a nádržkové : Saská Kamenica, Petrohrad, Rovigo, Nizza, Turn Severin, Sulina, Braila, Constanca, Most, Cheb .

Stavbou sterilisačního zařízení zabývá se továrna „Ozon-Gesellschaft" v Berlíně a Compagnie generale de l´ozon v Paříži.

4./ S t e r i l i s a c e u l t r a f i a l o v ý m i p a p r s k y .

První myšlénka použití ultrafialových paprsků k desinfekci pochází od Arons-a. Již v 70tých letech minulého století zjistili Angličané Downes a Bunt, že sluneční světlo ruší a usmrcuje mikroorganismy, bakterie a jejich mikroby a tento účinek světla slunečního připisovali paprskům světla ve spektru nejvíce lomeným, totiž modrým a fialovým. Pozdějšími pracemi byly tyto výzkumy potvrzeny a dokázáno, že jsou to fialové a hlavně neviditelné „ultrafialové paprsky" které ničí protoplasmu bakterií, ve vodě obsažených .

Newton, když se mu podařilo rozložiti světlo na jeho součástky, ustanovil ve spektru sedm základních barev / červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, indigo, fialovou /, které zaujímají ve spektru určitou polohu. Později shledáno však, že jsou ve spektru vedle těchto viditelných barevných paprsků ještě jiné paprsky, které nelze okem pozorovati a příčina této neviditelnosti pro naše oko jest dílem vnitřní stavba těchto paprsků a dílem i to, že některé z těchto paprsků nepronikají pevnou hmotou, ba ani ne průhledným sklem, tedy opak toho, co víme o Röntgenových paprscích, které pronikají hmotou, dřevem, kůží a kostmi. Zejména bylo shledáno, že se vedle fialových paprsků nalézají ve spektru ultrafialové paprsky, které okem nepozorujeme, které však fotografická plotna dobře

ucítí. Užívá se jich odedávna jako léčebného prostředku, ku kterémuž účelu se vyráběly spektrem pomocí hranolu z křemene místo skla, jelikož bílé sklo ultrafialové paprsky absorbuje.

Novými výzkumy Mdme Curie v Paříži bylo shledáno, že ultrafialové paprsky rozkládají vlažný vzduch na kyslík a vodík a že se při tom tvoří kysličník vodičitý /superoxyd $H_2 O_2$/, který je velmi nestálý, rozkládá se při obyčejné teplotě a vyvíjí kyslík, který působí in statu nascendi jako mocné okysličovadlo, usmrcuje organickou protoplasmu a ničí barviva. Kysličník vodičitý působí podobně jako ozon ; u obou jest jeden atom kyslíku jen slabě vázán a když se uvolní, působí jako mocné okysličovadlo. Tím vysvětlujeme si působení slunečních paprsků na bakterie, jejich desinfekční a léčebný účinek /fototheraphie/ ; vysvětlujeme si tím též odbarvování a bílení plátna a mokrých látek na světle slunečním.

Vlastností ultrafialových paprsků použilo se v poslední době ku sterilisování vody. Při tom jednalo se jen o tom, opatřiti nejprve vhodný zdroj světla, který by tyto paprsky vyvíjel a dále o příhodný sterilisační aparát, kterým by se mohla voda pro účely vodárenské ve velkém snadno sterilisovati.

Co se týče zdroje světelného, to jsou ultrafialové paprsky obsaženy především ve světle slunečním, ze kterého jsou však z velké části absorbovány ovzduším. Nicméně působí sluneční paprsky vždy jako účinný desinfekční prostředek, obzvláště na vysokých horách, kde jest vzduch řidší. Zde jeví se tento účinek ultrafialových paprsků v zánětu kůže a v zápalu očí, proti němuž se lidé chrání barevnými brejlemi.

Pro účely sterilisační vyrábí se světlo uměle v křemencových lampách. Jsou to elektrické lampy pro 100 - 200 Volt napětí, osazené v pouzdře z křemence, který ultrafialové paprsky propouští, kdežto bílé i barevné sklo tyto paprsky absorbuje a také by se při velkém elektrickém žáru tavilo. Po mnohých konstruktivních pokusech přišlo se k lampě Cooper-Hewitt-ově, která jest dosud patentem chráněna a vyrábí ji pod názvem

„Westinghouse-Cooper lampa" francouzská společnost „ Societé francaise pour les applications des rayons ultraviolets " v Paříži.

Lampa má dvě kovové elektrody A, B, /obr.62/, ponořené do malých reservoirků C, D, naplněných rtutí, spojených asi 60 cm dlouhou vzduchoprázdnou ohnutou trubkou E z horského křemene /SiO_2/. Na elektrody připojí se poly elektrického stejnoměrného proudu, napětí 100 - 200 Volt. Aby se lampa elektrickým proudem rozsvítila, nahne se poněkud, aby se rtuť spojila, takže proud začne procházeti trubkou E ; potom může zůstati lampa již ve vodorovné poloze, poněvadž kontakt obou elektrod sprostředkují rtuťové páry, které se vyvíjejí ve vzduchoprázdné trubce, rozžhavené elektrickým proudem. Při tom vyvíjí se velká teplota, která však není závadnou, aniž ohřívá vodu, poněvadž jest účinek paprsků na bakterie tak intensivní, že stačí vystaviti vodu jen po několik sekund, aby se bakterie usmrtily a tak v krátkém intervalu se voda neohřeje.

S lampou soustavy Cooper-Westinghouse provedli Francouzi Cormont a Nogier pokusy ku sterilisování vody a kostruovali první aparáty sterilisační, a podali o tom zprávu na hygienickém sjezdu v Drážďanech roku 1911.

Sterilisační aparáty jsou dvojího druhu :

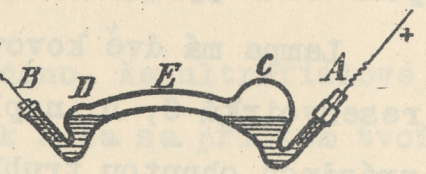
a./ Aparáty s lampou nad vodou, která se má sterilisovati. Voda přepadá zde na stupních a jest ozařována na povrchu světelnými paprsky z křemencové lampy, která visí nad přepady. Nevýhodou jest zde, že jsou účinné ultrafialové paprsky z části absorbovány vzduchovou vrstvou mezi lampou a vodou.

b./ Aparáty s lampou ponořenou do vody, která se nechá okolo lampy pozvolna prouditi. Obr. 63. Dle tohoto systému provedena jest pokusná sterilisační stanice v Marseille. Kalná říční voda čistí se zde v hrubocezích, přípravných a jemných pískových filtrech, uspořádaných v kaskadách dle soustavy Puech-Chabalovy. Filtrovaná voda, která se má sterilisovati, přichází potrubím P a nápustným ventilem V do sterilisačního

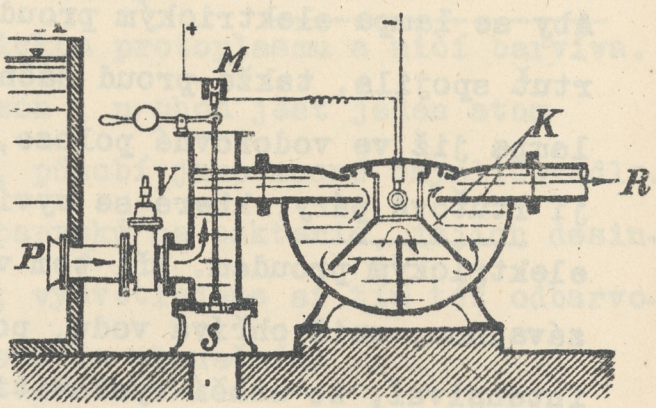
aparátu, opatřeného pěti, střídavě proti sobě postavenými křídly K, v jichž středu se nachází křemencová lampa L. Voda protéká pozvolna aparátem a jsou ozařována paprsky, sterilisuje se. Aby nevycházela z aparátu při nahodilé poruše elektrického proudu voda nesterilisovaná, prochází proud elektromagnetickou cívkou M, která se dotýká železného táhla ventilu S. Kdyby se proud náhle přerušil a lampa zhasla, pustí cívka elektromagnetu M táhlo, takže se ventil S otevře a voda neprotéká aparátem, nýbrž padá pobočným potrubím do odpadu. Mezi tím ohlásí jiný kontakt elektrickým zvonkem dozorčímu personálu poruchu aparátu.

KŘEMENCOVÁ LAMPA.

Obr.62.



Obr.63.



Tímto způsobem zařízena byla pokusná stanice v Marseillu na 600 m^3 vody denně. Spotřeba proudu obnášela 0.026 K.W.hodin na 1 m^3 vody.

Voda určená ku sterilisaci musí býti úplně čistá a čirá, poněvadž by ultrafialové paprsky byly absorbovány ve vodě rozptýlenými příměsy a nepůsobily by na bakterie.

Sterilisace ultrafialovými paprsky jest dobrá, účinná a při tom jednoduchá. Voda se dokonale sterilisuje, aniž by se její fysikální a chemické vlastnosti proměnily. Ve větší míře nebylo však tohoto prostředku pro vodárenské účely dosud použito a zdá se, že ani nebude, poněvadž je sterilisování vody chlorem mnohem jednodušší a lacinější.

Mimo pokusné stanice v Marseillu použilo se této methody ku sterilisaci vody v městech Lunewille a Maromme des Rouens. Dále používá se této methody ku sterilisaci vody pro malou spotřebu v domácnostech, ústavech, nemocnicích a lázních.

5./ Sterilisování vody hypochloridy

Sterilisace vody přísadou hypochloridů zakládá se na tom, že se hypochloridy ve vodě snadno rozkládají, při čemž se vyvíjí kyslík, který působí jako mocné okysličovadlo minerální a organické hmoty a usmrcuje bakterie a jejich zárodky. Používá se k tomu hypochloridu vápenatého $Ca/Cl\ O/_2$ a hypochloridů alkalických kovů sodíku Na Cl O /Eau de Javelle/ a drasla K Cl O Nejčastěji užívá se k tomu účelu hypochloridu vápenatého, obsaženého v chlorovém vápně

a./ Chlorové vápno je jednoduchý, laciný a starý prostředek desinfekční, obzvláště při chorobách nakažlivých K sterilisování pitné vody použilo se ho ve velké míře nejprve v městech Sev. Americké Unie /1890/, která jsou ze 2/3 zásobena říční neb nádržkovou vodou, očištěnou v pískových pozvolných neb rychlých filtrech za přísady síranu hlinitého. Filtrovaná voda však nevyhovovala a byla příčinou hromadných onemocnění tyfem, příznačným pro americká města a proto se musila filtrovaná voda dočišťovati sterilisací, ku které se použilo chlorového vápna Roku 1912 užívalo zde 500 vodáren chlorování vody a po jeho zavedení sterilisace pitné vody, klesla úmrtnost na tyf o 52 % . /Viz A H.Hooker, Ges.Ing.1914/43./ V Německu desinfikovali zásobovací vodu chlorovým vápnem r.1911 při tyfové epidemii v Poruří . Dotyčnými studiemi zabývali se zde Koch. Kruse, Bruns, Gartner a j

Chlorové vápno jest směsí hypochloridu vápenatého, chloridu vápenatého a něco hydroxydu vápenatého : $Ca\ /Cl\ O/_2 + Ca\ Cl_2 + Ca\ /OH/_2$. Obsahuje průměrně 35 - 38% chloru, 45% vápna CaO a 17% vody. Účinnou součástkou chlorového vápna jest však jen hypochlorid vápenatý, vlastně v něm obsažený aktivní chlor.

K sterilisaci vody použije se malé přísady roztoku chlorového vápna jehož účinek spočívá v tom že se chlorové vápno ve vodnatém roztoku štěpí na své součástky, totiž hypochlorid vápenatý, chlorid vápenatý a hydroxyd

vápenatý, který tvoří s volnou a polovázanou kyselinou uhličitou ve vodě uhličitan vápenatý, jenž se usadí jako nerozpustný prášek na dně reakční nádoby.

Hlavní účinek chlorového vápna spočívá v hypochloridu vápenatém $Ca\,Cl_2\,O_2$, který jest ve vodě nestálý a rozkládá se vlivem kyseliny uhličité ve vodě a vzduchu na kyselinu chloričelou Cl /OH/, která působí jako mocné okysličovadlo organické hmoty, jako bělidlo a desinfekční prostředek a tento účinek vysvětluje se tím, že se kyselina chloričelá za přítomnosti minerálních i organických látek okysličovatelných rozkládá na chlorovodík a kyslík $Cl\,OH = H\,Cl + O$.

Chlorovodík /HCl/ vypuzuje ve vodě kyselinu uhličitou, vázanou na vápno a tvoří chlorid vápenatý $Ca\,Cl_2$, který zůstává ve vodě , kdežto kyslík,,in statu nascendi'' působí jako mocné okysličovadlo organické hmoty, které usmrcuje protoplasmu ve vodě obsažených bakterií a jejich zárodků .

Velikost dávky chlorového vápna závisí na stupni znečištění vody, hlavně na obsahu organické hmoty a na obsahu dvojuhličitanu vápenatého. V každém případě musí se tato dávka bakteriologickými zkouškami ustanoviti a sterilisačními aparáty odměřiti. Vyžaduje se, aby počet zárodků bakterií klesl na přípustnou míru a současně,aby zmizel bakterium coli. Není-li dávka chloru správně odměřena, jeví se buď nedostatečný účinek nebo zůstane chlor ve vodě v přebytku a způsobuje odpornou příchuť a zápach ; mimo to působí chlor též korosivně na potrubí, armatury a parní kotly.

Průměrně obnáší dávka 1 - 3 gr chlorového vápna na 1 m^3 vody , tedy při 35 % chlorovém vápně 0.3 - 1.0 gr aktivního chloru na 1 m^3 sterilisované vody. To odpovídá poměru míchání - 1 díl chloru na 3,000.000 - 1,000.000 dílů vody .

K sterilisování vody připraví se 6% roztok chlorového vápna /na 100 lit. vody 6 kg chlorového vápna/, který obsahuje 6 krát 0.35 ≐ 2% chloru. Roztok připravuje se ve dvou nádržích z betonu, každá s obsahem asi 3 m^3, opatřených míchadlem. Do první nádrže nasype se 150 kg chlorového vápna, které se zaleje 2.750 litry vody. Roztok se promíchá a zůstane po 8 hod. státi, načež se z ustálého čirého roztoku sleje 2.500 litrů do třetí nádrže na normální roztok, který obsahuje 150 kg chlorového vápna na 2.500 litrů /kg/vody, čili ve 100 litrech vody $\frac{150 \cdot 100}{2500} = 6$ kg /6% / chlorového vápna a 2% chloru. Kalný zbytek 250 litrů zůstane v nádrži, a aby se získal v něm ještě obsažený chlor, doplní se nádrž vodou na 2.750 litrů, promíchá se a nechá se po nějakou dobu státi, až se kalný roztok ustojí. Z tohoto řídkého roztoku slije se 2.500 litrů vody do druhé nádrže a usedlý kal na dně vypustí se ven do odpadu.

Tímto způsobem připravený normální roztok chloru přidává se filtrované vodě ve shora vytknutých dávkách 1 - 3 gr vápna na 1 m^3 vody. Máme-li přidati vodě na př. 2 gr = 0.002 kg chlorového vápna na 1 m^3 vody, přidáme ji normálního roztoku $\frac{100 \cdot 0.002}{6} = 0.0333$ litru na 1 m^3 vody, nebo 33.3 kg roztoku na 1000 m^3 vody.

Sterilisační aparáty tohoto druhu dodává továrna Grove v Berlíně.

Voda určená k sterilisaci musí býti úplně čistá, aby chloru připadla jen funkce usmrtiti bakterie. Je-li znečištěna, spojuje se kyselina chloričelá s touto hmotou a účinek její na bakterie je nedokonalý.

Působení chlorového vápna je velmi rychlé a je dokončeno asi za 1 min.; delší působení je třeba jen při velmi ~~rychlé~~ znečištěné vodě.

Zdálo by se, že chlorovým vápnem utrpí voda na jakosti jako pitná a užitková voda, obzvláště na chuti a vůni. Ale dle dosavádních zkušeností tomu tak není, poněvadž jest přísada 1 - 3 gr chlorového vápna na 1 m^3 vody tak nepatrná, že ji nelze ve vodě pozorovati. Toto množství stačí právě k usmrcení bakterií, ale není na újmu fysikálním a chemickým vlastnostem vody. Voda neztrácí tedy touto přísadou na své kvalitě a nepozorují

se žádné stopy po chuti a vůni, obzvláště když obecenstvo o chlorování vody neví.

Jen při desinfekci vody velkou dávkou chlorového vápna 10 - 40 gr/m^3 vody jest voda k pití neupotřebitelnou, dokud se přebytečný chlor neodstraní. To se provádí pískovou filtrací nebo kysličníkem vodičitým H_2O_2, který působí sám jako mocné okysličovadlo a váže chlor. Továrna „Elberfelder Farbenfabrik F. Bayer" vyrábí k tomu účelu zvláštní preparát „ortison", jehož hlavní součástkou jest H_2O_2; přidán desinfikované vodě, váže přebytečný chlor. Také se k tomu účelu užívá t.zv. autichlor, totiž natrium sulfit a natriumthissulfat, který chlor váže.

Kontrola, zda-li se ve vodě nalézá volný chlor, pozná se reakcí pomocí jodidu draselnatého se škrobovým lepidlem, který účinkem volného chloru zmodrá.

Biologický účinek chlorového vápna jest velmi dobrý. Filtrovaná voda, která obsahovala 800 - 1000 zárodků v 1 cm^3, očistí se tak, že sterilisovaná voda neobsahuje více než 5 - 10 zárodků neškodných vodních bakterií, kdežto pathogenní bakterie tyfu a cholery a střevní bakterie druhu coli se usmrtí.

Náklad provozovací jest nepatrný a obnáší v amerických městech asi 5 hal. na 100 m^3 vody /před válkou/. Sterilisování vody chlorovým vápnem zavedeno jest ve velkém počtu amerických měst: New York, Baltimore, Cleveland, Yersey City, Eric, Niagara Falls, Montreal, New Orleans, Columbus O, Washington DC., Omaha, Milwauke, Cincinati O, Pittsburg, Mineapolis a j. V Evropě mimo jiné v Janově, Essenu, Florenci.

b./ H y p o ch l o r i d y. Místo chlorového vápna používá se k sterilisování vody /též k bílení v textilním průmyslu/ hypochloridů alkalických kovů Na ClO, K ClO, které se k tomu účelu vyrábějí elektrolyticky a aparátech /Elektrolyser/ soustavy H a a s a Dr. O e t t e l.

Do nádoby s roztokem kuchyňské soli ponoří se elektrody a když se elektrický proud spustí, rozkládá se roztok soli, na positivním polu shromažďuje chlor a na negativním žíravá soda Na HO. Obě látky působí však ihned na sebe a v roztoku tvoří se louh hypochloridu sodnatého Na ClO. Výroba louhu je nepřetržitá ; do reakční nádoby přitéká roztok kuchyňské soli a vytéká louh.

Dotyčné aparáty staví fma. A. S t a h l, Aue v Sasku .

Množství přísady hypochloritového louhu závisí od znečištění vody a obsahu organických látek a na koncentraci hypochloritového louhu . Průměrně počítá se 0.5 gr účinného chloru na 1 m^3 vody , což odpovídá poměru míchání 1 díl Cl na 2,000.000 dílů vody.

Provoz je jednodušší a čistší , ale vyžaduje opět správné odměření dávky.

Viz Dr. B r u n s Journal f.Gasbel.u.Wasserversorgung 1912/655.

6./ S t e r i l i s o v á n í v o d y c h l o r e m .

K sterilisování vody používá se v poslední době místo chlorového vápna a hypochloridů s dobrým účinkem plynného chloru. Tato methoda zatlačila v důsledku malého nákladu investičního a provozovacího a jednoduché manipulace sterilisační všechny dosavádní způsoby chlorování, ba starší mathody sterilisování vody vůbec. Obzvláště sterilisování chlorovým vápnem ukázalo některé vady. Především se chlorové vápno ve vodě těžko rozpouští, a způsobuje potíže a nepřesnosti v odměřování dávek, poněvadž se obsah aktivního chloru mění. K tomu přichází i okolnost, že je chlorové vápno značně hydroskopické, a není-li dobře uschováno, uvolňuje se z něho ve vlhku kyselina HClO, která snadno uniká a snižuje obsah chloru až na 15% i níže na úkor jakosti chlorového vápna.

Pro účely sterilisační vyrábí se chlor elektrolyticky a plynný chlor kondensuje se pod tlakem 6 atm. na kapalinu žlutavé barvy, která se uschová v ocelových, hermeticky uzavřených válcích /bombách/ o obsahu asi 45 kg chloru. Z kapalněný chlor však při normálním tlaku snadno zplyňuje .

Ve vodě je chlor snadno rozpustný ; při normálním tlaku rozpouští se při teplotě 0° 10° 15° 20°

4.6 2.9 2.2 15 dílů chloru v 1 objemu vody.

Chlor je za obyčejného tlaku plyn žlutozelenavé barvy, pronikavého, nepřijemného zápachu ; za přítomnosti vody působí jako mocné okysličovadlo, které rozrušuje organickou hmotu i kovy. Tato okysličovací schopnost zakládá se na tom, že chlor tvoří ve vodním roztoku kyselinu chloričelou, kyselinu solnou a kyslík.

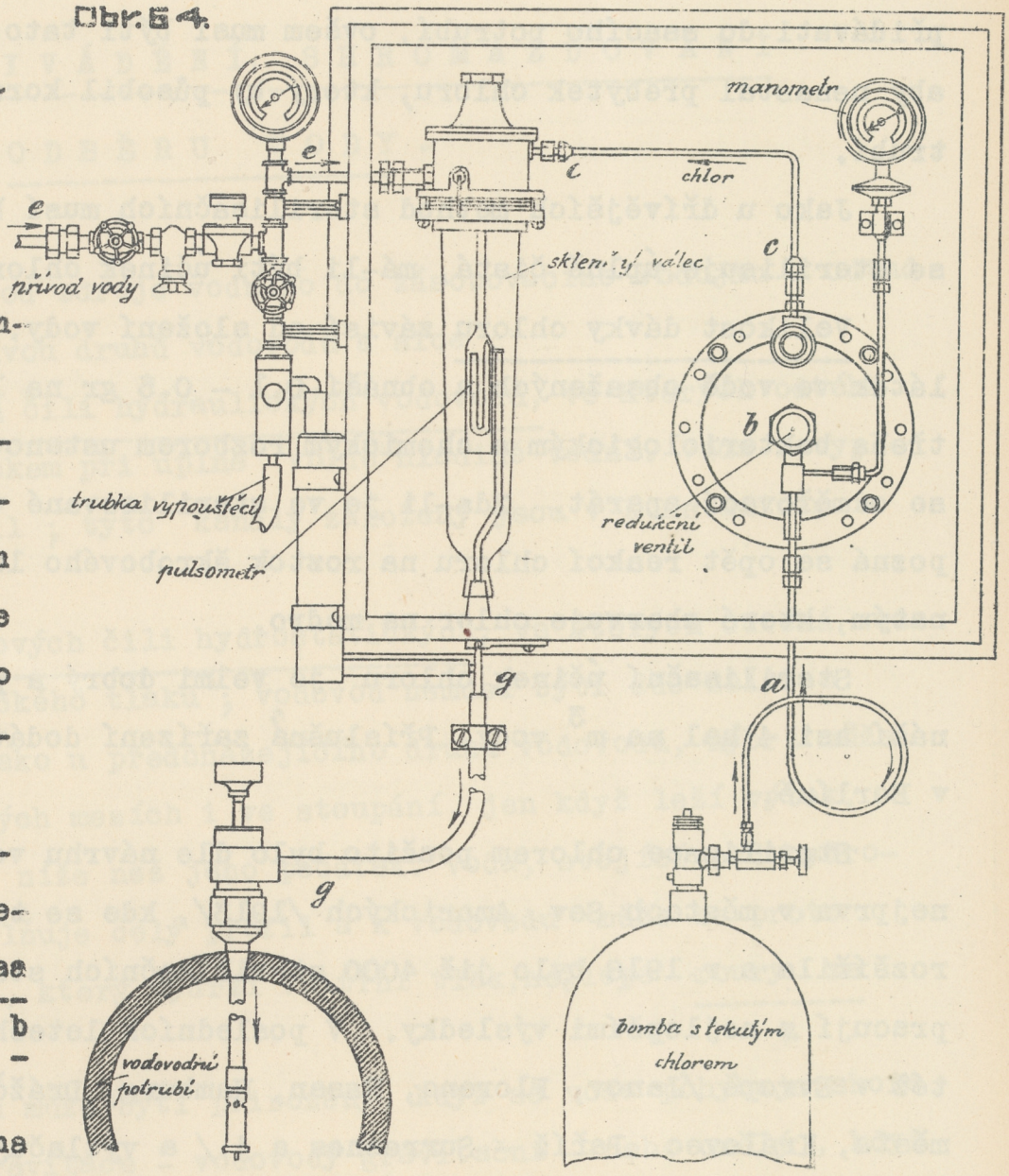
$$H_2O + 2Cl = HClO + HCl = 2\,HCl + O .$$

Kyselina solná slučuje se s uhličitany ve vodě obsaženými na snadno rozpustné chloridy, kdežto kyslík,,in statu nascendi'' působí prudce na organickou hmotu. Na tomto zjevu spočívá též sterilisace pitné vody pro účely vodárenské, ale též desinfekce vod odpadních .

Aparatura ku chlorování vody je celkem jednoduchá a pozůstává z přístroje, kterým se přidává chlor v odměřených dávkách jako plyn přímo vodě zásobovací, nebo přístroje , kterým se vyrábí nejprve koncentrovaný roztok chloru ve vodě a teprve tento roztok přidává se v odměřených dávkách vodě, která se má sterilisovati. Lepší jsou přístroje druhého druhu, tedy přístroje, které přidávají vodě chlor ve způsobu roztoku, poněvadž se dosáhne rychlého a stejnoměrného rozptýlení chloru a lepšího účinku . Aparát upraven je tímto způsobem. Jest více uspořádání odměřovacích aparátů ; jeden z nich znázorněn je v obr. 64.

Potřebný chlor uschován je v ocelových bombách pod tlakem 6 - 8 atm. Bomby jsou 1.4 m vysoké, ø 20 cm; hrdlo bomby opatřeno je ochrannou čapkou, v níž je uložen vypouštěcí kohoutek. Vlastní aparát měrný namontován je na desce, která se připevní na zdi, nebo na příhodném podstavci v místnosti, kde se udržuje stálá teplota 20°. Z bomby vede se plyn trubkou aa k redukčnímu ventilu b jímž se tlak plynu 6 - 8 atm. zmenšuje na 0.5 atm. Z redukčního ventilu přichází plynný chlor trubkou cc do skleněného válce d, do kterého přitéká z vodovodu trubkou ee stále malé množství vody. Plyn vniká do nádoby skleněnou trubicí f pulsometrem, kterým se odměřuje velikost a počet bublin, jež v jednotce časové do vodního obsahu válce přicházejí. Bubliny chloru se ve vodě rychle rozpouštějí a tento roztok odvádí se trubkou gg do vody, která má býti sterilisována, tedy buď do sterilisačních věží, kterými zásobovací voda protéká, nebo

Obr. 54.



přímo do vododního potrubí U vodovodů výtlačných může se chlorový roztok přidávati do ssacího potrubí, ovšem musí býti tato dávka přesně odměřena, aby nenastal přebytek chloru, který by působil korrosivně na stroje a potrubí.

Jako u dřívějších method sterilisačních musí býti i zde voda, která se sterilisuje, úplně čistá, má-li býti účinek chloru dokonalý.

Velikost dávky chloru závisí od složení vody, hlavně od organických látek ve vodě obsažených a obnáší 0.1 - 0.5 gr na 1 m^3 vody. Tuto dávku třeba bakteriologickým a chemickým rozborem ustanoviti a dle toho upraví se odměřovací aparát. Zda-li je ve sterilisované vodě přebytečný chlor, pozná se opět reakcí chloru na roztok škrobového lepidla z jodidem draselnatým, které zbarvuje chlor na modro.

Sterilisační účinek chloru je velmi dobrý a provozovací náklad obnáší asi 4 hal na m^3 vody. Příslušná zařízení dodává společnost „Chlorator" v Berlíně.

Sterilisace chlorem použito bylo dle návrhu vojenského lékaře Darnwa[illegible] nejprve v městech Sev. Amarických /1913/, kde se tato metoda velmi rychle rozšířila a r.1918 bylo již 4000 sterilisačních stanic chlorovacích, které pracují s nejlepšími výsledky. V posledních letech ujala se tato metoda též v Evropě /Janov, Florenc, Essen, Hamburg, Drážďany, Stutgart, Porúrské města, Královec. Paříž - Surresnes a j./ a vytlačuje dnes všechny starší methody sterilisační.

°—°—°—°—°—°

III. DÍL.

STAVBY K PŘIVÁDĚNÍ, SHROMAŽĎOVÁNÍ A ODBĚRU VODY.

K přivádění vody od zdroje vodního do zásobovacího vodojmu a odtud do města, používá se dvou druhů vodovodů a sice :

a/ krytých kanálů čili hydraulických vodovodů, ve kterých odtéká voda hydraulickým tlakem při úplně volné hladině vodní. Voda nevyplňuje nikdy celý profil ; tyto kanály založeny jsou v konstantním spádu ;

b/ vodovodů tlakových čili hydrostatických, ve kterých odtéká voda v důsledku hydrostatického tlaku ; vodovod nemusí býti zde založen v konstatním spádu, jako u předcházejícího druhu vodovodu, nýbrž může býti založen v určitých mezích i ve stoupání, jen když leží výtok, totiž konec vodovodu níže než jeho počátek. Voda, stojící pod hydrostatickým tlakem vyplňuje celý profil a k vodovodu může se proto použíti jen materiálu, který vydrží vnitřní tlak, nejlépe roury ze železa.

Tlak ve vodovodu může býti přirozený, když se voda pohybuje shora dolů, tedy účinkem gravitace - vodovody gravitační - nebo umělý , když se voda tlačí do vodovodu čerpadly - vodovody výtlačné.

Vodovodů hydraulických /a/ používá se jen k přivádění vody od zdroje vodního a jímacího zařízení do zásobovacího vodojmu, obzvláště když se jedná o přivádění většího množství vody ve zděných přiváděčích ; avšak i v takových případech lze použíti vodovodů tlakových, obzvláště když vodovod jde velmi vyčleněným územím, kde dodržení konstantního spádu naráží na velké obtíže.

Tlakových vodovodů používá se též tehdy, když je zdroj vodní a jímací zařízení níže než zásobené území a když se voda musí do zásobovacího vodovodu čerpati a přiváděti výtlačným potrubím.

Otevřených kanálů zemních se pro účely vodárenské neužívá a sice jednak z důvodů zdravotních, aby se voda neznečistila, ale též aby se neoteplila. Zbývají tedy pro účely vodárenské jen vodovody kryté /hydraulické / nebo vodovody tlakové / hydrostatické/.

Kterého z těchto dvou druhů vodovodu použijeme, závisí na výškových poměrech zdroje vodního a výškových poměrech území, které se zásobí vodou, na množství přiváděné vody, spotřebě denní a hodinové, průměrné a maximální, na poloze zásobovacího vodojmu a konečně též na přípustné výšce stavebního nákladu, který třeba pro oba druhy vodovodů propočítati.

Vodovodní zařízení pozůstává ze 4 hlavních částí :

a/ hlavního přiváděcího řádu, kterým se přivádí voda od zdroje vodního do zásobovacího vodojmu ;

b/ zásobovacího vodojmu k vyrovnání denní spotřeby a udržování stálého zásobovacího tlaku v rozváděcí síti ;

c/ hlavního napájecího řádu čili napáječe, kterým se přivádí voda ze zásobovacího vodojmu do města ;

d/ rozdělovací městské sítě, kterou se rozvádí voda k odběru v domech a na ulicích.

K hlavnímu přiváděči použijeme, když to výškové poměry dovolují, vodovodu hydraulického , zejména když se jedná o přivádění velkého množství vody od pramenů do zásobovacího vodojmu. K výstavbě použije se krytých kanálů z kamene, cihel nebo betonu a při malém průtočném množství též trub kameninových neb betonových. Podélný profil těchto vodovodů vyžaduje, jak již řečeno, konstantní spád, což podmiňuje v hornatém území rozvinutí tracy kanálu do velké délky s četnými objekty : akvadukty, shybky, stupně, štoly a j. V důsledku toho je

stavba těchto vodovodů v rozčleněném území obtížnou a nákladnou a dáváme proto v takových případech přednost vodovodu tlakovému ze železných trub, při němž nejsme vázáni na určitý konstantní spád potrubí, nýbrž jen na celkový spád mezi počátkem a koncem vodovodu, poněvadž voda teče v tlakovém vodovodu nejen po spádu, nýbrž následkem hydrostatického tlaku v určitých mezích i proti spádu ve stoupání.

Oba druhy vodovodů lze při hlavním přiváděči též kombinovati tím způsobem, že se některé části vodovodu provedou jako krytý kanál nebo štola a mezi nimi jsou vloženy tlakové vodovody ze železných trub.

K výtlačnému řádu do zásobovacího vodojmu lze použíti jen vodovodu tlakového ze železných trub.

K hlavnímu napáječi , kterým se přivádí voda ze zásobovacího vodojmu do městské rozváděcí sítě, používá se vždy tlakového vodovodu ze železných trub, poněvadž se zde vyžaduje, aby se voda rozvedla po celém městě a dodala do domů pod určitým zásobovacím tlakem.

Co se týče množství vody , na které musí býti dimensován , třeba uvažovati :

a/ pro hlavní přiváděč od zdroje vodního / pramene / do zásobovacího vodojmu maximální denní spotřebu, která se přivádí stejnoměrně po 24 hodin. Je-li q maximální denní spotřeba na osobu a E počet obyvatel, bude

$$\text{průměrný hodinový přítok } Q_1 = \frac{qE}{24} = 0.041\ qE,$$

$$\text{sekundový průměrný přítok } Q_2 = \frac{qE}{24 \cdot 3600} = \frac{qE}{84600};$$

b/ pro napáječ městské rozváděcí sítě třeba uvažovati maximální hodinovou spotřebu vody, která se rovná asi 10% maximální denní spotřeby ; tedy

$$\text{maximální hodinový přítok } Q_3 = qE \cdot 0.1,$$

$$\text{maximální sekundový přítok } Q_4 = \frac{qE \cdot 0.1}{3600}$$

c/ pro výtlačné potrubí je-li t doba čerpání v hodinách ,

průměrné množství hodinové $Q_5 = \frac{qE}{t}$,

průměrné množství sekundové $Q_6 = \frac{qE}{3600 \cdot t}$.

·_·_·_·

§25. KRYTÉ KANÁLY.

1./ Tvar krytých kanálů.

Hydraulickým příznakem těchto vodovodů jest, že voda nevyplňuje nikdy celý profil a v důsledku toho, že stěny nestojí pod hydrostatickým tlakem. Voda odtéká v nich při úplně volné /otevřené/ hladině vodní, tedy následkem přirozeného spádu hladiny vodní, čili hydraulického tlaku vodovodu.

Kryté kanály mají tvar kruhový, vejčitý, segmentický, parabolický a obdélníkový. Ekonomicky nejvýhodnější jest onen profil, při kterém jest hydraulická hloubka $R = \frac{F}{u}$ co největší, tedy u kterého jest při určité ploše profilu omočený obvod a tření nejmenší. Této podmínce vyhovuje při konstantním průtočném množství nejlépe profil kruhový, jehož se užívá zejména pro malé vodovody z trub kameninových a betonových.

Profilu obdélníkového užívá se u vodovodů zděných z kamene nebo z cihel, které jsou přikryty deskami z kamene nebo z armovaného betonu anebo překlenuty valenou klenbou. Tab.51.obr.1 - 5. Hydraulicky jsou obdélníkové profily výhodny jen když se odvádí konstantní množství vody; při proměnlivém množství vody jsou nevýhodny. Užívá se jich pro účely vodárenské k hlavnímu přiváděči vody od pramene do zásobovacího vodojmu, při zděných akvaduktech, a p.

Staticky výhodnější jsou profily tvaru segmentického, složené z kruhových oblouků různého poloměru / tab.51. obr. 6 -14 /, při čemž se přihlíží k tomu, aby byl profil jednoduchý, aby byl poloměr zakřivení v jednotlivých částech násobkem poloviční šířky profilu a při tom, aby byl staticky pevný a jeho stavba dala se dobře provésti. Dle poměru šířky B ku výšce H rozeznáváme profily kruhové při $H = B$, profily prodloužené při $H > B$, a profily stlačené při $H < B$.

Některé tvary takových kanálů zděných z kamene, z cihel a betonu, znázorněny jsou v tab. 51. obr. 6 - 14.

K odvádění proměnlivého množství vody používá se profilů, u kterých se vodní průřez přizpůsobuje proměnlivému množství vody, tedy u kterých se voda při ubývajícím množství soustřeďuje na menší plochu; tím se docílí výhodnější hydraulické hloubky a větší průtočné rychlosti. Mezi takové profily náleží profil vejčitý tab. 51. obr. 10, jehož se používá hlavně při kanalisaci měst. Jeho tvar určuje se poměrem šířky k výšce B : H. Nejvíce užívá se vejčitého profilu s poměrem 2 : 3; nedostává-li se však konstruktivní výšky, použije se vejčitých profilů stlačených /obr. 12/, kde je dostatek výšky a kde chceme šířku kanálu omeziti na menší míru, užíváme profilů převýšených.

U kanálů pro stálejší množství vody užíváme vejčitých profilů obrácených čili hruškovitých se špičkou nahoru / obr. 11. / s obdobnými poměry výšky a šířky jako u normálního profilu vejčitého.

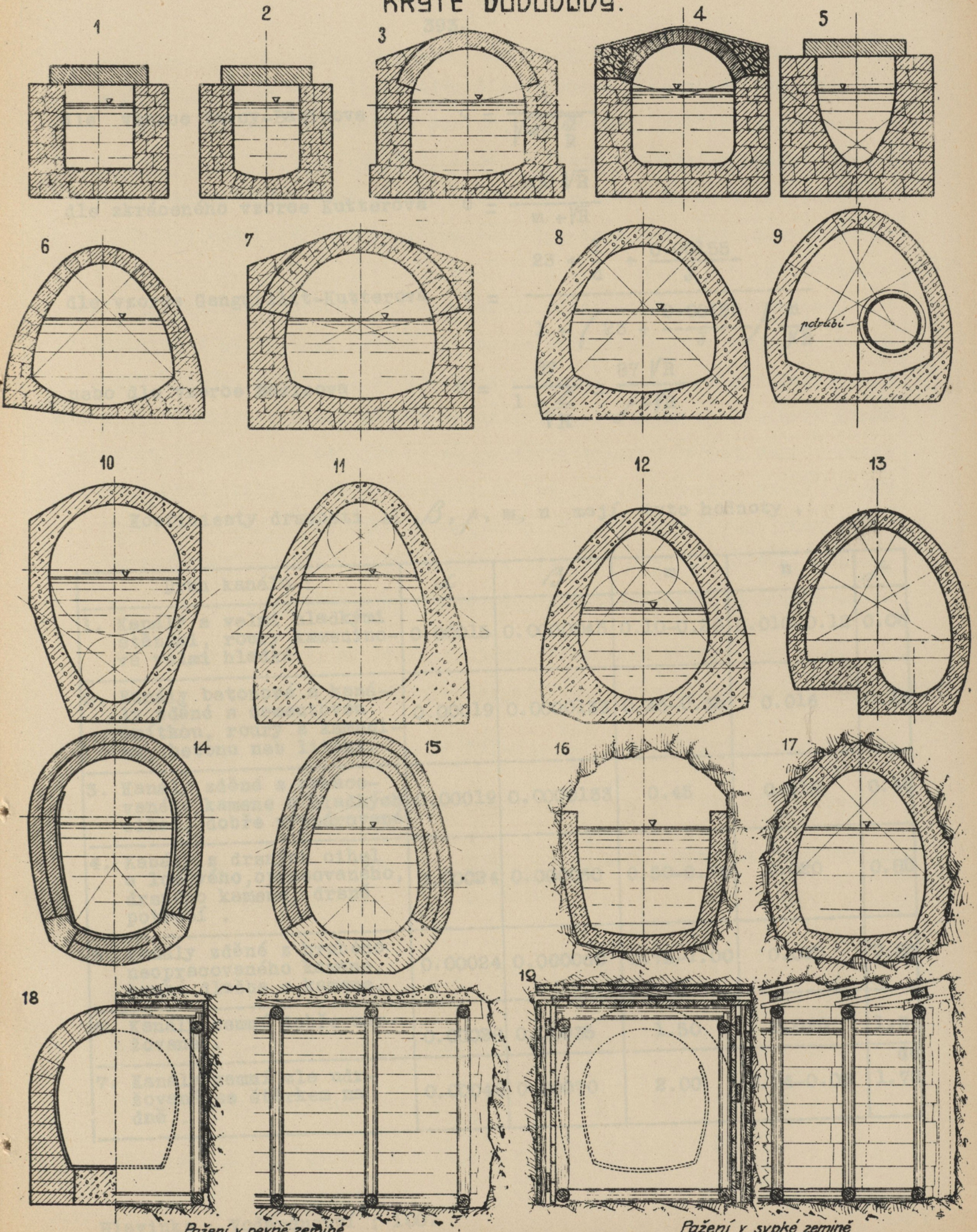
Větší profily krytých kanálů mají tvary segmentické, čepcovité a tunelové /obr. 15 - 18./; pro hlavní sběrače kanalisační, pro překlenuté potoky a j. kanály, jež odvádějí proměnlivé množství vody, opatřují se kanály kynetou k soustředění malé vody /obr. 13/.

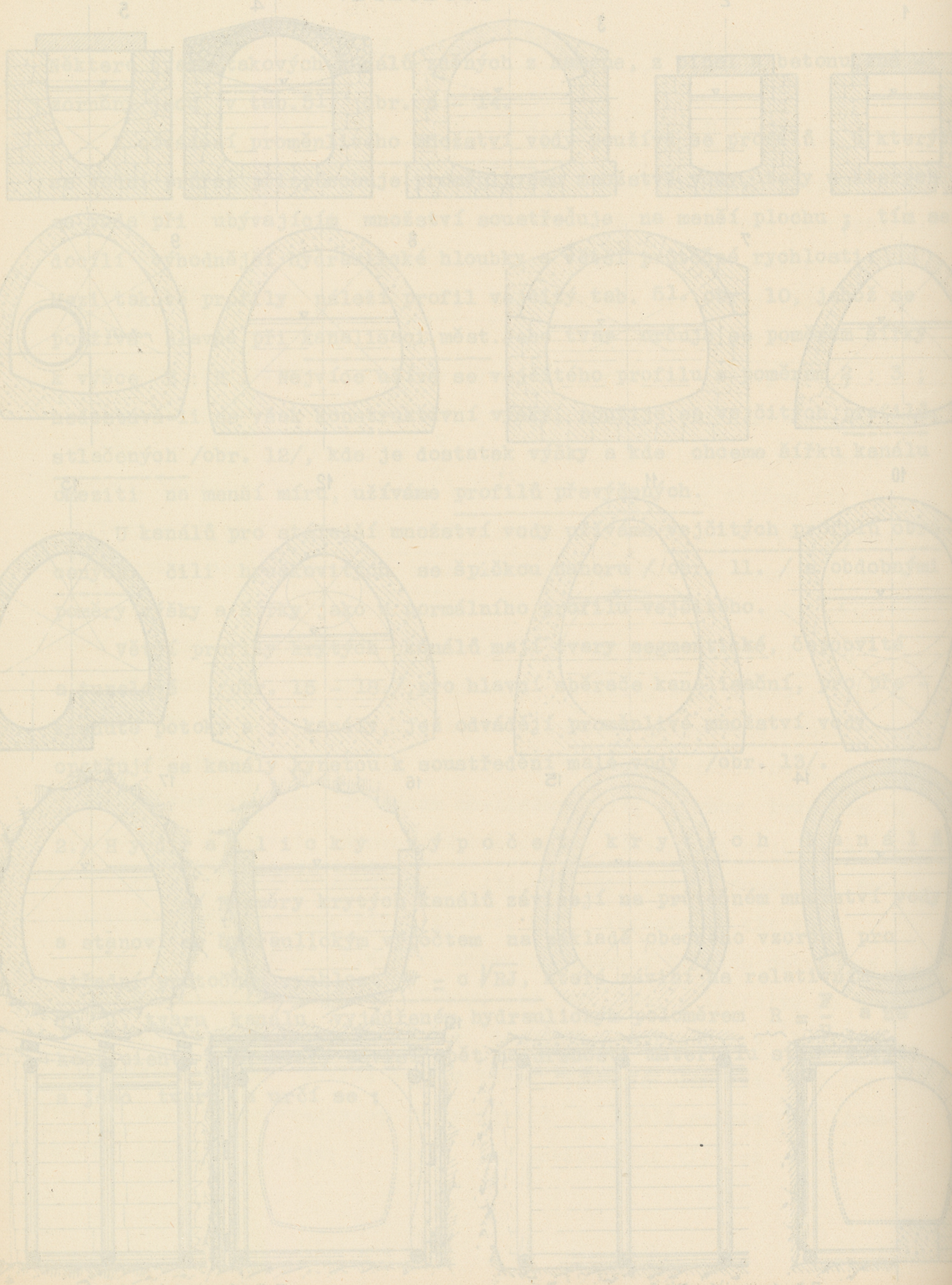
2./ Hydraulický výpočet krytých kanálů.

a/ Rozměry krytých kanálů závisejí na průtočném množství vody a stanoví se hydraulickým výpočtem na základě obecného vzorce pro střední průtočnou rychlost $v = c\sqrt{RJ}$, která závisí na relativním spádu J, tvaru kanálu, vyjádřeném hydraulickým poloměrem $R = \frac{F}{u}$ a na koeficientu c, který závisí opět na drsnosti materiálu stěn koryta a jeho tvaru a určí se:

TAB. 51.

KRYTÉ DOUVODY.





dle vzorce Darcy-Bazinova $$c = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

dle zkráceného vzorce Kutterova $$c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

dle vzorce Ganguillit-Kutterova $$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

nebo dle vzorce Bazinova $$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} = \frac{87\sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}}$$

Koeficienty drsnosti α, β, γ, m, n mají tyto hodnoty.

Druh kanálu :	α	β	m	n	γ
1. Kanály s velmi hladkými stěnami, roury kameninové velmi hladké.	0.00015	0.0000045	0.10-0.20	0.010-0.12	0.06
2. Kanály betonové a kanály zděné s cementovou omítkou, roury z kameniny, betonu neb litiny.	0.00019	0.0000133	0.25-0.35	0.016	0.16
3. Kanály zděné z opracovaného kamene a hladkých cihel, dobře vyspárované	0.00019	0.0000133	0.45	0.018	0.46
4. Kanály z drsných cihel a lomového, opracovaného, drsného kamene, drsné potrubí .	0.00024	0.000060	0.50-0.70	0.020	0.85
5. Kanály zděné z hrubého neopracovaného kamene, hrubá dlažba z kamene.	0.00024	0.000060	0.75-1.00	0.025	0.85
6. Kanály zemní dobře udržované .	0.00028	0.00035	1.50	0.030	1.30
7. Kanály zemní zle udržované se štěrkem na dně .	0.00040	0.00070	2.00	0.04-0.08	do 1.75

Při projektování krytých kanálů přicházejí tyto úlohy :

a/ stanoviti střední průtočnou rychlost a průtočné množství vody při daném relativním spádu a daném profilu ;

b/ stanoviti rozměry profilu pro daný spád a dané průtočné množství ;

c/ stanoviti spád pro dané průtočné množství a vyžadovanou průtočnou rychlost.

Nejčastěji přichází úloha druhá, totiž stanovení rozměrů profilu pro daný spád a dané průtočné množství. Řešení provádí se nejvýhodněji indirektně tím způsobem, že se za předpokladu přípustné střední rychlosti vody 1 - 2 m, vypočte provisorně plošný obsah profilu $F = \frac{Q}{v}$ a dle toho volíme vhodné rozměry profilu. Na to vypočte se střední rychlost $v = c\sqrt{RJ}$ a přesvědčíme se, zda-li zvolený profil odvádí dané množství vody $Q = F.v$. Dle výsledku tohoto výpočtu mohou se rozměry profilu zvětšiti nebo zmenšiti . Celý výpočet opakuje se vícekráte až se obdrží profil, který vyhovuje daným podmínkám .

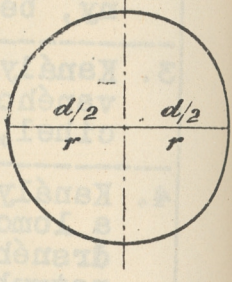
b./ Pro výpočet kruhového profilu platí za předpokladu, že je profil vodou zcela vyplněn, tyto geometrické rovnice :

Plošný obsah profilu $F = \frac{\pi d^2}{4} = 0.785\ d^2 = 3.1416\ r^2$

Omočený obvod profilu $u = \pi d = 2\pi r = 3.1416\ d = 6.282\ r.$

Hydraulický poloměr $R = \frac{F}{u} = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$.

Obr. 55.



Pro nejvíce užívané profily vypočteny jsou tyto hodnory F, u, R v této tabulce :

Průměr d m	Plošný obsah F m^2	Omočený obvod U m	Hydraul. poloměr R	Průměr d m	Plošný obsah F m^2	Omočený obvod U m	Hydraul poloměr R
0.10	0.00785	0.314	0.025	0.60	0.28274	1.885	0.150
0.15	0.01767	0.471	0.038	0.70	0.38485	2.199	0.175
0.20	0.03142	0.628	0.050	0.80	0.50266	2.513	0.200
0.25	0.04909	0.785	0.063	0.90	0.63617	2.827	0.225
0.30	0.07069	0.942	0.073	1.00	0.78540	3.141	0.250
0.35	0.09621	1.100	0.088	1.10	0.9503	3.456	0.275
0.40	0.12567	1.257	0.100	1.20	1.1301	3.770	0.300
0.45	0.15904	1.414	0.113	1.30	1.3273	4.084	0.325
0.50	0.19635	1.571	0.125	1.50	1.7671	4.712	0.375

Hydraulický výpočet kruhového profilu provede se dle těchto obecných vzorců :

Střední průtočná rychlost $v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{d}{4}\,J} = 0.5 \cdot c\sqrt{dJ} = 0.707 \cdot c\sqrt{rJ}$.

Průtočné množství $Q = F.v. = \frac{\pi d^2}{4}\,v = 0.393 \cdot c\sqrt{d^5 J} = 2.221 \cdot c\sqrt{r^5 J}$.

Relativní spád $J = \frac{v^2}{c^2 R} = \frac{4\,v^2}{c^2\,d} = \frac{Q^2}{0.393^2\,c^2.d^5} = \frac{Q^2}{2.221^2.c^2.r^5}$

Koeficient odtoku c můžeme vzíti u kruhového profilu dle Eitelweina $c = 50.9$ a pak obdržíme, když dosadíme $R = \frac{d}{4}$, $J = \frac{h}{l} = \frac{\text{absol. spád}}{\text{délka kanálu}}$

střední rychlost $v = 50.9\sqrt{\frac{d\,h}{4\,l}} = 50.9\sqrt{\frac{50\,d\,h}{50.4.l}} = 3.59\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l}}$

Správněji jest dle Prony-Eitelweinova vzorce $v = 3.59\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}$

průtočné množství $Q = F.v. = \frac{\pi d^2}{4}\,3.59\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l}} = 2.818\sqrt{\frac{50\,d^5 h}{l}}$.

Obráceně z toho průtočná rychlost $v = \frac{Q}{F} = \frac{4\,Q}{\pi d^2} = 1.273\,\frac{Q}{d^2}$.

Ze vzorců Eitelweinových plyne dále :

$$\left.\begin{aligned} v &= 50.9\sqrt{\frac{d\,h}{4\,l}} \\ v &= 1.273\,\frac{Q}{d^2} \end{aligned}\right\} \quad 50.9\sqrt{\frac{d\,h}{4.l}} = 1.273\,\frac{Q}{d^2} \quad \text{z toho}$$

průměr potrubí $d = 0.3\sqrt[5]{\frac{Q^2\,l}{h}}$ nebo $d = \sqrt[5]{\left(\frac{Q}{20}\right)^2\frac{l}{h}}$

průtočné množství $Q = 20\sqrt{d^5\,\frac{h}{l}}$

relativní spád $J = \frac{h}{l} = \frac{Q^2}{20^2\,d^5} = \frac{Q^2}{400\,d^5} = 0.0025\,\frac{Q^2}{d^5}$

ztráta tlakové výšky $n = l\,\frac{Q^2}{400\,d^5} = 0.0025\;l\,\frac{Q^2}{d^5}$

Veškeré tyto vzorce platí též pro polokružný profil, ale jest v tom případě

$$F = \frac{\pi d^2}{8}\;;\; u = \frac{\pi d}{2} = \pi r\;;\; R = \frac{F}{u} = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$$

$$v = 50.9\sqrt{RJ} = 3.59\sqrt{\frac{50\,dh}{l}}\;;\; Q = F.v. = \frac{\pi d^2}{8}\;v = \frac{1}{2}\,2.818\sqrt{\frac{50\,d^5\,h}{l}}$$

Kruhový profil může se počítati též dle obecného vzorce $v = c\sqrt{RJ}$, ve kterém se určí koeficient c dle zkráceného vzorce Kutterova $c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$, nebo dle vzorce Ganguillet - Kutterova

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}\;.$$

Koeficient drsnosti m ve zkráceném vzorci Kutterově béře se u kanálů betonových a u kanálů z cihlového, dobře vyspárovaného zdiva $m = 0.35$. U hladkých kameninových a litinových trub mohl by se koeficient vzíti menší $m = 0.25$, ale vzhledem k eventuelní inkrustaci trub béře se $m = 0.30 - 0.35$.

Dosadíme-li do Kutterova vzorce hodnotu m = 0.25 a $R = \frac{d}{4}$ obdržíme :

střední rychlost $v = \frac{100\sqrt{R}}{0.25 + \sqrt{R}}\sqrt{RJ} = \frac{50\,d}{0.50 + \sqrt{d}}\sqrt{J}$.

Pro praktické potřeby sestaví se dle tohoto vzorce pro obvyklé profily tabulka nebo diagram, ze kterých lze pro dané průtočné množství a daný spád rozměry kanálu jednoduše odečísti.

Podobné tabulky a diagramy pro m = 0.25 a 0.35 viz Weyrauch - Das hydraulische Rechnen , dále Imhoff - Taschenbuch für Kanalisationsingeniere , R. Březina - Kanalisace města Chocně a j.

Poznámky : 1./ Spöttle béře pro výpočet drenáže vzorec :

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{0.27 + \sqrt{R}}\sqrt{RJ} = \frac{50\,d}{0.54 + \sqrt{d}}\sqrt{J}.$$

2./ Gieseler počítá drenáže a jednoduchá potrubí pro kryté odpady dle vzorce

$$v = c\sqrt{RJ} = 40\sqrt{\frac{d}{4}J} = 20\sqrt{D\,J}\ .$$

3./ Dle Knauffa může se při výpočtu kanálů kruhových dle vzorce

$$v = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ}$$, člen $\frac{0.00155}{J}$ vynechati, poněvadž

je jeho hodnota malá a oproti ostatním členům, zejména členu $\frac{1}{n}$ nepatrná.

Pak obdržíme : $v = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23\frac{n}{\sqrt{R}}}\sqrt{RJ} = \frac{23 + \frac{1}{n}\sqrt{R}}{23n + \sqrt{R}}\sqrt{RJ}$, anebo když označíme

$23 + \frac{1}{n} = a$, $23n = b$ též $v = \frac{a\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}\sqrt{RJ}$.

Tento vzorec podobá se úplně zkrácenému vzorci Kutterovu. Dosadíme-li

do něho hodnoty koeficientu drsnosti $\underline{n}$ obdržíme

Obecně Kruhový profil

1./ pro velmi hladké kanály a velmi hladké trouby z kameniny $n = 0.011$ $v = \frac{114\sqrt{R}}{0.25+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$; $\frac{57\,d}{0.50+\sqrt{d}}\sqrt{J}$

2./ pro méně hladké kanály a trouby $n = 0.012$ $v = \frac{116\sqrt{R}}{0.28+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$; $\frac{53\,d}{0.56+\sqrt{d}}\sqrt{J}$

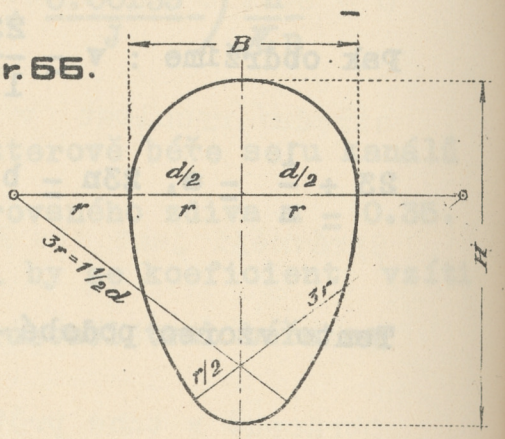
3./ betonové kanály a betonové i litinové trouby $n = 0.016$ $v = \frac{86\sqrt{R}}{0.37+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$; $\frac{43\,d}{0.74+\sqrt{d}}\sqrt{J}$

4./ zděné kanály a drsné trouby $n = 0.020$ $v = \frac{74\sqrt{R}}{0.46+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$; $\frac{37\,d}{0.92+\sqrt{d}}\sqrt{J}$

Koeficient drsnosti $\underline{m}$ béře se u kanálů betonových anebo u kanálů z cihlového, dobře vyspárovaného zdiva $m = 0.35$, u hladkých kanálů a hladkých trub kameninových a litinových $m = 0.25$, ale z důvodů bezpečnostních a vzhledem k možné inkrustaci stěn a k vůli bezpečnosti béře se i zde $m = 0.30 - 0.35$. Pro praktické potřeby sestaví se pro běžné profily tabulka nebo diagram, ze kterých se pro dané průtočné množství a daný spád rozměry profilu prostě odečtou. Taková tabulka pro kameninové a betonové roury nalézá se na str. 399. a pro železné / litinové / roury na str. 400.

c./ Pro vejčitý profil - obr. 66. - ve kterém stojí šířka $\underline{B}$ ku výšce $\underline{H}$ v poměru $B : H = 1 : 1\,1/2$ se špičkou dolu t.zv. normální vejčitý profil, platí tyto vzorce :

Obr. 66.



Plošný obsah profilu $F = 1.149\,d^2 = 4.594\,r^2$

Omočený obvod profilu $\omega = 3.965\,d = 7.930\,r$

Kameninové potrubí plné.

Množství protékající vody lit./sek. $Q = F.v$, rychlost v m/sek $v = \frac{100\sqrt{R}}{0{,}3+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$

Spád		1:5 20%	1:10 10%	1:15 6·67%	1:20 5%	1:25 4%	1:30 3·33%	1:35 2·86%	1:40 2·5%	1:45 2·22%	1:50 2%	1:60 1·67%	1:70 1·43%	1:80 1·25%	1:90 1·11%	1:100 1%	1:120 0·83%	1:140 0·71%	1:160 0·62	1:180 0·55%	1:200 0·5%	Spád	
ϕ10cm	Q	19·2	13·6	11·1	9·6	8·6	7·8	7·2	6·8	6·4	6·1	5·5	5·1	4·8	4·5	4·3	3·9	3·6	3·4	3·2	3·0	Q	ϕ10cm
F=78cm²	v	2·44	1·73	1·41	1·22	1·09	1·00	0·92	0·86	0·81	0·77	0·70	0·65	0·61	0·57	0·55	0·50	0·46	0·43	0·41	0·39	v	F=78cm²
ϕ15cm	Q	60	42	35	30	27	24	23	21	20	190	17·3	16·1	15·0	14·1	13·4	12·2	11·3	10·6	10·0	9·5	Q	ϕ15cm
F 177cm²	v	3·40	2·40	1·96	1·70	1·52	1·39	1·28	1·20	1·13	1·07	0·98	0·91	0·85	0·80	0·76	0·69	0·64	0·60	0·57	0·54	v	F=177cm²
ϕ20cm	Q	134	95	77	67	60	55	51	47	45	42	39	36	33	32	30	27	25	24	22	21	Q	ϕ20cm
F314cm²	v	4·27	3·02	2·46	2·14	1·91	1·74	1·62	1·51	1·42	1·35	1·23	1·14	1·07	1·01	0·95	0·87	0·81	0·75	0·71	0·67	v	F=314cm²
ϕ25cm	Q	249	176	144	125	111	102	94	88	83	79	72	67	62	59	56	51	47	44	42	39	Q	ϕ25cm
491cm²	v	5·08	3·59	2·93	2·54	2·27	2·07	1·92	1·80	1·69	1·61	1·47	1·36	1·27	1·20	1·14	1·04	0·96	0·90	0·85	0·80	v	F=491cm²
ϕ30cm	Q	413	292	238	206	185	169	156	146	138	131	119	110	103	97	92	84	78	73	69	65	Q	ϕ30cm
707cm²	v	5·84	4·13	3·37	2·92	2·61	2·39	2·21	2·07	1·95	1·85	1·69	1·56	1·46	1·38	1·31	1·19	1·10	1·03	0·97	0·92	v	F=707cm²
ϕ35cm	Q	632	447	365	316	283	258	239	223	211	200	182	169	158	149	141	129	119	112	105	100	Q	ϕ35cm
962cm²	v	6·57	4·64	3·79	3·28	2·94	2·68	2·48	2·32	2·19	2·08	1·90	1·76	1·64	1·55	1·47	1·34	1·24	1·16	1·10	1·04	v	F=962cm²
ϕ40cm	Q	724	645	526	456	408	372	344	322	304	288	263	244	228	215	204	186	172	161	152	144	Q	ϕ40cm
1257cm²	v	7·26	5·13	4·19	3·63	3·25	2·96	2·74	2·57	2·42	2·30	2·09	1·94	1·81	1·71	1·62	1·48	1·37	1·28	1·21	1·15	v	F=1257cm²
ϕ45cm	Q	1259	890	727	630	563	514	476	445	420	398	363	337	315	297	282	257	238	223	210	199	Q	ϕ45cm
1590cm²	v	7·92	5·60	4·57	3·96	3·54	3·23	2·99	2·80	2·64	2·50	2·29	2·12	1·98	1·87	1·77	1·62	1·50	1·40	1·32	1·25	v	F=1590
ϕ50cm	Q	1679	1187	969	840	751	685	635	594	560	531	485	449	420	396	375	343	317	297	280	265	Q	ϕ50cm
1964cm²	v	8·55	6·05	4·94	4·28	3·82	3·49	3·23	3·02	2·85	2·70	2·47	2·29	2·14	2·02	1·91	1·75	162	1·51	1·43	1·35	v	F=1964

Spád		1:225 0·44%	1:250 0·4%	1:275 0·36%	1:300 0·33%	1:350 0·29%	1:400 0·25%	1:450 0·22%	1:500 0·2%	1:600 0·17%	1:700 0·14%	1:800 0·12%	1:900 0·11%	1:1000 0·1%	1:1200 0·083	1:1400 0·071%	1:1600 0·062	1:1800 0·055	1:2000 0·05%	1:2500 0·04%	1:3000 0·033	Spád	
ϕ10cm	Q	2·9	2·7	2·6	2·5	2·3	2·1	2·0	1·9	1·8	1·6	1·5	1·4	1·3	1·2.	1·1	1·1	1·0	1·0	0·9	0·8	Q	ϕ10cm
78cm²	v	0·36	0·34	0·33	0·31	0·29	0·27	0·26	0·24	0·22	0·21	0·19	0·18	0·17	0·16	0·15	0·14	0·13	0·12	0·11	0·10	v	F=78cm²
ϕ15cm	Q	9·0	8·5	8·1	7·7	7·2	6·7	6·3	6·0	5·5	5·1	4·7	4·5	4·2	3·9	3·6	3·4	3·2	3·0	2·7	2·4	Q	ϕ15cm
177cm²	v	0·51	0·48	0·46	0·44	0·41	0·38	0·36	0·34	0·31	0·29	0·27	0·25	0·24	0·22	0·20	0·19	0·18	0·17	0·15	0·14	v	F=177cm²
ϕ20cm	Q	20	19	18·1	17·3	16·1	15·0	14·1	13·4	12·2	11·3	10·6	10·0	9·5	8·7	8·0	7·5	7·1	6·7	6·0	5·5	Q	ϕ20cm
314cm²	v	0·64	0·60	0·58	0·55	0·51	0·48	0·45	0·43	0·39	0·36	0·34	0·32	0·30	0·28	0·25	0·24	0·22	0·21	0·19	0·17	v	F=314cm²
ϕ25cm	Q	37	35	34	32	30	28	26	25	23	21	19·7	18·6	17·6	16·1	14·9	13·9	13·1	12·5	11·2	10·2	Q	ϕ25cm
491cm²	v	0·76	0·72	0·68	0·66	0·61	0·57	0·53	0·51	0·46	0·43	0·40	0·38	0·36	0·33	0·30	0·28	0·27	0·25	0·23	0·21	v	F=491cm²
ϕ30cm	Q	62	58	56	53	49	46	43	41	38	35	33	31	29	27	24	23	22	21	18·5	16·9	Q	ϕ30cm
707cm²	v	0·87	0·83	0·79	0·75	0·70	0·65	0·62	0·58	0·53	0·49	0·46	0·44	0·41	0·38	0·35	0·33	0·31	0·29	0·26	0·24	v	F=707cm²
ϕ35cm	Q	94	89	85	82	75	71	67	63	58	53	50	47	45	41	38	35	33	32	28	26	Q	ϕ35cm
962cm²	v	0·98	0·93	0·89	0·85	0·78	0·73	0·69	0·66	0·60	0·55	0·52	0·49	0·46	0·43	0·39	0·37	0·35	033	0·29	0·27	v	F=962cm²
ϕ40cm	Q	136	129	123	118	109	102	96	91	83	77	72	68	64	.59	54	51	48	46	41	37	Q	ϕ40cm
1257cm²	v	1·08	103	0·98	0·94	0·87	0·81	0·76	0·73	0·66	0·61	0·57	0·54	0·51	0·47	0·43	0·41	0·38	0·36	0·32	0·30	v	F=1257
ϕ45cm	Q	188	178	170	163	150	141	133	126	115	106	100	94	89	81	75	70	66	63	56	51	Q	ϕ45cm
1590cm²	v	1·18	1·12	1·07	1·02	0·95	0·88	0·83	0·79	0·72	0·67	0·63	0·59	0·56	0·51	0·47	0·44	0·42	0·40	0·35	0·32	v	F=1590
ϕ50cm	Q	250	238	226	216	200	188	177	168	153	142	133	125	119	108	100	94	88	84	75	68	Q	ϕ50cm
1964cm²	v	1·27	1·21	1·15	1·10	1·02	0·96	0·90	0·85	0·78	0·72	0·66	0·64	0·60	0·55	0·51	0·48	0·45	043	0·38	0·35	v	F=1964

Železné potrubí.

Průtočné množství $Q = F.v$. Průtočná rychlost $v = \frac{100\sqrt{R}}{0.25\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$.

Spád:		1:5	1:10	1:15	1:20	1:25	1:30	1:35	1:40	1:45	1:50	1:60	1:70	1:80	1:90	1:100	1:125	1:150	1:175	1:200	1:225	Spád	
Průměr m/m		20%	10%	6·67%	5%	4%	3·33%	2·86%	2·5%	2·22%	2%	1·67%	1·43%	1·25%	1·11%	1%	0·80%	0·67%	0·57%	0·50%	0·44%		
100	Q	20	15·2	12·4	10·8	9·6	8·8	8·1	7·6	7·2	6·8	6·2	5·8	5·4	5·1	4·8	4·3	3·9	3·6	3·4	3·2	Q	100
F=78cm²	v	2·55	1·94	1·58	1·37	1·22	1·12	1·03	0·97	0·91	0·87	0·79	0·73	0·68	0·63	0·61	0·55	0·50	0·46	0·43	0·41	v	78
150	Q	63	47·3	38·6	33·4	29·9	27·3	25·2	23·6	22·3	21·1	19·3	17·9	16·7	15·8	14·9	13·4	12·2	11·3	10·6	10·0	Q	150
177	v	3·55	2·68	2·19	1·89	1·69	1·55	1·43	1·34	1·26	1·20	1·09	1·01	0·95	0·89	0·85	0·76	0·69	0·64	0·60	0·56	v	177
200	Q	138	104·6	85·4	74·0	66·2	60·4	55·9	52·3	49·3	46·8	42·7	39·5	37·0	34·9	33·1	29·6	27·0	25·0	23·4	22·1	Q	200
314	v	4·40	3·33	2·71	2·36	2·11	1·92	1·78	1·67	1·57	1·49	1·36	1·26	1·18	1·11	1·05	0·94	0·86	0·80	0·75	0·70	v	314
250	Q	259	194	158·4	137·2	122·7	112·0	103·7	97·0	91·4	86·8	79·2	73·3	68·6	64·7	61·3	54·9	50·1	46·4	43·2	40·9	Q	250
491	v	5·25	3·95	3·23	2·80	2·50	2·28	2·11	1·98	1·86	1·77	1·61	1·49	1·40	1·32	1·25	1·12	1·02	0·95	0·88	0·83	v	491
300	Q	424	320	261	226	202	185	171	160	151	143	131	121	113	107	101	91	83	77	72	68	Q	300
707	v	6·00	4·53	3·70	3·20	2·86	2·62	2·42	2·26	2·14	2·03	1·85	1·71	1·60	1·51	1·43	1·28	1·17	1·08	1·01	0·96	v	707
350	Q	630	488	398	345	308	282	261	244	230	218	199	184	172	163	154	138	126	117	109	103	Q	350
962	v	6·51	5·07	4·14	3·58	3·21	2·93	2·71	2·54	2·39	2·27	2·07	1·92	1·79	1·69	1·60	1·43	1·31	1·21	1·13	1·07	v	962
400	Q	929	702	574	496	444	406	375	351	331	314	287	266	248	234	222	199	181	168	157	148	Q	400
1257	v	7·35	5·59	4·56	3·95	3·54	3·23	2·99	2·80	2·64	2·50	2·28	2·11	1·98	1·86	1·77	1·58	1·44	1·34	1·25	1·18	v	1257
450	Q	1273	966	789	683	611	558	517	483	456	432	395	365	342	322	306	273	250	231	216	204	Q	450
1590	v	8·06	6·08	4·96	4·30	3·84	3·51	3·25	3·04	2·86	2·72	2·48	2·30	2·15	2·03	1·92	1·72	1·57	1·45	1·36	1·23	v	1590
500	Q	1700	1266	1050	910	813	743	688	643	606	575	525	486	455	429	407	364	332	307	288	271	Q	500
1964	v	8·68	6·55	5·35	4·63	4·14	3·78	3·50	3·28	3·09	2·93	2·67	2·48	2·32	2·18	2·07	1·85	1·69	1·57	1·47	1·38	v	1964

Spád:		1:225	1:250	1:275	1:300	1:350	1:400	1:450	1:500	1:600	1:700	1:800	1:900	1:1000	1:1200	1:1400	1:1600	1:1800	1:2000	1:2500	1:3000	Spád	
Průměr m/m		0·44%	0·4%	0·36%	0·33%	0·29%	0·25%	0·22%	0·2%	0·17%	0·14%	0·12%	0·11%	0·1%	0·083	0·071%	0·062%	0·055%	0·05%	0·04%	0·033%		
100	Q	3·2	3·0	2·9	2·8	2·6	2·4	2·3	2·2	2·0	1·8	1·7	1·6	1·5	1·4	1·3	1·2	1·1	1·1	0·9	0·8	Q	100
F=78cm²	v	0·41	0·39	0·37	0·35	0·30	0·31	0·29	0·27	0·25	0·23	0·22	0·20	0·19	0·18	0·16	0·15	0·14	0·14	0·12	0·11	v	78
150	Q	10·3	9·5	9·0	8·6	8·3	7·5	7·0	6·7	6·1	5·6	5·3	5·0	4·7	4·3	4·0	3·7	3·5	3·3	3·0	2·7	Q	150
177	v	0·56	0·54	0·51	0·49	0·45	0·42	0·40	0·38	0·35	0·32	0·30	0·28	0·27	0·24	0·23	0·21	0·20	0·18	0·17	0·15	v	177
200	Q	22·1	20·9	19·9	19·1	17·7	16·5	15·6	14·8	13·5	12·5	11·7	11·0	10·4	9·5	8·8	8·3	7·8	7·4	6·9	6·0	Q	200
314	v	0·70	0·67	0·64	0·61	0·56	0·53	0·50	0·47	0·43	0·40	0·37	0·35	0·33	0·30	0·28	0·26	0·25	0·24	0·21	0·19	v	314
250	Q	40·9	38·8	37·0	35·4	32·8	30·7	28·9	27·4	25·0	23·2	21·7	20·4	19·2	17·7	16·4	15·3	14·5	13·7	12·3	10·8	Q	250
491	v	0·83	0·79	0·75	0·72	0·68	0·63	0·59	0·56	0·51	0·47	0·44	0·42	0·40	0·36	0·33	0·31	0·30	0·28	0·25	0·22	v	491
300	Q	68	64	61	58	54	51	48	45	41	38	36	34	32	29	27	25	24	23	20·5	18·4	Q	300
707		0·96	0·91	0·86	0·83	0·77	0·72	0·68	0·64	0·59	0·54	0·51	0·48	0·45	0·41	0·38	0·36	0·34	0·32	0·286	0·26	v	707
350	Q	103	98	93	89	82	77	73	69	63	58	55	51	49	45	41	39	36	35	31	28	Q	350
962	v	1·07	1·01	0·97	0·93	0·86	0·80	0·76	0·72	0·65	0·61	0·57	0·53	0·51	0·46	0·43	0·40	0·38	0·36	0·32	0·29	v	962
400	Q	148	141	134	128	119	111	105	99	91	84	79	74	70	64	59	56	52	50	44	40	Q	400
1257	v	1·18	1·12	1·07	1·02	0·95	0·88	0·83	0·79	0·72	0·67	0·63	0·59	0·56	0·51	0·47	0·44	0·42	0·40	0·35	0·32	v	1257
450	Q	204	193	184	176	164	153	144	137	125	116	108	102	97	88	82	76	72	68	61	54	Q	450
1590		1·23	1·22	1·16	1·11	1·03	0·96	0·91	0·86	0·78	0·73	0·68	0·64	0·61	0·56	0·51	0·48	0·45	0·43	0·38	0·34	v	1590
500	Q	271	257	245	235	217	203	192	182	166	154	144	136	129	117	109	102	96	91	83	73	Q	500
1964	v	1·38	1·31	1·25	1·20	1·11	1·04	0·98	0·93	0·85	0·78	0·73	0·69	0·66	0·60	0·[illegible]	0·52	0·49	0·46	0·42	0·37	v	1964

Hydraulický poloměr $R = \frac{F}{u} = 0.289\ d = 0.579\ r$

Výpočet vejčitého profilu provede se dle těchto vzorců :

Střední rychlost $v = c\sqrt{RJ} = 0.538\ c\sqrt{dJ} = 0.761\ c\sqrt{rJ}$.

Průtočné množství $Q = Fv = 0.618\ c\sqrt{d^5\ J} = 3.496\ c\sqrt{r^5\ J}$.

Relativní spád $J = \frac{h}{l} = \frac{Q^2}{0.618^2\ c^2\ d^5} = \frac{Q^2}{3.496^2\ c^2\ r^5}$.

Ztráta tlaku $h = l\ \frac{Q^2}{0.618^2\ c^2\ d^5} = l\ \frac{Q^2}{3.496^2\ c^2\ r^5}$.

Koeficient c ve vzorci $v = c\sqrt{RJ}$, ustanoví se jako u kruhového profilu nejlépe zkráceným Kutterovým vzorcem $c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$ s použitím dříve vytknutých hodnot koeficientu m, který obnáší pro betonové stoky a stoky z hladkého, cihlového, dobře vyspárovaného zdiva m = 0.35.

Jiné profily vejčité, tedy profily s jiným poměrem šířky a výšky, než u normálního profilu /2 : 3 / na př.
u stlačených vejčitých profilů s poměrem 1:1 1/3, 1:1 1/4, 1:1 1/5.....
u prodloužených ,, ,, ,, 1:1 2/3, 1:1 3/4, 1:1 4/5 atd.
ustanoví se pro hydraulický výpočet nutné argumenty, F, n, R, dle těchto poměrů.

Pro obrácené vejce / hruškovitý profil/ normálních rozměrů /1:1 1/2 / se špičnou nahoru, platí tytéž vzorce jako pro normální vejčitý profil, jestliže jest zcela vyplněn. Konečně mohou se vejčité profily libovolného tvaru počítati též dle vzorců pro kruhový profil, jestliže do vzorce pro kruhový profil $v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{d}{4}\ J}$ dosadíme místo $R = \frac{d}{4}$, čili $d = 4R = \frac{4F}{u}$ ekvivalentní hodnotu jakéhosi středního poměru $D = \frac{4F'}{u'}$, při čemž znamená F' plošný obsah a u' omočený obsah vejčitého profilu libovolného tvaru.

d / P r o f i l y s e g m e n t i c k é, t u n e l o v é ,

o b d é l n í k o v é a jiné , počítají se rovněž dle obecného

vzorce $v = c\sqrt{RJ}$, při čemž se koeficient odtoku c určí opět dle zkráceného vzorce Kutterova nebo dle vzorce Ganguillet-Kutterova.

°_°_°_°_°

§ 25. MATERIÁL KU STAVBĚ KRYTÝCH KANÁLŮ.

Kryté kanály staví se z tvrdého materiálu, kterým lze dosíci při náležité pevnosti hladkých a nepromokavých stěn. K stavbě menších kanálů užívá se trub kameninových a betonových, větší kanály staví se z kamene, cihel a betonu.

1./ Trouby z kameniny.

Trouby z kameniny vyrábí se z dobré cihlářské, jílovito-slínovité hlíny s přimícháním křemičité a šamotové moučky. Trouby lisují se z dobře propracované plavené hlíny do forem a po vysušení se při vysokém žáru asi 1500° až do sesklovatění hmoty pálí. Na povrchu polity jsou uvnitř i zevně mimo konců a hrdel glasurou, která se vytvoří při pálení chemickou cestou, totiž rozkladem kuchyňské soli / NaCl/, jejímž roztokem se syrové trouby natrou. Sůl se při vysokém žáru rozkládá a tvoří křemičitan sodnatý jako sklovitá glasura na povrchu trub

Ku stavbě vodovodných potrubí užívá se hrdlových trub kruhových o průměru 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600mm. Vedle trub kruhových vyrábí v některých továrnách též trouby průřezu vejčitého 20/30, 30/45, 40/60, až 60/90 cm, ale výroba těchto trub je velmi obtížná, poněvadž nelze dodržeti tvaru a nastanou lehko deformace, takže nelze trouby spojiti v souvislé potrubí.

Stěny trub jsou hladké ; jen konce trub a hrdla uvnitř jsou vroubkovaná, aby při těsnění tmel dobře lpěl ve spárách hrdlových. Trouby vyrábějí se v kusech přímých o stavební délce 60 - 100cm . Otvor hrdel jest o 3 - 5 cm širší. Tloušťka stěn obnáší přibližně $s = \frac{d}{20} + 10$ mm, d = průměr čili kalibr trouby .

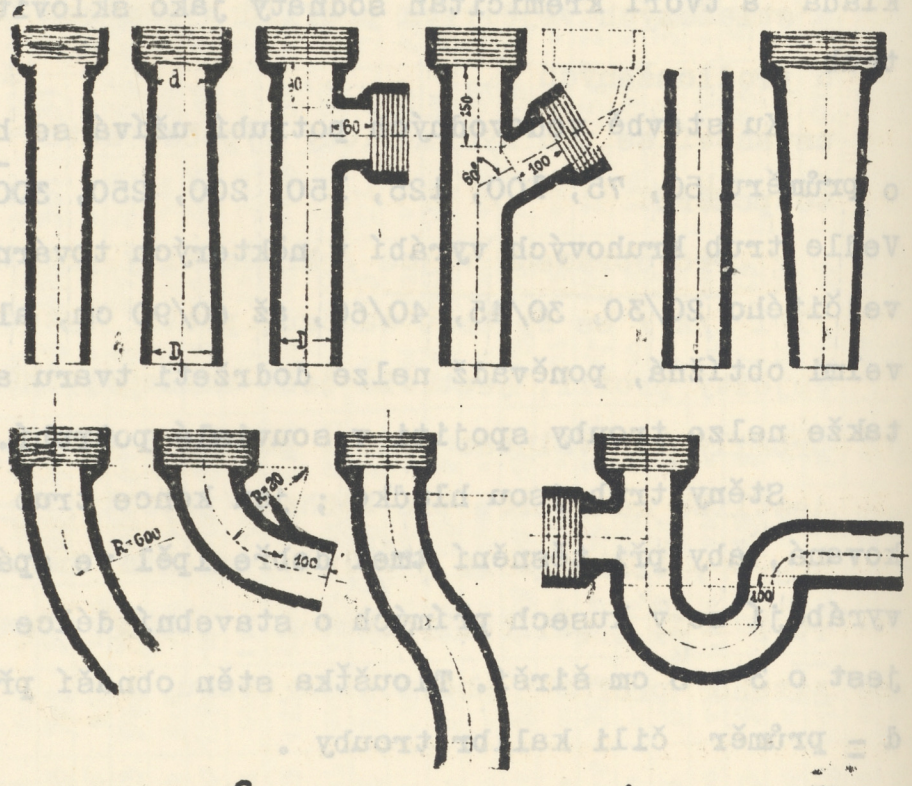
Rozměry rovných trub kameninových uvedeny jsou v následující tabulce, ale dotyčná čísla se u továren poněkud různí. Ostatní rozměry rovných trub patrny jsou z následující tabulky.

d = mm	100	1150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Tloušťka stěn mm	15	18	20	23	26	28	32	36	37	39	42
Otvor hrdla mm	166	222	274	334	390	446	500	558	614	668	722
Délka hrdla mm	60	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Váha 1 m stavební délky kg	16	25	35	53	66	85	108	137	150	180	207
Minimální pevnost roury 1m délky kg	2000	2500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500

Vedl. kusů přímých užívá se při stavbě různých kusů tvarových, jež jsou vyznačeny v obr. 67.

Sem náleží: odbočky pravoúhlé, jednoduché a dvojité, odbočky kosoúhlé, jednoduché a dvojité -5°, 60°, odbočky pro souběžná potrubí, přechody čili redukční kusy ku změně průměru potrubí, kusy konické, hladké spojky bez hrdel, přesuvky čili dvojitá hrdla k spojování přímých kusů; oblouky pro mírné zatáčky se středovým úhlem 60°, 45°, 30°, 22 1/2° s poloměrem zakřivení rovn. dasateronásobnému průměru trub R = 10 d; kolena pro ostré zatáčky se stř. úhlem 90°, 45°, 30°. oblouky odsazené pro souběžné odsazení potrubí, vodní uzavírky čili syfony atd.

Obr. 67.



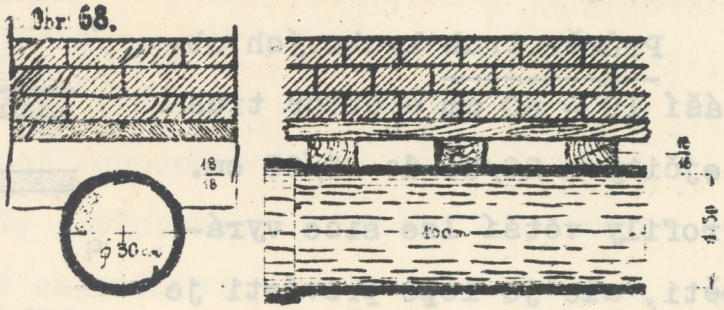
Kameninové trouby jsou velmi dobrým materiálem pro stavbu vodovodů. Vyznamenávají se velkou pevností, jsou stálé ve vodě, vzdorují vlhkosti půdy a spodní vodě, jsou nepromokavé a následkem dobře lpící glasury vždy hladké.

Kameninové trouby musí však býti bezvadné jakosti, musí býti vyrobeny z dobrého plaveného materiálu, bez vápenných a křemenných pecek, hlína musí býti dobře vyleželá dobře propracovaná a při vysokém žáru vypálená. Trouby musí býti uvnitř hladké, při oklepávání musí dávati jasný zvuk, struktura na lomu musí býti stejnorodá, jadrná a sesklovitělá, lom lasturnatý. Barvy jsou kameninové trouby v průřezu šedomodravé, hnědé, načervenalé neb nažloutlé ; na kvalitu trub jest však barva bez významu a řídí se dle chemického složení hlíny, ze které jsou trouby vyrobeny. Glasura musí na stěnách dobře lpěti a při oklepávání nesmí odprýskávati. Trouby musí býti tvrdé, ale při tom ne křehké, nýbrž elastické, takže se dají dlátem obráběti.

Střep ponořen 24 hodin do vody nesmí vsáknouti více vody než 2-5% dle váhy ; ještě spolehlivější jest zkouška, když se malý úlomek trouby vaří 1 hodinu ve vodě a potom se nechá státi 24 hodin ve vodě. Přírůstek na váze nesmí býti větší než 2 - 5 % ; obyčejně se při dobrém materiálu naukáže vůbec žádný přírůstek .

Pevnost kameninových trub v tlaku udává se obyčejně zatížením trouby 1 m délky ve vrcholu do úplného zlomu trouby, které se provede buď pokusným zatížením cihlami/ obr. 68/ nebo zvlášť k tomu konstruovaným hydraulickým lisem od Koenema. Zatížení stupňuje se pozvolna až do deformace materiálu a úplného zlomení trub a při tom pozorují se elastické pohyby stěn při různém zatížení. Pevnost kamenino -

Obr. 68.



vých trub, t.j. celkové zatížení trub do zlomení, obnáší u trouby 1 m

dlouhé 3000 až 5000 kg. Minimální pevnost, totiž minimální zatížení trub do zlomení závisí na průměru trub a obnáší 2500 až 3500 kg na 1 m délky.

Co se týče tlaku vnitřního, tu jest pokusy dokázáno, že mohou jednotlivé trouby, zapnuté do hydraulického vodního lisu, vydržeti tlak až 5 - 6 atmosfer, nicméně nelze kameninových trub z bezpečnostních důvodů, zejména se zřetelem na nejistotu při utěsnění hrdel, použíti pro vodovody, ve kterých stojí voda pod větším tlakem než jedna atmosféra.

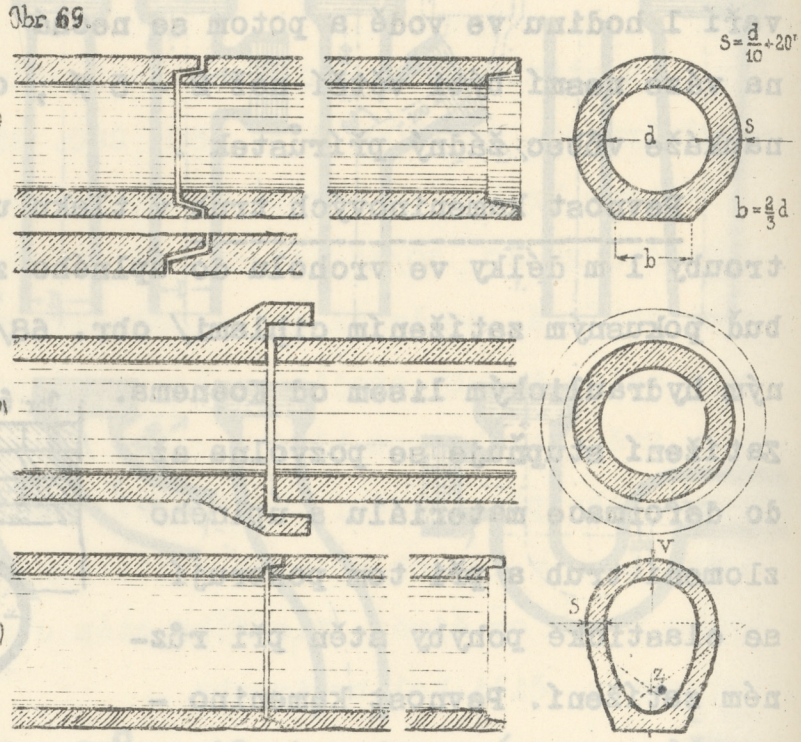
2./ T r o u b y b e t o n o v é .

Trouby betonové vyrábějí se z portlandského cementu, režného písku a drobného štěrku 10 - 20 mm zrna v poměru 1 : 2 : 3 - 1 : 3 : 4, který se musí vzhledem k různosti upotřebeného materiálu vyzkoušeti. Beton pěchuje se do rozkládacích železných forem /kadlubů/ úzkými železnými pěchovadly ručními nebo strojovými.

Ve formě zůstanou trouby asi 1 - 2 dny státi až cement ztvrdne, načež se trouba uvolní a nechá nejméně 2 měsíce leželi a častěji se polévá vodou až beton úplně ztuhne.

Trouby vyrábějí se v kusech 1 m délky, v průřezu jsou tvaru kruhového nebo pro účely kanalisační vejčitého se širokou základnou, aby se ve stavební jámě lépe uložily. Obr. 69 a-c.

Obr 69.



Průměr trub kruhových obnáší 10 - 60 cm a otvor trub vejčitých 20/30 do 60/90 cm. Profily větší lze sice vyráběti, ale je lépe provésti je pěchováním přímo ve stavební jámě, poněvadž je doprava

takových trub pro jejich velkou váhu obtížná a nebezpečná, ježto se trouby při dopravě snadno poškodí.

Tloušťka stěn betonových trub kruhových obnáší $s = \frac{d}{10} + 15$ mm až $\frac{d}{10} + 20$ mm ; trouška betonových trub vejčitých obnáší v patkách asi $s = \frac{d}{10} + 20$ mm, tloušťka ve vrcholu a základně bývá z důvodů statických něco větší . Šířka základny čili ložné plochy jest asi $b = \frac{2}{3} \div \frac{3}{4} d$.

Rozměry betonových trub kruhových a vejčitých sestaveny jsou v následujících dvou tabulkách :

Betonové trouby kruhové :

Průměr d mm	100	150	200	250	300	350	400	500	Poznámka:
Tloušťka stěn s mm	20	26	30	38	42	44	46	52	
Tloušťka vrcholu v mm	20	26	30	38	42	44	46	52	
Tloušťka dna z mm	20	26	30	38	42	44	46	52	
Šířka základny b mm	80	120	160	180	220	250	280	280	
Váha 1 m kg		36	58	93	130	150	200	280	
Stavební délka m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Minimální pevnost na 1 m délky kg	2000	2000	2000	2000	2500	2500	2500	3000	

Betonové trouby vejčité:

Profil cm	20 — 30	25 — 37.5	30 — 45	35 — 52.5	40 — 60	50 — 75	60 — 90	70 — 105	Poznámka :
Tloušťka stěn s mm	40	45	48	55	64	70	87	98	
Tloušťka vrcholu v mm	40	45	56	65	76	92	115	140	
Tloušťka základ. z mm	45	53	58	60	70	90	102	120	
Šířka základny b mm	150	180	210	250	280	320	400	440	
Váha 1 m kg	110	145	160	320	320	395	550	700	
Stavební délka m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Minimální pevnost na 1 m délky kg	2500	2500	3000	3000	3400	3400	3800	4200	

Betonové trouby mají značnou pevnost v rozdrcení. Jako minimální pevnost, totiž zatížení betonových trub ze směsi 1 : 3 : 4 , při kterém nastává deformace, platí dle údajů německého spolku betonářského z roku 1910 hodnoty uvedené v hořejších tabulkách. O této pevnosti nutno se pokusným zatížením, naznačeným u kameninových trub nebo hydraulickým lisem od Koenena přesvědčiti . Z uvedených hodnot minimální pevnosti jest patrno, že jsou u větších profilů vejčité trouby staticky výhodnější než-li kruhové.

K stavbě potrubí užívá se vedle přímých kusů též kusů tvarových : odboček pravoúhelných a kosoúhelných, kusů přechodných čili redukčních oblouků kolen a j., podobně jako u trub z kameniny, ale je výroba těchto kusů z pěchovaného betonu dosti obtížná. Hodí se proto betonové trouby ku stavbě jednoduchých, přímých vodovodných potrubí. Odbočky, soutoky, lomy a j. provedou se ve vstupních komorách, osazených do průběžného potrubí.

Ku spojování betonových trub do souvislého potrubí opatřeny jsou trouby na obou koncích poludrážkami, které do sebe zapadají. K vůli lepšímu spojování vyrábí se betonové trouby též s hrdly, podobně jako trouby kameninové .

Betonové trouby jsou dobrým materiálem pro vodovody. Jejich vadou jest, že nevzdorují dosti mechanickému vlivu tekoucí vody, obzvláště když tato obsahuje kyseliny neb žíraviny . Tekoucí voda, která unáší písek a štěrk, obrušuje trouby,a kyseliny, které se nalézejí ve vodách odpadních, rozkládají a ničí cement. Beton poškozuje a rozkládá se též spodní vodou v půdě, když obsahuje kyselinu humínovou na př. v půdě rašelinovité a kyselinu sírovou, která vzniká zvětráváním kyzu / Fe S/ v půdě. Betonové trouby nejsou také úplně vodotěsné; ku zvýšení vodotěsnosti máme sice různé prostředky, na př. že se ku výrobě trub upotřebí tučnější směs betonová a že se opatří stěny uvnitř a zevně nepromokavými nátěry : Kesslerovými fluaty, siderostenem, inertolem a pod., ale ve dně trouby tyto nátěry nepomáhají, poněvadž se ubrousí vodou.

Veškeré tyto vady betonových trub nejsou však takového rozsahu, aby se jich nemohlo použíti ; při dobrém materiálu / cementu, písku a štěrku/, dobrém míchání a pěchování betonu, dobrém sušení a polévání, jakož i při delším odležení trub / aspoň dva měsíce/, mohou se cementobetonové trouby pro vodovody beze všeho užíti. V každém případě třeba přihlížeti k tomu, aby průtočná rychlost nebyla větší než 1.5 m a voda neodnášela ssebou mnoho písku. Přichází-li s vodou písek, musí se tento v lapači písku před vtokem zachytiti. Jinak jsou trouby z kameniny ovšem pevnější, trvanlivější , ale i dražší.

3./ T r o u b y z v y z t u ž e n é h o b e t o n u .

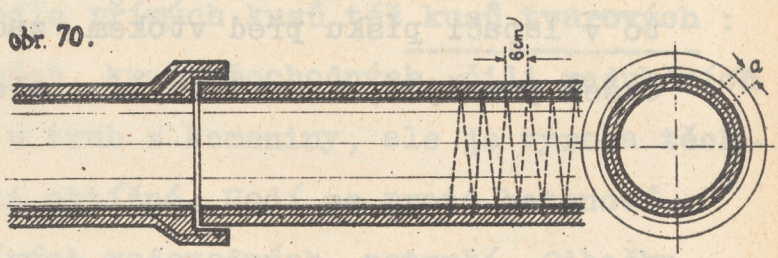
Betonové trouby vyrábějí se pro účely vodovodní zpravidla jen z pěchovaného betonu, ale v poslední době užívá se k vodovodům hydraulickým, obzvláště však k vodovodům hydrostatickým též trub z vyztuženého betonu, které mají větší pevnost na průhyb a jsou lehčí než trouby z pěchovaného betonu, ba dokonce výhodnější než trouby ze železné litiny. Používá se jich při stavbě vodovodů když jsou trouby namáhány na ohyb, na př. při podajné půdě, při kladení trub na nasypaném základě a dále tam, kde stojí trouby pod vnitřním tlakem, na př. při shybkách, výtlačných řádech, tedy tlakových vodovodech.

Trouby z vyztuženého betonu vyrábějí se ve tvaru kruhovém o průměru 200 - 600 mm ; větší profily zhotovují se přímo ve stavební jámě. V poslední době provedena v Itálii, Švýcarsku a Americe betonová potrubí o průměru až 3 m a délce do 50 km.

Při malých kalibrech /200 - 600 mm/ zhotovují se v kusech asi 2 m délky, které se spojují ve stavební jámě do souvislého potrubí buď pomocí hrdel nebo přesuvek ; při větších profilech staví se betonové potrubí v jednom kuse přímo ve stavební jámě.

Armatura trub bývá různého složení. Při nejčastěji užívané soustavě Monierově pozůstává armatura z podélných prutů z oblého železa a napříč do spirály vinutého ocelového drátu, který se na více místech váže drátěnými sponkami s podélnými pruty, tak aby jednotlivé kruhy byly od sebe asi 100 mm vzdáleny . Obr. 70.

obr. 70.

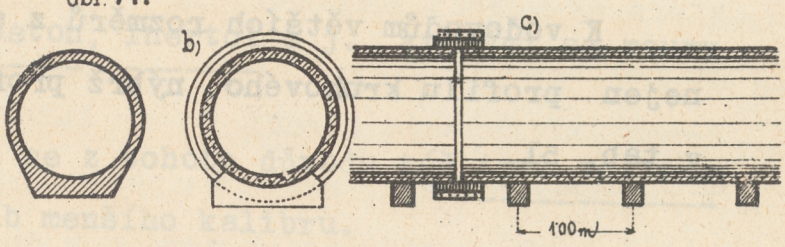


Při výrobě trub z vyztuženého betonu použije se válcových forem, na které se nanese nejprve hustá cementová malta v poměru mísení 1 : 2, na tuto vrstvu položí se železná armatura, která se sváže drátem a na to zabetonuje. Válec se po ztvrdnutí betonu odstraní.

Tloušťka a vzdálenost podélné a příčné armatury závisí na velikosti vnitřního tlaku. Úhrnná tloušťka trub obnáší asi 1/10 průměru .

Aby se trouby ve stavební jámě lépe uložily, opatří se na celé délce širokou základnou, podobně jako trouby z pěchovaného betonu, nebo se opatří ve vzdálenostech asi 1 m podložkami . Obr. 71.

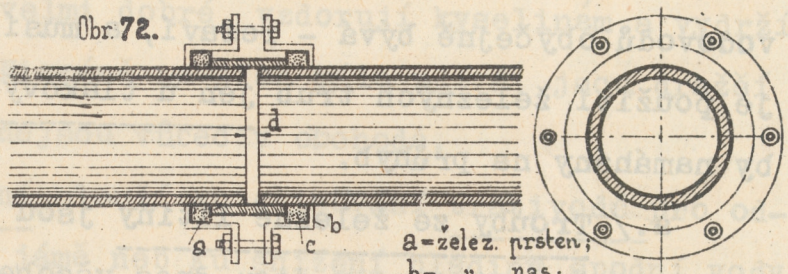
Obr. 71.



Spojování trub do souvislého potrubí děje se u trub do 600 mm průměru pomocí hrdel, která se utěsní cementovou maltou, anebo se trouby srazí na tupý styk a spára ovine se ve způsobu bandáže přesůvkou z vyztuženého betonu, zhotovenou ve stavební jámě.

Potrubí velkého průměru zhotoví se jak již řečeno v jednom kuse přímo ve stavební jámě. Dlouhá potrubí musí se opatřiti, jestliže teplota vody ve vodovodu kolísá, ve vzdálenosti asi 100 m dilatačními spárami, u nichž je styčná spára obepjata železnou přesůvkou, utěsněnou kaučukovou vložkou. Obr. 72.

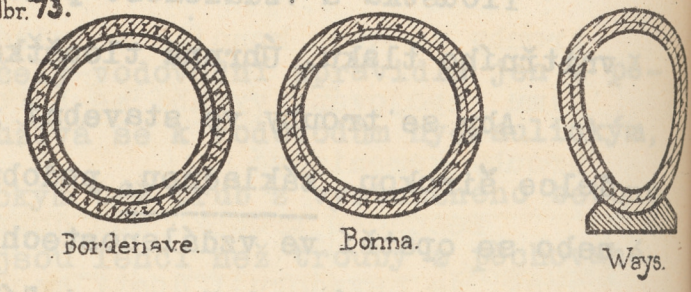
Obr. 72.



Vedle trub Monierovy soustavy užívá se i jiných výztuh. U trub Zisslerových pozůstává výztuha z jednoduchého drátěného pletiva, na které se nanese cementová malta. U trub soustavy Bordenave pozůstává podélná i příční armatura ze slabých I profilů ; u trub soustavy Bonna pozůstává podélná i příčná armatura ze slabých křížových + profilů ; u soustavy Chasinovy použito je pro podélnou výztuž úhlových ⊏ profilů a pro příčnou spirálovitou výztuž I profilů . Obr. 73.

U trub soustavy Ways a Freytag použito je dvojité spirální výztuž z ocelového drátu. Trouby o vejčitém profilu opatřeny jsou ve dně sedly a spojují se ve stavební jámě přesůvkami /bandážemi/.

Obr. 73.



K vodovodům větších rozměrů z armovaného betonu může se použíti nejen profilu kruhového, nýbrž profilů libovolných tvarů, vyznačených v tab. 51.

4./ Trouby ze železa a jiného materiálu.

Trub železných užívá se při stavbě vodovodů hydraulických jen tam, kde to místní poměry vyžadují, na př. při podvedení vodovodu pod železnicí, při vodovodech založených mělce v cestách a silnicích, když stává nebezpečí, že by se kameninové neb betonové trouby mohly tíží povozů poškoditi, při stavbě shybek a akvaduktů a j. Jinak nutno podotknouti, že železné roury když nejsou vyplněny vodou - jak to u hydraulických vodovodů obyčejně bývá - rezaví, a musí se občas vyměniti. Odůvodněno je použití železných trub jen u tlakových vodovodů a tam, kde jsou trouby namáhány na průhyb.

a./ Trouby ze železné litiny jsou buď hrdlové nebo přírubové a jejich rozměry stanoveny jsou dnes všeobecně platným normálem spolku německých inženýrů a architektů. Trouška stěn obnáší asi $s = \frac{d}{60} + 8$ mm. Litinové trouby mají průměr 10 - 120 cm a užívá se kusů rovných a různých kusů tvarových jako : odboček, kusů přechodných, oblouků, kolen, kusů pro souběžná odsazení /dvojité oblouky/, sifonů, kusů k čištění a revisi potrubí s otvorem uzavřeným záklopkou, která se přitáhne pomocí třmene nebo šroubů, kusů pro přechod litinového a kameninového potrubí atd. Blíže o tom u vodovodů tlakových .

Aby litinové trouby nerezavěly, opatří se u nitř i zevně asfaltovým nátěrem, který se provádí tím způsobem, že se čisté, nezarezavělé kusy litinové ohřejí na 150 - 200° a na to ponoří do vroucího asfaltu, jemuž se přimíchá něco lněného oleje a dehtu. Úplně nelze však rezavění litiny nátěrem zabrániti, poněvadž se nátěr časem otře ; následkem toho litina časem rezaví. V poslední době doporučují se v odchodě též různé preparáty proti rezavění : sidoreston, inertol a j., kterými se roury natrou.

Pro účely vodárenské používá se z tohoto důvodu též trub pozinkovaných které nerezaví, ale jen trub menšího kalibru.

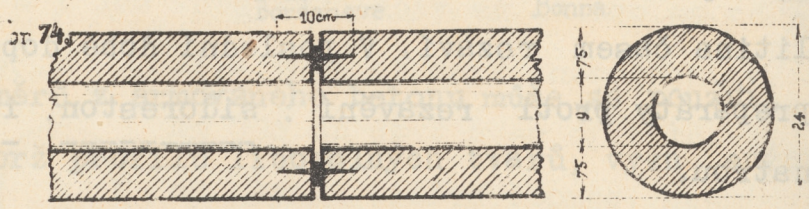
b./ Trub kujnoželezných, nýtovaných neb svařených, užívá se u vodovodů hydraulických jen ve zvláštních případech, když jsou trouby namáhány na ohyb nebo když jsou zatíženy velkým vnitřním tlakem, na př. při shybkách, násoskových svodech a p.

c./ Trouby asfaltové vyrábí se z papíru, který se motá a lisuje na válec a při tom se namáčí v horkém roztoku asfaltu a dehtu. Spojování asfaltových trub děje se železnými přesůvkami, utěsněnými asfaltovým tmelem. Asfaltové trouby jsou velmi dobré, vzdorují kyselinám a vydrží značný tlak vnitřní i vnější. Nicméně se jich málo užívá, jsou dražší než trouby z kameniny a u nás nejsou vůbec v obchodě.

d./ Hliněné trubky drenážní slouží ku zřizování trativodů pro odvádění spodní vody ve stavební jámě neb ku snížení hladiny spodní vody při stavbě krytých kanálů. Průměr drenážních trubek, jichž se pro tyto účely používá, obnáší 10 - 12 cm ; délka trubek jest 30 cm. Trativody kladou se pode dno, nebo po obou stranách kanálu a složí se z drenážních trubek, které se srazí bez hrdel a nátrubků. Místo drenážních trubek užívá se ku stavbě trativodů pro odvádění spodní vody trub kameninových 10 - 15 cm průměru ; plnostěnných, neb v horní polovici dírkovaných , které se spojí otevřenými hrdly, aby do nich voda snadno vnikala.

Trativody obloží se štěrkem, aby se zamezilo vnikání stržené hlíny a jemného písku do trativodu.

e./ Trouby dřevěné čili vrtané vyrábějí se z rovných, borových neb smrkových kmenů 25 - 30 cm tloušťky a 4 - 6 m délky, ve kterých jest vyvrtán otvor 8 - 10 cm světlosti Spojování děje se kotouči /zdeři/ze železného plechu, které se narazí koncentricky do čel trub /obr.74/, nebo čepem, přitaženým obručí z pasového železa, která se narazí za horka. Dřevěných trub používalo se k vodovodům v dřívějších dobách ; dnes jich používáme velmi zřídka, neboť jsou poměrně drahé a málo trvanlivé ; používá se jich pouze k přivádění minerálních vod uhličitých, sirných,v lárních, solivarech a pod., jež kovové trubice rozrušují. V poslední době používá se k vodovodům též trub z borových, smrkových a modřínových dýh 2 - 3 cm tloušťky, které se spojují ve stavební jámě do souvislého potrubí na drážku a pero a stahují železnými obručemi.



5./ Materiál pro kanály zděné.

Větší vodovody staví se z kamene, cihel a betonu.

Kamene užívá se při stavbě hlavních přiváděčů vodárenských tvaru obdélníkového ; profily kruhové dají se však těžko provésti, ale možno ho i zde užíti. Kámen musí býti pevný, tvrdý a trvanlivý, stálý ve vodě, plochého tvaru a musí se dáti dobře opracovati . Ku stavbě užívá se nejvíce kamene lomeného, kterým lze dosíci nejlépe nepromokavé zdivo, ale může se upotřebiti též kamene opracovaného /Hackelstein/ a kamene tesaného /Haustein/.

Celkem používá se kamene ku stavbě krytých vodovodů zřídka, poněvadž dobrého kamene všude není po ruce a poněvadž nám poskytuje dnes beton a dobrá kanálová cihla výhodnější a lacinější materiál .

Obyčejná cihla, které se používá v pozemním stavitelství, ku stavbě krytých kanálů se nehodí, poněvadž jest měkká, porosní, má malou pevnost a trvanlivost a ve vodě se rozpadá. Velmi dobrým materiálem jest však ostře vypálená kanálová cihla, která má něco menší formát než obyčejná cihla ; lisuje se z dobře propracované, plavené hlíny a pálí při vysokém žáru /1500°/ . Tyto cihly mají tvar souběžného hranolu, ale ku klenutým částem zdiva používá se též cihel klinovitých / klenáků/, aby se nemusely jednotlivé kusy přitesávati. Při poloměru větším než 50 cm může se však ku klenbě užíti souběžných cihel, poněvadž se silnější klenba provádí vždy v souběžných prstencích /pasech/ na půl cihly /12 cm/.

Cihly musí býti na povrchu hladké, ostrohranné, úplně stejných rozměrů ; v průřezu mají býti stejnorodé struktury a lasturnatého lomu. Pevnost v tlaku nemá býti menší než 2500 kg/cm^2. Ponořeny 24 hodin do vody nemají přibrati na váze více než 7 - 10% . Styčné plochy cihel jsou buď rovné, hladké nebo rýhované, aby malta na cihlách lépe lpěla, což jest důležité zejména při stavbě klenutých částí profilů.

Kámen a cihly ku stavně musí býti čisté a prosté všech zemitých součástek a prachu. Kámen, který není úplně čistý, musí se postřikovati vodou a očistiti ostrým kartáčem. Cihly musejí se před použitím přebrati a jednotlivě prohlédnouti, zda-li jsou bezvadny. Kusy závadné se vyloučí a upotřebí k výplni mezi zdivem kanálu a stěnami stavební jámy. Cihly močí se nějakou dobu ve vodě, aby se spojily lépe s cementovou maltou a neodjímaly jí vodu, poněvadž by malta příliš vyschla a vznikly by trhliny. Kámen polije se před použitím rovněž vodou.

Beton jest při stavbách krytých kanálů ve vodárenství, kanalisací a jinde velmi rozšířen. Používáme pěchovaného betonu z portlanského cementu, režného písku a štěrku v poměru :

pro základny . . . . . 1 : 3 : 5 až 1 : 4 : 6

pro rovné boční zdi . . . . . 1 : 2 : 4 až 1 : 3 : 6

pro klenby a klenuté boky . . . . 1 : 2 : 3 až 1 : 2 : 6

Čím mastnější jest beton, tím větší jest jeho pevnost a nepromokavost, ale záleží při tom na práci a jakosti materiálu, zejména písku. Při rozsáhlých stavbách třeba ustanoviti správný poměr míchání se zřetelem na vyžadovanou pevnost a nepromokavost .

Vyztuženého betonu užívá se jen ve zvláštních případech, na př. při stavbě kanálů na podajné, neúnosné půdě, když lze očekávati namáhání zdiva na ohyb, dále při stavbě shybek a akvaduktů, při stavbě kanálů, položených v cestách v malé hloubce pod povrchem a j.

°—·—·—°

§27. PEVNOST KRYTÝCH KANÁLŮ.

Kryté kanály musí býti tak konstruovány, aby byly staticky pevné a stabilní a aby bylo zdivo namáháno pokud možno jen na tlak. Při posuzování pevnosti krytých kanálů přichází v úvahu jejich tvar a tloušťka klenby a opěrných zdí, které však představují u obvyklých profilů jen pokračování klenby.

Tloušťka klenby ve vrcholu s stanoví se dle různých empirických vzorců, jichž se užívá též při stavbě mostů, totiž :

dle R a n k i n a $s = 0.2\sqrt{r}$; r je poloměr klenby v metrech,

dle P e r o n e t t a $s = 0.07\ r + 0.33$ m ; r = poloměr klenby v metrech,

dle R o n d e l e t a $s = 0.05\ d + 0.36$ m ; d = rozpětí klenby v metrech.

Tloušťka opěrných zdí v patce $z = 0.04\ r + 0.4$ m.

Tímto způsobem obdržíme však příliš velké rozměry zdiva ; poměrně nejsprávnější hodnoty obdržíme pro kanály zděné z cihel a kamene dle horního vzorce od R a n k i n a $s = 0.2\sqrt{r}$ met., na př. pro

$r = 0.4 - 0.5 - 0.8 - 0.9 - 1.0 - 1.5 - 2.0 - 2.5 - 3.0$ m

$s = 0.12 - 0.14 - 0.15 - 0.17 - 0.20 - 0.25 - 0.28 - 0.32 - 0.34$ m,

kdežto hodnoty se u cihlového zdiva zaokrouhlí na 1/2 cihly /12 cm/.

S takto ustanovenými rozměry vyšetříme grafostaticky pevnost a stabilitu zdiva, ale při tom nesmíme zapomenouti, že hluboké podzemní kanály nelze srovnávati s mosty, poněvadž jsou zde poměry zatížení zcela jiné, než-li u klenutých mostů zatížených vozovkou a eventuelně malým zásypem mezi klenbou a vozovkou.

Obecně můžeme ustanoviti tvar a tloušťku klenby krytých kanálů a tloušťku opěrných zdí, když vyšetříme zatížení klenby a kanálového zdiva a když na základě toho vyšetříme pevnost a stabilitu zvoleného profilu buď statickým výpočtem, nebo grafostaticky, pomocí tlakové čáry.

To platí zejména o kanálech větších rozměrů, na př. pro překlenuté potoky, překlenuté náhony a pod.

Zatížení krytých kanálů pozůstává :

a/ ze svislého zatížení zásypu nad kanálem,

b/ zatížení vozidly /dopravou/, když kanál leží v cestě a

c/ z vnitřního tlaku vody a vnějšího tlaku zeminy.

a./ Zatížení zásypem nad klenbou závisí v prvé řadě na výšce zásypu /krytu/, tedy kubickém obsahu a specifické váze zeminy, která obnáší u suché zeminy asi 1600 kg, u rozmočené a vodou nasycené zeminy asi 2000 kg/m^3 . Z důvodů bezpečnostních doporučuje se počítati s poslední větší hodnotou. Označíme-li B šířku kanálu , t hloubku kanálu od vrcholu klenby do výšky území, tedy výšku zásypu, bude obnášeti tlak na 1 běž. metr klenby P = B. t. 2000 kg. Položíme-li B = 1, obdržíme tlak na 1 m^2 P = t. 2000 kg.

Ve skutečnosti má však na velikost zatížení vliv též způsob sypání a relativní hloubka kanálu. U kypréhо neb vodou rozmočeného materiálu bude zatížení větší než-li u materiálu pěchovaného a dobře usedlého, poněvadž se pěchovaná zemina spojí se stěnami stavební jámy, takže se velká část tohoto zatížení zachytí třením o boky stavební jámy a přenáší se soudržností zeminy na přilehlou půdu boků. Z tohoto důvodu používáme k zásypu pokud možno suchého materiálu, který se ve vrstvách dobře pěchuje. Tím zmenší se zatížení kanálu a mimo to zamezí ssedání zásypu nad kanálem a vnikání průlehů, které se musí opracovati, zejména když kanál leží v cestě.

Dále bylo pokusy shledáno, že svislého zemního tlaku přibývá jen do jisté hloubky - asi do 5 m a pak že jest tento tlak konstantní, tedy závislý na hloubce. Přesný zákon tohoto přibývání tlaku s hloubkou není dosud vyšetřen. Dle Frühlinga počítá se tlak zeminy na 1 jednotku délky kanálu dle vzorce $p_1 = \frac{1}{3}$ B. 2000 $\frac{5^3 - (5-t)^3}{5^2}$, při čemž je B šířka,

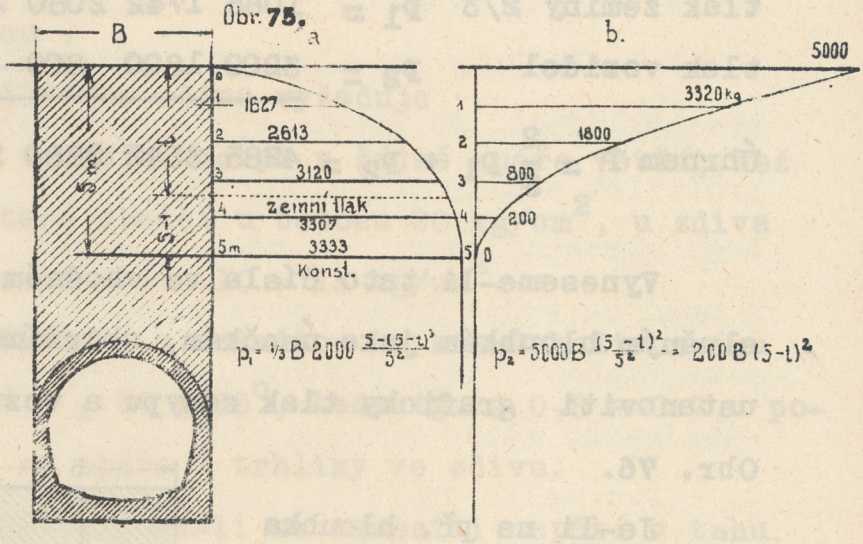
t hloubka kanálu. Pro B = 1 obdržíme tlak na 1 m^2 projekce kanálu při různých hloubkách v kg. /Obr. 75 /.

Při t =	1	2	3	4	5	6	7	met.
jest p_1 =	1627	2613	3120	3307	3333	3333		konst.

Pro půdu slehlou stačí však dle téhož autora vzíti jen 2/3 těchto hodnot a za tohoto předpokladu obdržíme tlak zeminy na 1 m^2 při hloubce

	t =	1	2	3	4	5	6	7 met
2/3	p_1 =	1085	1742	2080	3305	2222	2222	konst.

U kanálů s malou výškou zásypu - do 3 m - bude však radno počítati z důvodů bezpečnostních s celou váhou rozmoklého zásypu $p_1 = t.2000$ kg/m^2 poněvadž materiál, dokud se nesesednul, spočívá skutečně celou svojí váhou na klenbě kanálu. Rovněž tak působí materiál celou svojí tíží na klenbu, když je vodou rozmočen, poněvadž pěchování nemá zde účinku a tření mokré zeminy o boky stavební jámy je nepatrné. Obr. 75 a.



b./ Zatížení vozidly přichází v úvahu, když kanál leží v cestě; ono obnáší podobně jako u mostů 1000 - 5000 kg/m^2 Pokusy bylo však shledáno, že tohoto zatížení ubývá kvadraticky s hloubkou kanálu a ve hloubce asi 5 m že je tlak způsobený projíždějícími vozidly při dobrém pěchování zásypu rovný nule, poněvadž se tlak vozidly přenáší pěchovaným materiálem na rostlou půdu boků . Obr. 75.b.

Označíme-li t hloubku kanálu, q tlak vozidel dopravy na 1 m^2 vozovky, bude tlak v libovolné hloubce kanálu pod vozovkou na 1 jednotku délky kanálu při šířce B a při specifickém zatížení $q = 5000$ kg/m^2 obnášeti

$$p_2 = Bq\frac{(5-t)^2}{5^2} = B.500\frac{(5-t)^2}{5^2} = B.200\,(5-t)^2 .$$

Položíme-li $B = 1$, obdržíme tlak vozidel na 1 m^2 $p^2 = 200\,(5-t)^2$.

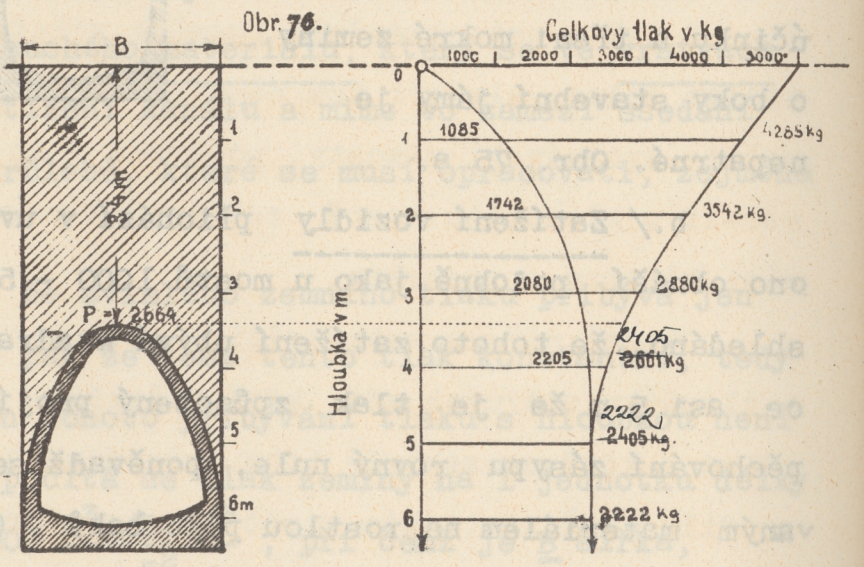
Tlak vozidly klesá tedy dle parabolické křivky s horizontální osou, vzdálenou 5 m pod povrchem území.

Úhrnný tlak na 1 m^2 projekce kanálu obnáší tedy $P = 2/3\ p_1 + p_2$

při hloubce	$t =$	1	2	3	4	5	6	7 met
tlak zeminy 2/3	$p_1 =$	1085	1742	2080	2205	2222	2222	konst.
tlak vozidel	$p_2 =$	3200	1800	800	200	0	0	
Úhrnem $P = \frac{2}{3}p_1 + p_2 =$		4285	3542	2880	2405	2222	2222	

Vyneseme-li tato čísla ve vhodném měřítku jako pořadnice k příslušným hloubkám jako úsečkám, obdržíme diagram, pomocí kterého lze ustanoviti graficky tlak zásypu a vozidel na kanál v libovolné hloubce. Obr. 76.

Obr. 76.



Je-li na př. hloubka kanálu $t = 3$ m, bude obnášeti zatížení kanálu na 1 m^2 jeho projekce $P = 2/3\ p_1 + p_2 = 2880$ kg a při šířce kanálu na př. $B = 2.5$ m, bude obnášeti zatížení na 1 běžný metr kanálu $P = (2/3\ p_1 + p_2)B = 2880 \cdot 2.5 = 7200$ kg.

c./ Tlak vody na stěny kanálu jest při malé hloubce kanálu nepatrný a rovná se násobku tlačené plochy F násobené vzdálenosti jejího těžiska od hladiny vodní h a specifické váhy vody γ = 1000 kg, tedy T = F . h γ. Působiště tlaku nalézá se v 1/3 hloubky nade dnem a směr tlaku jest kolmý na tlačenou plochu.

1./ Postranní tlak zeminy na stěny kanálu může se zanedbati, poněvadž se oboustranný tlak zeminy vypěchováním stavební jámy a pevností kanálového tělesa na vzájem ruší.

Z vyšetřeného svislého tlaku ustanoví se graficky nebo výpočtem horizontální tlak ve vrcholu klenby a s tímto horizontálním tlakem, vlastní váhou kanálového zdiva a tlakem vodním, eventuelně i tlakem zeminy, vyšetří se grafostaticky stabilita navrženého profilu grafostatickou konstrukcí tlakové čáry, která se provede pro dva případy, totiž kanál prázdný a kanál naplněný vodou.

Pevnost a stabilita kanálového zdiva vyžaduje:

1./ aby specifický tlak ve zdivu nebyl v žádné spáře větší, než dovolené napětí materiálu, které obnáší u betonu 20 kg/cm^2, u zdiva z kanálových cihel na cementovou maltu 10 ÷ 15 kg/cm^2.

2./ Čára tlaková nesmí činiti s normálou na kteroukoliv spáru větší úhel, než je úhel tření α = 30 ÷ 35°, tedy tg α = 0.8 - 0.7, poněvadž by jinak nastal posun ve spáře a trhliny ve zdivu.

3./ Čára tlaková musí zůstati, má-li se zameziti napětí v tahu, ve vnitřní třetině zdi nebo klenby. Vyjde-li v některé spáře z této třetiny, nastane v této spáře napětí v tahu, které se však musí zameziti, aby nenastaly ve zdivu trhliny. Ku zjištění této podmínky vypočte se v každé spáře - obzvláště ve spáře vrcholové, v patkách a základech - z vertikální komponenty výsledního tlaku na spáře R a extrentricity výslednice e, t.j. vzdálenosti působiště výslednice od středu spáry napětí v obou krajních hranách spáry dle vzorce $s = \frac{R}{a\,b}\left(1 \pm \frac{6\,e}{a}\right)$.

a = šířka, b = délka spáry. Nejlépe když procházi čára tlaková středem zdi. U betonového zdiva dovoluje se z ekonomických důvodů napětí v tahu 2 kg/cm^2 .

Nevyhovuje-li čára tlaková těmto podmínkám, musí se tvar nebo tloušťka kanálového zdiva anebo obojí proměniti, abychom obdrželi čáru, která vyhovuje hořejším podmínkám.

Čára tlaková má tvar parabolické křivky se svislou osou /podobně jako u klenby mostní/, která se směrem ke dnu stavební jámy rozchází. Z důvodů statických musí se tvar kanálového zdiva /stěn a klenby/ této křivce přizpůsobiti, tak aby tlaková čára zůstala uvnitř zdiva, neboť jinak nastane ve zdivu napětí v tahu. Nejlépe odpovídají parabolickému tvaru tlakové čáry profily tunelové, méně profily vejčité a kruhové, které se, aby vyhověly požadavkům, opatří při dně silnými opěrnými zdmi.

Jsou-li boky stavební jámy z pevného, nepodajného materiálu, může se předpokládati, že proti výslednímu tlaku kanálového zdiva působí pasivní protitlak zeminy v bocích, tedy že se výsledný tlak zdiva přenáší na boky stavební jámy . Na toto přenášení lze však jen zřídka kdy počítati a musí se proto dutina mezi kanálovým zdivem a boky stavebního příkopu plně vyzdíti, nebo vyplniti pěchovaným betonem, kterým se výsledný tlak kanálového zdiva přenese na přilehlou půdu.

Pro velké profily kanálové hodí se, jak již podotknuto, z důvodů statických jen tunelové profily, které se ke dnu dle parabolické křivky rozšiřují.

Není-li možno zameziti napětí na tah, na př. u trub kruhových, tedy se čelí tomuto napětí větší tloušťkou stěn nebo konstrukcemi z vyztuženého betonu.

§28. STAVBA KRYTÝCH KANÁLŮ.

1./ Traçování kanálů.

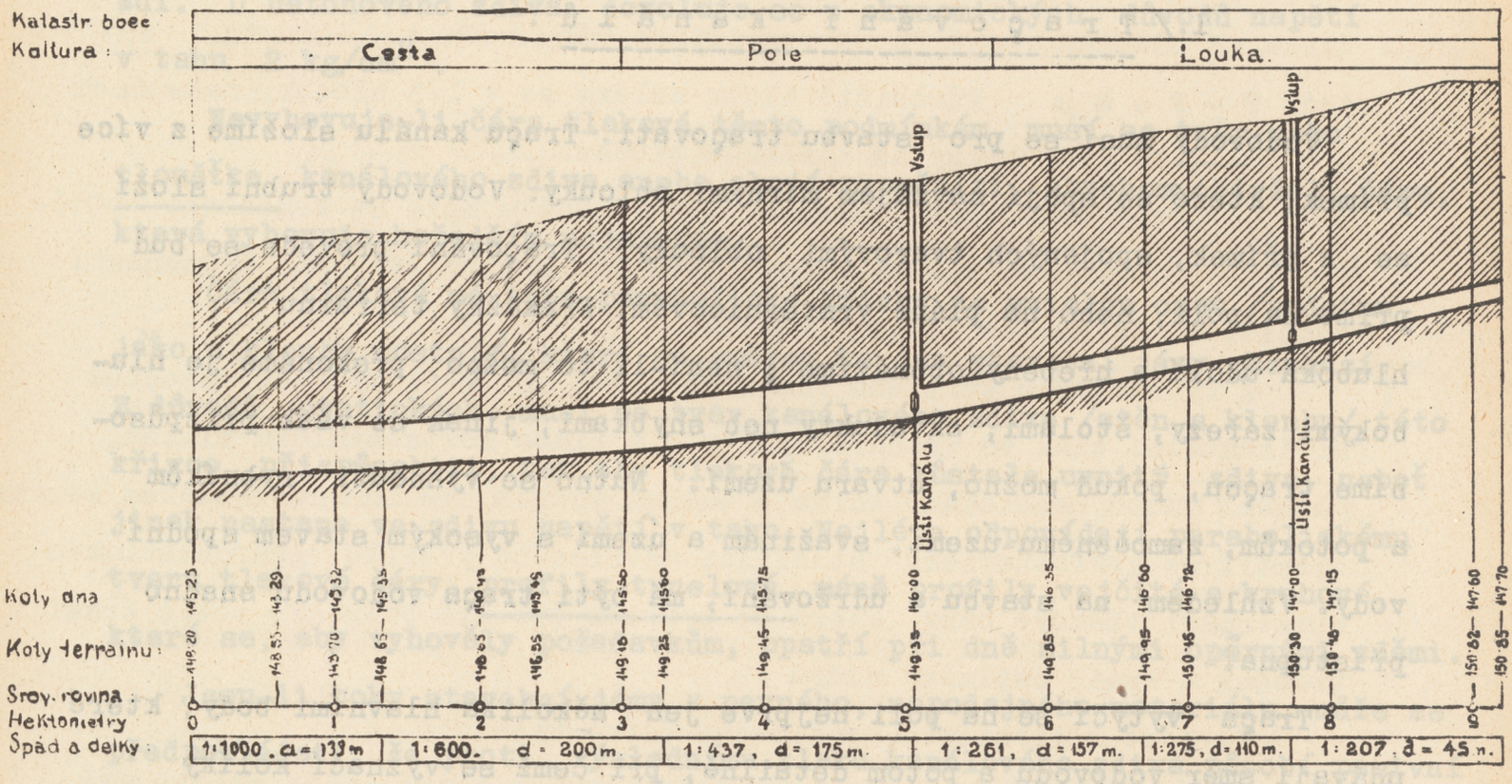
Vodovody musí se pro stavbu traçovati. Traçu kanálu složíme z více přímek, které se spojí navzájem mírnými oblouky. Vodovody trubní složí se z přímek, spojených tvarovými oblouky. Traçování provede se buď přímo na poli, nebo na pláně vrstevnicovém. Překážky terrainu : hluboká údolí a hřebeny obcházíme ; není-li to možno, překonáme je hlubokými zářezy, štolami, akvadukty neb shybkami, jinak se však přizpůsobíme traçou, pokud možno, útvaru území. Nutno se vyhnouti rybníkům a potokům, zamočenému území, svažinám a území s vysokým stavem spodní vody. Vzhledem na stavbu a udržování, má býti traça vodovodu snadno přístupna.

Traça vytyčí se na poli nejprve jen několika hlavními body, které udávají směr vodovodu a potom detailně, při čemž se vyznačí kolíky všechny význačné body území, kterými traça prochází.

Vytyčená a vykolíkovaná osa kanálu se staničí a niveluje za stálých bodů, volených podél trati a na základě tohoto měření sestaví se podélný profil vodovodu - obr. 77 -, ve kterém se vyznačí hloubka dna /niveleta/ a sice tak, aby se dodržel všude konstantní spád a aby byl vodovod kryt nejméně 1.5 - 2.0 m vysokou vrstvou zeminy. Kde není možno stavební příkop dostatečně prohloubiti, pokryje se vodovod násypem. Při velké hloubce /8 - 10m / stavebního příkopu, na př. když se musí v členitém území k vůli konstantnímu spádu přeříznouti vysoké hřebeny, provede se vodovod jako štola o průchodném profilu.

Změny spádu v niveletě vyrovnáme mírnými přechodnými oblouky. Spád nivelety má býti pokud možno na celé délce stejný a v důsledku toho bude míti při stejném průtočném množství i profil vodovodu stejné rozměry.

Obr. 77. **PODELNÝ PROFIL KRYTÉHO KANÁLU.**



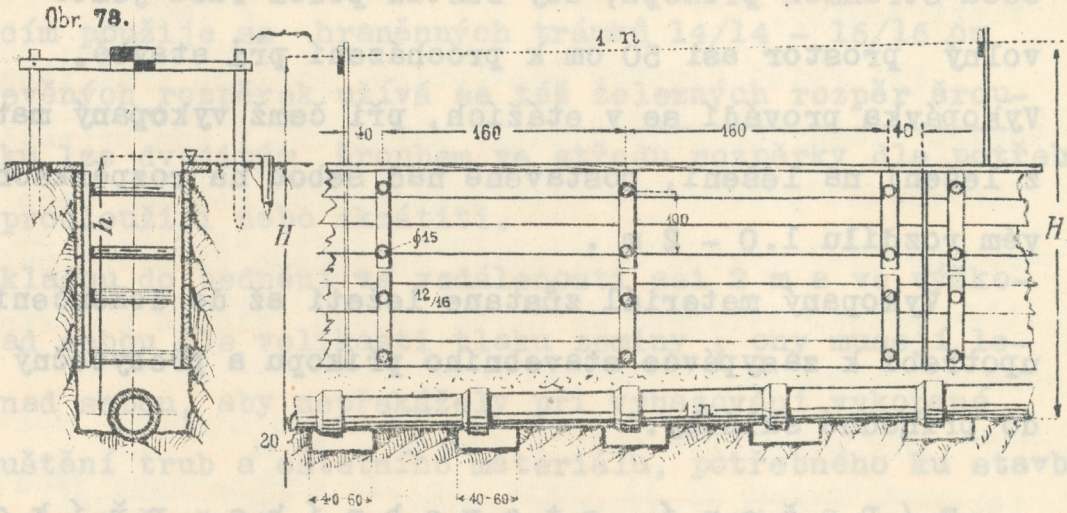
Tomuto požadavku nelze však v členitém území vyhověti ; relativní se mění a v důsledku toho mění se i průtočná rychlost a při stejném průtočném množství měnil by se proto též průtočný profil. Tato častá změna profilu jest však pro stavbu a udržování vodovodů velkou závadou a z toho důvodu dává se na př. hlavním vodárenským přiváděčům i při různém spádu jednotný profil, ovšem takových rozměrů, aby odváděl i při nejmenším spádu maximální množství vody.

Pro řádné udržování, čištění a opravy, rozdělí se celá trať vodovodu na menší části, které lze samostatně stavidly uzavříti a vyprázdniti. Na všech význačných místech vodovodu, změně spádu a směru, ústí pobočních kanálů a pod. navrhneme vstupní čili kontrolní šachtice, opatřené eventuelně výpustí k vyprázdnění kanálu při opravách.

2./ Stavební příkop.

K stavbě vytyčí se dle stavebního plánu osa vodovodu, která se vykolíkuje, staničí a zaniveluje na základě stálých bodů, zajištěných podél tracy. Na základě tohoto měření sestaví se k stavbě nový podélný profil, do kterého se zakreslí projektovaná hloubka dna / nivelety/ a vypočtou se z kot terrainu a dna hloubky stavebního příkopu. Tyto hloubky se poznamenají na označovacích kolících jednotlivých profilů, nebo na příčných lešeních, postavených nad příkopem ve vzdálenosti asi 50 m. Lešení sestaví se z fošen 5 cm tloušťky, které se přibijí vodorovně na 2 koly v určité stálé výšce nade dnem kanálu na př. 3.0, 4.0 m, aby se mohlo dno a hloubka kanálu pomocí dlaždických křížů, jež visirujeme přes hranu přibitých fošen /hledítek/, v libovolném bodě zaměřiti. Obr.78. Horní hrana fošen /hledítek/ musí býti proto rovně ohoblovaná, aby se mohlo přesní dobře visirovat. K označení osy vodovodu zarazí se do horní hrany příčných fošen ve středu silné hřebíky, jichž spojnice stanoví osu kanálu. K vůli lepšímu zaměřování natrou se fošny od osy na pravo a levo bílou a červenou barvou.

Obr. 78.

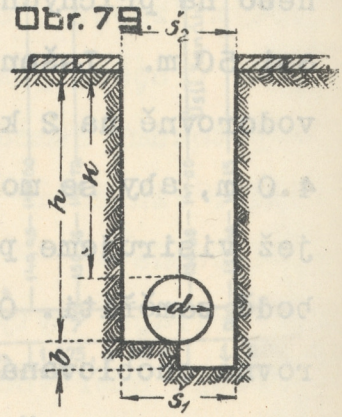


Po vytracování kanálu přikročí se ku kopání stavebního příkopu, jež se provede proti spádu, aby eventuelní spodní voda, která vnikne do stavebního příkopu mohla odtékati. Šířku příkopu volíme co nejmenší, aby se vykopávka omezila na nejnutnější míru ; u kanálů trubních o prů-

měru d obnáší šířka dna s = d + 0.6 m, aby zůstal vedle trouby ještě volný prostor asi 0.3 m. U kanálů zděných stanovena jest minimální šířka příkopu šířkou kanálového zdiva, včetně potřebné vůle pro pažení a eventuelní sesílení základů při neúnosné půdě

Boky stavebního příkopu se kopou svisle, aby se uspořilo na výkopu Svislé boky drží se však u přirozených zemin jen při velmi tuhém materiálu. Při větší hloubce stavebního příkopu musí se svislé boky zpravidla vyztužiti pažením z fošen a rozpěrek, kterými se tlak zachytí. V pevné a soudržné zemině mohou zůstati boky bez pažení, ale v takovém případě obloží se alespoň ruby stavebního příkopu fošnami, poněvadž jsou vysazeny nárazům a sešlapování při stavbě a musí se proto zabezpečiti. Obr. 79.

Obr. 79.



Stavební příkop obtáhne se na povrchu území šňůrou a zakreslí špičákem, načež se začne s vykopávkou. Vykopaný materiál složí se v přiměřené vzdálenosti na obou stranách příkopu, aby zůstal podél rubu ještě volný prostor asi 50 cm k procházení při stavbě.. Vykopávka provádí se v etážích, při čemž vykopaný materiál se vyhazuje z lešení na lešení, postavené nad sebou na rozpěrkách bednění ve výškovém rozdílu 1.0 - 2 m .

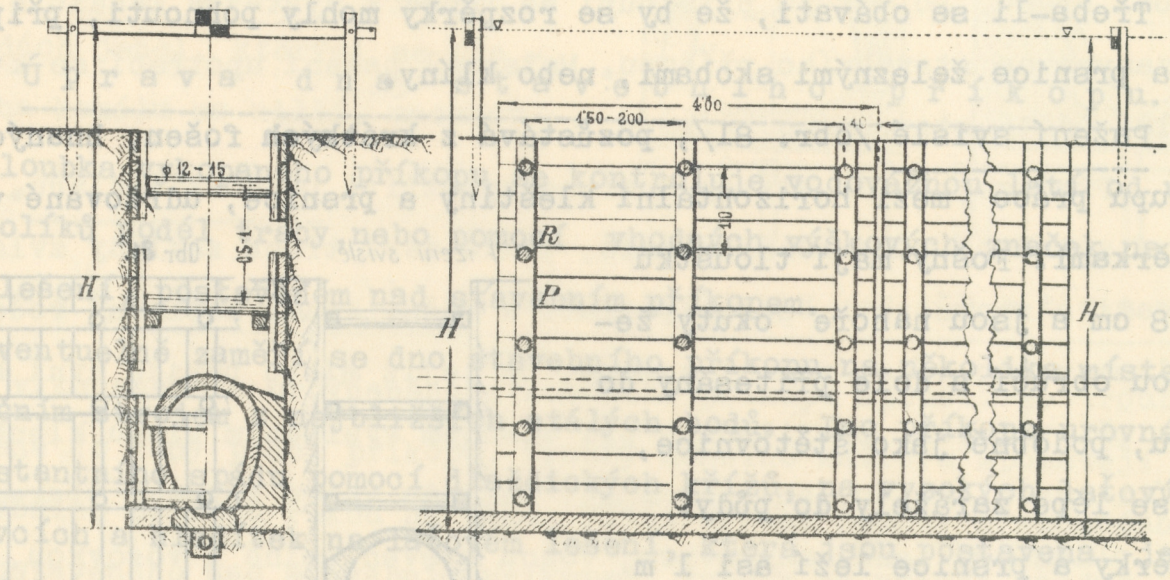
Vykopaný meteriál zůstane ležeti až do dokončení stavby, načež se upotřebí k zasypávce stavebního příkopu a přebytečný materiál se odveze do příhodné skládky.

3./ P a ž e n í s t a v e b n í h o p ř í k o p u .

Pažení má za účel zabrániti poruchám svislých boků a pozůstává z fošen 6 - 8 cm tloušťky a 4 m délky, které se kladou horizontálně na sebe, nebo vertikálně vedle sebe ; dle toho rozeznáváme pažení horizontální či podélné a pažení vertikální čili příčné.

Pažení podélné, obr. 80, pozůstává z horizontálně na sebe položených fošen, rozepřených vodorovnými rozpěrkami R a svislými prsnicemi P, kterými se zachytí vždy několik fošen bednění najednou.

Obr. 80. *Pažení podélné.*



K rozpěrkám se užije kulatého nebo polohraněnného dřeva 12 - 15 cm průměru a k prsnicím použije se hraněnných trámků 14/14 - 16/16 cm průřezu. Místo dřevěných rozpěrek užívá se též železných rozpěr šroubových, jichž délku lze dvojitým šroubem ve středu rozpěrky dle potřeby upraviti, totiž prodloužiti nebo zkrátiti.

Rozpěrky se kladou do bednění ve vzdálenosti asi 2 m a ve výškovém rozdílu 1 m nad sebou dle velikosti tlaku zeminy ; ony musejí ležeti vertikálně nad sebou, aby nepřekážely při vyhazování vykopané zeminy a při spouštění trub a ostatního materiálu, potřebného ku stavbě.

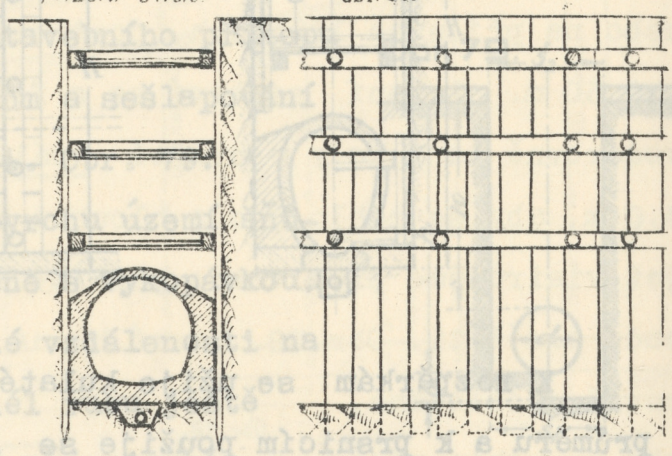
Fošny se kladou buď těsně vedle sebe, nebo v malých mezerách od sebe. Při sypkém, písčitém, nebo vodou prosáklém materiálu, musejí fošny ležeti těsně vedle sebe, při pevnější zemině mohou býti mezi fošnami malé mezery.

Pažení provádí se postupně a současně s hloubením příkopu a proto mohou býti prsnice jen krátké kusy, které zachytí vždy jen několik fošen.

Obyčejně postaví se rozpěrky a prsnice z počátku jen provisorně a teprve, když jest celé hloubky dosaženo, postaví se definitivně prsnice průběžné. Při zasypávání příkopu a postupném odstraňování bednění jsou kratší prsnice výhodnější než dlouhé.

Třeba-li se obávati, že by se rozpěrky mohly pohnouti, připevníme je na prsnice železnými skobami, nebo klíny.

Pažení svislé /obr. 81/, pozůstává z krátkých fošen, hnaných dle postupu práce mezi horizontální kleštiny a prsnice, udržované v poloze rozpěrkami. Fošny mají tloušťku 6 - 8 cm a jsou nahoře okuty železnou obručí a dole přitesány do klínu, podobně jako štětovnice, aby se lépe zarážely do půdy. Rozpěrky a prsnice leží asi 1 m nad sebou, dle povahy a velikosti tlaku zeminy.



Obr. 81.

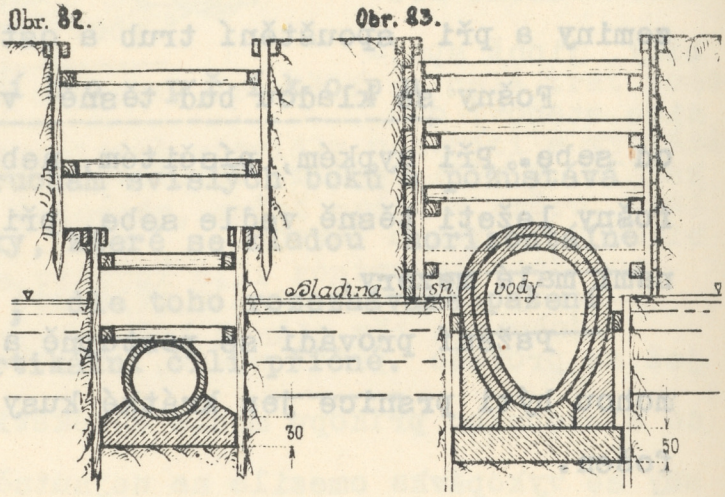
Při větší hloubce stavebního příkopu bývá tření tak značné, že nelze fošny do celé hloubky zaraziti. V tom případě se provede bednění stavebního příkopu ve dvou odstavených řadách, nebo se ženou fošny postupně dle výkopu mezi rámy, na způsob rámového pažení u studní.

Pažení svislého se užívá zřídka, hlavně k vyztužení úzkých šachet, na př. vstupů.

Při pohyblivé půdě a jemném tekoucím písku prosyceném spodní vodou, nebo značném přítoku spodní vody, jejímž vyčerpáním by mohla býti půda podél stavebního příkopu uvedena v pohyb, musí býti bednění vodotěsné . Fošny se musí v tomto případě opatřiti

Obr. 82.

Obr. 83.



drážkami a zarážeti do stavebního příkopu jako štětovnice. V takových případech může se horní část stavební jámy až do výšky hladiny spodní vody vyztužiti podélným pažením a odtud štětovnicí, beraněnou ve dně stavebního příkopu. Obr. 82 a 83.

4./ Úprava dna stavebního příkopu.

Hloubka vykopaného příkopu se kontroluje vodováhou latí od úrovňových kolíků podél tracy, nebo pomocí vhodných výškových značek na laťovém lešení, postaveném nad stavebním příkopem.

Eventuelně zaměří se dno stavebního příkopu na několika místech nivelačním strojem z nejbližších stálých bodů. Dno příkopu urovná se do konstantního spádu pomocí dlaždických křížů, na vysokých laťových podstavcích a hledítek na laťovém lešení, která jsou postavena, jak již shora řečeno, do určité konstantní výšky nade dnem kanálu, takže čára stanovená hledítky jde souběžně se dnem. Osa kanálu odváží se závažím z hřebíků zaražených na hledítkách laťového lešení.

Při výkopu stavebního příkopu třeba dbáti, aby se docílilo správné hloubky dna, ale též aby se při vykopávce nepřebralo, poněvadž potrubí nebo zdivo kanálu má ležeti na pevné, rostlé půdě a ne na základu, který je vyrovnán zásypem. Vykope-li se příkop na některém místě hlouběji, musí se přebytečná hloubka až do dna kanálu vypěchovati hlinou neb drobným štěrkem, lépe však hubeným betonem. Při kanálech zděných není této opatrnosti ovšem třeba, poněvadž se základ vyzdí až do dna příkopu.

Pro kanály z kameninových neb betonových trub musí se kameny a pevné předměty, které se vyskytnou ve dně stavebního příkopu pečlivě odstraniti; pevná skála a kamenné prahy musí se asi 15 cm pod úroveň potrubí vystříleti a dno upěchovati do výšky potrubí štěrkem a pískem, aby trouby ležely celou svojí délkou na elastické podloze a aby se při zatížení zásypem a vodou stejnoměrně ssedaly. Nejlépe je však v takových případech uložiti potrubí do pěchovaného betonu. U kanálů zděných může

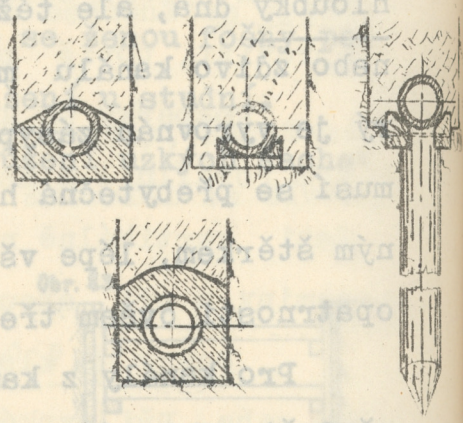
ležeti zdivo přímo na skále ; potrubí kameninová, betonová ba i železná, když se naplní vodou, ohybem snadno pukají.

Vykopávka stavebního příkopu neprovádí se hned na celé délce , nýbrž vzhledem k nákladnému pažení kus po kuse počínaje zdola nahoru proti spádu. Po výkopu přistoupí se ihned k výstavbě kanálu a na to k zasypávce stavebního příkopu. Materiál pažení upotřebí se k vyztužení další části stavebního příkopu.

Před započetím stavby musí se vyšetřiti pevnost základu. Obyčejně bývá zatížení půdy kanálem malé, takže není třeba základy zvlášť upravovati a zpevňovati, neboť potrubí a zděný kanál naplněný vodou neváží celkem vzato více než-li zemina, na jejíž místo přijde nyní kanál. Jen při velkých profilech a při značném výsledním tlaku klenby třeba vzíti zřetel na to, aby namáhání základu váhou zdiva a tlakem klenby při plném zatížení zasypávkou, vodou a eventuelně i vozovkou, nepřekročilo dovolené meze namáhání, jež obnáší u základu jílového 2 - 3 kg, u pískového 2 - 4 kg, a u štěrku 3 - 5 kg/cm^2 .

Vyskytne-li se v základě půda méně únosná, musí se dno stavebního příkopu zpevniti a to se děje různým způsobem.

Obr. 84.

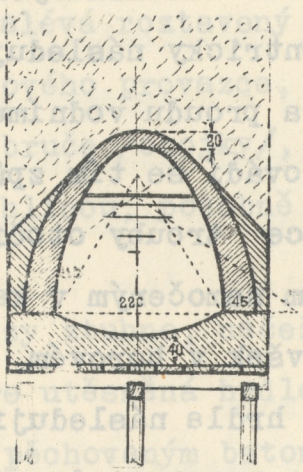


Potrubí se položí na pěchovanou podsypávku drobného štěrku, na základní desku z pěchovaného betonu, míchaného v poměru 1 : 12, asi 15cm tloušťky ; na podélné fošny, nebo na jehlový rošt. Obr. 84.

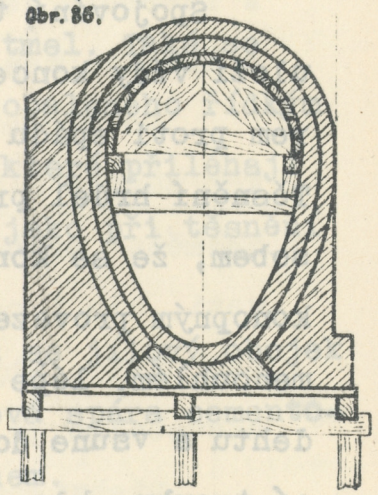
U zděných a betonových kanálů rozšíří se v takových případech základ, nebo se kanál položí na souvislou základní desku z betonu, vyztuženého podél a napříč železnými vložkami, nebo starými kolejnicemi, nebo se základ položí na ležatý rošt. Obr. 85.

Jde-li kanál čerstvě nasypanou zeminou nebo velmi neúnosnou půdou, musí se základy prohloubiti a vyzdíti až do únosné vrstvy, nebo se postaví na jehlový rošt o nejméně dvou řadách jehel, kterými se přenáší váha kanálu na nižší, únosnou vrstvu . Obr. 86.

Obr. 85.



Obr. 86.



5./ K l a d e n í t r u b z k a m e n i n y a b e t o n u

Do vykopaného a urovnaného stavebního příkopu spouští se trouby, poskládané do řady podél příkopu. Trouby menšího kalibru spouštějí se do stavebního příkopu rukou na laně, větší trouby pomocí přenosného jeřábu, postaveného nad stavebním příkopem. Trouby se položí na dno, spojí do hrdel a urovnávají do směru a stejnoměrného spádu. Viz obr.78 .

Směr potrubí se ustanoví hřeby, zabitými na laťových hledítkách nad stavebním příkopem. Mezi těmito hřeby se napne drát, dle kterého se odváží olovnicí potřebný počet bodů osy ve vzdálenosti asi 10 m, které se označí na dně stavebního příkopu kolíky.

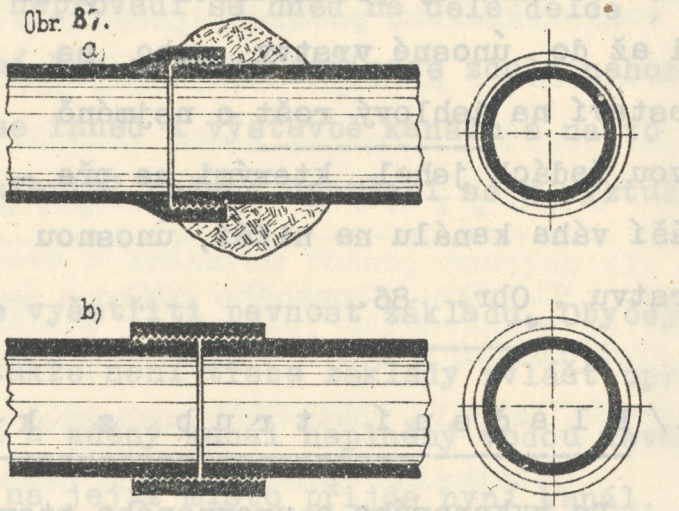
Spád a výška potrubí ustanoví se z hledítek nad stavebním příkopem pomocí dlaždičských křížů a kolíky zabitými do dna stavebního příkopu.

S kladením potrubí se začne zdola a jde se proti spádu nahoru.

K spojování trub a těsnění hrdel vykopou se na místech, kde leží hrdla, malé kotlíky 20 cm hloubky a 60 - 80 cm délky, aby byla hrdla ze všech stran přístupna a trouby aby ležely v celé délce na rostlé půdě dna příkopu. Stalo-li se kde, že je při výkopu přebráno, t.j., že jest dno příkopu vykopáno do větší hloubky, musí se přebytečná hloubka až do dna potrubí vypěchovati hlinou, lépe však hubeným betonem /1:12/. Prostá zasypávka nestačí, poněvadž může nastati nestejnoměrné ssedání materiálu a následkem toho porucha trub.

Spojování trub kameninových děje se pomocí hrdel, do kterých se uloží vždy koncentricky následující trouba, aby otvor hrdla ležel směrem proti spádu a proudu vodnímu. Těsnění hrdel provádí se tím způsobem, že se konce trouby otočí konopným provazem namočeným v kamenouhlém, lépe však v borovém dehtu a vsune do hrdla následující trouby, kde se provazec do spáry dobře zatemuje. Obr. 87.

Obr. 87.



Provazu má být v hrdlech jenom tolik, aby těsnící materiál nevytekl ze spáry do trouby a aby se docílilo pevného a koncentrického uložení trub v hrdlech. Ostatní část hrdla se vytře plastickým jílem, neb hustou cementovou maltou 1 : 2. Cement, jehož se k tomu účelu použije, nesmí při tuhnutí zvětšovati objem a musí býti stálý v kyselinách.

Lépe se hodí k těsnění hrdel asfalt, kterým se spára vypěchuje, nebo zalije. Užije se k tomu buď asfalt- mastix, který se rozehřeje na řídkou kaši, nebo asfaltový tmel, který pozůstává ze směsi čistého trinidatského asfaltu s přísadou dehtu, parafinových olejů kamenouhlých a moučky z rozemletého křemenného písku, nebo tvrdo pálených cihel. Asfaltový tmel je hebký, stálý v kyselinách, při teplotě 60° měkne, při 180° stává se tekutým a při 210° jest tak řídký, že se může upotřebiti k zalivání hrdel. Při těsnění hrdel asfaltovým tmelem očistí se konce trub a hrdel, a trouby osadí a upevní se vytočeným dehtovaným provazem; zbylá spára hrdla zalije se řídkým rozehřátým tmelem. K tomu účelu obloží se otvor hrdla obojkem z plastické žluté hlíny, aby bylo hrdlo ze všech stran uzavřeno a jen shora se ponechá malý

nálevkový otvor /pánvice/, kterým se nalévá roztavený tmel. Také se k tomu účelu užívá konopného nebo jutového provazce, obaleného řídkým blátem z jílu, nebo sklápěcí železné obruče /obojky/, které přiléhají na otvor hrdla a obloží se plastickou hlínou, podobně jako při těsnění litinových trub olovem.

Řídký asfaltový tmel v hrdlech brzy ztuhne, načež se jílový obojek odstraní. Pro lepší bezpečnost se zatře utěsněná hrdlová spára cementovou maltou, nebo se celé hrdlo obloží pěchovaným betonem.

Asfaltový tmel je velmi dobrým prostředkem k těsnění trub, jest elastický, lpí dobře ve spárách hrdel a snese následkem toho vnitřní tlak i několika atmosfer, aniž by propouštěl vodu. Chce-li se tmel ve spáře uvolniti, ohřeje se hrdlo slabým ohněm ze slámy a roští, tmel při tom změkne a může se vyškrábati, čímž se trouby uvolní. U trub utěsněných cementovou maltou je takové uvolnění nemožné, poněvadž ztvrdlá malta ve spárách tak lpí, že by se hrdla při vyklepávání poškodila.

K těsnění hrdel asfaltovým tmelem potřebujeme na jedno hrdlo

při průměru d	100	150	200	250	300	350	400	450	500 cm
konopného provazu	0.25	0.3	0.35	0.40	0.60	0.75	0.85	0.90	1.0 kg
asfalt. tmele	0.60	0.90	1.20	1.40	2.10	3.50	5.00	7.75	8.60 kg

K spojení trub betonových do souvislého potrubí opatřeny jsou trouby na obou koncích polodrážkami, které do sebe zapadají, ale vyrábějí se též betonové trouby s hrdly podobně jako trouby kameninové. Viz obr. 69 .

Při spojování trub s polodrážkami natrou se drážky řídkou cementovou maltou 1:1, načež se obě trouby dobře srazí, spára se zatře cementovou maltou a obloží eventuelně pěchovaným betonem.

Spojování betonových trub hrdlových provede se podobně jako u trub kameninových a k utěsnění hrdlové spáry použije se cementové malty, nebo asfaltového tmele. V mokré půdě se opatří betonové trouby nátěrem

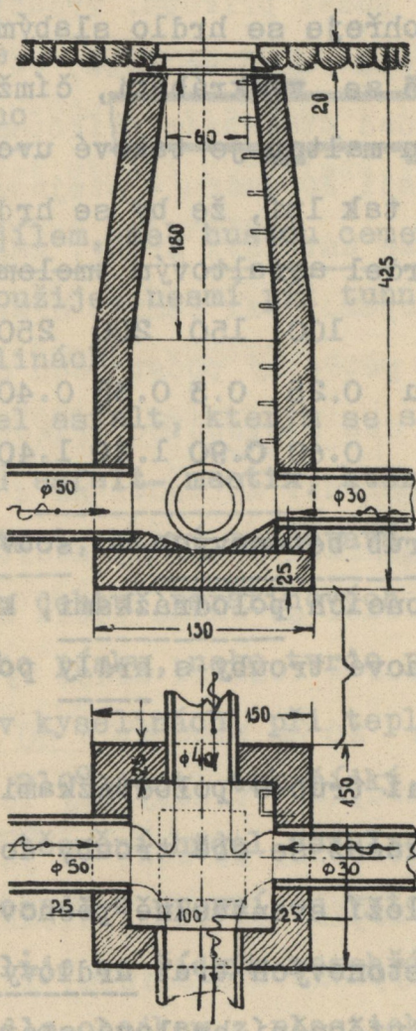
z inertolu neb horkého asfaltu, který přispívá k trvanlivosti trub a činí je méně promokavými.

Po spojení a utěsnění trub do souvislého potrubí se stavební příkop zasype a dobře upěchuje, aby nenastalo později ssedání zasypávky. Zejména prvních 50 cm nad potrubím musí se násyp velmi pečlivě upěchovati, ale i ostatní část zásypu třeba ve vrstvách 20 - 30 cm dobře pěchovati, aby se zasypávka spojila co nejlépe s rostlou půdou boků stavebního příkopu.

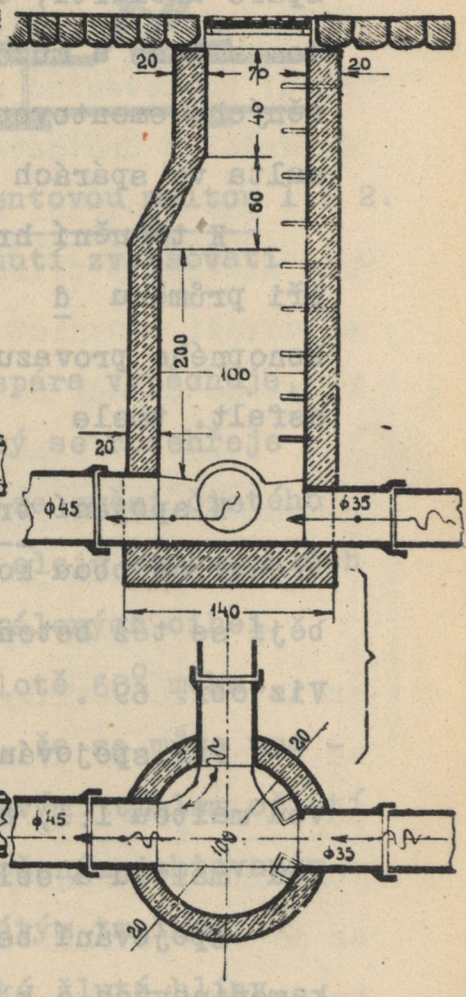
Přebytečný materiál, který po zasypávce stavebního příkopu zbyl odveze se do příhodných skládek.

Přípojky. K shromažďování a rozvádění vody v krytých kanálech vloží se do potrubí pravoúhelné neb kosoúhelné odbočky. Obr. 87 c. Nebylo-li při stavbě potrubí na to pamatováno, nebo ukáže-li se potřeba přípojky dodatečně, prodlabe se v potrubí otvor, do kterého se vloží přitesaný kraj přípojky, tak aby přípojka nevyčnívala do průběžného profilu a spoj obloží se betonem. K tomuto účelu používá se též zvlášt - ních tvarových kusů ze železné litiny, které se obloží betonem.

Obr. 88.



Obr. 89.



Prodlabáváním otvoru může se hlavní potrubí snadno poškoditi a aby se tomu zabránilo, vyjme

se jedna trouba z potrubí - což při hrdlovém spojení není jinak možno, než že se tento kus prostě rozbije - a uloží do otvoru pravo - neb kosoúhelná odbočka , která se spojí do běžného potrubí objímkou. Důležité přípojky pobočních potrubí provádí se ve vstupních šachticích, v nichž lze přítok vody zároveň kontrolovati. Takové šachtice z betonu nebo ze zdiva, znázorněny jsou v obr. 88 a 89

6./ S t a v b a k a n á l ů z k a m e n e a c i h e l .

Kamene užívá se poměrně zřídka ku stavbě krytých kanálů, poněvadž poskytuje dnes beton mnohem výhodnější materiál. Nicméně lze ku stavbě použíti též lomového kamene, ovšem jen tam, kde je po ruce dobrý trvanlivý kámen, ze kterého lze rovné i klenuté zdivo dobře provésti, hlavně kámen, který se láme v pravidelných kusech, kvádrech a deskách, na př. tvrdý pískovec.

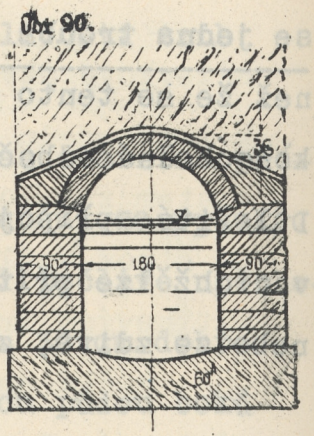
Kámen hodí se jen ku stavbě kanálů tvaru obdélníkového s rovnými stěnami, ale možno jej použíti též ku stavbě profilů klenutých tvaru vejcovitého, tunelového, vejčitého a j. Tab. 51. obr. 1 - 9. znázorňují některé profily kanálů zděných z kamene.

Obyčejná cihla se k vodním stavbám zpravidla nehodí, ačkoliv se vyskytuje tu a tam cihla dobré jakosti. Kanálových cihel používá se při stavbách kanalisačních, ale může se jich použíti též ku stavbě hlavních vodárenských přiváděčů, provedených buď v otevřeném příkopu, nebo ve štole.

Stavba kanálů může se též kombinovati a sice tím způsobem, že se základy a opěrné zdi provedou z kamene a klenba z obyčejné nebo kanálové cihly.

Při stavbě se vyzdí nejdříve základ nejlépe z pěchovaného betonu, na který se postaví opěrné zdi kanálu. Se shora se překlene stoka valenou klenbou z cihel, betonu nebo tesaného kamene. Obr. 90.

Vyjímečně se pokrývají kanály deskami z kamene, pěchovaného betonu a kanály většího rozpětí deskami z vyztuženého betonu.



Klenba se provede při malém rozpětí na krátkých přenosných bubnech a při větším rozpětí na přiměřeném bednění, jehož konstrukce závisí na velikosti rozpětí .

Kámen ku stavbě musí býti čistý a prostý všech zemitých součástek a prachu. Není-li čistý, musí se postřikovati vodou a očistiti ostrými kartáči.

Ku stavbě se použije cementové malty z portlandcementu a režného písku v poměru 1 : 3. Malta musí vyplňovati dobře veškeré mezery a spáry, takže tvoří mezi jednotlivými kameny souvislé pletivo, aby se docílilo nepromokavosti zdiva.

Lícní plochy zdiva z lomového kamene a cihel obyčejných, opatří se hladkou cementovou omítkou 25 mm tloušťky z portlandského cementu a režného písku v poměru 1 : 1 1/2 , která se v případě požadavku úplné nepromokavosti vyhladí čistým cementem pomocí ocelových hladítek do zahřátí až se leskne /„vypálená" omítka/.

Zdivo z kanálových cihel a tvrdého opracovaného kamene s pravidelnými spárami se neomítá, nýbrž vyspáruje na líci hustou cementovou maltou 1 : 1 1/2, která se vyhladí želízkem do zahřátí. Se shora se zalije rub klenby řídkou cementovou maltou a na to se omítne hustou cementovou maltou, aby se dosáhlo rovných sklonitých ploch, po kterých prosáklá povrchová voda stéká na obě strany k trativodům a nemůže proniknouti do zdiva. K vůli větší bezpečnosti natře se ztvrdlá cementová omítka na hřbety kanálu horkým asfaltem .

Po dohotovení kanálu se stavební příkop zasype materiálem, získaným výkopy. Zásyp se musí pečlivě ve vrstvách 15 - 20 cm pěchovati , zejména v nejdolejší části příkopu. To platí obzvláště tehdy, když kanál leží v silnici, kde by ssedáním povrchu vznikly poruchy vozovky nebo

dlažby, které by vyžadovaly častější opravy.

Pažení stavebního příkopu se při zasypávání postupně odstraňuje, a sice jednak z důvodů úsporných, poněvadž se materiálu použije k pažení dalších částí stavebního příkopu, ale též proto, poněvadž by dřevo časem shnilo a uvolnil by se těsný styk zdiva se zeminou boků stavebního příkopu. Jen vyjímečně se ponechává pažení nejdolejší části kanálu ve stavebním příkopu, aby se odstraňováním pažení zdivo nepoškodilo .

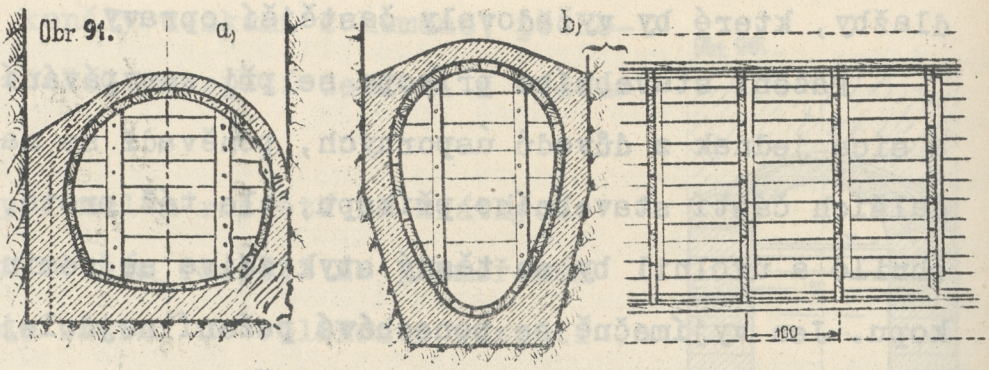
Stavba kanálů se provádí vždy zdola nahoru /proti spádu/ , v krátkých kusech systematicky dle zásady dělby práce, tak že se provádí v tomto kuse současně na počátku výkop stavebního příkopu a postupně dále urovnání dna, zpevňování a odvodňování základů, vyzdívání dolní části kanálu do patek, překlenutí kanálu, spárování na líci, zasypávání a pěchování stavebního příkopu. Nalézá se tedy ve stavbě vždy delší kus kanálu, na jehož jednom kraji stavba začíná a na druhém končí.

7./ Stavba kanálů betonových.

Použití pěchovaného betonu ku stavbě krytých kanálů je dnes velmi rozšířeno, stavba je poměrně jednoduchá a laciná a z betonu lze vytvořiti staticky výhodné profily, kterými se dosáhne úspory na materiálu. Ku stavbám vodovodním a kanalisačním používáme pěchovaného betonu z portlandcementu, režného písku a štěrku v poměrech již dříve uvedených.

Stavební příkop vykope se v dolní části kanálu, když je půda pevná a únosná, přesně dle vnějšího tvaru betonového zdiva, takže se zdivo opírá přímo o rostlou půdu. Čára tlaková se přenáší do půdy a tlak kanálového zdiva zachycuje se pasivním tlakem zeminy, takže se zamezí napětí zdiva v ohybání. U půdy méně únosné, obzvláště když se musí základy zpevniti, vykope se stavební příkop se svislými boky ve větší šířce a mezera mezi vnější plochou betonového zdiva a boky stavebního příkopu vyplní se zdivem nebo hubeným pěchovaným betonem 1 : 12 ,

aby se zdivo sesílilo, tlak kanálového zdiva přenášel na rostlou půdu a aby nenastaly ve zdivu trhliny. Obr. 91.



Obr. 91.

Při stavbě provede se na dně urovnaného stavebního příkopu nejprve základ do výšky dna kanálu ; na něm provedou se oba boky kanálu do výšky patek a na to klenba.

Pěchování betonu provádí se při celkem malých rozměrech krytých kanálů do bednění složeného u malých profilů zbitých z fošen 5 - 8 cm tloušťky, které se vykrouží dle tvaru normálního profilu. Obr. 91. Tato profilová čela se postaví ve vzdálenosti 60 - 100 cm na vybetonované a poněkud již ztuhlé dno kanálu a obloží se volně úzkými deskami nebo latěmi asi 2.5 cm tloušťky, o kterou musí býti profilová čela užší než je světlý profil kanálu.

Při rozsáhlých stavbách používá se bednění rozkládacího ze železného plechu, vyztuženého úhelníky.

Beton se připravuje nahoře nad stokou na přenosném lešení, složeném z fošen, nebo se míchá ve strojích míchacích a hází lopatami nebo se spouští v nádobách do stavebního příkopu. Beton pěchuje se dřevěnými nebo železnými pěchovadly ve vrstvách 15 - 20 cm tloušťky , až se pěchovaná vrstva zalije /zatopí/ na povrchu řídkou malou, načež se nahodí nová vrstva betonu. Se shora opatří se betonová klenba omítkou z cementové malty, která se natře horkým asfaltem nebo dehtovanou lepenkou, jestliže se klade váha na to, aby povrchová voda prosáklá do půdy, nevnikala do betonového zdiva.

Dohotovený kanál zasype se vykopaným materiálem, který se ve vrstvách dobře upěchuje.

8./ S t a v b a k a n á l ů t u n e l o v á n í m .

Stavba krytých kanálů provádí se zpravidla v otevřených příkopech, nicméně vyskytují se případy, že se kanál musí provésti jako štola tunelováním.

To bývá, když stavební příkop dosáhle hloubky přes 8 m, obzvláště však když se musí v hornatém území za účelem dosažení konstantního spádu nivelety přeříznouti vysoké horské hřbety, kterými traca vodovodu pro - chází.

Stavba tunelových kanálů provede se dle pravidel tunelování způsobem, který závisí na délce štoly a druhu materiálu, který se ve štole vyskytne. Počínaje od obou portálů kope se štola v ustanoveném směru dle vyžadovaného profilu kanálu, avšak o nejmenší výšce 2.2 m, aby se mohli dělníci při práci ve štole volně pohybovati a vykopaný neb vystřílený materiál odvážeti ve vozících na kolejničkách ze štoly na povrch území.

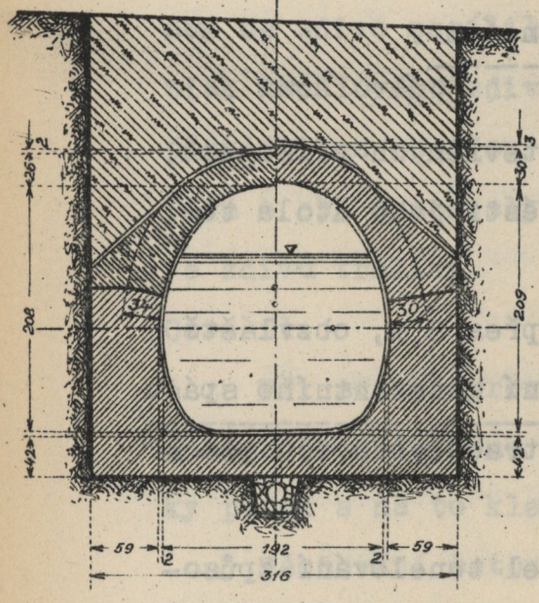
Štola musí se dle pevnosti a soudržnosti zeminy vyztužiti a bedniti ; jen u velmi pevné skály bednění odpadá. K bednění štol používá se při celkem malých rozměrech tunelových kanálů hnaného pažení, které pozůstává z fošen, hnaných mezi dřevěné rámy stojkové . Tak 51, obr. 18 a 19 .

Místo rámů dřevěných používá se též rámů železných z profilového železa, které se postaví na dřevěné prahy a za rámy zahánějí se pa- žiny, vedené pomocnými rámy a klíny / Pažení rámové /.

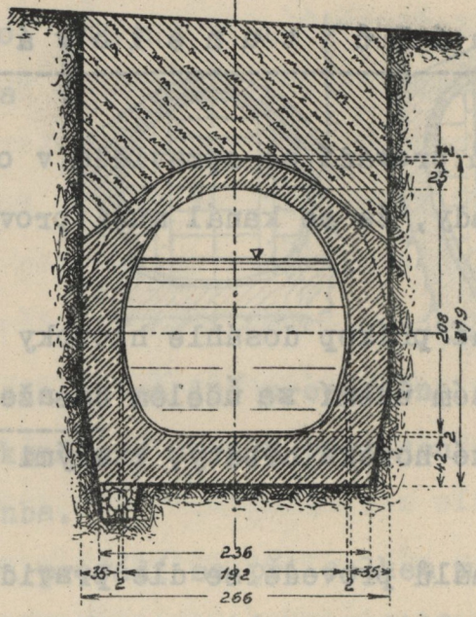
Vypažená štola musí se vyzdíti ; jen u velmi pevné skály není toho třeba, nýbrž se obloží jen dolní omočené části do výšky hladiny vodní betonem, aby voda neprosakovala do spár skalních. Ostatní část štoly nechá se prostě v očištěné skále. Tab. 52, obr. 4. U skály, která je sice pevná, ale na vzduchu zvětrává, obloží se stěny na celé výšce asi 20 cm tlustou vrstvou betonu, aby uvolněné části skály zapadaly do kanálu . Tab. 52, obr. 5.

VODOVODY TUNELOVÉ.

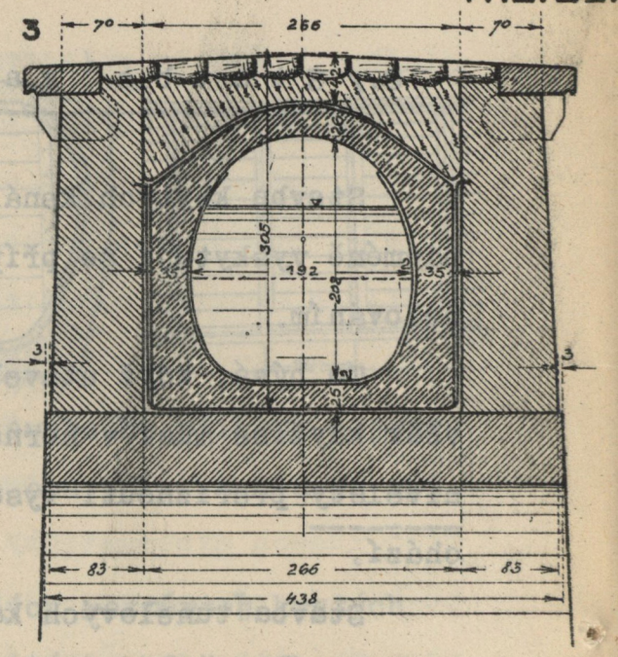
1



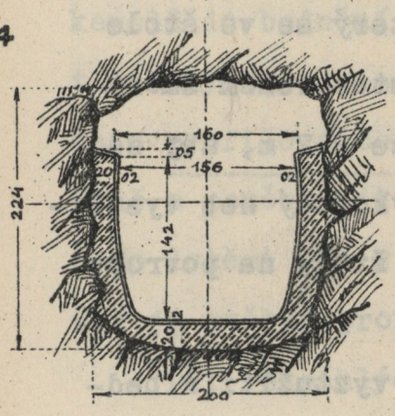
2



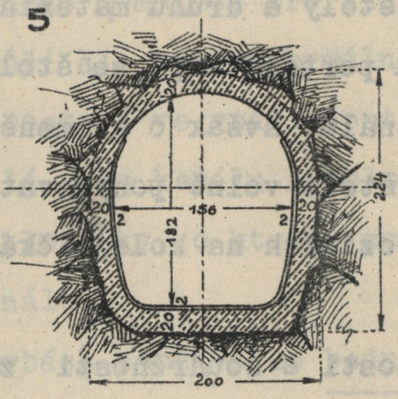
3



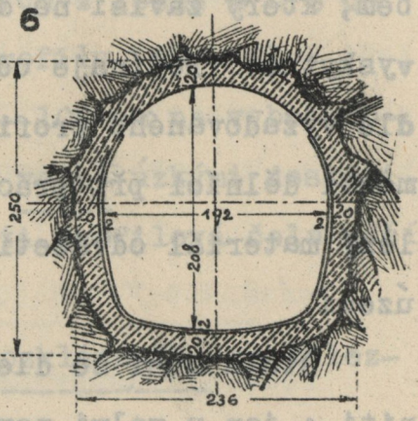
4



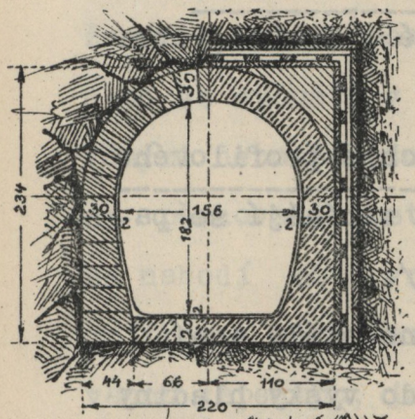
5



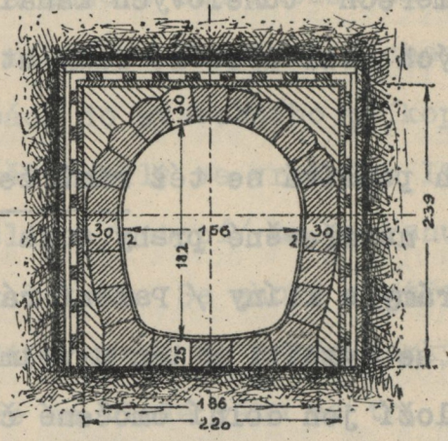
6



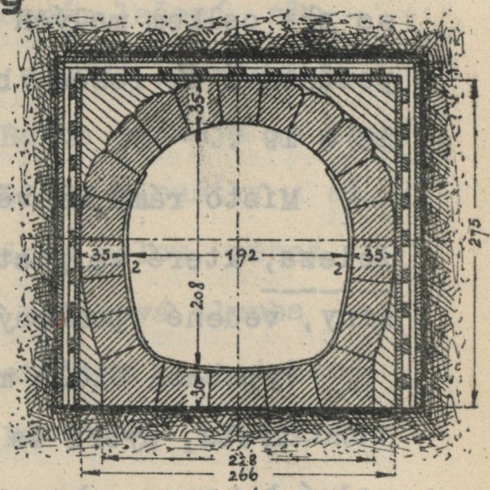
7



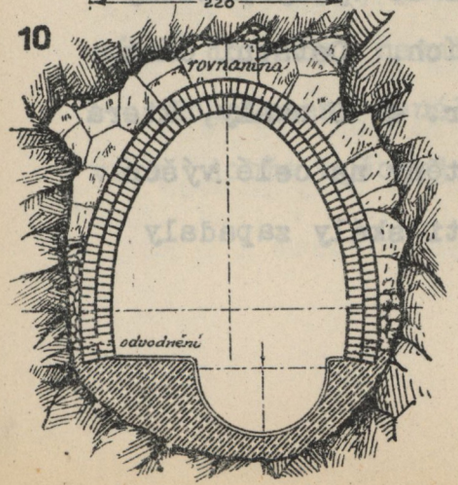
8



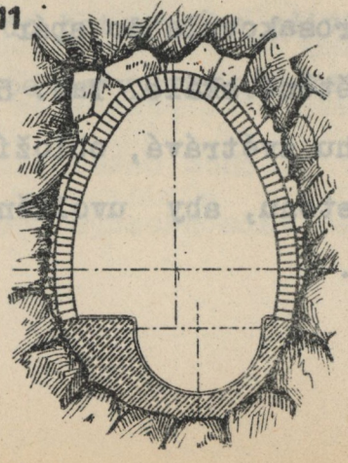
9



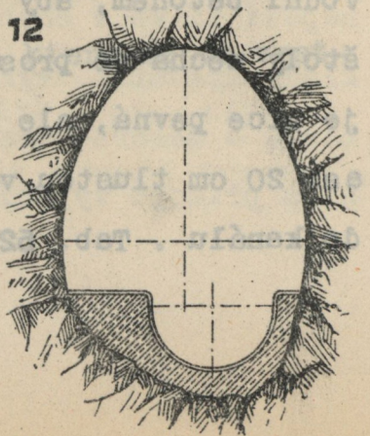
10



11



12



V měkké skále a sypké zemině musí se však štola dobře vyzdíti a k tomu účelu používá se dobrých kanálových cihel anebo dobrého trvanlivého kamene, který se částečně opracuje.

K vyzdívce štol může se použíti též pěchovaného betonu, ale beton hodí se k těmto stavbám méně, poněvadž jej nelze při nevhodné poloze štoly dobře pěchovati. Místo pěchovaného betonu používá se k vyzdívce štol též kvádříků z betonu, které se pěchují do forem a připraví ku stavbě předem, aby náležitě ztuhly.

Tloušťka stěn tunelových kanálů závisí na velikosti profilu, ale hlavně na velikosti tlaku zeminy, který nelze theoreticky přesně ustanoviti a uchylujeme se proto při stanovení tloušťky obezdívky ke zkušenostem u provedených staveb. Celkem je však tloušťka tunelových kanálů značně větší než u krytých kanálů, postavených v otevřených stavebních příkopech.

Stavba tunelového kanálu provede se podobně jako u železničních tunelů v prstenech 5 - 10 m délky. Bednění stoky se postupem práce vybírá, ale pažení z fošen zůstane zpravidla ve štole.

Prostor mezi tunelovým zdivem a pažením vyplní se rovnaninou z kamene, zdivem, nebo pěchovaným betonem. Spodní voda, která vniká do štoly, zachytí se trativodem, zřízeným pod základy štolou.

Vnitřní stěna tunelové stoky se vyspáruje a vyhladí cementovou maltou a u zdiva z lomového kamene opatří se stěny hlazenou omítkou z cementové malty.

V tab. 52. vyznačeny jsou některé profily hlavních přiváděčů vodárenských.

V obr. 1 - 9 jsou štolové profily hlavního přiváděče II. Vídeňského vodovodu; obr. 1. je profil vyzděný z kamene; obr. 2 je profil z pěchovaného betonu, oboje jsou postaveny v otevřeném stavebním příkopu. Obr. 3. je profil z pěchovaného betonu, použitý u akvaduktů. Obr. 4. 5. a 6 jsou betonové profily tunelové v pevné skále; obr. 7. 8. a 9. jsou

profily v méně pevné skále, zpevněné kvádrovým zdivem.

Obr. 10, 11.a 12. jsou profily hlavního přiváděče z přehrady Neunzehnhaim pro vodovod v Sas. Kamenici ; k vyzdívce použilo se ve dně pěchovaného betonu v ostatní části cihlového zdiva v 1 až 3 pásech, dle velikosti tlaku zeminy ve štole.

V tab. 51.obr. 14 a 15. naznačeny jsou štolové profily hlavního přiváděče vodovodu v Mnichově, vyztužené zdivem z cihel.

·-·-·-

§29. VODOVODY TLAKOVÉ.

Příznakem vodovodů tlakových čili hydrostatických jest, že v nich odtéká voda, jsouc úplně uzavřena, hydrostatickým tlakem. Může se k nim proto použíti jen trub z materiálu, který tento tlak vydrží, tedy z kovů a z těchto je ekonomicky nejvýhodnější železo.

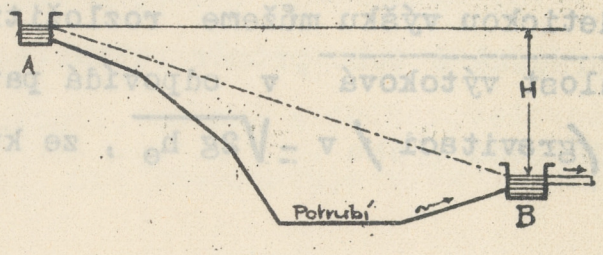
Dalším příznakem těchto vodovodů jest, že trubní řád nemusí býti položen v konstantním spádu, nýbrž že může býti položen v určitých mezích, když to členitost území vyžaduje, též ve stoupání, poněvadž se voda, vyplňující celý průřez potrubí, pohybuje účinkem hydrostatickeho tlaku a ne v důsledku relativního spádu potrubí, tedy hydraulického tlaku. Podmínkou je však při tom, že výtok z potrubí leží níže než vtok do potrubí.

Důležitou vlastností těchto vodovodů jest, že se jimi může voda motorickým tlakem z nižšího území do vyššího zdvíhati, což jest velikou výhodou pro vodárenské stavby, když se voda přivádí výtlačným potrubím z jímacího zařízení z nižšího území do vysoko položených vodojmů a místa spotřeby. Dle toho rozeznáváme hydrostatické vodovody gravitační, když se voda pohybuje potrubím z vyššího místa do nižšího a vodovody výtlačné, když se voda pohybuje v potrubí motorickým tlakem zdola nahoru.

1./ Průtočná rychlost.

Profil tlakových vodovodů bývá vždy kruhový. Vytéká-li voda z nádrže A potrubím do nižší nádrže B, obr. 92, pohybuje se voda na celé délce potrubí určitou rychlostí, která je závislá na absolutním spádu potrubí H, totiž na výškovém rozdílu hladiny vodní mezi vtokem a výtokem z potrubí, tedy na hydrostatickém tlaku, pod kterým voda v potrubí stojí.

Obr. 92.

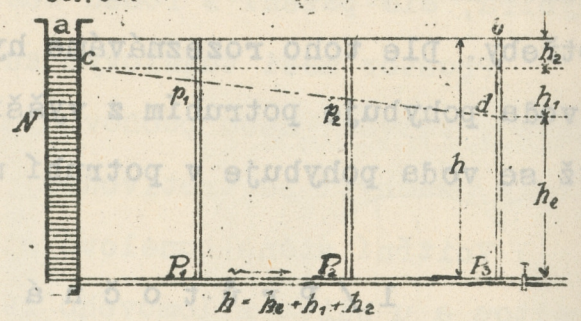


Rychlost pohybu jednotlivých částeček vody není v celém průřezu potrubí stejná, při obvodu jest menší a ve středu větší a při výpočtech uvádíme i zde pojem střední průtočné rychlosti, která představuje obecně poměr mezi průtočným množstvím a plošným obsahem profilu $v = \frac{Q}{F}$; dle toho jest obráceně průtočné množství $Q = F\,v = \frac{\pi d^2}{4}\,v = 0.765\,d^2\,v$

Výpočet střední rychlosti v potrubí provádí se dle různých vzorců vyvozených induktivně z pokusů. Nejvíce používá se k tomu vzorce W e i s s b a c h o v a $v = \sqrt{\frac{2\,g\,h}{1 + \alpha + \frac{n\,L}{d}}}$, ve kterém značí h absolutní spád potrubí mezi vtokem a volným výtokem, d průměr a L délka potrubí; α, n jsou empirické koeficienty, závislé na materiálu potrubí a průtočné rychlosti vody.

Weissbachův vzorec lze vyvoditi tímto způsobem. Myslíme si, že z nádrže N vychází potrubí AB /obr. 93/, které je na konci uzavřeno kohoutkem K a v bodech P_1 P_2 P_3 opatřeno je svislými výstupnými trubkami, t zv. piezzometry. Voda která stojí v nádrži ve výšce a b bude potrubím vytékati, když se kohoutek K otevře. Pokud jest však potrubí kohoutkem uzavřeno, voda nevytéká a její hladina stoupne ve všech trubkách stejně vysoko do vodorovné čáry hydrostatického tlaku a b. Otevřeme-li potrubí v bodě B a udržujeme-li v nádrži N stejnou výšku hladiny vodní, tedy i stejný tlak, bude se voda pohybovati v potrubí určitou rychlostí a při tom klesne hladina vodní v trubkách do bodů p_1 p_2 p_3 ., jichž spojnici c d nazýváme čárou hydraulického tlaku. Celkový spád potrubí t zv. geodetickou výšku můžeme rozložiti na výšky $h = h_e + h_1 + h_2$

Obr. 93.



Rychlost výtoková v odpovídá patrně tlaku h_e ve vzorci pro volný pád /gravitaci/ $v = \sqrt{2g\,h_e}$, ze kterého plyne obráceně $h_e = \frac{v^2}{2g}$.

Výška h_1 spotřebuje se k překonání odporu tření vody na stěnách potrubí, jež závisí na délce potrubí L, průměru potrubí d a průtočné rychlosti v; může se vyjádřiti vzorcem $h_1 = \frac{v^2 n L}{2g d}$, ve kterém značí n určitý koeficient závislý na materiálu, průtočné rychlosti a průměru potrubí.

Výška h_2 spotřebuje se k překonání odporu při vstupu vody do potrubí, jakož i k tomu, aby se klidné vodě z nádrže udělila určitá průtočná rychlost v potrubí; můžeme jej vyjádřiti vzorcem $h_2 = \frac{v^2}{2g} \alpha$, ve kterém obnáší koeficient $\alpha = 0.505$ a dá se nálevkovitým ústím snížiti na 0.06.

Dosadíme-li tyto hodnoty do rovnice $h = h_e + h_1 + h_2$, obdržíme

$$h = \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}\alpha + \frac{v^2}{2g}\frac{L}{D} n = \frac{v^2}{2g}\left(1 + \alpha + \frac{L n}{d}\right) \quad \text{a z toho} \quad v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \alpha + \frac{nL}{d}}}$$

U dlouhého potrubí může se člen $1 + \alpha = 1.505$ oproti většímu činiteli $\frac{nL}{d}$ vynechati, a pak obdržíme:

$$\text{střední rychlost } v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + 0.505 + n\frac{L}{d}}} = \sqrt{\frac{2g h d}{n L}} = 4.429\sqrt{\frac{h d}{n L}},$$

$$\text{tlakovou výšku } h = \frac{v^2 n L}{2g h} = 0.501 \frac{v^2 n L}{d}.$$

Koeficient n představuje tření v potrubí a obnáší dle Weissbacha pro železné trouby když je průtočná rychlost dána v metrech

$$n = 0.01439 + \frac{0.009471}{\sqrt{v}}.$$

Pro v =	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3 m
n =	0.0278,	0.0266,	0.0257,	0.0250,	0.0244,	0.0239,	0.0230,	0.0227
c =	0.0023,	0.0022,	0.00212,	0.00207,	0.00202,	0.0020,	0.0019,	0.0018

v =	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5	3.0 m
n =	0.0221,	0.0219,	0.0217,	0.0215,	0.0213,	0.0211,	0.0204,	0.0199
c =	0.0018,	0.0018,	0.00179,	0.00177,	0.00175,	0.00174,	0.00168,	0.00164

Hodnoty v této tabulce platí jen pro úplně hladké trouby a pro obvyklé průtočné rychlosti 0.5 - 2.5 m/s., které však z důvodů praktických nepřekročujeme.

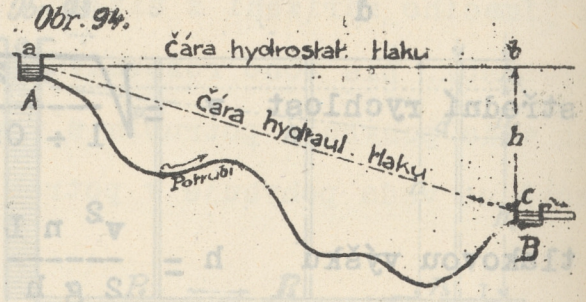
Průtočnou rychlost můžeme počítati též dle obecného vzorce

$v = c\sqrt{RJ} = c\sqrt{\frac{d}{4}\frac{h}{L}}$ s použitím koeficientu Kutterova $v = \frac{100\sqrt{R}}{0.25 + \sqrt{R}}\sqrt{RJ}$.

2./ Průtočné množství a průměr potrubí.

Za předpokladu kruhového průřezu vodovodu o ploše $F = \frac{\pi d^2}{4}$ a předpokladu, že voda vytéká potrubím z nádrže A volně do nádrže B, obr. 94, takže se při průtoku spotřebuje celý spád b c = h, obdržíme:

Obr. 94.



průtočné množství $Q = F.v = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2g\,h\,d}{n\,L}} = \frac{\pi}{4}\sqrt{2g}\sqrt{\frac{h\,d^5}{n\,L}}$.

Vyčíslíme-li stálé hodnoty $\frac{\pi}{4}\sqrt{2g} = 0.785 \cdot 4.429 = 3.476$,

obdržíme průtočné množství . . . . . $Q = 3.476\sqrt{\frac{h\,d^5}{n\,L}}$,

obráceně z toho průměr potrubí . . . . $d = 0.607\sqrt[5]{\frac{Q^2\,n\,L}{h}}$,

tlakovou výšku . . . . . $h = 0.0826\,\frac{n\,Q^2\,L}{d^5}$.

Dosadíme-li do těchto vzorců $n.0.0826 = c$, obdržíme

$$h = c\,\frac{Q^2 L}{d^5}\,; \quad d = \sqrt[5]{c\,\frac{Q^2 L}{h}}\,; \quad Q = \sqrt{\frac{h\,d^5}{c\,L}}\,.$$

Hodnoty koeficientu c vypočteny jsou pro různé n v horní tabulce.

Dupuit vyvodil na základě vzorce **Eitelweinova**

$$v = 50.9\sqrt{RJ} = 50.9\sqrt{\frac{d\,h}{4\,L}} \left.\begin{array}{l} 50.9\sqrt{\frac{d\,h}{4\,L}} = 1.273\,\frac{Q}{d^2} \\ v = \frac{Q}{F} = \frac{4\,Q}{\pi d^2} = 1.273\,\frac{Q}{d^2} \end{array}\right\} d = \sqrt[5]{\left(\frac{Q}{20}\right)^2 \frac{L}{n}}$$

z toho průměr potrubí $d = 0.3\sqrt[5]{\frac{Q^2 L}{n}}$

průtočné množství . . $Q = 20\sqrt{\frac{h\,d^5}{L}}$

tlaková výška . . . $h = \frac{1}{400}\,\frac{Q^2 L}{d^5} = 0.0025\,\frac{Q^2 L}{d^5}$

tedy podobné hodnoty jako nahoře dle Weissbachova vzorce.

3./ Ztráta tlaku.

Důležitý význam má ve shora uvedených vzorcích tlaková výška

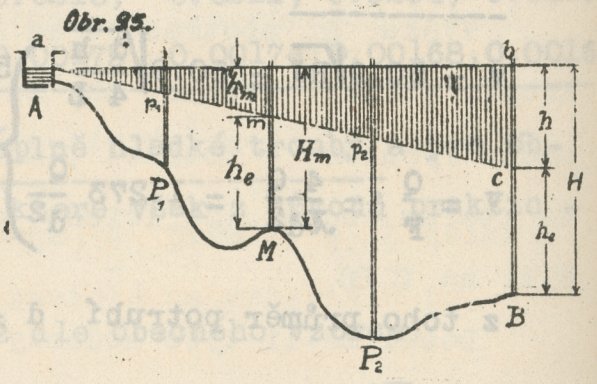
$$h = \frac{v^2\,n\,L}{2\,g\,d} = 0.0826.\,n\,\frac{Q^2 L}{d^5} = c\,\frac{Q^2 L}{d^5}\,; \quad Q = \sqrt{\frac{h\,d^5}{c\,L}}\,.$$

Ona představuje výšku tlaku, spotřebovanou k překonání odporu tření vody na stěnách při průtoku potrubím z jednoho kraje na druhý a nazýváme ji též ztrátou tlakovou / Widerstandshöhe, Druckhöhenwerlust /.

Jak ze vzorců patrno, je tato ztráta přímo úměrná s druhou mocninou průtočného množství a průtočné rychlosti, úměrná s délkou vodovodu a obráceně úměrná s průměrem potrubí. Ona představuje výšku tlakovou,

která se v potrubí o délce L a průměru d spotřebuje /ztratí/ z celého spádu vodovodu, když v něm voda tečo rychlostí v

Kdyby voda v potrubí neodtékala, nýbrž stála v klidu, dosáhla by ve všech trubkách P_1, P_2 , M . . . , , obr. 95 nasazených na potrubí stejné výšky jako je hladina vodní v nápustné nádrži A, tedy t.zv čáru hydrostatického tlaku a b , podobně jako ve spojených nádobách. Jelikož ale musí voda při průtoku potrubím překonati určitý odpor tření, dostoupí její hladina v trubicích jen výšek p_1, m, p_2 , c , které stanoví t.zv čáru hydraulického tlaku a c Ona má obdobný význam jako relativní spád otevřených a krytých kanálů Kdyby se průtok vody v potrubí zarazil, na př uzavřením výtoku potrubí šoupátkem, vystoupila by voda do výšky hydrostatického tlaku a b



Trojúhelník a b c znázorňuje ztrátu tlakovou v každém bodě potrubí ; ona je dána výškovým rozdílem mezi čárou hydrostatického a čárou hydraulického tlaku. Výškový rozdíl mezi osou potrubí a čárou hydraulického tlaku, znázorňuje výstupnou výšku čili efektivní tlak v libovolném bodě potrubí

V libovolném bodě potrubí M dostoupila /vytryskla/ by voda v nasazené trubici , kdyby se zde potrubí navrtalo a nebylo odporu vzduchu do výšky m, ztráta tlaková v trati vodovodu od počátku do bodu M obnáší h_m a efektivní tlak čili výstupná výška v bodě M je $h_e = H_m - h_m$. Na konci potrubí vystoupí voda do výšky c ; ztráta tlaková jest zde h a voda stojí v potrubí pod efektivním tlakem

$$h_e = H - h = H - \frac{v^2 \, n \, L}{2 \, g \, d} = H - c \, \frac{Q^2 \, L}{d^5}$$

Může-li voda v hodě c vytékati, bude vytékati rychlostí $v = \sqrt{2g\,h_e}$

a sice množství $Q = \sqrt{\frac{h_e\,d^5}{c\,L}}$

Koeficient c viz na tr 446

Vytéká-li voda na konci potrubí volně do nádrže B obr 94 str 446, s otevřenou hladinou vodní na př do vodojmu, spotřebuje se celá statická výška H = h, a čára hydraulického tlaku spojuje přímočarně hladinu vodní při vtoku a výtoku z potrubí

Čára tlaková jest při všude jednakých ztrátách tlakových, tedy při stejném průměru potrubí a stejné průtočné rychlosti přímkou ; jinak může však býti lomenou čárou a při současném odběru vody na různých místech potrubí má tvar parabolické křivky

Ztráta tlaku udává se na jednotku délky L = 100 m . tedy jako relativní spád čáry hydraulického tlaku v procentech ; průtočné množství Q měří se v lit /sek nebo lit /min

K usnadnění výpočtu slouží různé tabulky a diagramy, z nichž lze ztrátu tlakovou, průtočné množství a průtočnou rychlost jednoduše odečísti Taková tabulka, sestavená dle Weissbachova vzorce, nalézá se na str 451

Ze shora naznačených vzorců je patrno, že průměr potrubí, průtočná rychlost, průtočné množství a ztráta tlaková jsou mezi sebou v úzké souvislosti a může se proto tlaková čára dle daných poměrů /v, Q, L, d/ měniti a přizpůsobiti vyžadovanému efektivnímu tlaku Průtočná rychlost pohybuje se při tom v mezích 0.5 - 2.0 m/sek,

Poznámka Veškeré dosavádní výpočty ztráty tlakové vycházely z W e i s s b a c h o v a vzorce

$$h = \left(0{,}01439 + \frac{0\ 009471}{\sqrt{v}}\right) \frac{v^2}{2g}\,\frac{L}{d} = c\,\frac{Q^2\,L}{d^5}\ ,$$

ale výsledky tohoto výpočtu nesouhlasí vždy úplně se skutečností a měřením

na provedených vodovodech ; tyto odchylky byly podnětem dalšího šetření a pokusů, aby se koeficient c ustanovil správněji

Tímto způsobem vznikla v poslední době celá řada nových vzorců, ze kterých uvádíme tyto .

Darcy $d = \sqrt[5]{c\,\frac{Q^2 L}{h}}$; $h = c\,\frac{Q^2 L}{d^5}$ } $c = 0\ 001541 + \frac{0\ 000042}{d}$

d'Aubuisson $h = 0\ 001435\ \frac{v^2}{d}\ L$

Lampe $h = 0\ 0008289\ \frac{v^{1\ 82}}{d^{1\ 25}}\ L$

Saint - Weissant $h = 0\ 0001435\ \frac{v^{1\ 71}}{d}\ L$

Franck $h = \left(0\ 000512 + \frac{0\ 0003847}{\sqrt{d}}\right)\frac{v^2}{d}\ L$

Fanning $h = 0\ 001312\ \frac{v^2}{d}\ L$

Flamant $h = \frac{0\ 000740}{\sqrt[4]{d\ v}}\ \frac{v^2}{d}\ L$

Biel $h = 0\ 004\left(0\ 12 + \frac{0\ 072}{\sqrt{d}}\right)\frac{v^2}{d}\ L$

Sonne $h = \left(0.00087 + \frac{0.00012\sqrt{d} + 0\ 00003}{d}\right)\frac{v^2}{d}\ L$

Lang $h = \left(0\ 001 + \frac{0\ 0001}{\sqrt{v\ d}}\right)\frac{v^2}{d}\ L$

TABULKA TLAKOVÝCH VODOVODŮ.

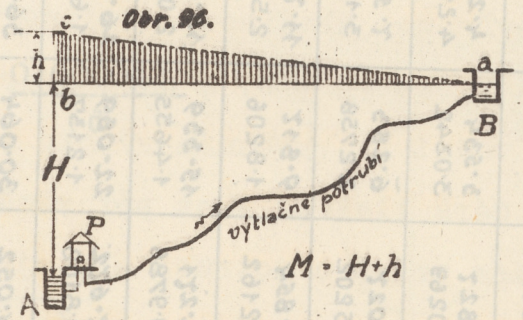
$Q = F.v = \sqrt{\frac{h d^5}{c l}}$ m³/s ; $d = \sqrt[5]{\frac{c Q^2 l}{h}}$ m ; ztráta tlaku na 100 m = $h = \frac{c Q^2 . 100}{d^5}$

d mm ; F m	v =	0·50	0·40	0·50	0·60	0·70	0·80	0·90	1·00	1·25	1·50	1·75	2·00	d
40	Q	0·377	0·503	0·628	0·754	0·880	1·005	1·131	1·257	1·571	1·885	2·199	2·513	40
0·001256	h	0·3633	0·5987	0·8851	1·2210	1·6052	2·0370	2·5156	3·0404	4·5513	6·3427	8·4092	10·748	
60	Q	0·848	1·131	1·414	1·696	1·979	2·262	2·545	2·827	3·534	4·241	4·948	5·655	60
0·002827	h	0·2422	0·3991	0·5900	0·8140	1·0702	1·3580	1·6771	2·0269	3·0342	4·2284	5·6061	7·1652	
80	Q	1·508	2·011	2·513	3·016	3·519	4·021	4·524	5·027	6·283	7·540	8·796	10·053	80
0·005026	h	0·1817	0·2993	0·4425	0·6105	0·8026	1·0185	1·2578	1·5202	2·2758	3·1715	4·2046	5·3739	
100	Q	2·356	3·142	3·927	4·712	5·498	6·283	7·069	7·854	9·817	11·781	13·744	15·708	100
0·00785	h	0·1453	0·2395	0·3540	0·4881	0·6421	0·8148	1·0062	1·2162	1·8206	2·5371	3·3637	4·2991	
125	Q	3·681	4·908	6·135	7·362	8·589	9·816	11·043	12·271	15·339	18·406	21·474	24·542	125
0·012271	h	0·117	0·1927	0·2846	0·3928	0·5156	0·6551	0·8088	0·9786	1·4655	2·0371	2·7092	3·4565	
150	Q	5·301	7·069	8·836	10·603	12·370	14·137	15·904	17·672	22·089	26·507	30·925	35·343	150
0·01767	h	0·0969	0·1596	0·2360	0·3256	0·4281	0·5432	0·6708	0·8108	1·2137	1·6914	2·2424	2·8661	
175	Q	7·215	9·622	12·026	14·430	16·837	19·241	21·648	24·052	30·064	36·078	42·090	48·104	175
0·02269	h	0·0834	0·1376	0·2033	0·2801	0·3684	0·4680	0·5784	0·6992	1·0465	1·4547	1·9256	2·3403	
200	Q	9·425	12·566	15·708	18·850	21·991	25·133	28·274	31·416	39·270	47·124	54·978	62·832	200
0·03142	h	0·0727	0·1197	0·1770	0·2442	0·3211	0·4074	0·5031	0·6081	0·9103	1·2686	1·6818	2·1496	
250	Q	14·726	19·635	24·544	29·452	34·361	39·270	44·179	49·087	61·359	73·631	85·903	98·175	250
0·04909	h	0·0581	0·0958	0·1416	0·1954	0·2568	0·3259	0·4025	0·4865	0·7282	1·0148	1·3455	1·7196	
300	Q	21·206	28·274	35·343	42·411	49·480	56·549	63·617	70·686	88·357	106·03	123·70	141·37	300
0·07069	h	0·0484	0·0798	0·1180	0·1628	0·2140	0·2716	0·3354	0·4054	0·6069	0·8457	1·1212	1·4330	
350	Q	28·863	38·485	48·106	57·727	67·348	76·969	86·590	96·211	120·26	144·32	168·37	192·42	350
0·09621	h	0·0415	0·0684	0·1012	0·1395	0·1835	0·2328	0·2875	0·3475	0·5202	0·7249	0·9610	1·2283	
400	Q	37·699	50·266	62·832	75·398	87·965	100·53	113·10	125·66	157·08	188·50	219·91	251·33	400
0·12567	h	0·0363	0·0599	0·0885	0·1221	0·1605	0·2037	0·2516	0·3040	0·4551	0·6343	0·8409	1·0748	
450	Q	47·713	63·617	79·522	95·426	111·33	127·23	143·14	159·04	198·80	238·57	278·33	318·00	450
0·15904	h	0·0323	0·0532	0·0787	0·1085	0·1427	0·1811	0·2236	0·2702	0·4046	0·5638	0·7475	0·9554	
500	Q	58·905	78·540	98·175	117·81	137·45	157·08	176·72	196·35	245·44	294·53	343·61	392·70	500
0·19635	h	0·0291	0·0479	0·0708	0·0977	0·1284	0·1630	0·2012	0·2432	0·3641	0·5074	0·6727	0·8598	
600	Q	84·823	113·10	141·37	169·65	197·92	226·19	254·47	282·74	353·43	424·11	494·80	564·49	600
0·28274	h	0·0242	0·0399	0·0590	0·0814	0·1070	0·1358	0·1677	0·2027	0·3034	0·4228	0·5606	0·7165	
700	Q	115·55	153·94	192·42	230·91	269·39	307·88	346·36	384·85	481·06	577·27	673·48	769·69	700
0·38485	h	0·0208	0·0342	0·0506	0·0698	0·0917	0·1164	0·1437	0·1737	0·2601	0·3624	0·4805	0·6142	

Q = průtočné množství v lit./sek., h = ztráta tlaku v m na 100 m délky.

4 / Výtlačné potrubí

Odvozená pravidla o ztrátě tlakové platí též pro výtlačná potrubí, když se voda čerpá na př. ze studní, nádrží, řeky, do vysoko položených vodojmů . Obr. 96



Je-li H = výškový rozdíl mezi nejnižší hladinou vodní v nádržce, ze které se čerpá a nejvyšší hladidou vodní v nádržce do které se čerpá, musí se překonati nejen t zv geodetická čili statická výška, nýbrž i tlaková výška h , následkem tření ody o potrubí Čerpací stroj musí tedy pracovati se skutečným čili manometrickým tlakem M = H + h

Ztráta tlaková h skládá se zde

ze ztráty tlaku v ssacím potrubí $h_s = \frac{v_s^2 L_s n}{2g d_s}$

ze ztráty tlaku ve výtlačném potrubí $h_v = \frac{v_v^2 L_v n}{2g d_v}$

Úhrnná ztráta tlaková $h = h_s + h_v$

Síla potřebná k pohonu čerpacího stroje bude $N = c \frac{Q (H + h)}{75}$ HP,

při čemž značí

Q = čerpané množství vody v litrech na sek ,

H + h = manometrický tlak v metrech ,

c = koeficient výkonnosti, který obnáší u čerpadel pískových a centrifugalních c = 1 3 ÷ 1 5

Vyžaduje-li se na konci výtlačného potrubí ještě nějaký efektivní tlak, čili výstupná výška = h_e, musí čerpadlo pracovati s manometrickým tlakem $M = H + h + h_e$

5./ V ý p o č e t t l a k o v ý c h v o d o v o d ů.

Při výpočtu tlakových vodovodů přicházejí tyto úlohy .

1 / Stanoviti průtočnou rychlost a průtočné množství vody, které potrubí při daném tlaku odvádí.

2 / Stanoviti průměr potrubí pro dané průtočné množství vody a daný tlak.

3 / Stanoviti spád a čáru hydraulického tlaku potrubí pro dané průtočné množství vody, danou rychlost a vyžadovaný efektivní tlak na konci potrubí

Veškeré tyto úkoly řeší se pomocí shora uvedených vzorců, při čemž volíme z důvodů praktických průtočnou rychlost vody v mezích 0.5 - 2 0 m průměrně asi 1 m

Nejčastěji přichází úloha druhá a třetí, totiž stanovení průměru potrubí pro dané průtočné množství vody, daný spád a vyžadovanou výstupnou výšku (efektivní tlak). Řešení této úlohy provádí se indirektně tím způsobem, že se pro dané průtočné množství a za předpokladu určité střední rychlosti vypočte provisorně průměr potrubí a pro tento průměr a dané množství vypočte se rychlost a ztráta tlaku Dle výsledku tohoto výpočtu může se průměr potrubí a ztráta tlaku měnit, aby vodovod vyhovoval daným požadavkům Průměr potrubí, průtočná rychlost, průtočné množství a ztráta tlaku stojí při tom, jak již shora řečeno, v úzké souvislosti K usnadnění tohoto výpočtu použije se vhodných tabulek a diagramů

P ř í k l a d y

1 / Ze sběrné jímky A odvádí se voda železným potrubím ø 600 mm do zásobovacího vodojmu B, obr 94 Absolutní spád mezi oběma nádržkami obnáší 95,0 m a jejich vzájemná vzdálenost jest L = 59 km. Voda vytéká volně do vodojmu a může se proto celá výška vodovodu 95 00 spotřebovati Jaké množství vody Q může se potrubím přiváděti ?

Hydraulický spád tlakové čáry na jednotku délky je

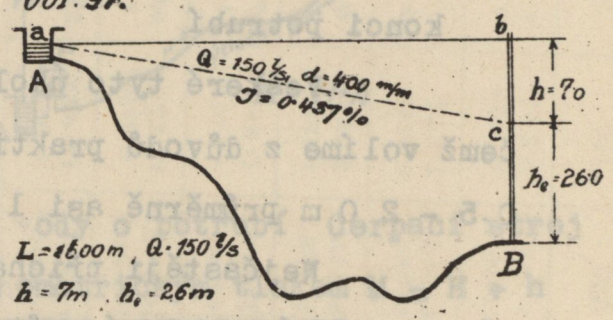
$$h = c \frac{Q^2}{d^5} \frac{L}{}, \quad J = 95 : 59000 = 0\ 00161 = 0\ 161\ \%$$

Průtočné množství vody $Q = \sqrt{\frac{h\ d^5}{c\ L}} = \sqrt{\frac{95\ 0\ 6^5}{c.\ 59.000}} = 290$ lit /sek

Koeficient c = 0.0015 . Průtočná rychlost v = 1 02

2./ Z vodojmu v bodě A odvádí se voda železným potrubím na místo spotřeby v bodě B. Obr. 97. Výškový rozdíl obou bodů obnáší 33 m ; v koncovém bodě vyžaduje se efektivní tlak (výstupná výška) 26 m a lze tedy pro vodovod spotřebovati 7.0 m Délka vodovodu obnáší 1 600 m

Obr. 97.



Spád hydraulické čáry tlakové $J = \frac{7\ 00}{1600} = 0.004375$; h = 0.4375 ‰

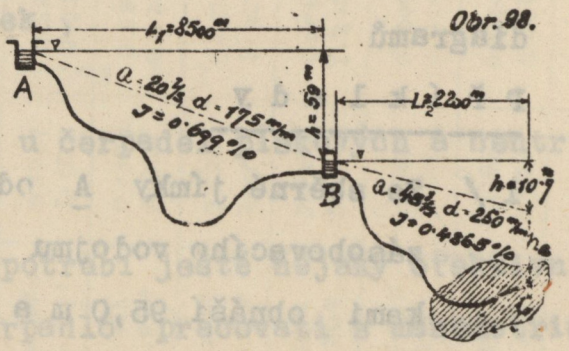
Průtočné množství vody Q = 150 lit /sek Jaký průměr musí míti potrubí ?

$$d = \sqrt[5]{\frac{c\ 0\ 150^2\ 1600}{7\ 00}} = 0\ 3962 \text{ ; } \underline{d = 400 \text{ mm}} \text{ ; } v = 1\ 20$$

Koeficient dle Weissbacha c = 0 0826 0 023 = 0 0019

3./ Z pramenné jímky A odtéká 20 lit./sek vody konstantně po celý den do zásobovacího vodojmu B a z tohoto vodojmu do města C, dotyčně zásobovacího území kolem bodu C ,obr 98. Výškový rozdíl mezi koncovým bodem C a vodojmem A jest 95 m , vzdálenost obou L = 8500 + 2200 = 10 700 m. Průtočné množství vody pro potrubí AB jest Q = 20 lit./sek. , pro potrubí BC jest Q = 48 l /s.

Obr. 98.



Výška zásobovacího vodojmu B budiž volena tak, aby byl v koncovém bodě napájecího potrubí efektivní tlak h_e = 25 m a aby ztráta tlaku byla v tomto úseku h = 10 7 m Výška zásobovacího vodojmu nad bodem C obnáší tedy H = 25 00 + 10.70 = 35 7 = 36 0 m . Délka napájecího potrubí jest L = 2200 m Spád čáry hydraulického tlaku $J = \frac{10.7}{2200} = 0\ 004865$; ztráta tlaku na 100 m h = 0.4865 m

Z přiváděcího potrubí AB vytéká voda volně do vodojmu B a může se po celý tlak 95 - 36 = 59 m spotřebovati pro vodovod Délka přiváděcího potrubí L_1 = 8500 m ; spád čáry hydraulického tlaku $J = \frac{59\ 0}{8500} = 0.006992$; ztráta tlaku na 100 m h = 0.6992 m

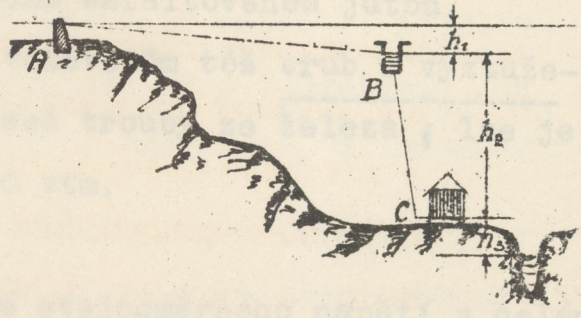
Jaký průměr d_1 musí míti potrubí přiváděcí AB a jaký průměr d_2 potrubí napájecí CD ?

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{0.0019 \quad 0.200 \quad 8500}{59}} = 0.175 \text{ ; } v = 1.0 \text{ ; } J_1 = 0.699\ \%$$

$$d_2 = \sqrt[5]{\frac{0.0019 \quad 0.48 \cdot 2220}{10.7}} = 0.250 \text{ ; } v = 1.0 \text{ ; } J_2 = 0.4865\ \%$$

4 / Od jezu v bodě A odvádí se otevřeným kanálem a dílem i štolou do jímky B a odtud spouští se voda železným potrubím na turbinu ve strojovně C Obr. 99 Výškový rozdíl /spád/ mezi hladinou vodní u jezu a osou turbiny obnáší 25.5 m , ze které se spotřebuje výška h_1 = 1 5m na spád otevřeného kanálu AB a zbytek h_2 = 24 m připadá na spád železného potrubí BC K tomu připočte se ještě ssací výška do odpadu h_3 = 5.00 m Obnáší tedy geodetický spád potrubí pro turbinu 24 + 5 = 29 m Průtočné množství vody Q = 240 lit /sek. Průměr potrubí D = 500 mm Délka potrubí L = 400 m

Obr 99.



Kolik obnáší ztráta tlaku a jakou efektivní sílu může turbina vyvíjeti?

Dle tabulky na str. 451 jest ztráta tlaku na 100 m h = 0·36 m,

na celé délce h = 0·36 . 4 = 1·440 m.

Efektivní tlak turbiny H = 29·00 - 1·44 = 27·56 m

Efektivní síla $N = \frac{240}{75} \frac{27.56}{} 0.8 = 70$ HP

---

§30. MATERIÁL TLAKOVÝCH VODOVODŮ.

1./ Železné trouby.

K stavbě tlakových vodovodů užívá se trub ze železné litiny, kovanoželezného plechu, ocele, mědi a olova. Nejvíce užívá se k vodovodům trub litinových, jež se vyrábějí v průměru 40 - 1200 mm.

Trub kujnoželezných užíváme jen u velikých kalibrů; u menších jen tehdy, když se jedná o pohyblivé uložení a když jsou trouby namáhány na ohyb, na př při kladení vodovodu na mostech, při stavbě akvaduktů, při podvedení vodovodů pod silnicemi nebo železnicemi, když lze očekávati prudké nárazy dopravy a v pod. případech.

Trub ocelových, Manesmanových, užívá se rovněž tak jen ve zvláštních případech, podobně jako trub kovanoželezných, když stojí potrubí pod velkým tlakem, když jsou trouby namáhány na ohyb, dále při stavbě akvaduktů, při převádění vodovodů na mostech, při podvedení vodovodů pod železničním tělesem, kde se vyžadují delší kusy než-li jsou u litinových trub obvyklé, aby byl počet spojů menší a pod. Manesmanovy ocelové trouby vyrábějí se o průměru 38 - 305 mm, v délkách kusů 4 - 10 m; jejich výhodou jest jejich velká pevnost při malé tloušťce stěn, tedy malá váha a velká výrobní délka. Jejich nevýhodou jest, že právě tak jako kujnoželezné roury lehce rezaví, čemuž lze částečně předejíti nátěrem směsi dehtu a asfaltu za horka neb obalem asfaltovanou jutou.

V novější době používá se k tlakovým vodovodům též trub z vyztuženého betonu, které jsou dokonce lacinější než trouby ze železa; lze je provésti do průměru až 3 m a pro tlak až 20 atm.

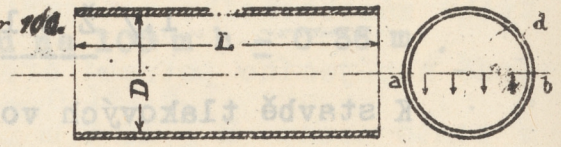
Tloušťka a pevnost trub.

Tloušťka trub počítá se za předpokladu stejnoměrného napětí v celém průřezu tímto způsobem.

V rouře o průměru D, délce L a tloušťce stěn s /obr 100/, nachází se voda, která tlačí na stěny přetlakem t na jednu jednotku

plochy. Obyčejně udává se tento tlak v kg/cm^2, čili v počtu atmosfer. Rouru myslíme si rozříznutu axiálním řezem ve dvě polovice, čímž vzniknou dva

Obr 102.



řezy a i b, každý o ploše Ld. Na každou polovici trouby s velikostí projekce LD působí tlak LDt, kterému musí držeti rovnováhu pevnost roury v obou řezích a i b, tedy LDt = 2kLS, anebo na jednotku délky uvažované roury Dt = 2kd Z toho tloušťka stěn $s = \frac{Dt}{2k}$.

Z důvodů bezpečnostních dává se stěnám tloušťka něco větší a sice $s = s_0 + \frac{Dt}{2k}$, při čemž znamená s_0 nejmenší prakticky přípustnou tloušťku stěn, která obnáší u železné litiny asi 8 mm, u kujného železa, ocele, mědi a mosazu 4 mm, u olova 5 mm ; k jest přípustné namáhání materiálu v kg/mm^2.

Přípustné namáhání k obnáší u litiny 1/10 pevnosti v tahu /σ/, u kujného železa asi 1/5 - 1/7 pevnosti v tahu Dle toho jest pro

železnou litinu	σ = 1200 kg/cm^2,	k = 120 kg/cm^2	= 1.2 kg/mm^2
kujné železo	σ = 3500 ,, ,	k = 750 ,,	= 7.5 ,,
ocel	σ = 6000 ,, ,	k = 1000 ,,	= 10.0 ,,
měď	σ = 2500 ,, ,	k = 800 ,,	= 8.0 ,,
olovo	σ = 150 ,, ,	k = 20 ,,	= 0.2 ,,

Příklad : Jakou tloušťku musí míti litinové trouby o průměru D = 300 mm při přetlaku t = 20 atmosfer = 20 kg/cm^2 = 0.2 kg/mm^2 a při dovoleném namáhání k = 4 kg/mm^2.

$$\text{Tloušťka } s = s_0 + \frac{Dt}{2k} = 8 + \frac{300 \cdot 0.2}{2 \cdot 4} = 8 + 7.5 = 15.5 \text{ mm.}$$

Tloušťku stěn litinových trub dle německého normálu, který odpovídá zkušebnímu tlaku 20 atm., lze počítati přibližně též dle vzorce $d = 8 + \frac{D}{60}$ mm. U litinových trub není však nutno tloušťku stěn pro běžné kalibry trub zvlášť počítati. Tyto trouby vyrábějí dnes továrny a hutě v Německu a Rakousku dle t.zv. německého normálu z roku 1882,

kterým jsou stanoveny tvar a tloušťka litinových trub pro provozovací tlak 10 atm a zkušební tlak 20 atm , takže není třeba při tlaku do 10 atm tloušťku trub a jejich součástí zvlášť počítati Tomuto tlaku třeba však tlakovou čáru vždy přizpůsobiti.

2./ N o r m á l n í l i t i n o v é t r o u b y .

Litinové trouby jsou dle způsobu spojování hrdlové nebo přírubové U trub hrdlových opatřen jest jeden okraj hrdlem čili objímkou, do které se při spojování vsune koncentricky okraj následující trouby a zbylá spára zalije se olovem ; u trub přírubových opatřeny jsou oba okraje trouby plochými přírubami, které se při spojování utěsní vložkou a stáhnou šrouby

Tvar, rozměry a tloušťka litinových trub a jednotlivých součástek jsou ustanoveny t zv německým normálem spolku německých inženýrů z roku 1875, které doplnil r 1882 spolek německých odborníků vodárenských a plynárenských

Hrdlové a přírubové trouby litinové vyrábějí se v průměru 40-1200mm jejich délka obnáší u přímých kusů při průměru 40 - 100 mm 2 m ; při průměru 100 - 250 mm 3 m a při průměru 250 - 1200 mm 4 m .

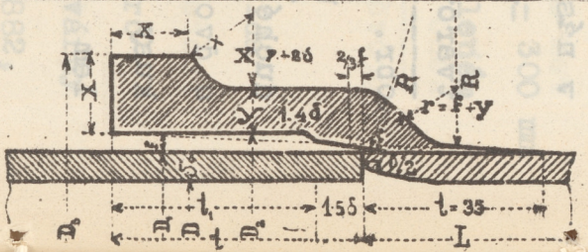
Rozměry normálních trub hrdlových a přírubových vyznačeny jsou v následujících tabulkách

Vedle rovných trub užívá se při stavbě vodovodů různých kusů tvarových čili faconových, vyznačených s příslušnými rozměry v tab. 53, obr. 1 - 9

U trub hrdlových jsou to : pravoúhlé odbočky s přírubami , jednoduché a dvojité, kusy A, AA ; pravoúhlé odbočky s hrdlem, jednoduché a dvojité,kusy B, BB ; kosoúhlé odbočky hrdlové jednoduché a dvojité, kusy C, CC ; přechodné čili redukční kusy R ; kusy s přírubou a hrdlem E ; kusy s přírubou a hladkým koncem F ; kolena pro ostrá zakři-

ROZMĚRY A VÁHY NORMÁLNÍCH LITINOVÝCH TRUB HRDLOVÝCH.

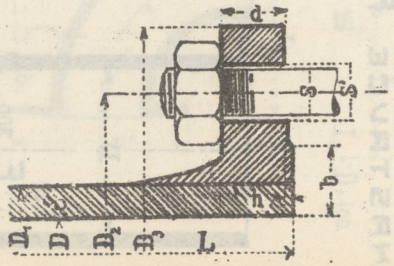
Rozměry m/m :									Váha kg :	
Vnitřní průměr trouby D	Norm. tloušťka stěny : δ	Vnější průměr trouby: D_1	Obvyklá délka stavební L v metrech.	Vnitřní hloubka hrdla t	Tloušťka utěsnění (mezitrubí) f	Vnitřní průměr hrdla D_2	Vnější průměr hrdla D_3	Hloubka utěsnění $t' = t - 1{\cdot}5\,\delta$.	1 metru trouby bez hrdla	1 metru trouby hrdlového počítaje :
40	8	56	2	74	7	70	116	62	8·75	10·09
50	8	66	2	77	7·5	81	127	65	10·57	12·14
60	8·5	77	2	80	7·5	92	140	67	13·26	15·21
70	8·5	87	3	82	7·5	102	150	69	15·20	16·65
80	9	98	3	84	7·5	113	163	70	18·24	19·94
90	9	108	3	86	7·5	123	173	72	20·29	22·19
100	9	118	3	88	7·5	133	183	74	22·34	24·41
125	9·5	144	3	91	7·5	159	211	77	29·10	31·65
150	10	170	3	94	7·5	185	239	79	36·44	39·74
175	10·5	196	3	97	7·5	211	267	81	44·36	48·36
200	11	222	3	100	8	238	296	83	52·86	57·66
225	11·5	248	3	100	8	264	324	83	61·95	67·57
250	12	274	4	103	8·5	291	353	84	71·61	76·51
275	12·5	300	4	103	8·5	317	381	84	81·85	87·48
300	13	326	4	105	8·5	343	409	85	92·68	99·13
325	13·5	352	4	105	8·5	369	437	85	104·08	111·29
350	14	378	4	107	8·5	395	465	86	116·07	124·13
375	14	403	4	107	9	421	491	86	124·04	132·61
400	14·5	429	4	110	9·5	448	520	88	136·89	146·68
425	14·5	454	4	110	9·5	473	545	88	145·15	155·46
450	15	480	4	112	9·5	499	573	89	158·87	170·10
475	15·5	506	4	112	9·5	525	601	89	173·17	185·41
500	16	532	4	115	10	552	630	91	188·04	201·66
550	16·5	583	4	117	10	603	683	91	212·90	228·49
600	17	634	4	120	10·5	655	737	94	238·90	256·69
650	18	684	4	120	10·5	707	793	95	273·86	294·64
700	19	738	4	125	11	760	850	96	311·15	335·66
750	20	790	4	127	11	812	906	97	350·76	378·58
800	21	842	4	130	12·5	866	964	98	392·69	425·01
900	22·5	946	4	135	13	970	1074	101	472·76	512·80
1000	24	1084	4	140	13	1074	1184	104	559·76	608·76



Poznámka: Normální tloušťky stěn platí pro trouby podrobené tlaku pracovnímu as 10 atm. a tlaku zkušebnímu nejvýše 20 atm. a určené v prvé řadě pro vodovody. Váhy stanoveny z měr. váhy litiny 7·25 kg.

ROZMĚRY A ÚHY NORMÁLNÍCH LITINOVÝCH TRUB PŘÍRUBOVÝCH.

Rozměry m/m												Váha kg.	
Vnitřní průměr potrubí D	Norm. tloušťka stěn δ	Vnější průměr trouby D_1	Délka stav. L v metr.	Průměr příruby D_2	Tloušťka příruby d	Kruh dosedný šířka b	Kruh dosedný výška h	počet A	Šrouby průměr s	Šrouby délka l	1 metru trouby bez příruby.	1 metru trouby + obě příruby.
40	8	56	2	140	18	25	3	4	13	70	8·75	10·64
50	8	66	2	160	18	25	3	4	16	75	10·57	12·98
60	8·5	77	2	175	19	25	3	4	16	75	13·26	16·22
70	8·5	87	3	185	19	25	3	4	16	75	15·20	17·34
80	9	98	3	200	20	25	3	4	16	75	18·24	20·80
90	9	108	3	215	20	25	3	4	16	75	20·29	23·20
100	9	118	3	230	20	28	3	4	19	85	22·34	25·65
125	9·5	144	3	260	21	28	3	4	19	85	29·10	33·27
150	10	170	3	290	22	28	3	6	19	85	36·44	41·57
175	10·5	196	3	320	22	30	3	6	19	85	44·96	50·33
200	11	222	3	330	23	30	3	6	19	85	52·86	60·00
225	11·5	248	3	370	23	30	3	6	19	85	61·95	69·30
250	12	274	3	400	24	30	3	8	19	100	71·61	80·26
275	12·5	300	3	425	25	30	3	8	19	100	81·85	91·46
300	13	326	3	450	25	30	3	8	19	100	92·98	102·89
325	13·5	352	3	490	26	35	4	10	22·5	105	104·08	117·07
350	14	378	3	520	26	35	4	10	22·5	105	116·07	130·26
375	14	403	3	550	27	35	4	10	22·5	105	124·04	140·23
400	14·5	429	3	575	27	35	4	10	22·5	105	136·89	153·85
425	14·5	454	3	600	28	35	4	12	22·5	105	145·15	163·58
450	15	480	3	630	28	35	4	12	22·5	105	158·87	178·80
475	15·5	506	3	655	29	40	4	12	22·5	105	173·17	194·78
500	16	532	3	680	30	40	4	12	22·5	105	188·04	211·17
550	16·5	583	3	740	33	40	5	14	26	120	222·90	242·42
600	17	634	3	790	33	40	5	16	26	120	238·90	276·51
650	18	686	3	840	33	40	5	18	26	120	273·86	307·28
700	19	738	3	900	33	40	5	18	26	120	311·15	348·82
750	20	790	3	950	33	40	5	20	26	120	350·76	390·63
800	21	842	3	1020	36	45	5	20	29	130	392·69	430·83
900	22·5	945	4	1120	36	45	5	22	29	130	472·76	514·33
1000	24	1048	4	1220	39	45	5	24	29	130	559·76	604·61



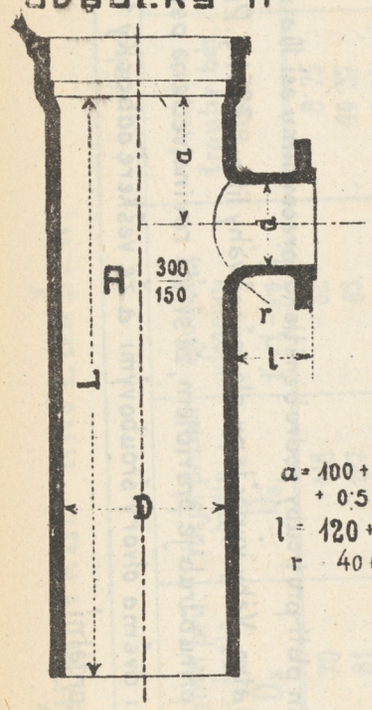
Poznámka: Normální tloušťky stěn platí pro trouby podrobené tlaku pracovnímu asi 10 atm. a tlaku zkušebnímu nejvýše 20 atm. Váhy vypočteny dle měrné váhy litiny 7·25 kg. Při rozvržení otvorů šroubových u přírub. trub je pravidlem, že svislá rovina vedená osou trouby, půlí vzdálenost mezi dvěma otvory šroubovými a že veškeré odbočky tohoto potrubí leží v rovině horizontální.

ROZMĚRY NORMÁLNÍCH LITINOVÝCH FAZONEK KE TROUBÁM HRDLOVÝM.

TAB. 53.

1.

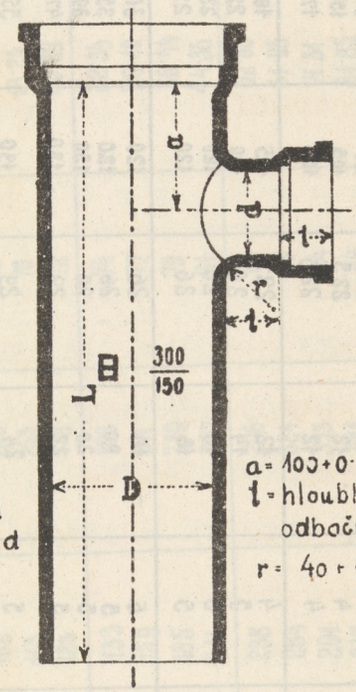
ODBOČKY A



a = 100 + 0·2 D + 0·5 l.
l = 120 + 0·1 d
r = 40 + 0·05 d

2.

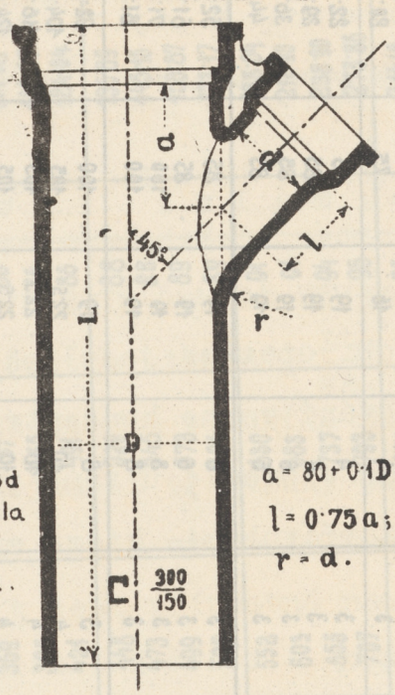
ODBOČKY B



a = 100 + 0·2 D + 0·5 d
l = hloubka hrdla odbočného.
r = 40 + 0·05 d.

3.

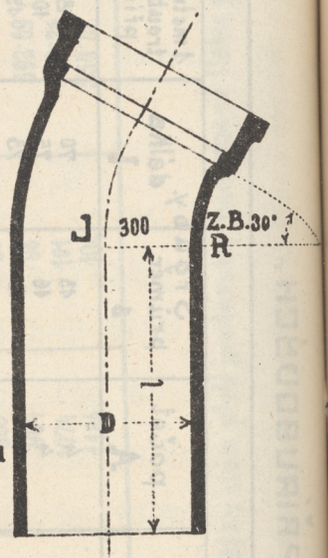
ODBOČKY C



a = 80 + 0·1 D + 0·7 d
l = 0·75 a;
r = d.

4.

KOLENA J



Stavební délka L v m při různém D a d.

D m/m	d m/m	L m/m
40 - 100	40 - 100	0·8
125 - 325	40 - 325	1·00
350 - 500	40 - 300	1·00
350 - 500	325 - 500	1·25
550 - 750	40 - 250	1·00
550 - 750	275 - 500	1·25
550 - 750	550 - 750	1·50

D m/m	d m/m	L m
40 - 100	40 - 100	0·80
125 - 325	40 - 325	1·00
350 - 500	40 - 300	1·00
350 - 500	325 - 500	1·25
550 - 750	40 - 250	1·00
550 - 750	275 - 500	1·25
550 - 750	550 - 750	1·50

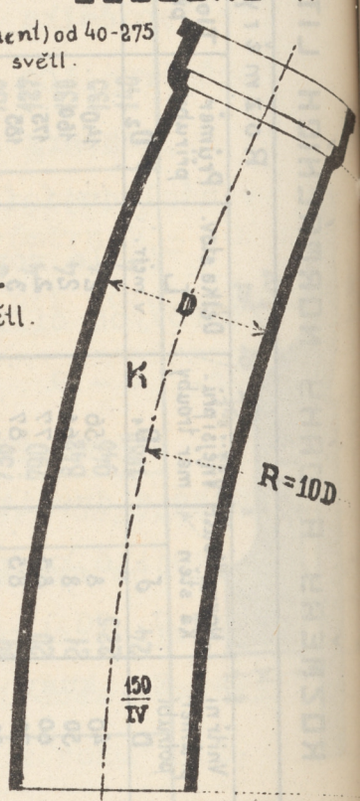
D m/m	d m/m	L m
40 - 100	40 - 100	0·80
125 - 175	40 - 275	1·00
300 - 425	40 - 250	1·00
300 - 425	275 - 425	1·25
450 - 600	40 - 250	1·00
450 - 600	275 - 425	1·25
450 - 600	450 - 600	1·50
650 - 750	40 - 250	1·00
650 - 750	275 - 425	1·25
650 - 750	450 - 600	1·50
650 - 750	650 - 750	1·75

D m/m	R m/m	m m
40 - 90	250	D + 200
≥ 100	D + 150	D + 200
≥ 400	D + 150	600

9.

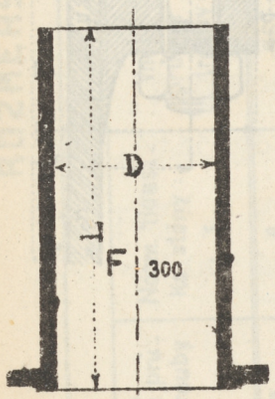
OBLOUKY K

(segment) od 40-275 světl.



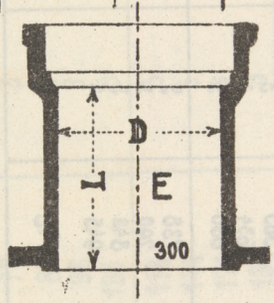
5

NÁSTAVCE F



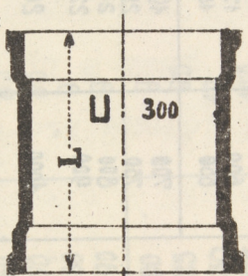
7.

NÁSTAVCE E



6.

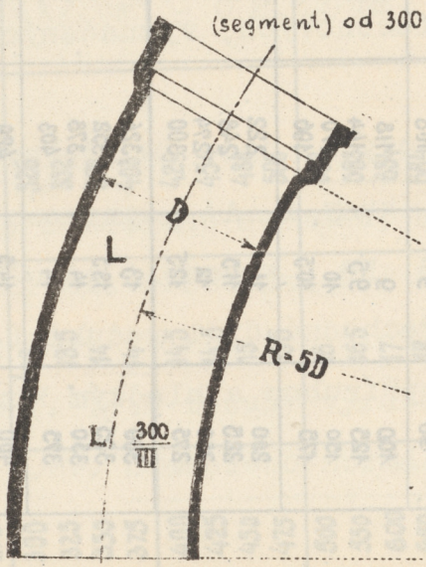
NÁTRUBKY U



8.

OBLOUKY L

(segment) od 300 světl.



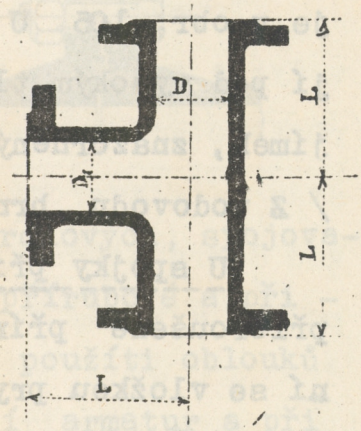
Při D = 40 - 475 je L = 0·6.
Při D = 500 - 750 je L = 0·8. L = 4 násob. délka hrdla.

vení J s centr. úhlem 15°, 30°, 45°, 90°; oblouky segmentů pro pozvolná zakřivení K s centr. úhlem 15°, 22 1/2°, 30°, 45°; přesůvky /nátrubky/ U; k uzavření potrubí slouží zátky pro hrdla, a čapky pro hladké konce.

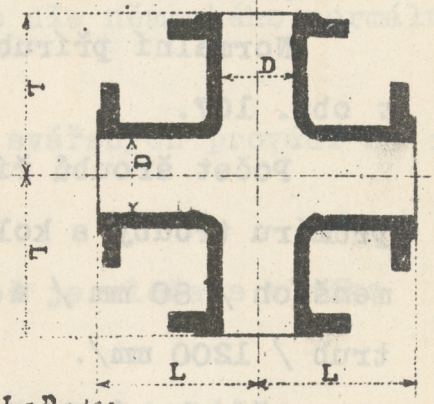
U trub přírubových používá se pravoúhlých odboček T, obr. 101; křížových kusů, obr. 102; oblouků /segmentů/ pravoúhlých L, obr. 103; přírubových kolen s patkou L, obr 104; přetokových tvárnic s nálevkovým krajem; jalových /plných/ přírub.

Rozměry a váhy tvarových kusů přírubových i hrdlových, najdou se v cenících a příručkách železáren.

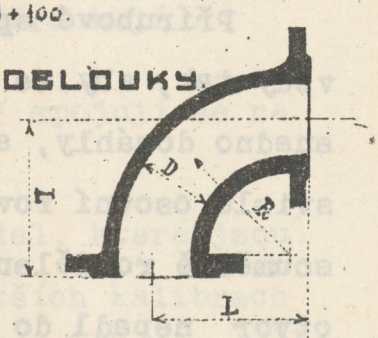
Obr. 101. T KUSY



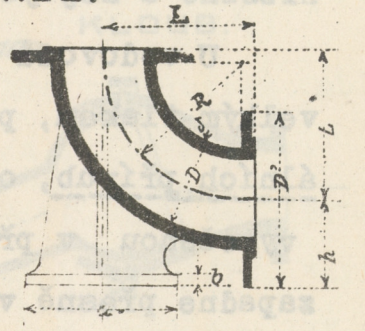
Obr. 102. KŘÍŽOVÉ KUSY.



Obr. 103. L OBLOUKY.



Obr. 104. OBLOUKY S PATKOU.



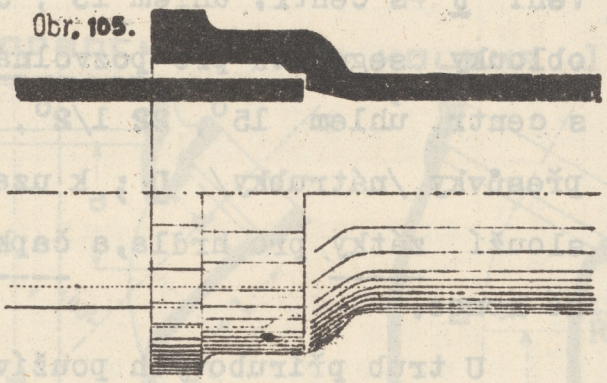
3/ Spojování litinových trub.

Litinové trouby spojují se do souvislého potrubí buď spojkou hrdlovou neb spojkou přírubovou.

U spojky hrdlové opatřen jest jeden kraj trouby širokým hrdlem, do kterého se vsune koncentricky rovný kraj následující trouby, takže zůstane v hrdle úzká spára, která se utěsní dehtovaným provazcem a zalije olovem, jež se ve spáře dobře ntemuje.

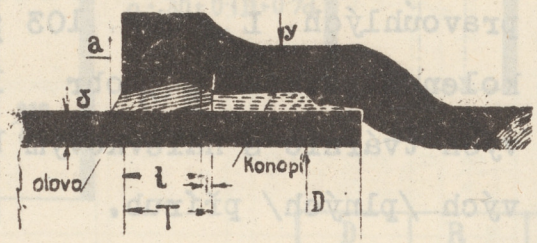
Normální objímka hrdlová znázorněna je v obr. 105. U vodovodů, které stojí pod vysokým tlakem, používá se objímek, znázorněných v obr. 106. / Z vodovodu brněnského/.

Obr. 105.



U spojky přírubové položí se přibroušené příruby na sebe a utěsní se vložkou pryžovou, asbestovou, při velkém tlaku též olověnou, která se vloží mezi příruby a stáhne šrouby.

Obr. 106.



Normální příruba znázorněna je v obr. 107.

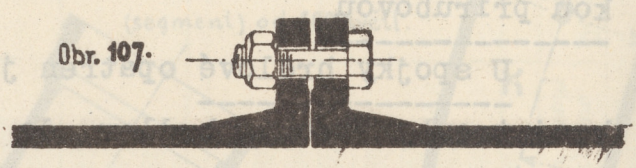
Počet šroubů řídí se velikostí průměru trouby a kolísá od 4 u nejmenších / 80 mm / a 28 u největších trub / 1200 mm/.

ROZMĚRY POTRUBÍ.

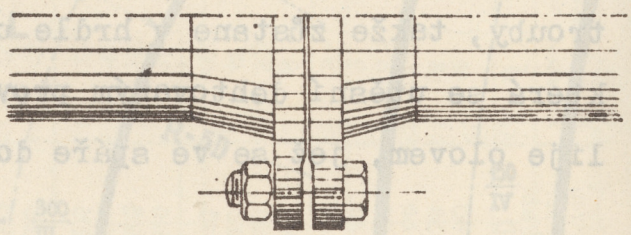
D m/m	δ	f	y	r v m.	l	T	l	a
400	14·5	9·5	20·5	3·5	3·5	40	5	4
450	15·0	9·5	21·5	3·5	3·5	40	5	4
500	16·0	10·0	22·5	3·5	3·5	40	5	4
550	16·5	10·0	23·0	3·5	3·5	40	5	4
600	17·0	10·5	24·0	3·5	3·5	40	5	4
650	18·0	10·5	25·0	3·5	3·5	40	5	4

Přírubové spojky uloženy jsou vždy tak, aby se otvory pro šrouby snadno dosáhly, aby byly šrouby od svislé osovní roviny na obě strany souměrně rozděleny a aby žádný otvor nepadl do osy, tedy do nejnižšího a nejvyššího místa příruby.

Obr. 107.

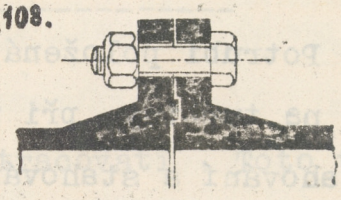


U vodovodů které stojí pod velkým tlakem, používá se speciálních přírub, opatřených drážkou, vytočenou v přírubě, do které zapadne přesně vytočené péro na druhé přírubě. Obr. 108



Nebo se použije přírub utěsněných obojkem z měděného drátu, který je zapuštěn do rýh, vytočených v přírubách. Z důvodů bezpeč - nostních musí býti příruby litinových trub vždy hladce opracovány, aby dobře dosedaly

Obr. 108.



Při stavbách vodovodních užíváme nejvíce trub hrdlových, spojova- ných objímkami , které jsou elastičnější než spojky přírubové a při - pouštějí též malý odklon od přímky, aniž by se muselo použíti oblouků

Trub a spojek přírubových užívá se jen k ukládání armatur a při potrubí položeném volně na povrchu území a též i při mimořádně velkém tlaku vodním Spojení přírubové je tuhé a nelze ho použíti než v přímce.

Tvar a rozměry hrdel i přírub litinových trub dle německého normálu, vyznačeny jsou v tabulkách na str 460 , 461.

Spojování trub kovanoželezných, nýtovaných a svářených provádí se :

a/ nasunutím konců a snýtováním ,

b/ ohnutím konců a snýtováním přírub, mezi než je vložena vložka z měkého železa ,

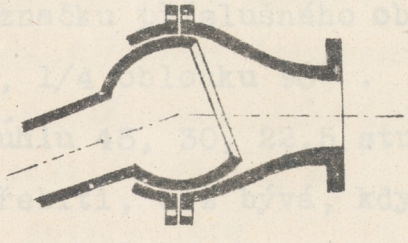
c/ přinýtováním přírub, které se snýtují nebo sešroubují .

Kovanoželezné trouby malého kalibru /40 - 80 mm/ spojují se na závit nebo pomocí závitovité přesůvky .

Ocelové trouby Manesmanovy spojují se pomocí hrdel, které jsou zhotoveny v jednom kusu s troubou, anebo jsou při větších kalibrech nataženy za horka na trubici. Trouby ty možno však vyrábeti též s pří- rubami

KLOUB.

Obr. 109.

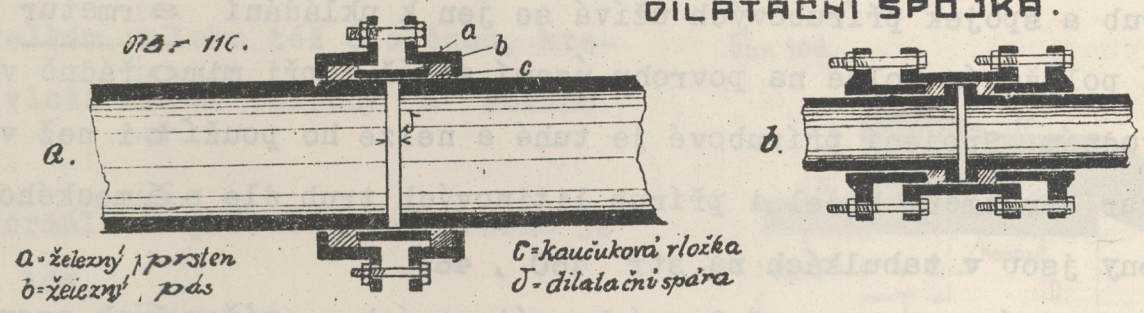


Pro ponyblivá spojení potrubí, zvlášť na mostech, užívá se spojek kloubových, se sfe - ricky opracovanými stykovými plochami.

Obr. 109

Potrubí položená na povrchu území na př. dlouhé vedení tlakové vody na turbiiny, při nichž lze očekávati následkem různé teploty vody roztahování a stahování, opatřují se dilatačními vložkami, které pozůstávají z tvarových kusů, opatřených přírubou a hrdlem, které jsou ucpávkou dobře utěsněny /Stopfbüchse/ a připouští do jisté míry dilatační pohyb, když se trouby teplotou roztahují. Obr. 110 a.b.

DILATAČNÍ SPOJKA.



§ 31. STAVBA TLAKOVÝCH VODOVODŮ.

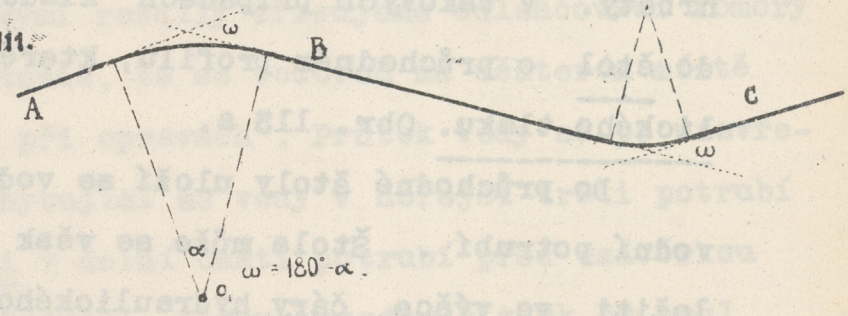
1./ Traca vodovodu.

Ku stavbě vodovodu musí se vodovod na poli tracovati. Toto tracování jest generelní a detailní. Při generelním tracování vyhledají se na základě výškových měření hlavní body, kterými bude vodovod procházeti a řeší se při tom současně otázka výhodné tlakové čáry, překonání lokálních překážek, způsob provedení vodovodu, umístění různých objektů atd. Při detailním tracování vyhledá a vytyčí se v přírodě traca vodovodu podrobně se zřetelem na útvar a výškové poměry území.

Tracu vodovodu vedeme nejkratší cestou, tedy pokud to útvar území připouští, v přímém směru a na místech, kde je co nejméně překážek, pokud možno na cestách a silnicích nebo podél nich, aby byl vodovod snadno přístupný. Vyhýbáme se území skalnatých, kamenným lomům a hliníkům, území zamočenému a slatinnému, půdě s vysokým stavem spodní vody a území sváživému. V údolí klademe tracu vodovodu dle možnosti na svazích, které se nalézají odpoledne na stínu, aby se voda zejména v létě příliš neoteplila, tedy na svazích obrácených k severu a východu.

Tracu vodovodu složíme z více, pokud možno dlouhých přímek, které se spojí krátkými oblouky. Pravidlo je při tracování, že vytyčujeme jen čáry lomené bez oblouků a rovněž tak staničíme a rýsujeme tracu v polohopise. Obr. 111.

Obr. 111.

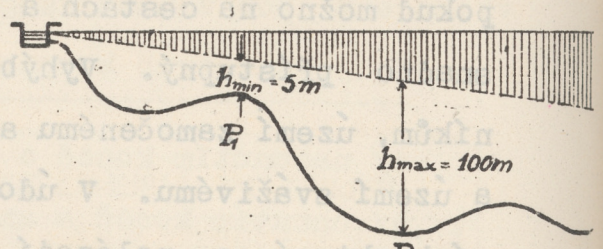


V kladečských plánech připisujeme k vrcholu značku příslušného oblouku K/2, K/3, K/4, což znamená oblouky o 1/2, 1/3, 1/4 oblouku 90°. Vzhledem k obvyklým obloukovým kusům o středovém úhlu 45, 30, 22.5 stupně zalomí se treca tak, aby se mohly tyto kusy upotřebiti, což bývá, když jest zalomení 180 - 45 = 135, 180 - 30 - 150, nebo 180 - 22.5 = 157.5°

Oblouky větší délky a s větším úhlem středovým složíme z více obloukových kusů jdoucích za sebou, anebo více kusů obloukových oddělených přímkami, čímž dosáhneme též většího poměru zakřivení.

2./ Výškové uspořádání vodovodu.

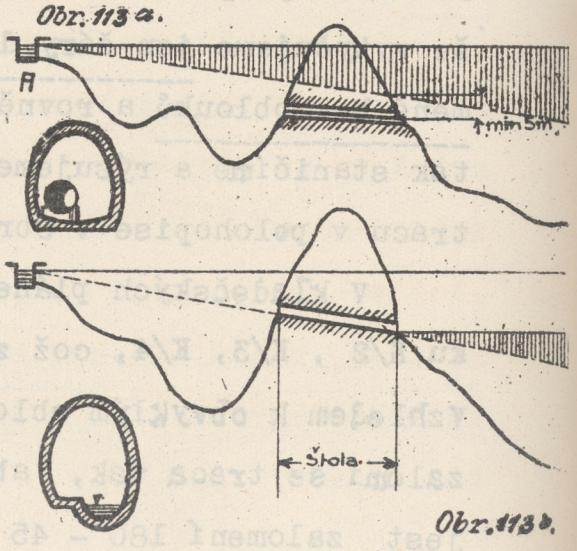
Výškový průběh tracy, pokud leží pod čárou tlakovou, může býti libovolný, potrubí může ležeti ve spádu a stoupání, ale nesmí býti náhlých změn, ani úplně vodorovných tratí, poněvadž se zde vytvoří snadno prohbí / pytle/, které jsou překážkou pravidelnému odtékání vody. Nejvyšší místa potrubí mají ležeti aspoň 5 m pod čárou hydraulického tlaku, aby zde bylo aspoň 1/2 atmosfery přetlaku k vytlačení vzduchu , nahromaděného ve vrcholových tratích vodovodu. Obr. 112. Výškový rozdíl mezi relativně nejhlubšími místy a čarou hydrostatického tlaku nemá býti větší než 100 m, aby trouby nebyly namáhány větším tlakem než 10 atm. Ve vyčleněném území nemůže se však těmto podmínkám vyhověti, obzvláště když překročujeme tracou vodovodu vysoké horské hřbety. V takových případech klademe potrubí do hlubokých zářezů nebo do štol o průchodném profilu, které musí býti založeny pod čárou hydraulického tlaku. Obr. 113 a.



Obr. 112.

Do průchodné štoly uloží se vodovodní potrubí . Štola může se však založiti ve výšce čáry hydraulického tlaku , takže voda z vodovodu do štoly volně vytéká a jí s volnou hladinou protéká. Obr. 113 b. V tomto druhém případě se průběh tlakové čáry ovšem přeruší.

Obr. 113 a.



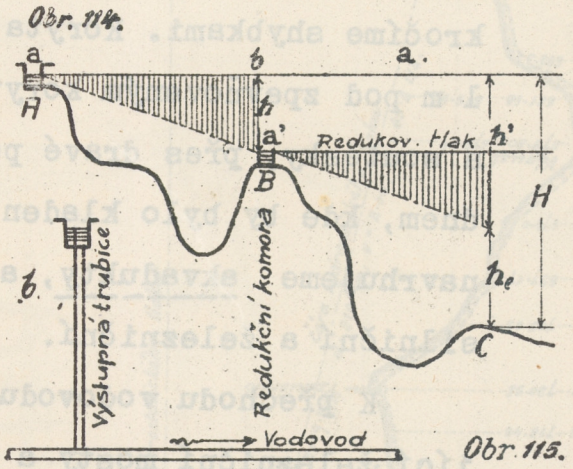
Obr. 113 b.

Při velkých výškových rozdílech a když nepotřebujeme celý tlak k zásobo-

vání, odstupňujeme vodovod a rozdělíme jej odlehčovacími čili redukčními komorami ve více samostatných oddílů, každý se svojí tlakovou čárou .

Obr. 114.

Odlehčovací komory jsou malé nádržky zřízené ve výšce, do které chceme hydraulickou čáru tlaku snížiti ; do nádržky, která komunikuje se vnějším vzduchem, vyteká voda z horního potrubí, vysoký tlak se uvolní, takže čára hydrostatického tlaku klesne do výšky hladiny vodní v odlehčovací komoře.



Obr. 115.

Odlehčovací komory zřídí se nejlépe na přirozených svazích horských, kterými trať vodovodu prochází ; jde-li vodovod údolím, které leží hluboko pod čárou tlakovou, odlehčujeme potrubí t.zv. výstupnými trubicemi /Standrohr/, které se vyvedou svisle až do výšky, do které chceme hydraulickou čáru snížiti. Obr. 115. Výstupné trubice vedeme buď na blízkém svahu ; není-li ho, tedy zřídíme k tomu účelu zvláštní odlehčovací věže, nebo použijeme stávajících vysokých budov / věží/ na blízku vodovodu, do kterých se svislé výstupní trubice uloží.

U vodovodů s velkými výškovými rozdíly zřizujeme odlehčovací komory ještě z jiného důvodu. Stává se totiž, že se vodovod na některém místě v údolní trati šoupátkem uzavře při opravách . Průtok vody se po uzavření sice zastaví, ale sloupec pohybující se vody v hořejší trati potrubí způsobuje v důsledku setrvačnosti v dolní části potrubí před uzávěrkou velký náraz, při kterém se čára hydraul. tlaku zvedne a tlak by mohl překročiti dovolenou mez 10 atm, který roury nevydrží. Aby se tomu zabránilo, opatří se vodovod na několika místech odlehčovacími komorami, nebo výstupnými trubicemi, které musí ležeti ve výšce hydraulické čáry tlakové.

Hluboká údolí a vysoké horské hřebeny obcházíme účelným rozvinutím tracy zatáčkami o stejnoměrném spádu, bez náhlých změn ve spádu a směru. Není-li to možno, protínáme horské hřebeny štolami a hluboká údolí překročíme shybkami. Koryta potoků podcházíme, tak aby potrubí leželo aspoň 1 m pod zpevňovaným korytem. Přes potoky a řeky, přes hluboké rokle a soutěsky, přes dravé potoky s hloubkým zařízntým korytem a pohyblivým dnem, kde by bylo kladení potrubí a jeho udržování spojeno s obtížemi, navrhujeme akvadukty, a upotřebíme k tomu eventuelně příhodné mosty silniční a železniční.

K přechodu vodovodu přes železnici, vyhledáváme pro tracu stávající železniční mosty a propůstky, dle kterých upravíme směr tracy, poněvadž stavba nových objektů přes železniční těleso naráží vždy na technické obtíže a velké překážky se strany železniční správy a vyžaduje při tom značný stavební náklad. Proto se rozhodneme pro zvláštní nové podchody pod železnicí jen v nejnutnějších případech a použijeme k tomu účelu pokud možno stávajících mostů a propůstků.

Několik charakteristických podélných profilů znázorněno je v tab.54.

Obr. 1. tab. 54. je podélný profil vodovodu v Gospiči / Chorvatsko/ se zásobovacím vodojmem před městem.

Obr. 2. tab. 54 je podélný profil vodovodu v Sarajevě s dvěma odlehčovacími komorami a vodojmem před městem .

Obr. 1. tab. 55. je podélný profil vodovodu „ Ranna " v Norimberku s několika štolami přes horské hřbety a shybkami pod potoky.

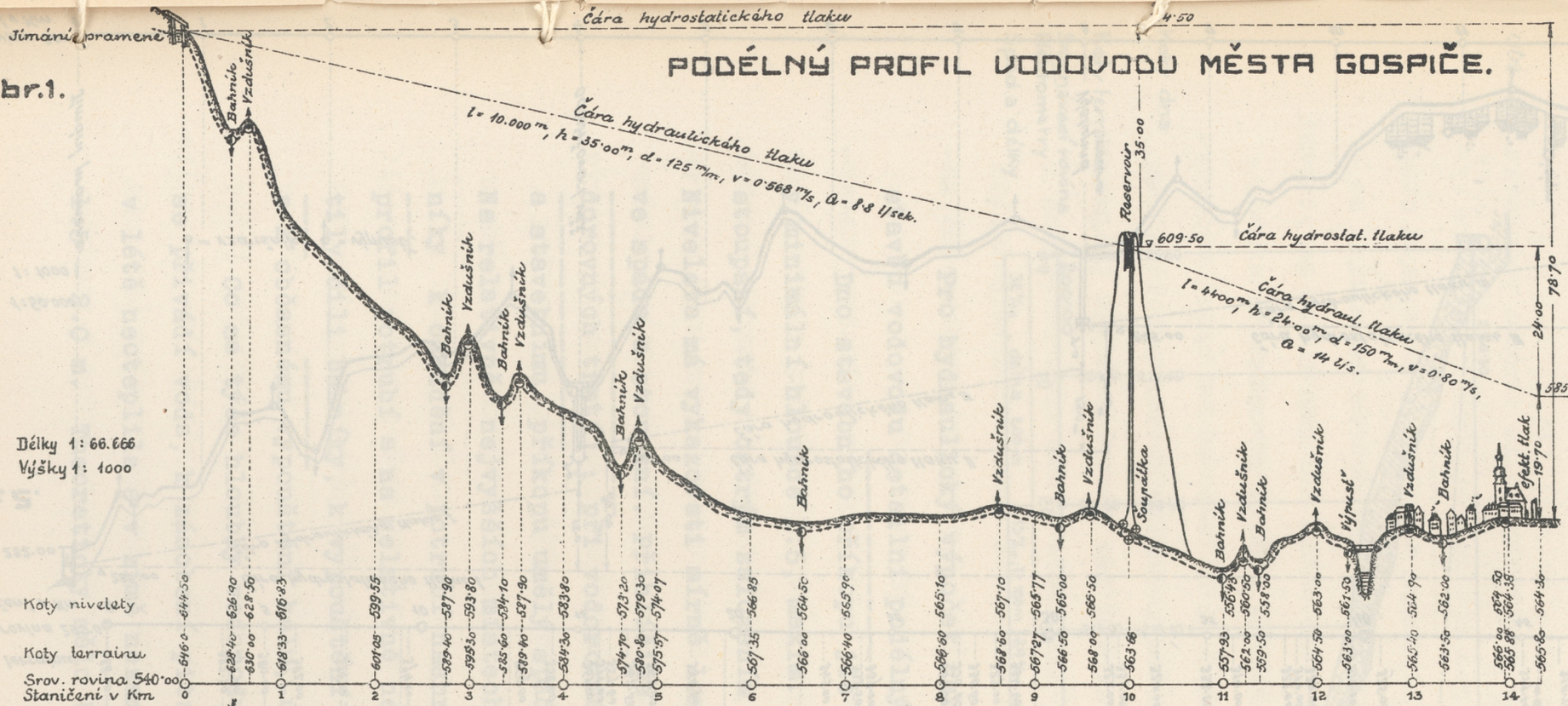
Obr. 2. tab. 55. je typ vodovodu, u kterého je potrubí odlehčeno výstupnými trubicemi a odlehčovacími věžmi.

V přírodě vytyčená traca vodovodu se vykolíkuje a staničí od jednoho zalomení k druhému a na to se niveluje na základě stálých bodů, postavených podél tracy. Zaměřená traca vynese se do podélného profilu, ve kterém se vyznačí dno stavebního příkopu čili niveleta vodovodu. Obr. 116.

TAB. 54.

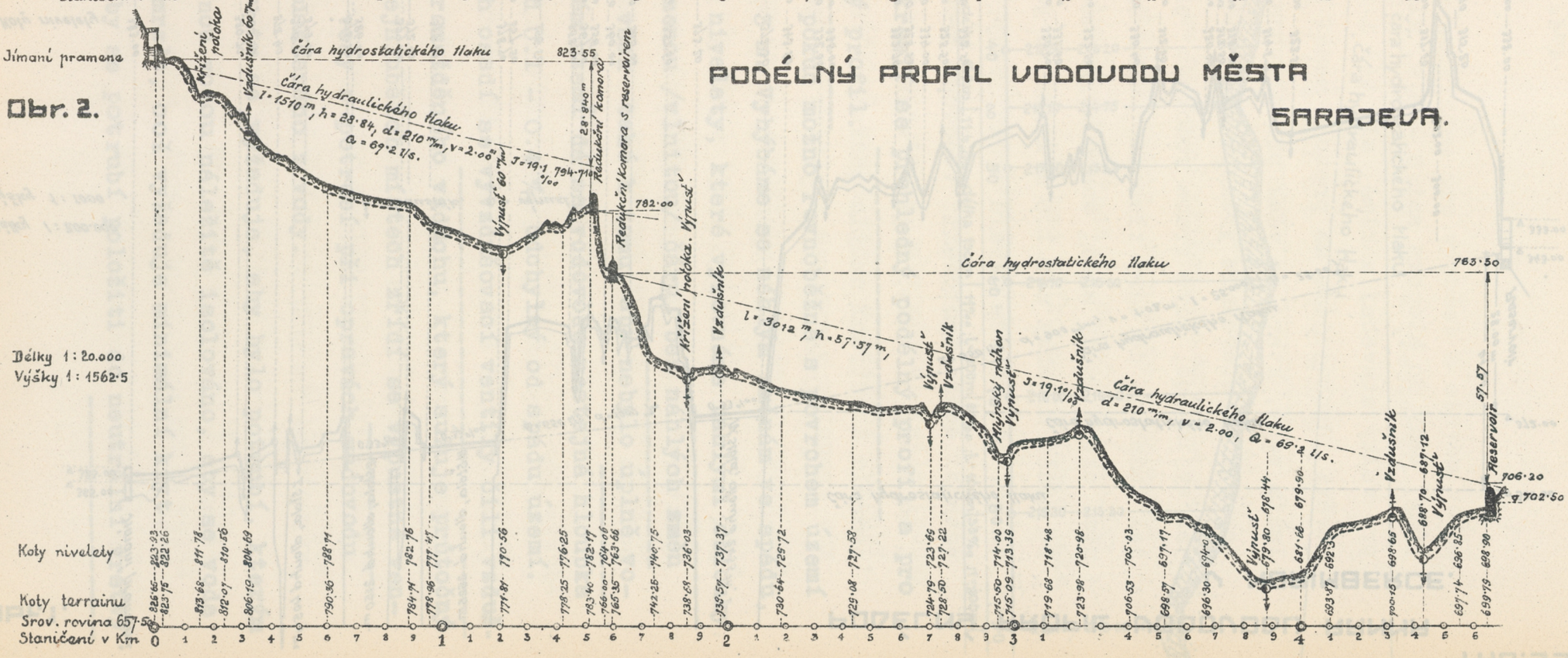
PODÉLNÝ PROFIL VODOVODU MĚSTA GOSPIČE.

Obr. 1.



PODÉLNÝ PROFIL VODOVODU MĚSTA SARAJEVA.

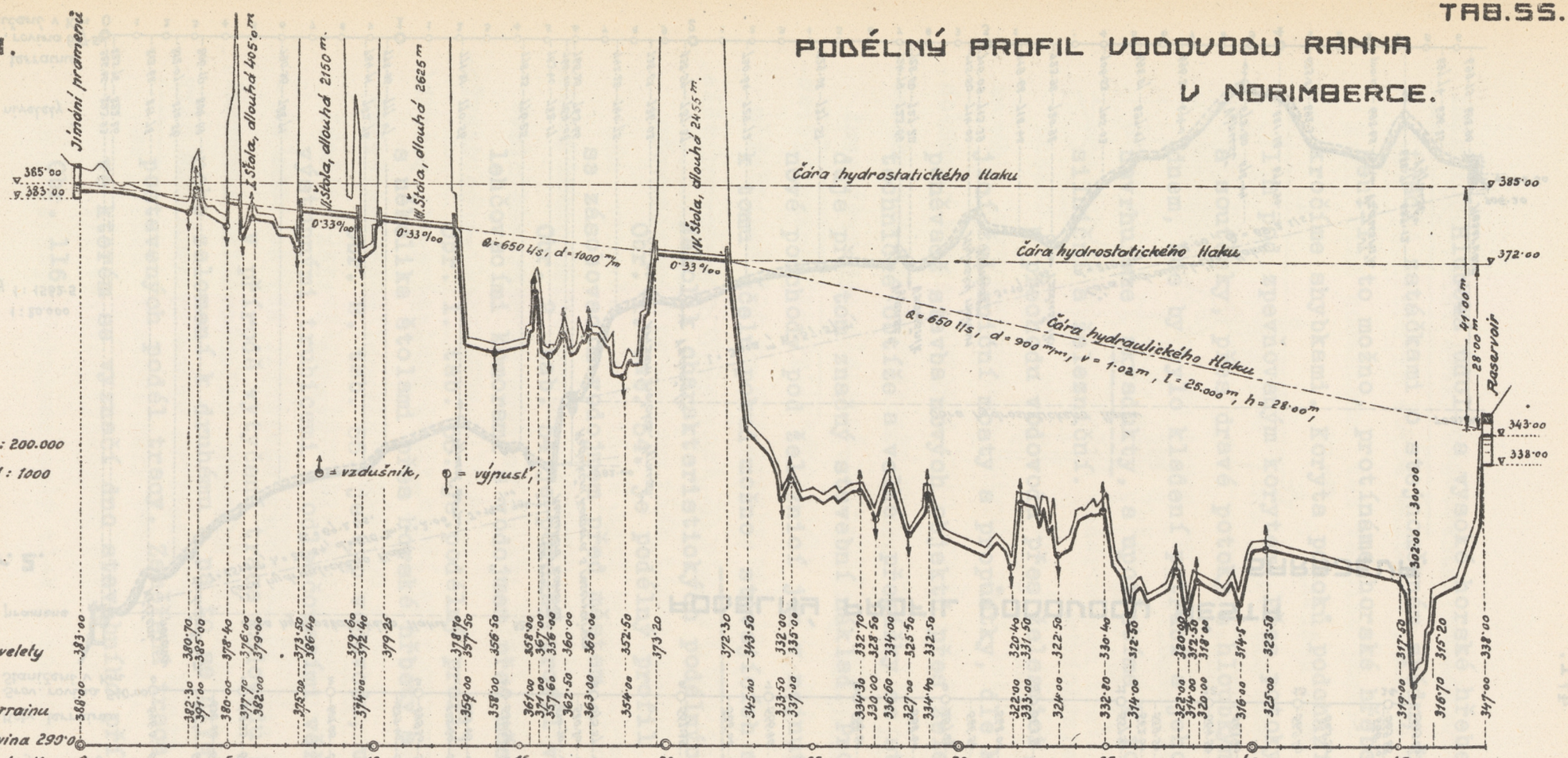
Obr. 2.



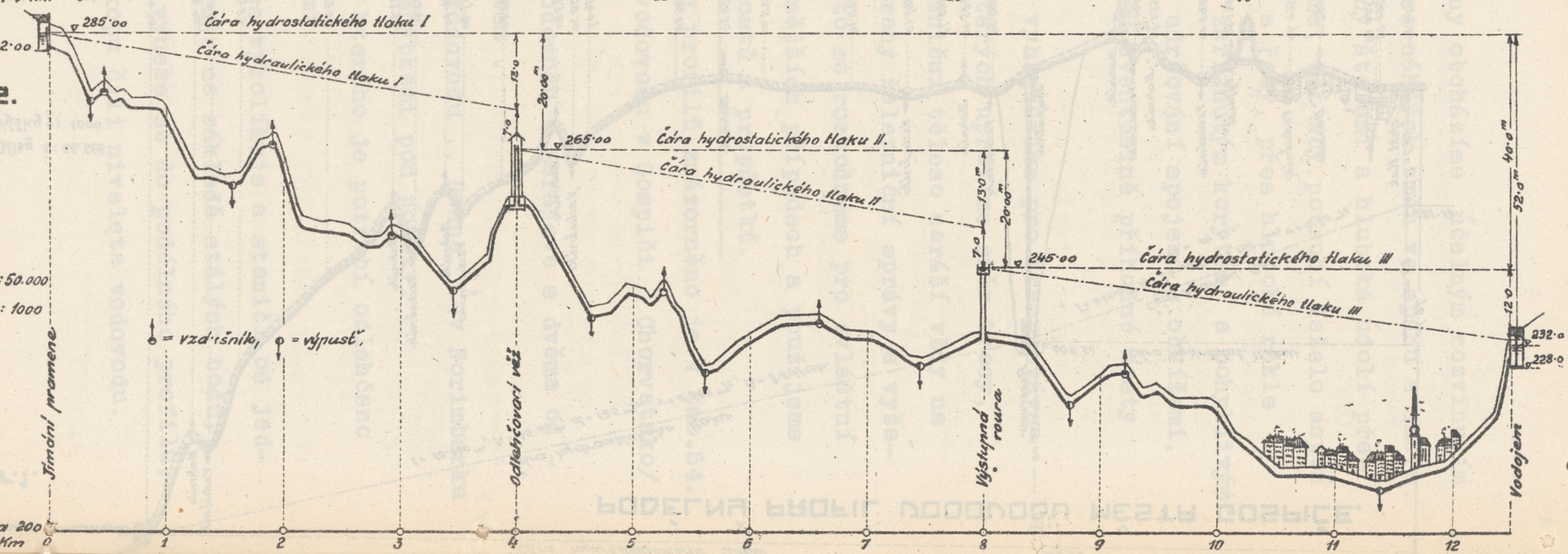
4 ft.

PODÉLNÝ PROFIL VODOVODU RANNA V NORIMBERCE.

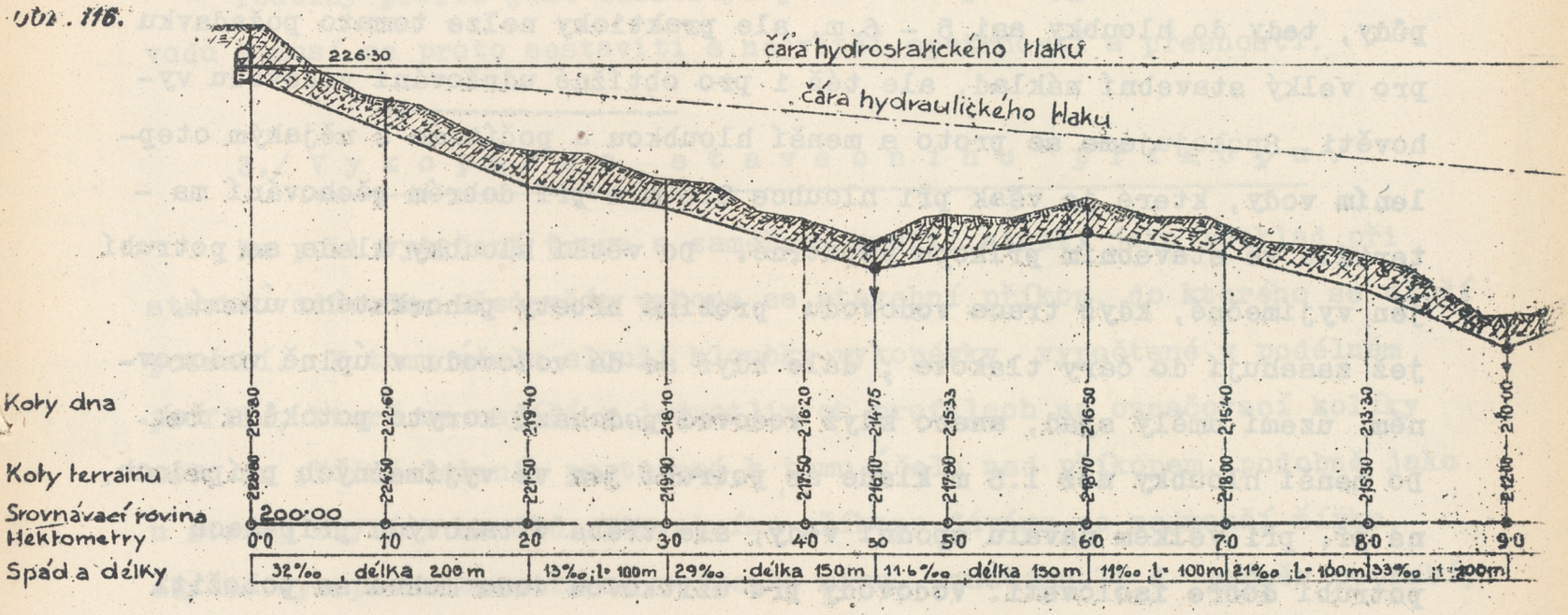
Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 116.



Pro hydraulický výpočet nakreslí se přehledný podélný profil a pro stavbu vodovodu detailní podélný profil.

Dno stavebního příkopu jde pokud možno rovnoběžně s povrchem území v minimální hloubce 1.5, maxim. 3 m. Vyhýbáme se náhlým změnám ve spádu, stoupání, tedy ostrým zalomením nivelety, které vyrovnáme táhlými oblouky. Niveleta má vykazovati mírně lomenou /vlnitou/ čáru, bez náhlých změn ve spádu a stoupání. Přihlížíme však také k tomu, aby nebylo úplně vodorovných tratí ; při vodorovném území dá se vodovodu nestejná hloubka a stavebnímu příkopu umělý spád 0.1 - 0.4 %, odchylný od spádu území. Na relativně nejvyšších místech osadí se vyvzdušovací ventily čili vzdušníky k odvádění v potrubí nashromážděného vzduchu, který sužuje průtočný profil potrubí a na relativně nejhlubších místech zřídí se výpustné ventily čili bahníky, k vypouštění vody z potrubí při opravách vodovodu a k občasnému vypouštění kalu, usazeného z vody.

Co se týče hloubky vodovodu tu se vyžaduje, aby bylo potrubí, kterým se přivádí voda, k zásobení pitnou vodou náležitě isolováno, aby se voda v létě neoteplila a v zimě nezamrzla, což vyžaduje minimální kryt 1.5 - 2.0 m. Theoreticky mělo by se potrubí položiti do neutrální vrstvy

půdy, tedy do hloubky asi 5 - 6 m, ale prakticky nelze tomuto požadavku pro velký stavební náklad, ale též i pro obtížné udržování vodovodu vyhověti. Spokojujeme se proto s menší hloubkou a počítáme s nějakým oteplením vody, které je však při hloubce 2.0 m a při dobrém pěchování materiálu ve stavebním příkopu nepatrné. Do větší hloubky klade se potrubí jen vyjímečně, když traca vodovodu protíná hřbety pahorkatého území, jež zasahují do čáry tlakové ; dále když se dá vodovodu v úplně vodorovném území umělý spád, anebo když vodovod podchází koryto potoků a řek. Do menší hloubky než 1.5 m klade se potrubí jen ve vyjímečných případech, na př. při velkém návalu spodní vody, ale třeba v takových případech potrubí dobře isolovati. Vodovody pro užitkovou vodu mohou se položiti i do menší hloubky, nejméně však do hloubky 1.0 m, aby voda v zimě nezamrzla a potrubí nebylo poškozeno vozní dopravou .

V podélném profile vyznačí se výšky území, výšky a hloubky stavebního příkopu, délka hydraulického a hydrostatického tlaku, ztráta tlaku při maximálním odběru vody vodojmy, průměr potrubí pro maximální odběr, efektivní tlak /výstupná výška/na konci vodovodu a manometrický tlak na počátku výtlačného potrubí. Dále vyznačí se v podélném profilu kultůry hospodářských pozemků a politické rozdělení /příslušnost/ území, kterým vodovod prochází ; objekty vodovodu, jako štoly, shybky, akvadukty , podvedení pod železnicemi a silnicemi, odlehčovací ventily, bahníky , vstupy k dozoru a udržování vodovodu ve vzdálenosti asi 200 m.

Se zřetelem na udržování a opravy při nahodilých defektech rozdělí se celý vodovod na oddíly, které lze uzavříti šoupátky a vyprázdniti výpustnými ventily do blízkých potoků nebo údolí.

U vodovodů delších sestaví se pro hydraulický výpočet, jak již řečeno, zvláštní přehledný profil, do kterého se zakreslí čáry hydraulického a hydrostatického tlaku s příslušnými kotami ; detailní podélný profil se k tomu nehodí.

Podélný profil jest důležitým podkladem pro výpočet a stavbu vodovodu a musí se proto sestaviti s největší opatrností a přesností.

3./ Vykopávka stavebního příkopu.

Na poli vytyčená traca a zaměřený profil slouží jako podklad při stavbě vodovodu. Především vykope se stavební příkop, do kterého se uloží potrubí. K tomu účelu slouží hloubky vykopávky, vypočtené v podélném profilu, které se napíší v jednotlivých profilech na označovací kolíky nebo na příčná lešení, postavená k tomu účelu nad příkopem, podobně jako u stavby krytých kanálů. Stavebnímu příkopu dáváme co nejmenší šířku, aby se vykopávka omezila na nejmenší míru. Označíme-li d průměr potrubí, dáváme příkopu šířku $s = d + 0.6$ m, tedy tolik, aby zůstal vedle trouby ještě volný prostor 30 - 40 cm, potřebný k spojování a těsnění potrubí.

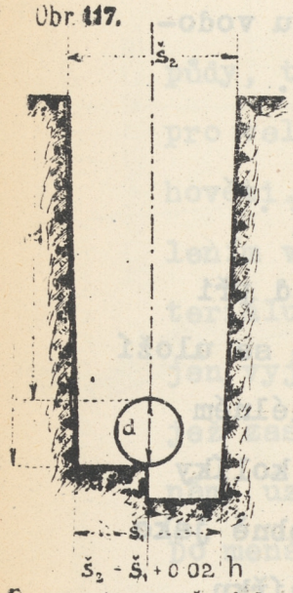
Boky stavebního příkopu kopou se svisle s nepatrným sklonem, aby se uspořilo na výkopu. Svislé boky drží se však u přirozených zemin jen při zcela malé hloubce příkopu a při velmi tuhém materiálu na př. skále. Při sypkém materiálu a větší hloubce se boky vlivem tlaku zeminy boří a musí se pažením vyztužiti. Pažení je podélné neb svislé a provede se z fošen a rozpěrek, způsobem popsaným již dříve .

Obr. 117, 118 a 119 znázorňují normál stavebního příkopu při stavbě brněnského vodovodu, a sice v tratích nevypažených, pažených a tratích, které leží ve skále.

Stavební příkop obtáhne se na povrchu území šňůrou a zakreslí špičatou motykou /špičákem/, načež se začne s vykopávkou. Vykopaný materiál hází se na obě strany příkopu, tak aby podél rubu příkopu zůstal volný prostor asi 60 cm šířky k pochůzce při montování potrubí.

Vykopávka stavebního příkopu provádí se vždy směrem proti spádu, aby dešťová a spodní voda, která vnikne náhodou do příkopu, mohla volně odtékati a nevadila při práci. Přijde-li se při vykopávce na spodní vodu,

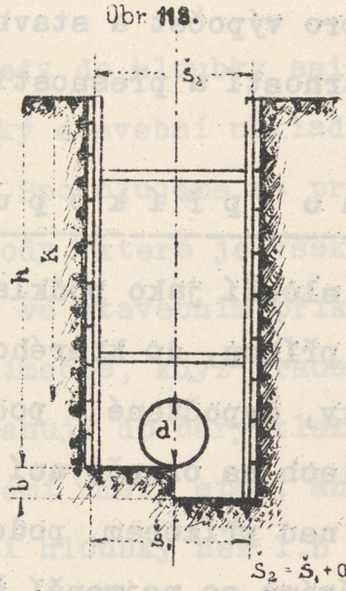
Obr. 117.



$š_2 - š_1 + 0{\cdot}02\,h$

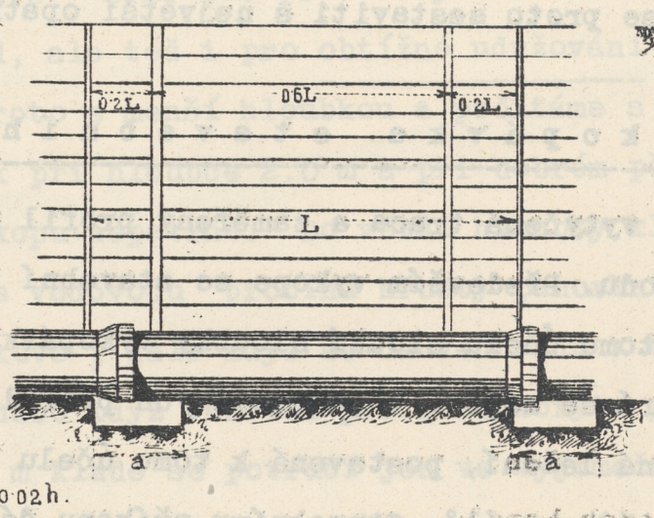
Pro $d < 400^{m/m}$, $š_1 = d + 700^{m/m}$, $b = 0{\cdot}30$
$d > 400^{m/m}$, $š_1 = d + 1000^{m/m}$, $b = 0{\cdot}2 + d/4$.

Obr. 118.

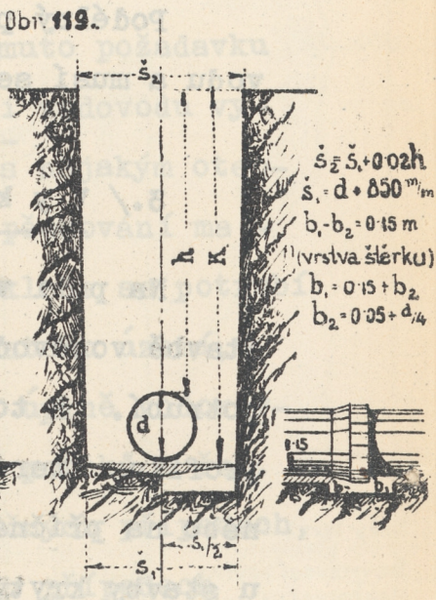


$š_2 = š_1 + 0{\cdot}02\,h$.

$d < 400$, $š_1 = d + 700$, $b = 0{\cdot}30$,
$d > 400$, $š_1 = d + 1000$, $b = 0{\cdot}2 + d/4$



Obr. 119.



která vyvěrá do stavebního příkopu, založí se na dně trativod, který sbírá vodu a odvádí ji přirozeným spádem do sběrných šachtic, ze kterých se odvede nebo odčerpá do odpadu. Trativod složí se z drenážových trubek, nebo dírkovaných trub kameninových, položených do zásypu štěrku prostého písku, aby se voda do trativodu lépe stahovala a při tom, aby do něho nevnikala stržená hlína a písek. Takovým místům jest však dobře se při tracování vyhnouti a přesvědčiti se o stavu spodní vody sondováním. Vyskytnou-li se nicméně takové polohy, musí se půda odvodniti. Klásti železné potrubí do půdy prosáklé vodou jest velmi nevýhodné, poněvadž železo i při nejlepším isolování rezaví.

Hloubka vykopaného příkopu konstruuje se vodovážnou latí od úrovňových kolíků podél tracy, neb výškových značek na laťovém lešení stavebního příkopu.

Dno stavebního příkopu urovná se pomocí dlaždičských křížů a hledítek na laťovém lešení do konstantního spádu, tak aby trouby leželi na celé svojí délce na urovnaném dně. Při vykopávce příkopu musíme dbáti, aby se docílilo správné hloubky dna, ale též aby se nepřebralo, poněvadž

potrubí má ležeti na pevné, rostlé půdě a nikoliv na podkladě urovnaném navážkou. Vykope-li se dno v některých místech hlouběji, musí se přebytečná hloubka vypěchovati hlinou ; prosté nasypání nestačí. Změny ve spádu a stoupání vyrovnají se přechodnými oblouky takového zakřivení, aby se vyšlo při kladení s přímými kusy trub, bez zvláštních obloukových kusů, jichž se užívá jen při shybkách.

Ve dně stavebního příkopu nesmí býti žádných nahodilých překážek, pevných předmětů, zbytků zdiva a obzvláště skalnatých prahů, které se musí odstraniti, poněvadž při ssedání potrubí nepovolují a jsou často příčinou poruchy a zlomení trub následkem ohybu vodou zatížení trouby o nepoddajné překážky Jestli-že se vyskytne ve dně pevná skála, musí se příkop vystříleti asi 15 cm hlouběji a na to se dne příkopu zasype a upěchuje do výšky potrubí štěrkem, aby trouby ležely na elastické podloze a po zatížení zásypem stejnoměrně ssedaly. Zejména u trub litinových se vyžaduje pevný základ a opatrné kladení, aby byly trouby na celé délce dobře podloženy, poněvadž trouby, zejména velkého kalibru, naplněné vodou, při nestejnoměrném ssedání se ohýbají a pukají. Nejlépe je, když se v takovém případě uloží potrubí do betonu.

Před započetím stavby vodovodu musí se vyšetřiti pevnost základu. Obyčejně bývá zatížení půdy potrubím malé, takže není třeba zvlášť vyšetřovati a zpevňovati. Vyskytne-li se v základech půda méně únosná, musí se dno zpevniti a to se děje :

a/ uložením potrubí na vrstvě betonu 1 : 12, asi 20 cm tloušťky ;

b/ položením potrubí na podélné fošny, které leží na pražcích ;

c/ položením potrubí na jehlovém roštu ;

d/ na příčných pražcích osazených na dvou řadách jehel, nebo

e/ podezdívkou potrubí až do únosné půdy.

4./ K l a d e n í p o t r u b í .

Na dno vykopaného stavebního příkopu spouští se trouby, poskládané do řady podél příkopu. Trouby menšího kalibru spouští se rukou na laně, větší trouby přenosným jeřábem na tří nohou, který se postaví nad stavební příkop. Trouby položí se na dno příkopu, urovnají do směru a spádu a vsunou do hrdel, které se kladou otvorem proti spádu, aby se hrdla lépe olovem zalila. Na místech, kde přijdou styky, zřídí se přes celý příkop malé kotlíky 20 cm hloubky a 80 cm délky, aby byla hrdla se všech stran přístupna, a aby měl dělník při kladení potrubí a těsnění hrdel dosti místa. Při těsnění potrubí otočí se rovný kraj trouby 3 - 4 krát dehtovaným provazem a vsune koncentricky do hrdla předcházející trouby. Provaz zatemuje se železným dlátem do spáry, až dolehne těsně k čelu hrdla. Na to se obepne hrdlová spára obojkem z plastického jílu, který se nahoře prstem nálevkovitě upraví a do takto obloženého hrdla nalije se řídké, roztavené olovo. K zalévání hrdel olovem užívá se též rozkládacího obojku ze železných úhelníků v podobě prstenu, který se přiloží na hrdlo a obloží jílem.

Olovo taví se v kelímkách, které se při montování potrubí přenáší. Po vychladnutí olova jílový obojek se odstraní a olovo se zatemuje do hrdlové spáry železnými temovadly /Stemmeisen/.

Potřeba olova a konopných provazů k těsnění hrdlových trub obnáší pro 1 hrdlo :

Průměr mm	olova kg	konop. provazu. kg
80	1.05	0.10
100	1.35	0.14
125	1.70	0.17
150	2.14	0.22
175	2.46	0.25
200	2.97	0.30
225	3.67	0.37
250	4.40	0.44
275	4.69	0.47
300	5.09	0.50

Průměr mm	olova kg	konop. provazu kg
325	5.16	0.52
350	5.53	0.56
375	6.64	0.67
400	7.46	0.75
450	8.33	0.84
500	10.10	1.01
600	13.30	1.33
700	16.27	1.63
800	20.80	2.08
900	26.02	2.60
1000	32.00	3.20

Místo zalívky olovem užívá se k těsnění hrdla též olověné příze /Riffelblei/, která se vloží jako provaz do objímky a zatemuje do spáry. Lepší je však těsnění roztaveným olovem.

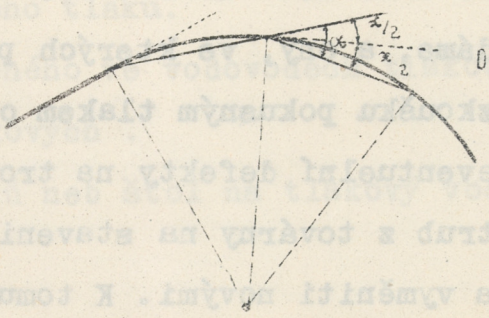
V zalomeních potrubí vkládají se příslušné kusy obloukové /kolena K/ se středovým úhlem 45, 30, 22.5° . Oblouky s větším středovým úhlem provedou se vložením více obloukových kusů za sebou.

Velmi mírné odbočení od přímky a mírné oblouky většího poloměru provádí se u trub hrdlových též tím způsobem, že odchylujeme v hrdlech jednotlivé trouby o tolik, aby byla ještě polovice spáry hrdelní při straně vnitřní volná, tak aby zalívka olova celý obvod objala.

Je-li h hloubka hrdla, s šířka spáry hrdlové , L délka trouby, bude dovolen sklon trub v hrdlech $tg\alpha = \frac{s}{2h}$ a přípustný poloměr zakřivení, který tomuto sklonu přísluší jest $R = \frac{L}{2 \sin \alpha/2}$. Obr. 120.

Je-li na př. d = 80 mm, L = 3 m, h = 84 mm, s = 15 mm, bude R = 70m
200 mm 4 m 100 mm 16 mm 100m
500 mm 4 m 115 mm 20 mm 100m

U obloukových kusů jest tlak na vnější stranu potrubí větší nežli na vnitřní a tento přetlak má tendenci uvolniti spojení hrdel obloukových kusů, poněvadž působí odstředivě. Proto je dobře obezdíti obloukové



Obr. 120.

kusy cementovým zdivem anebo je ve stavebním příkopu klíny a příčkami upevniti a podepříti o vnější stranu příkopu. Na příkrých svazích podezdí se potrubí příčnými prahy.

Potrubí klade se kus po kuse a každý oddíl potrubí musí se před zásypem stavebního příkopu zvlášť vyzkoušeti, zda-li jest těsnění dobré a práce temovací spolehlivou. Zkouška provádí se pokusným tlakem pomocí tlačné pumpy, která se při stavbě přenáší. K tomu účelu uzavře se potrubí na obou krajích provisorně zátkami nebo nástavcem E,F a jalovou přírubou, které se opřou o čela stavebního příkopu nebo obezdí betonem. Trouby pokryjí se ve středu asi 1/2 m vysokou zasypávkou zeminy, jinak zůstane stavební příkop otevřen a zejména hrdla musí zůstati volná a nezakrytá, aby sledováno býti mohlo, zda-li těsnění hrdel nepromoká. Do koncové uzavírky osadí se nátrubek na který se připojí olověné trubice, které slouží na dolní straně k napouštění vody a na horní straně k vypouštění vzduchu, když se trouba plní vodou. Když jest trouba vodou naplněna, uzavře se vyvzdušovací trubka a do trouby tlačí se voda tlakovou pumpou až ukazuje manometr, osazený na tlakové trubce pumpy, dvojnásobný tlak provozovací, tedy u normálních trub litinových tlak 20 atm. Když jest tento tlak dosažen, pozoruje se manometr. Je-li těsnění hrdel nebo přírub dobré, a jsou též roury bezvadné, nesmí manometr klesnouti asi po 10ti minutách. Mírné klesání tlaku není závadou, ale ztráta vody nesmí býti ve 24ti hodinách větší než 1% obsahu zkoušeného potrubí, což se ustanoví měřením množství dodatečně přičerpané vody, aby manometr ukazoval opět vyžadovaný tlak. Klesá-li manometr rychle, tedy je to znamením, že těsnění trub není dobré a že některé spojky pouští vodu. Tyto spojky vyhledáme, a ony, ve kterých prosakuje nebo prýští voda utemujeme, načež zkoušku pokusným tlakem opakujeme. Při tlakové zkoušce objeví se též eventuelní defekty na troubách potrubí, jež mohly nastati při dovážce trub z továrny na staveniště. Defektní roury musí se z potrubí vypnouti a vyměniti novými. K tomu účelu se zalívka olova v hrdlech chybného kusu

vypálí, chybný kus se rozbije, odstraní a místo něho vloží se do průběžného potrubí nový kus, který se musí osekáváním přizpůsobiti délce vyňatého kusu, načež se provede spojení a utěsnění jednak hrdlem, jednak dvojitou objímkou.

Po uzavření potrubí musí se tlaková zkouška potrubí opakovati. Po dokončení zkoušky se provisorní zátka nebo F kus vyjme vypálením olověné zalívky v hrdle.

Vyzkoušené potrubí zasype se ve stavebním příkopu vykopávkou zeminy. Zasypávka provede se ve vrstvách, které náležitě pěchujeme, aby se materiál spojil co nejlépe s rostlou půdou boků stavebního příkopu a nenastalo přílišné sedání materiálu. Přebytečný materiál, získaný při vykopávce stavebního příkopu, rozveze se stranou.

°—°—°—°

§ 32. OBJEKTY VODOVODŮ.

Stavba vodovodů vyžaduje různé objekty :

1./ Propůstky vodovodů pod silnicemi, železnicemi a pod vodními náhony.
2./ Akvadukty k převedení vodovodů přes údolí, koryta potoků a řek, přes hluboké zářezy silnic a železnic a pod.
3./ Shybky k podvedení vodovodů pod korytem přirozených toků a náhonů, pod zářezy silnic a železnic, když se tyto objekty kříží s vodovodem ve stejné výšce.
4./ Stupně k překonání velkého spádu otevřených a krytých kanálů.
5./ Vstupní čili revisní šachtice k sestupování ku krytým kanálům.
6./ Odlehčovací čili redukční komory u kanálů krytých a tlakových k redukci velkého hydrostatického tlaku.
7./ Vzdušníky k vypouštění vzduchu, nahromaděného ve vodovodech tlakových.
8./ Bahníky k vypouštění vody z vodovodů tlakových .
9./ Přechodné komory k přechodu krytých kanálů neb štol na tlakový vodovod neb naopak.

Křižovatky vodovodů přes mělká koryta potoků a bystřin uložíme potrubí nejméně 1 m pode dno koryta mezi štětovnice a zapěchujeme jílem. Beton není k tomu výhodný, jelikož se potrubí při eventuelních opravách těžko odkrývá. Shora odláždí se dno kamenem mezi prahy, jež se osadí na jehlách. Obr. 1.tab. 58. Dovolují-li to výškové poměry, zřídí se na takových přechodech pro hluboké potrubí výpustě.

U dravých potoků a bystřin s pohyblivým dnem ze štěrku, uloží se potrubí do rýhy, která je zabezpečena proti vymílání přepážkou, upravenou na způsob stupňů, jichž se používá ku zmenšení relativního spádu. Obr. 2., 3, tab.58.

Konstruktivně podobají se akvadukty mostům, od kterých se liší jen horní stavbou, totiž že mají místo vozovky krytý žlab, kterým protéká voda. Dle toho pozůstává akvadukt:

a/ z opěrných zdí a pilířů, kterými se přenáší zatížení na půdu ;

b/ z nosné konstrukce, ku které se použije klenby z kamene a betonu, nosníků ze železa, dřeva neb vyztuženého betonu ;

c/ z vodotěsného žlabu ze železa neb betonu, jehož rozměry závisejí na průtočném množství vody.

2./ A k v a d u k t y, č i l i k a n á l o v é m o s t y.

Akvadukty zřizují se pro přechod krytých kanálů přes hluboké údolí, přes zářezy silnic a železnic, přes koryta potoků a řek a pod., když se vyžaduje, aby spád nivelety nebyl přerušen. U vodovodů tlakových zřizují se akvadukty jen vyjímečně, když vodovod křižuje hluboké rokle a údolí nebo potoky s hluboce zařízntým korytem a pohyblivým dnem , ze štěrku, kde je kladení a udržování vodovodního potrubí spojeno s obtížemi a velkým nákladem. Akvadukty jsou příznakem starších vodovodů gravitačních s konstantním spádem nivelety /hydraulických/. U staveb novějších jejich významu však ubylo a místo nich používá se raději vodovodů tlakových v podobě shybek. Eventuelně může se vodovod gravitační

zujeme zvláštní podchody jen v nejnutnějších případech. Potrubí klademe nejméně 1.0 m pode dno mostu, které se dobře upevní. Při nestejné hloubce kanálu a dna mostu vznikají při tom objekty podobné shybkám, k nimž se použije železných trub.

U nových přechodů přes železnice musí ležeti potrubí nejméně 1.5 m pod pražci, aby nebylo dopravou poškozeno, ale s druhé strany musí se zabezpečiti železniční těleso, aby nebylo ani poškozeno pro případ, kdyby nastala porucha potrubí. Pochod upravuje se proto tak, že se potrubí uloží buď do průlezného otevřeného kanálu s volnou výpustí, nebo se vsune do zvláštních obalových trub litinových /chráničeк/ a na obou stranách propůstku opatří se šoupátky v přístupných šachticích, kterými lze potrubí v případě poruchy uzavříti. Chránička složí se ze dvou polokružných kusů, jež se spojí šrouby.

V obr. 1.tab. 56. znázorněn je přechod přes dráhu ; vodovodní potrubí 100 mm ø, uloženo je zde do chrániček a s obou stran opatřeno je šoupátky, osazenými ve vstupních šachticích.

V obr. 2.tab.56. znázorněn je podchod užitkového vodovodu továrny z vyztuženého betonu, přes dráhu.

K podchodu samému použito je železničního propůstku, pod jehož dno uloženy jsou 2 roury ze železné litiny, které se připojují ve vstupních šachticích na betonový kanál ; vodu ze železného potrubí lze od - vésti při nahodilých poruchách do blízké řeky železnou rourou, která je uložena pod vodovodním potrubím a uzavřena při normálním chodu kůželovitým ventilem.

V obr. 1.tab.57. znározněn je podchod vodovodního potrubí v železničním propůstku, do něhož je uloženo potrubí v chráničce.

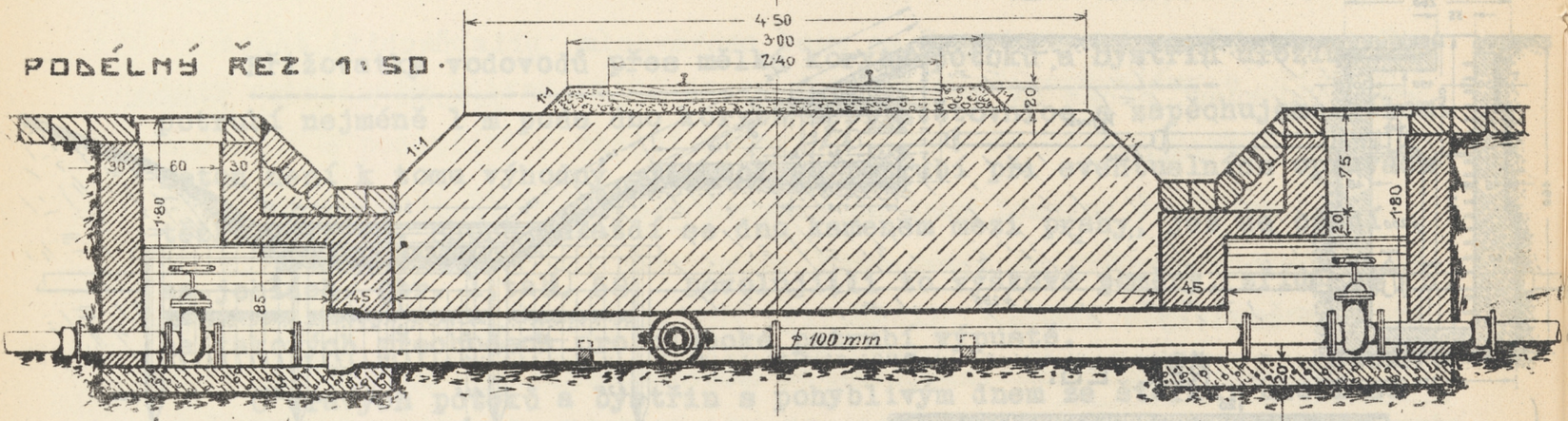
V obr. 2.tab. 57. znázorněn je podélný podchod vodovodu města Brna pod dráhou u Adamova ; k podchodu použito bylo mostu, jehož pilíře se musely podchytiti štětovnicemi a betonovým žlabem, do kterého je uloženo vodovodní potrubí 600 mm ø .

Obr. 1.

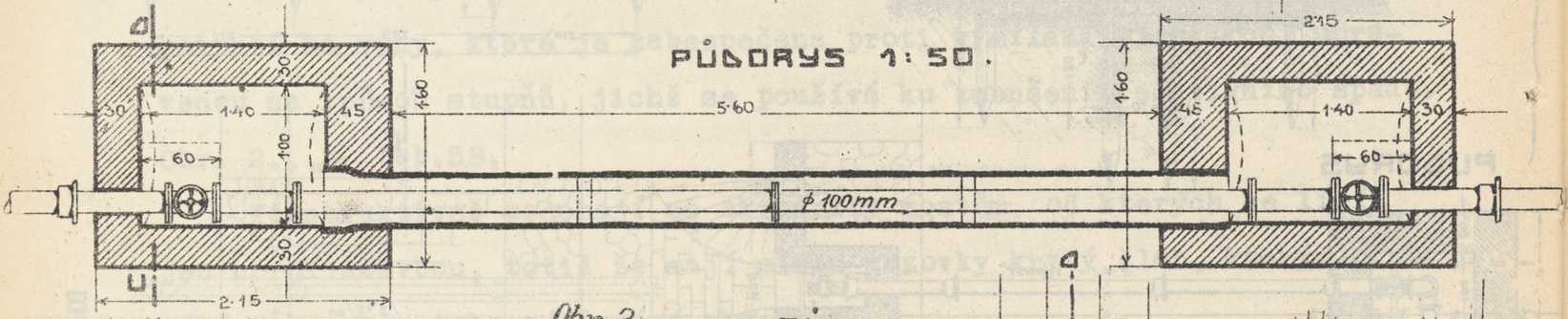
TAB. 56.

PLÁN PODCHODU VODOVODU POD DRAHOU.

PODÉLNÝ ŘEZ 1:50.

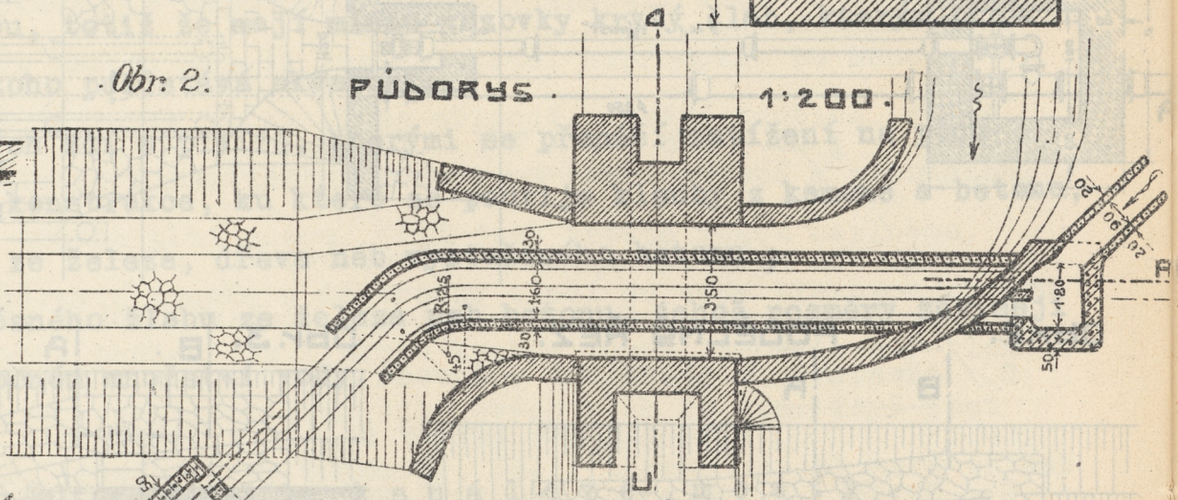


PŮDORYS 1:50.

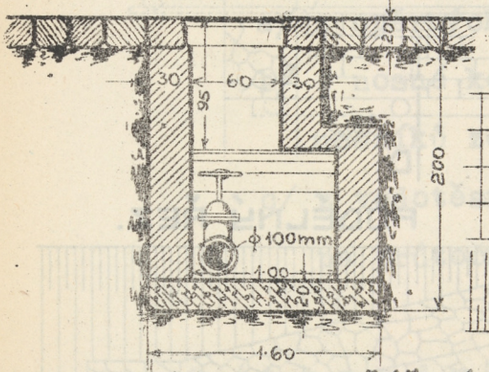


Obr. 2.

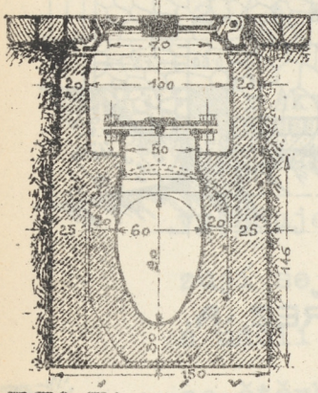
PŮDORYS. 1:200.

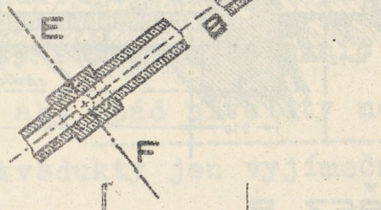


PŘÍČNÝ ŘEZ C-D.

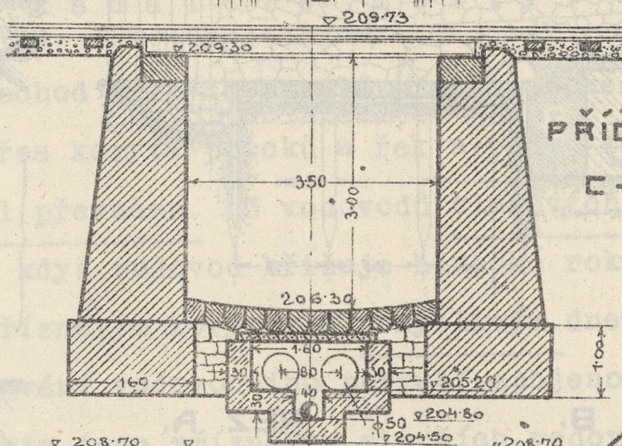


PŘÍČNÝ ŘEZ EF.

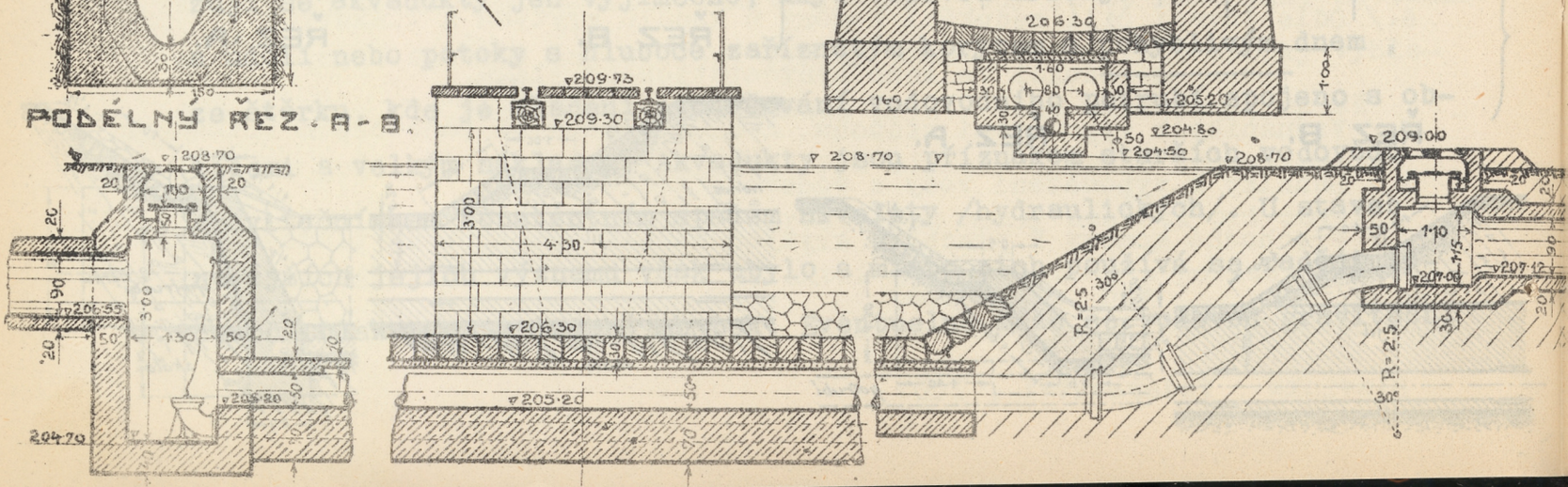




PŘÍČNÝ ŘEZ C-D 1:100.



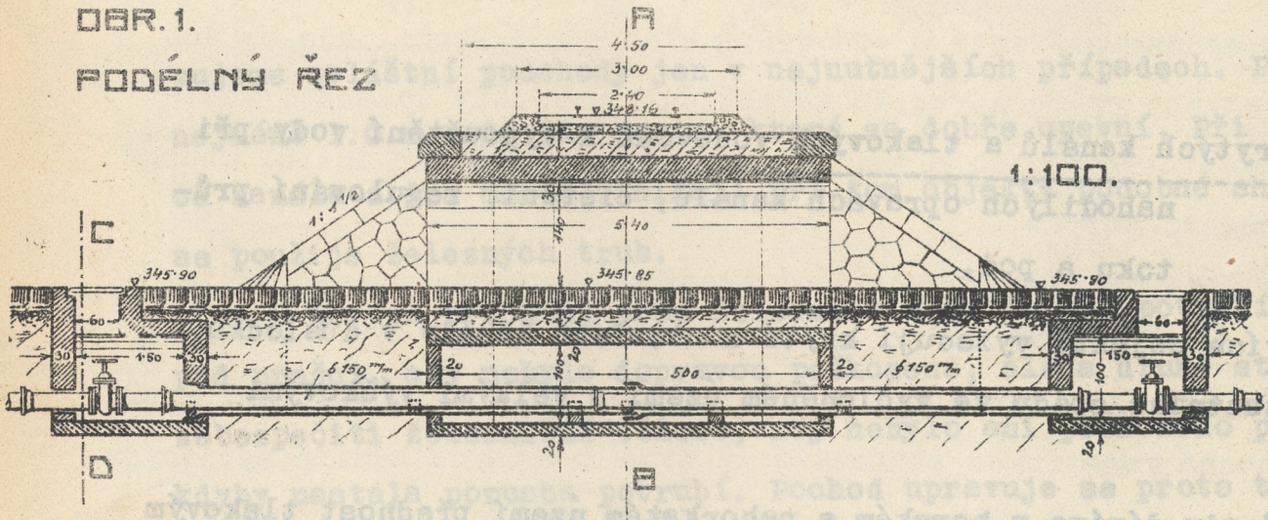
PODÉLNÝ ŘEZ A-B.



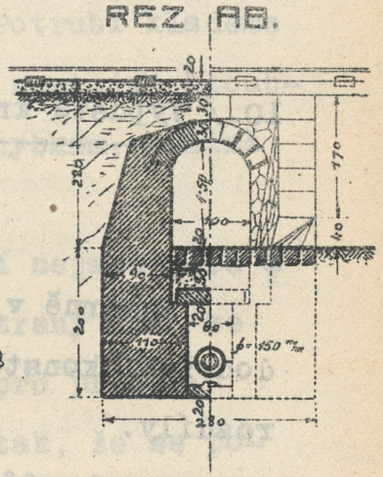
PODVEDENÍ POTRUBÍ PROPUSTKEM POD DRAHOU. TAB. 57.

OBR. 1.

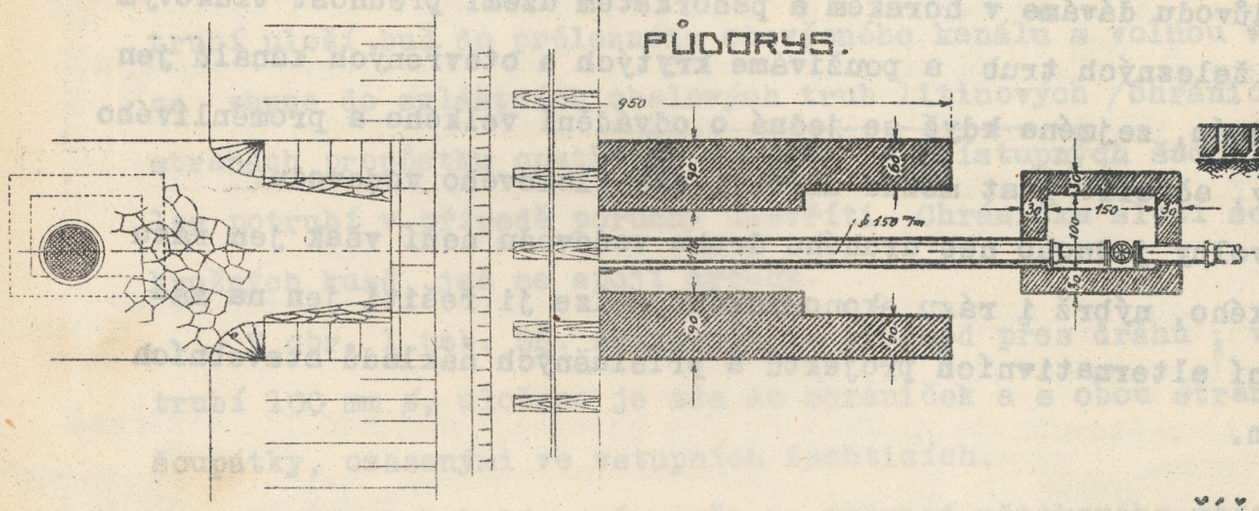
PODÉLNÝ ŘEZ



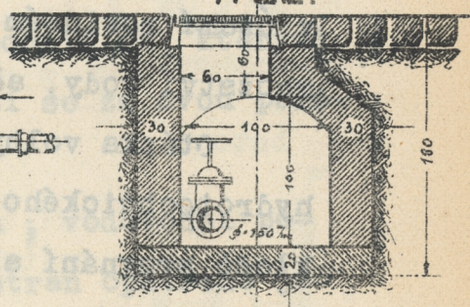
ŘEZ AB.



PŮDORYS.

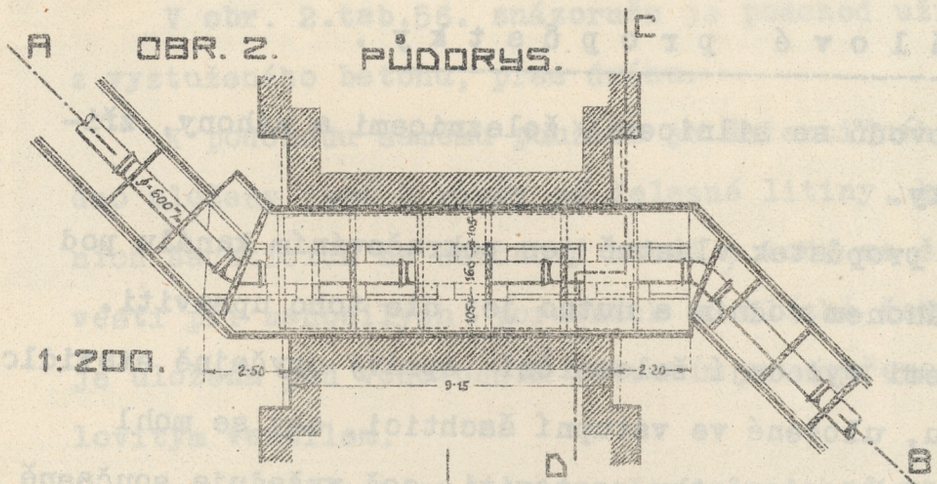


ŘEZ CD.
1:50.



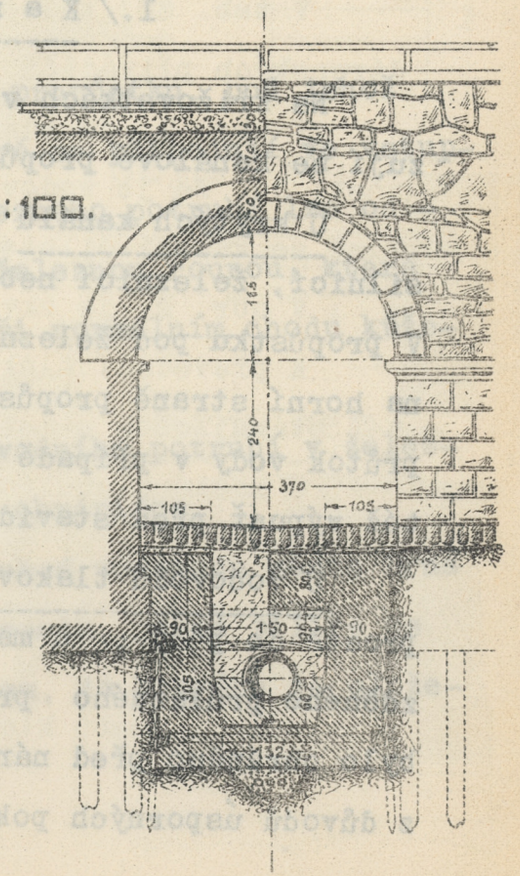
OBR. 2.

PŮDORYS.

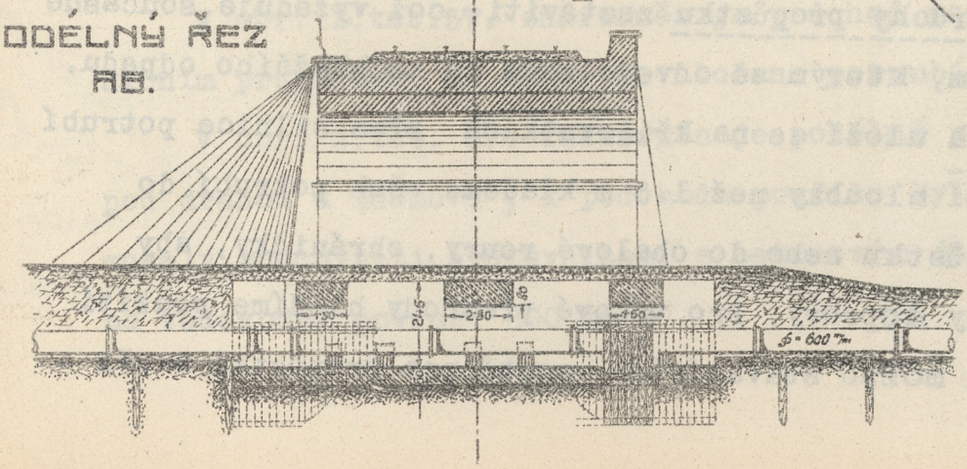


1:200.

PŘÍČNÝ ŘEZ CD.



PODÉLNÝ ŘEZ AB.



10./ Výpustě krytých kanálů a tlakových vodovodů k vypouštění vody při nahodilých opravách kanálů, čištění, regulování průtoku a pod.

Poměrně více objektů vyžadují kryté a otevřené kanály v důsledku dodržení konstantního spádu ve vyčleněném území s velkými výškovými rozdíly.

Z toho důvodu dáváme v horském a pahorkatém území přednost tlakovým vodovodům ze železných trub a používáme krytých a otevřených kanálů jen v území rovinném, zejména když se jedná o odvádění velkého a proměnlivého množství vody, ačkoliv jest možno užíti i zde tlakového vodovodu.

Otázka volby jednoho neb druhého druhu vodovodu není však jen rázu hydrotechnického, nýbrž i rázu ekonomického a lze ji řešiti jen na základě srovnání alternativních projektů a příslušných nákladů stavebních a udržovacích.

1./ K a n á l o v é p r o p ů s t k y .

Na křižovatkách vodovodů se silnicemi, železnicemi a náhony, zřizují se kanálové propůstky.

U krytých kanálů je propůstek vlastně jen pokračováním kanálu pod silnicí, železnicí neb náhonem vodním a nutno jej dle toho upraviti. V propůstku pod železnicemi vyžadují železniční správy obyčejně stavidlo na horní straně propůstku, uložené ve vstupní šachtici, aby se mohl průtok vody v případě poruchy propůstku zastaviti, což vyžaduje současně též výpusť před stavidlem, kterým se odvede voda do nejbližšího odpadu.

U vodovodů tlakových uloží se na křižovatkách přes silnice potrubí prostě do půdy ; u menší hloubky než 1.5 m klademe však potrubí do zděného průlezného propůstku nebo do obalové roury, chráničky, aby bylo chráněno před nárazy dopravy. Pro takové přechody hledíme použíti z důvodů úsporných pokud možno stávajících mostů neb propůstků a zři -

zujeme zvláštní podchody jen v nejnutnějších případech. Potrubí klademe nejméně 1.0 m pode dno mostu, které se dobře upevní. Při nestejné hloubce kanálu a dna mostu vznikají při tom objekty podobné shybkám, k nimž se použije železných trub.

U nových přechodů přes železnice musí ležeti potrubí nejméně 1.5 m pod pražci, aby nebylo dopravou poškozeno, ale s druhé strany musí se zabezpečiti železničuí těleso, aby nebylo ani poškozeno pro případ, kdyby nastala porucha potrubí. Pochod upravuje se proto tak, že se potrubí uloží buď do průlezného otevřeného kanálu s volnou výpustí, nebo se vsune do zvláštních obalových trub litinových /chráničeк/ a na obou stranách propůstku opatří se šoupátky v přístupných šachticích, kterými lze potrubí v případě poruchy uzavříti. Chránička složí se ze dvou polokružných kusů, jež se spojí šrouby.

V obr. 1.tab. 56. znázorněn je přechod přes dráhu ; vodovodní potrubí 100 mm ø, uloženo je zde do chráničeк a s obou stran opatřeno je šoupátky, osazenými ve vstupních šachticích.

V obr. 2.tab.56. znázorněn je podchod užitkového vodovodu továrny z vyztuženého betonu, přes dráhu.

K podchodu samému použito je železničního propůstku, pod jehož dno uloženy jsou 2 roury ze železné litiny, které se připojují ve vstupních šachticích na betonový kanál ; vodu ze železného potrubí lze odvésti při nahodilých poruchách do blízké řeky železnou rourou, která je uložena pod vodovodním potrubím a uzavřena při normálním chodu kůželovitým ventilem.

V obr. 1.tab.57. znázorněn je podchod vodovodního potrubí v železničním propůstku, do něhož je uloženo potrubí v chráničce.

V obr. 2.tab. 57. znázorněn je podélný podchod vodovodu města Brna pod dráhou u Adamova ; k podchodu použito bylo mostu, jehož pilíře se musely podchytiti štětovnicemi a betonovým žlabem, do kterého je uloženo vodovodní potrubí 600 mm ø .

s konstantním spádem střídati s vodovodem tlakovým v trati, kde by dodržení konstantního spádu narazilo na obtíže. Akvadukty vyžadují též značného nákladu udržovacího a při vší opatrností je těžko dosíci absolutní vodotěsnosti koryta.

Podrobné konstruktivní uspořádání kanálových mostů jest předmětem stavitelství mostního. V tab. 59. naznačeny jsou některé typy akvaduktů.

V obr. 1. tab. 59. znázorněno je převedení železného potrubí přes malý potok; nosná konstrukce pozůstává ze dvou železných nosičů, spojených deskou z vyztuženého betonu, na které spočívá vodovodní roura, omotaná provazem slaměným, plstěným, nebo konopným, obalená truhlíkem, vyplněným špatným vodičem tepla, na př. pilinami, plstí, popelem a pod.

V obr. 2. tab. 59. znázorněna je podobná konstrukce z vyztuženého betonu.

V obr. 3. tab. 59. znázorněno je převedení potrubí brněnského vodovodu přes Svitavu u Adamova.

V obr. 4. znázorněn je jeden z malých zděných akvaduktů II. víděňského vodovodu.

V tab. 60. znázorněny jsou dva hlavní typy větších akvaduktů vodárenských přiváděčů přes údolí a potoky.

V obr. 1. je zděný akvadukt z II. víděňského vodovodu, jehož zvláštností je, že je vodovodný žlab oddělen od nosné konstrukce akvaduktu, čímž se zamezí dilatační pohyby zdiva a dosáhne lepší vodotěsností žlabu.

V obr. 2. je akvadukt z vyztuženého betonu.

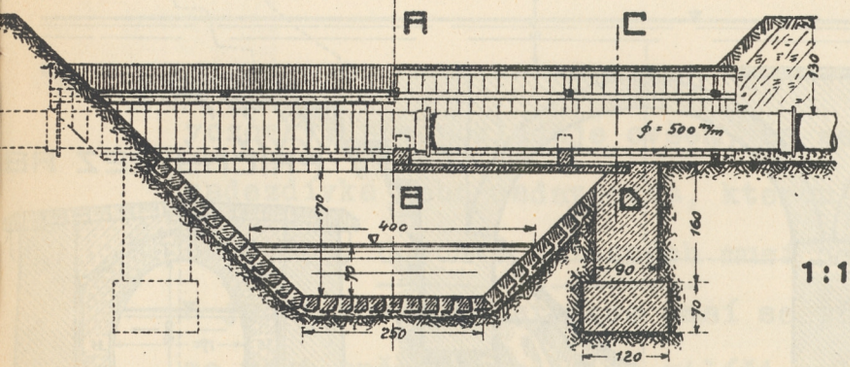
K převedení tlakových vodovodů přes potoky a řeky může se použíti též stávajících silničních mostů.

U mostů klenutých klademe potrubí do nadezdívky nad klenbou pod postranní chodníky anebo na zvláštní k tomu účelu postavené vrákorce. U mostů železných zavěsíme potrubí na podélné nosníky pod vozovku.

Zatížení mostu plným potrubím nebývá při malém kalibru trub příliš velké a zejména u mostů klenutých můžeme položiti potrubí přímo na klenbu do

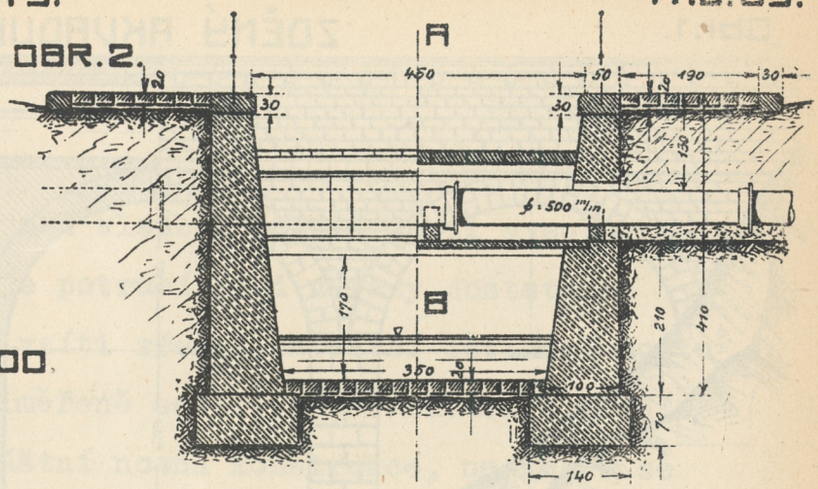
AKVADUKTY. TAB. 59.

OBR. 1.

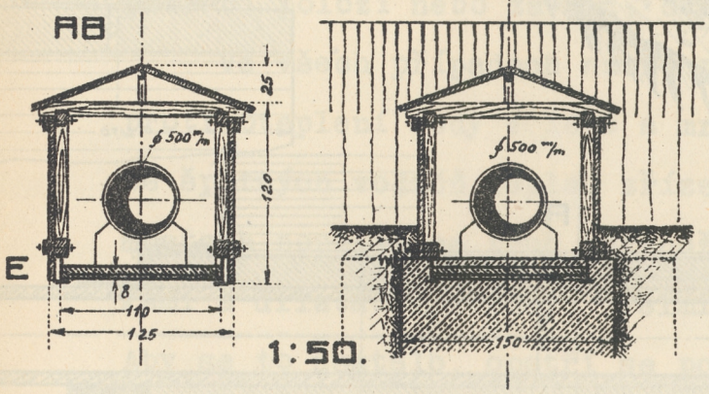


1:100.

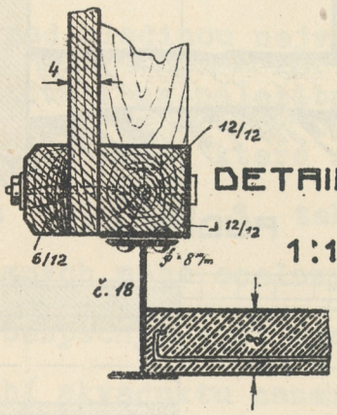
OBR. 2.



PŘÍČNÉ ŘEZY:



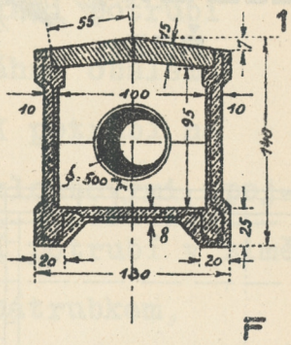
1:50.



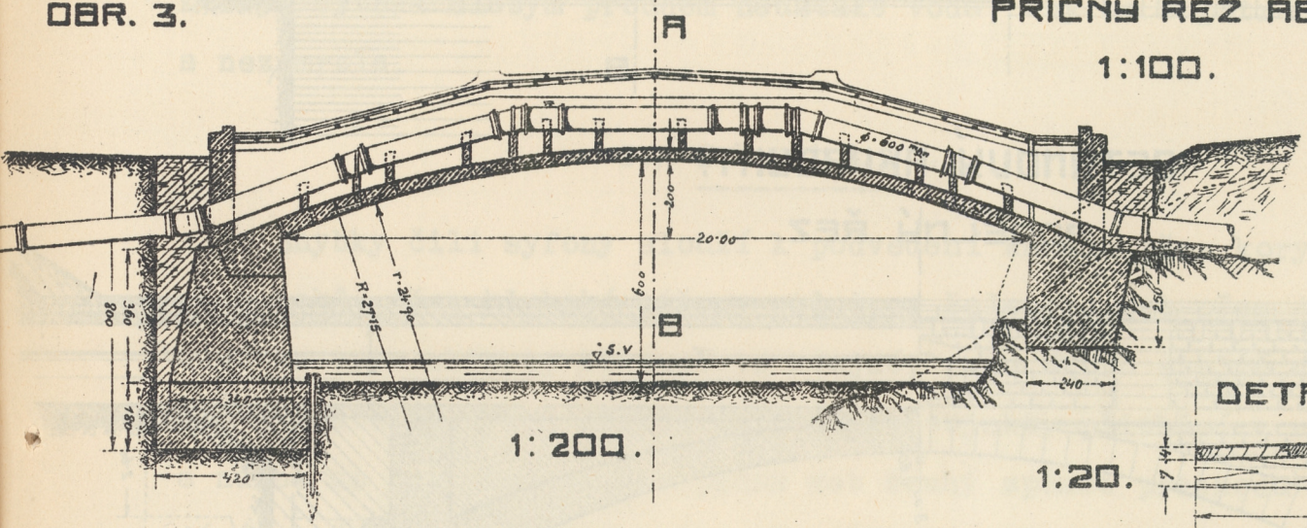
1:10.

PŘÍČNÝ ŘEZ AB.

1:50



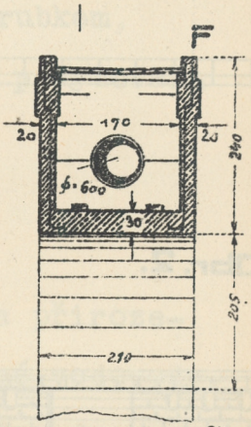
OBR. 3.

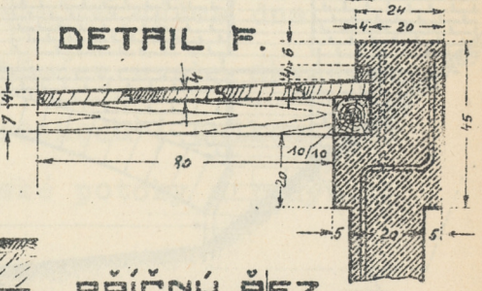


1:200.

PŘÍČNÝ ŘEZ AB.

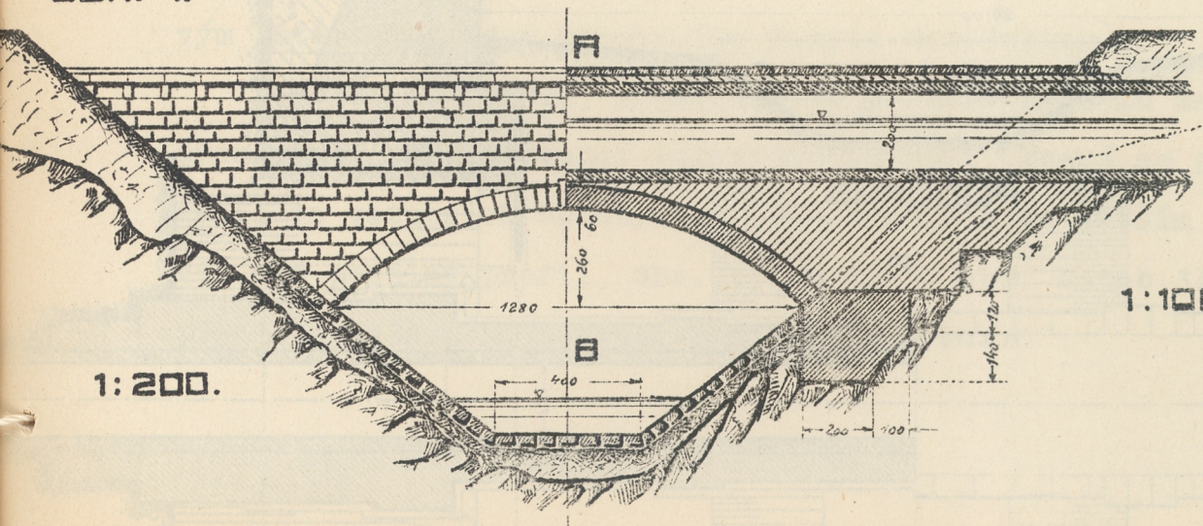
1:100.





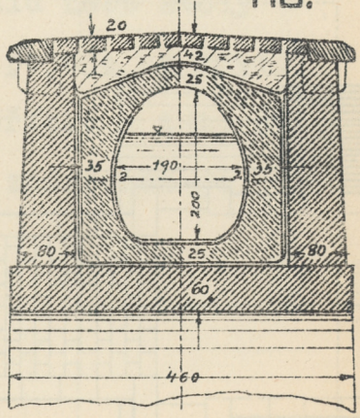
1:20.

OBR. 4.



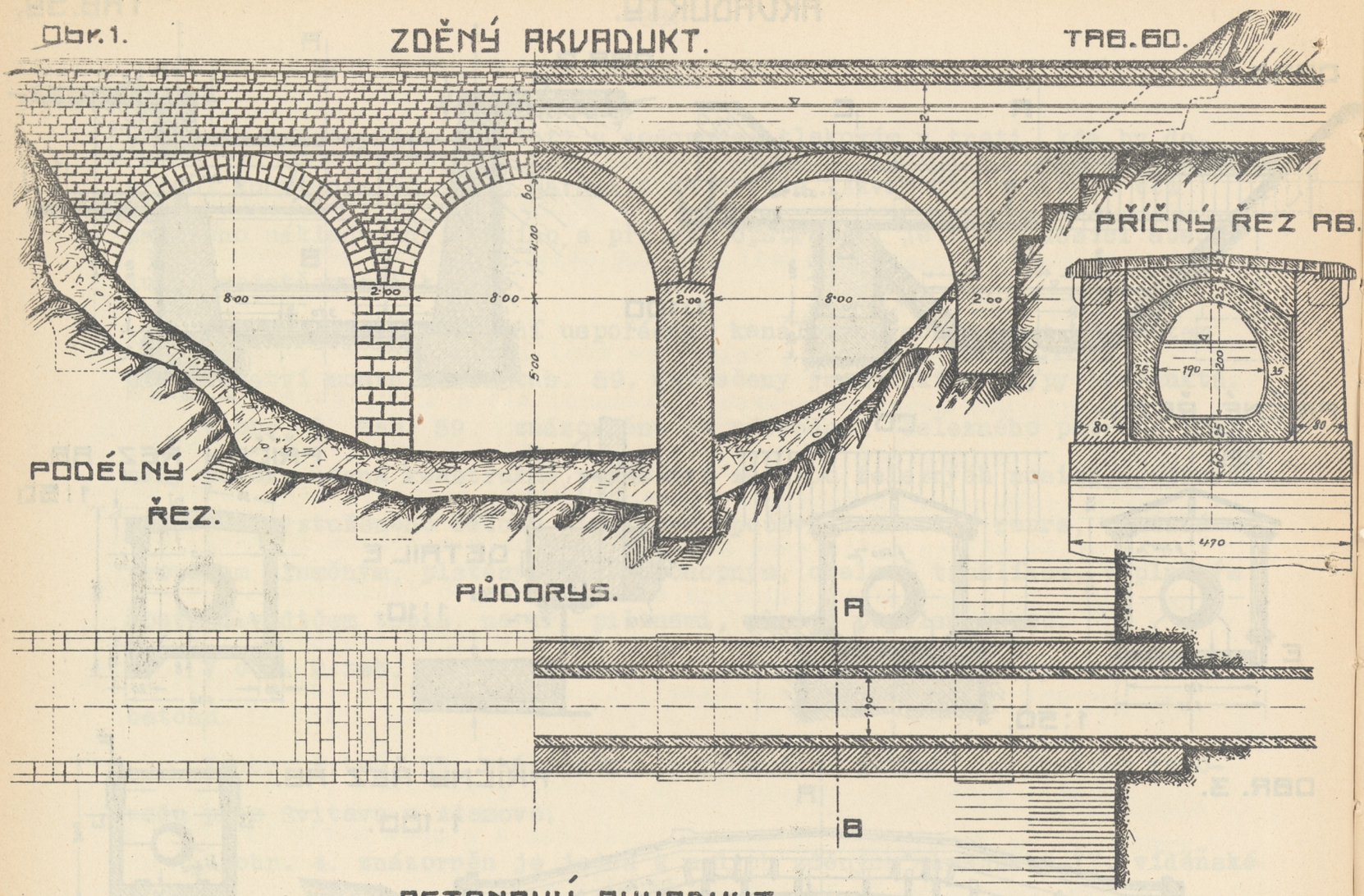
1:200.

PŘÍČNÝ ŘEZ AB.

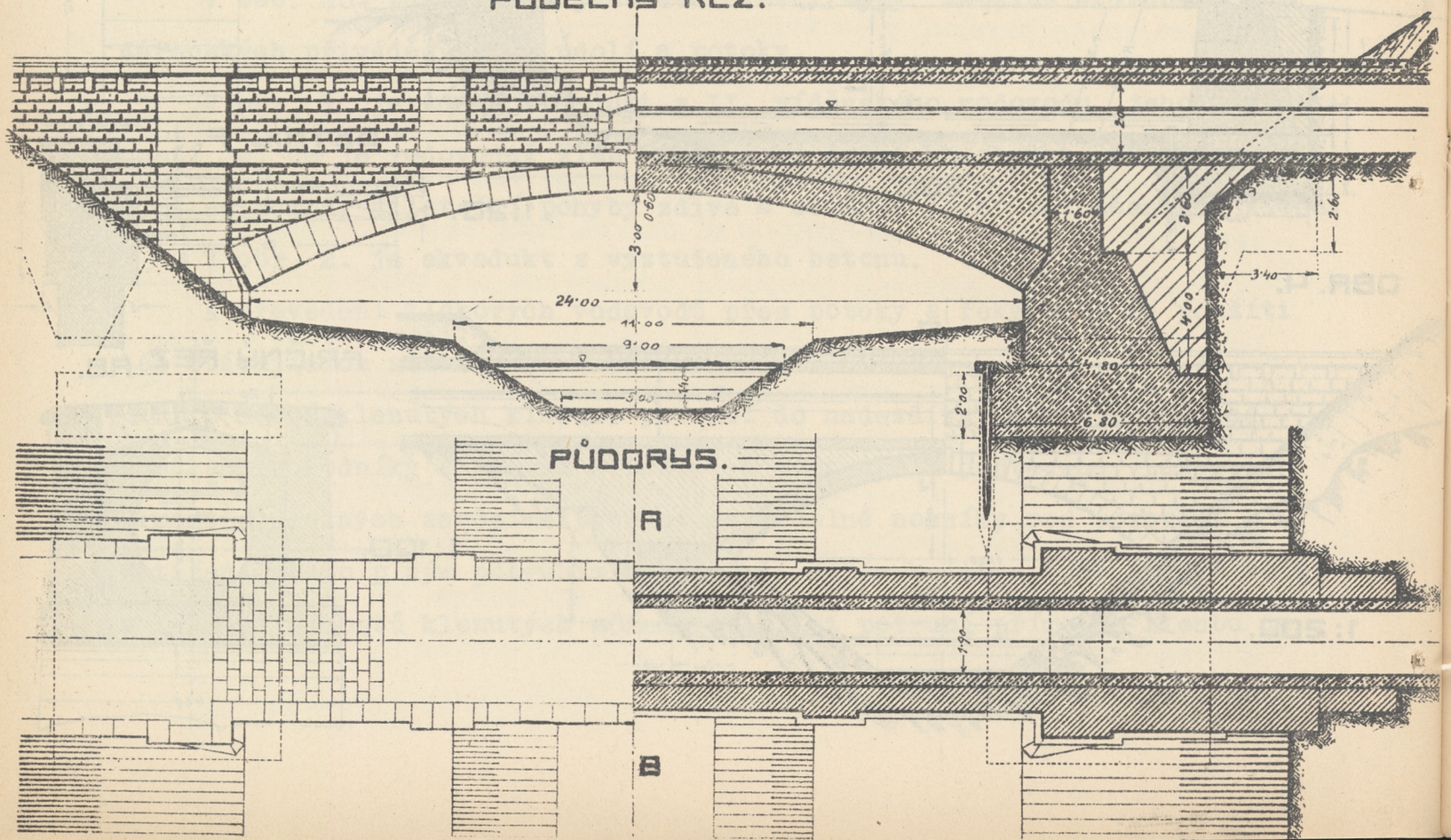


1:100.

Obr. 1. ZDĚNÝ AKVADUKT. TAB. 60.



Obr. 2. BETONOVÝ AKVADUKT.



vozovky, předpokládaje ovšem, že se nad klenbou nalézá dosti vysoká nadezdívka nebo nadsypávka, kterou je potrubí před nárazy dostatečně chráněno. U mostů železných musí se vzíti zřetel na větší zatížení mostu a jeho nosná konstrukce musí se přiměřeně sesíliti ; eventuelně zřídí se mezi opěrnými zdmi a pilíři zvláštní nosná konstrukce, na které se potrubí položí nebo zavěsí, ovšem nad hladinou nejvyššího vodního stavu.

Ve všech případech nutno pamatovati na náležitou isolaci potrubí proti oteplení vody v létě a mrznutí v zimě, které se dosáhne obalem ze špatných vodičů tepla, zřízeným dle obr. 1, tab.59. K potrubí na mostech použije se trub kovanoželezných nebo ocelových s kloubovými spojkami a dilatačními kusy. Velmi nebezpečným jest zamrznutí potrubí v zimě. Aby se to nestalo, opatří se potrubí akvaduktu nasazeným nátrubkem, kterým vytéká slabým proudem neustále voda, aby se v potrubí pohybovala a nezamrzla.

3./ S h y b k y .

Shybky čili syfony slouží k podvedení kanálů přes koryta přirozených toků, přes hluboké zářezy silnic a železnic neb přes jiné vodovody, když se tyto objekty křižují ve stejné, nebo skoro stejné výšce dna. Při dostatečné výšce kanálu nad těmito objekty přichází v úvahu akvadukt a nutno se rozhodnouti pro jeden neb druhý způsob přechodu ; celkem však dáváme přednost shybkám a jen při přechodu přes horské potoky s pohyblivým štěrkovým dnem přecházíme koryto akvaduktem.

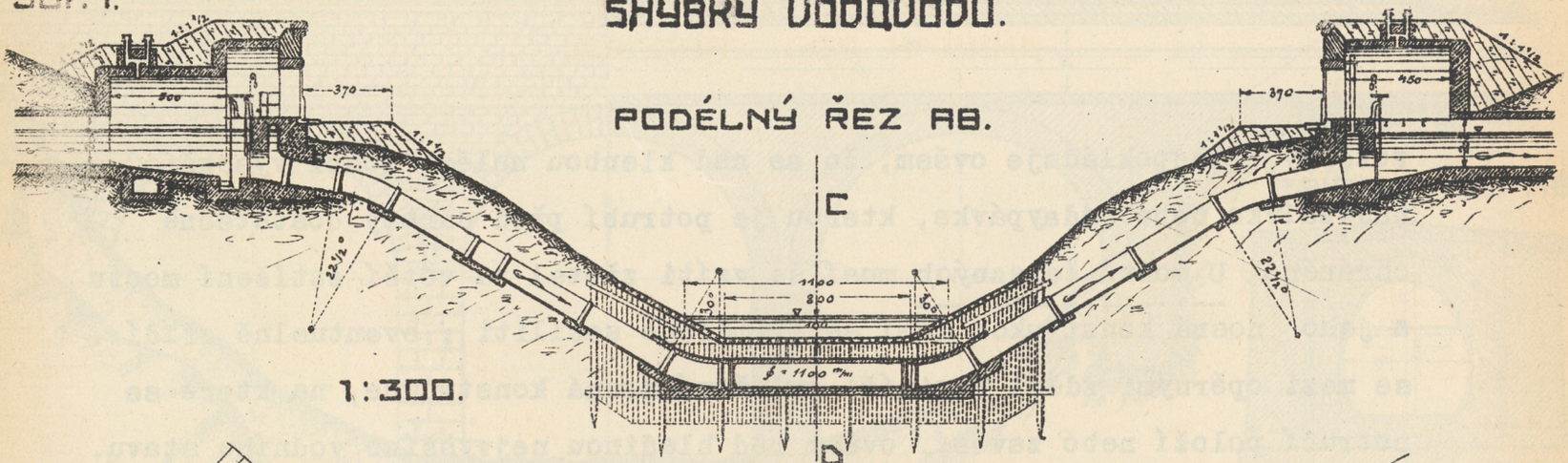
V obr. 1. tab.61. znázorněn je přechod krytého kanálu nebo štoly přes údolí potoka pomocí železného potrubí, které se připojuje na krytý kanál ve vstupních šachticích, znázorněných ve větším měřítku v tab. 67. Viz též podélný profil, obr. 1,tab.55. V obr. 2.tab.61. znázorněn je přechod železného potrubí přes údolí potoka.

Obr. 1.

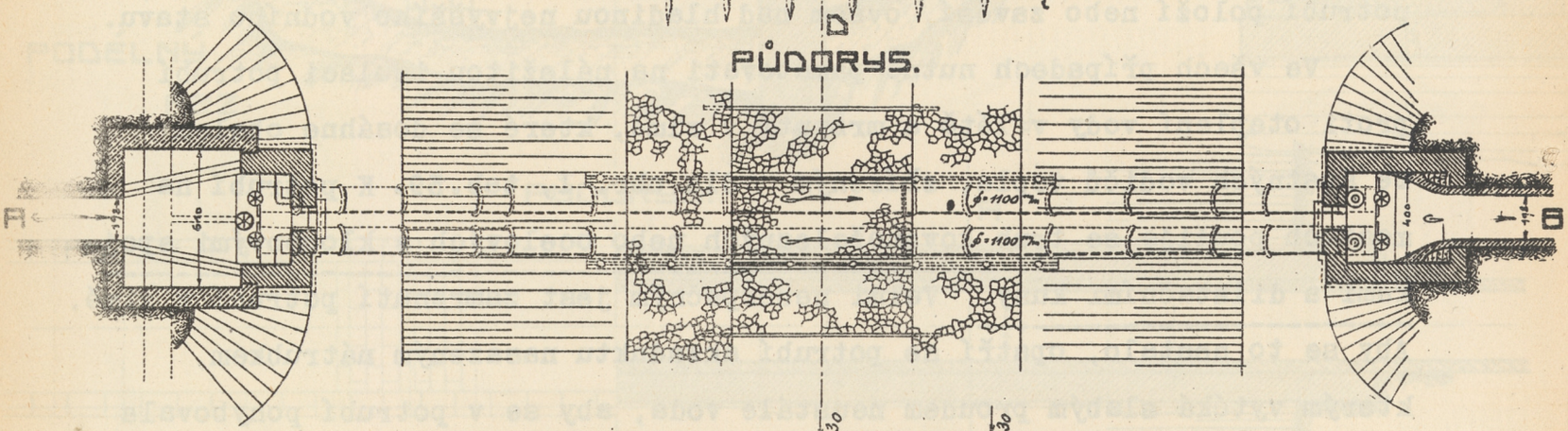
SHYBKY VODOVODŮ.

TAB. LI.

PODÉLNÝ ŘEZ AB.

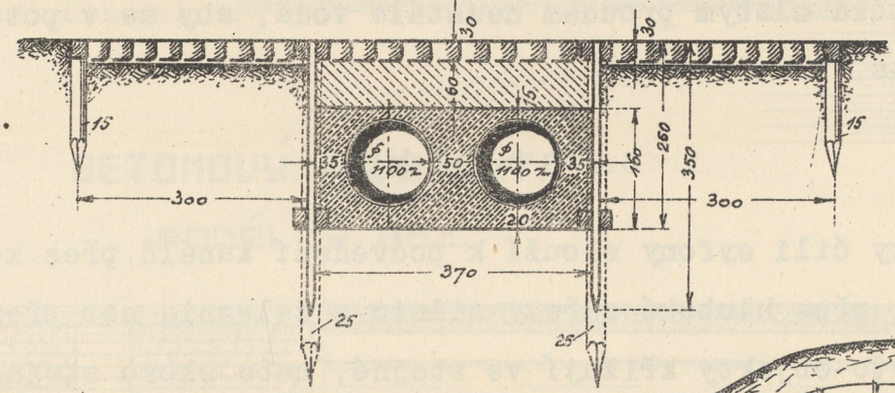


PŮDORYS.



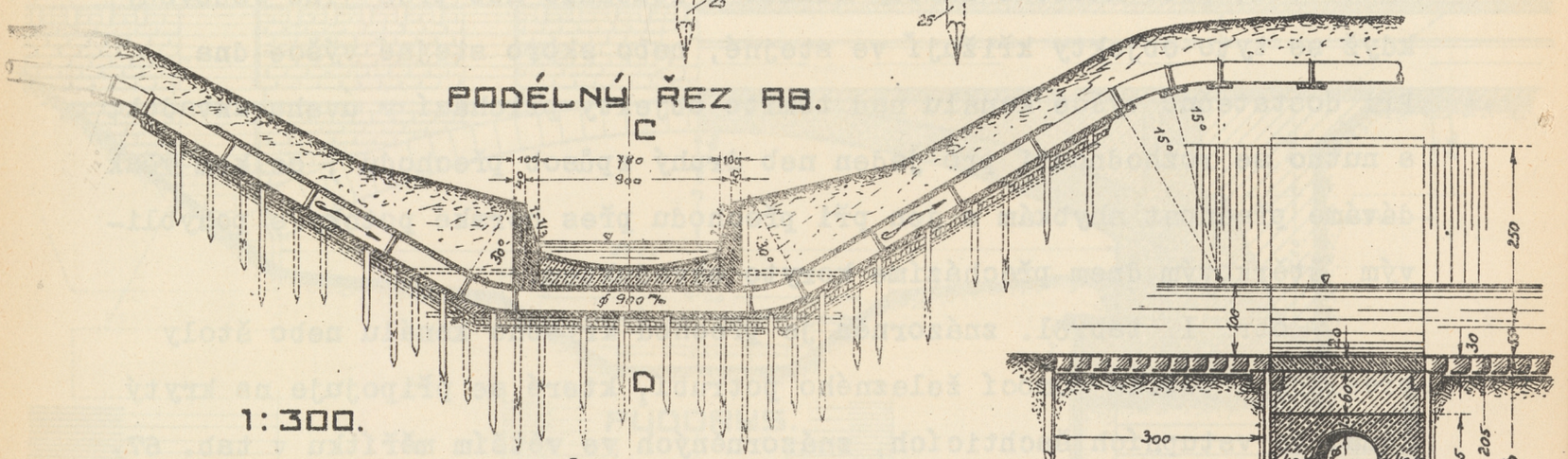
PŘÍČNÝ ŘEZ CD.

1:100.

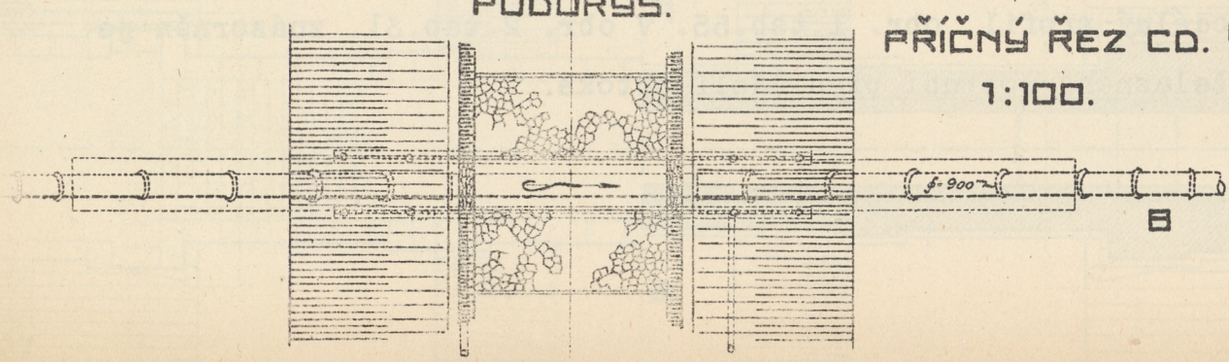


Obr. 2.

PODÉLNÝ ŘEZ AB.



PŮDORYS.



PŘÍČNÝ ŘEZ CD.

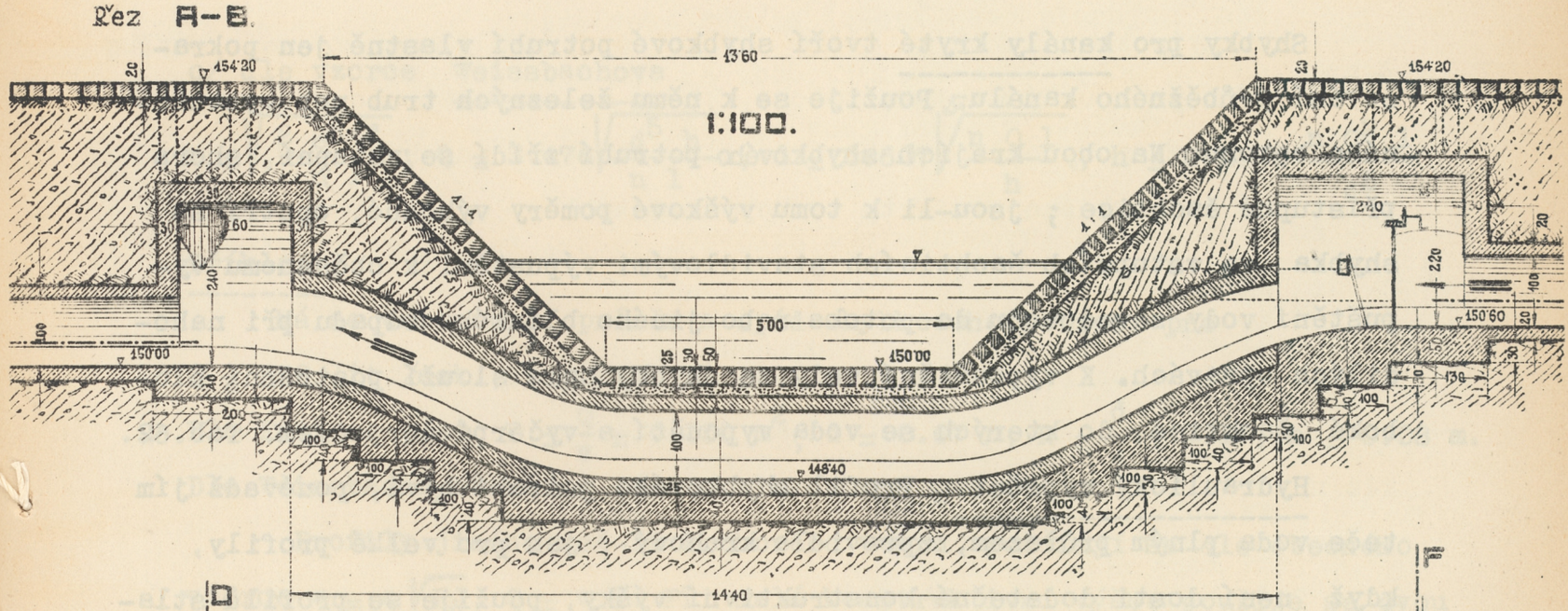
1:100.

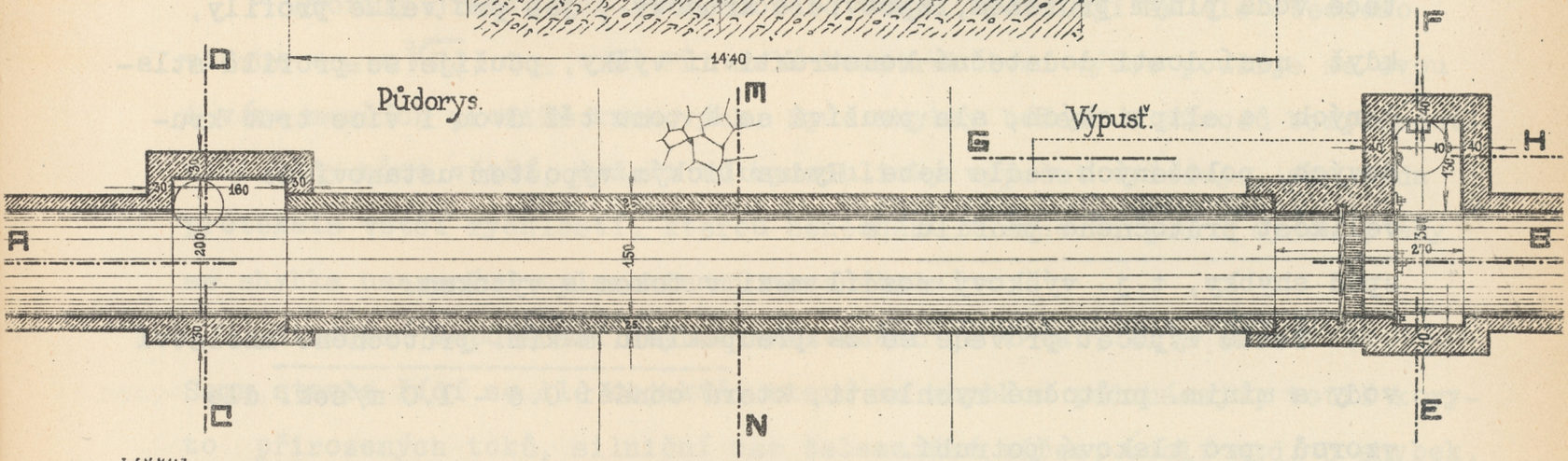
SHYBKA POD NÁHONEM.

TAB. 62.

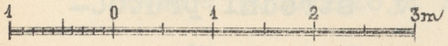
Řez A–B.

1:100.

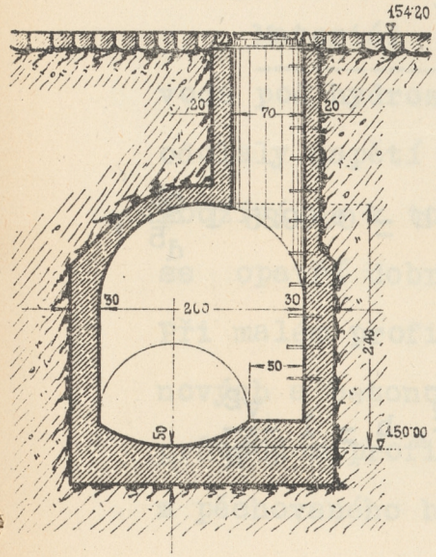




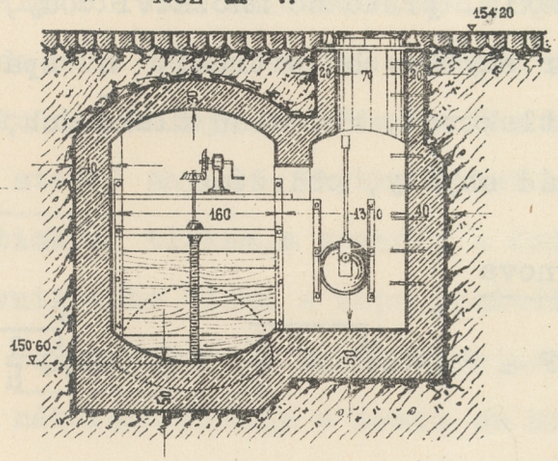
Měřítko: 1:72.



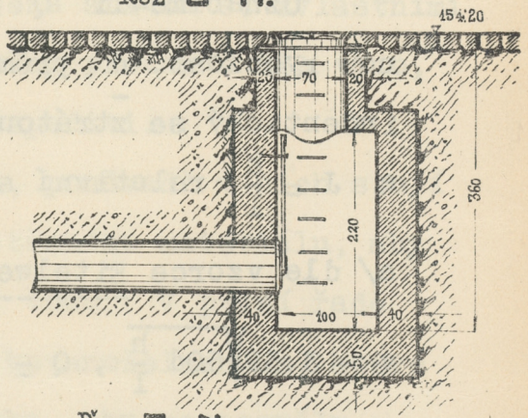
Řez C–D.



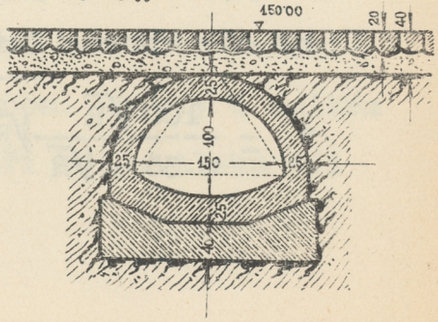
Řez E–F.



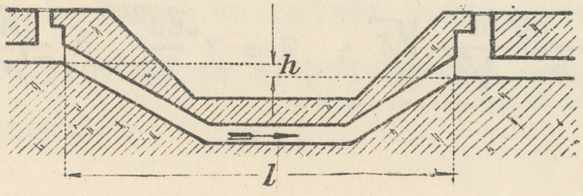
Řez G–H.



Řez M–N.



Schema shybky.



Shybky pro kanály kryté tvoří shybkové potrubí vlastně jen pokračování průběžného kanálu. Použije se k němu železných trub neb vyztuženého betonu. Na obou krajích shybkového potrubí zřídí se vstupní, shora přístupné šachtice ; jsou-li k tomu výškové poměry výhodné, opatří se shybka ve vstupních šachticích stavidlovými výpustěmi k občasnému vypuštění vody z vodovodu do potoka nebo jiného blízkého odpadu při nahodilých opravách. K vypouštění vody ze shybky samé slouží postranní hluboké šachtice, do kterých se voda vypouští a vyčerpá čerpadlem. Tab.62.

Hydraulický výpočet. Profil shybkového potrubí bývá, ponévadž jím teče voda plným průřezem, zpravidla kruhový ; jen pro velké profily, když není dosti dodatečné konstruktivní výšky, použije se profilů stlačených a eliptických, ale používá se k tomu též dvou i více trub kruhových, položených vedle sebe. Hydraulickým výpočtem ustanoví se :

velikost průtočného profilu a

spád shybky, t.j. výškový rozdíl mezi v tokem a výtokem.

Tento výpočet provede se za předpokladu maxim. průtočného množství vody a minim. průtočné rychlosti, která obnáší 0.6 - 1.0 m/sek. dle vzorců pro tlakové potrubí.

Označíme-li Q maxim. průtočné množství vody, v střední průtočnou rychlost, d průměr shybkového potrubí, h spád shybky, který je indentický se ztrátou tlakovou, vodovodů tlakových, l délku shybky a $J = \frac{h}{l}$ relativní spád shybky, obdržíme

a/ dle vzorce Eitelweinova

$$v = 3.59\sqrt{50d\,\frac{h}{l}}\,,\quad Q = vF = 2.848\sqrt{50d^2\,\frac{h}{l}},\quad d = 0.3\sqrt[5]{Q\,\frac{l}{h}}\,,\quad h = 0.0025\,l\,\frac{Q^2}{d^5}\,.$$

b/ dle vzorce Kutterova

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{0.35+\sqrt{R}}\sqrt{RJ} = \frac{50\,d}{0.7+\sqrt{d}}\sqrt{J}\,;\quad Q = v\frac{\pi d^2}{4},\quad d = \sqrt{\frac{4Q}{v}},\quad h = l\,\frac{v^2}{c^2R}$$

c/ dle vzorce Weissbachova

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,h\,d}{n\,l}}\,;\quad Q = 3.476\sqrt{\frac{d^5\,h}{n\,l}}\,,\quad d = 0.607\sqrt[5]{\frac{n\,Q\,l}{h}}\,,\quad h = 0.0826\,\frac{n\,Q^2\,l}{d^5}$$

Příklad :

Má se ustanoviti průměr a spád shybkového potrubí pro $Q = 350$ lit./sek., $v = 1.0$, $l = 40$ m.

Dle Kuttera jest $F = \frac{Q}{v} = 0.350\ m^2$, $d = 0.67$ n, $R = \frac{d}{4} = 0.17$, $h = 0.08$ m.

Dle Weissbacha obdržíme ztrátu tlakovou $h = 0.072$ m.

Profily jiného než-li kruhového tvaru počítají se dle obecného vzorce $v = c\sqrt{RJ}$, $Q = v\,F$. Při malé konstruktivní výšce použije se dvou i více menších profilů kruhových. Spád shybky béřeme z důvodů bezpečnostních vždy něco větší, než-li to hydraulický výpočet vyžaduje, aby voda protékala větší rychlostí, kterou nenecháme klesnouti pod 1 m/sek., aby se shybka usazenými splaveninami nezanášela.

Stavební uspořádání shybek znázorněno je v tab. 61.a 62.

Sama stavba řídí se dle objektů, které se shybkou podcházejí, totiž koryto přirozených toků, silniční neb železniční zářez, údolí atd. U shybek, které podcházejí silnice neb řeleznice, není spojena stavba se zvláštními obtížemi, leč že se musí během stavby udržeti volný provoz a dle toho, že je nutno vozovku neb kolejnice přiměřeně zabezpečiti.

Materiál ku stavbě shybek. Shybky staví se, poněvadž v nich stojí voda pod hydrostatickým tlakem, z pevného a vodotěsného materiálu, aby odolaly napětí z vnitřního tlaku a nepropouštěly vodu. V první řadě používá se k tomu železných trub litinových neb kovanoželezných, které se opatří dobrým nátěrem asfaltu a dehtu za horka, aby nerezavěly. Při malém profilu a malé výšce shybky, může se použíti též trub kameninových a betonových, které se obloží pěchovaným betonem. Shybky o velkém průtočném profilu provádí se z vyztuženého betonu, při malém tlaku též z pěchovaného betonu.

Aby byla konstruktivní délka shybky co nejmenší, volíme směr shybky pokud možno pravoúhlý na směr potoka, který se křižuje, ale tomuto požadavku nelze vždy vyhověti a staví se dle potřeby i shybky šikmé.

Dle sestaveného projektu vykopou se základy a stavební jáma, do které se uloží shybkové potrubí, pozůstávající z trub železných, eventuelně trub kameninových neb betonových.

S většími obtížemi setkáváme se při stavbě shybek, kterými se podchází koryta potoků a řek. K stavbě vyhledáme pokud možno takové místo, kde nemohou vzniknouti výmoly, ale zpravidla musí se koryto vhodným způsobem upraviti a zpevniti.

Způsob provedení stavby říčních shybek řídí se dle toho, zda-li jest možno koryto po dobu stavby na celé šířce nebo po částech osušiti na každý způsob musí se vyčkati nejnižší vodní stav v korytě, aby byly obtíže při stavbě co nejmenší.

Poměrně nejlehčí, ale i nejsolidnější bývá stavba, když je možno provésti ji v suchu buď v celé šířce nebo v několika částech. V takovém případě obeženeme stavební příkop vodotěsnou jímkou ze štětovnic, způsobem, závislým na výšce jímky a hloubce vody. Voda, která potokem odtéká, odvede se nepřepaženou částí koryta anebo když je koryto na celé šířce přepaženo, žlabem přes jímku, eventuelně též stranou. Voda ve stavební jámě uzavřená mezi jímkami vyčerpá se pumpami, takže je možno vykopati stavební příkop shybky v suchu.

Shybkové potrubí položí se na pevnou, rostlou půdu základu ; u poddajné půdy uloží se potrubí mezi dvě štětovnice do pěchovaného betonu. Dno základů zpevní se eventuelně jehlovým roštem. Po uložení shybkového potrubí vyplní se vykopaná rýha pěchovaným betonem mezi štětovnicemi a se shora odláždí se dno koryta kamenem.

Není-li možno koryto vodoteče osušiti, musí se provésti stavba shybky ve vodě. K tomu účelu vybagruje se pokud možno v klidné vodě na dně koryta rýha, do které se uloží hotové namontované železné potrubí,

které se spouští do vybagrované rýhy s lešení nebo plochých lodí. K překonání vztlaku prázdného, na obou koncích uzavřeného potrubí, obtěžká se potrubí když se spouští do vody kamením, železem nebo se vyplní částečně vodou.

Potrubí spustí se jeřáby pozvolna a stejnoměrně na dno do vyba - grované rýhy. Je-li základ dostatečně pevný, uloží se potrubí na rostlou půdu základu ; při neúnosné půdě musí se dno zpevniti. Po uložení potrubí zasype se rýha lomovým kamenem anebo betonem. Se shora zpevní se dno záhozem hrubého kamene, aby se potrubí zabezpečilo proti poškození proudem vodním nebo nárazy pohyblivého štěrku a ledových ker. Z téhož důvodu musí vrch potrubí ležeti aspoň 50 cm pode dnem koryta.

4./ Odlehčování komory a výstupné trubice

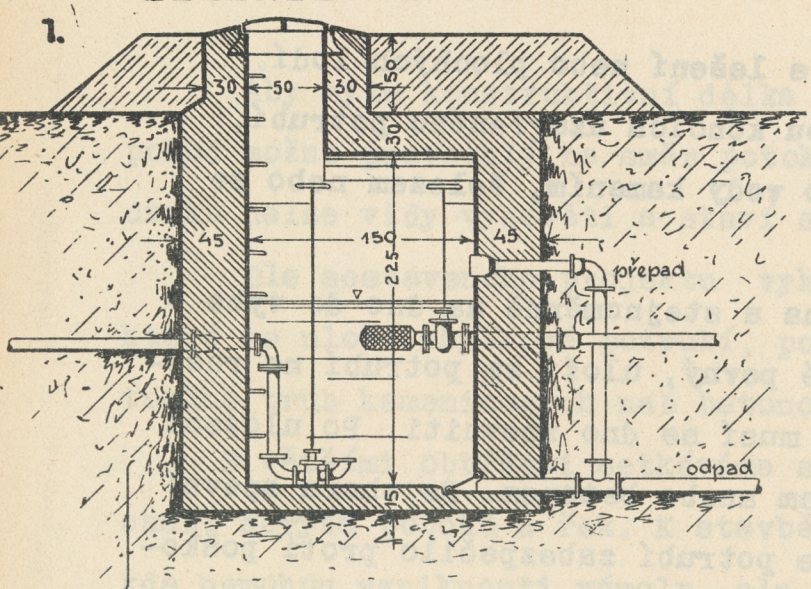
slouží k odlehčení vodovodů při velkém hydrostatickém tlaku ; užívá se jich u vodovodů hydraulických i hydrostatických, když se přivádí voda z vysoko položených pramenů neb nádrží, když celý tlak nepotřebujeme k vedení a chceme tlak redukovati, aby nebylo potrubí zbytečně velkým tlakem namáháno. Kdyby se to neučinilo, byly by nutny abnormálně silné trouby. Celý vodovodný řád a tlaková čára se při tom libovolně odstupňuje. Viz podélný profil v tab. 55.

a/ Odlehčovací komory hydrostatických vodovodů jsou malé zděné nádrže, které komunikují se vnějším vzduchem. Obr. 1, tab. 63. Do nádrže vytéká volně voda z horního přívodného potrubí, tlumí se nárazem o stěny, při čemž se tlak uvolní na nulu a voda odtéká do následujícího nižšího potrubí, jehož čára hydrostatického tlaku jest dána hladinou vodní v odlehčovací nádrži. Viz podélný profil obr.2.tab.55.

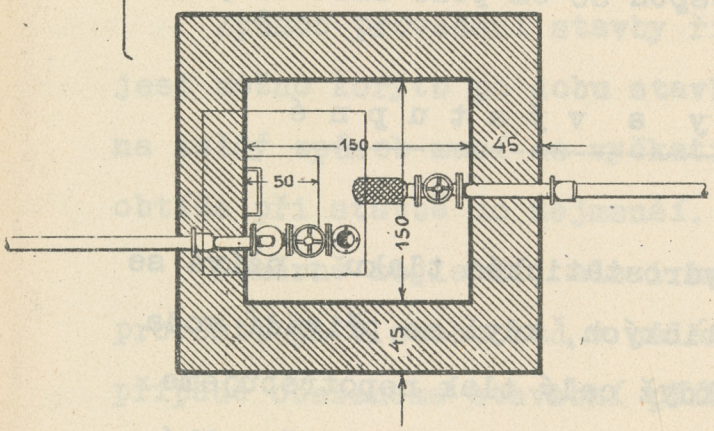
Aby hladina vodní nepřestoupila určitou výšku, opatřena jest komora přelivem, a k úplnému vypuštění vody z komory slouží výpustná roura,

ODLEHČOVACÍ KOMORA . 1:50.

1.

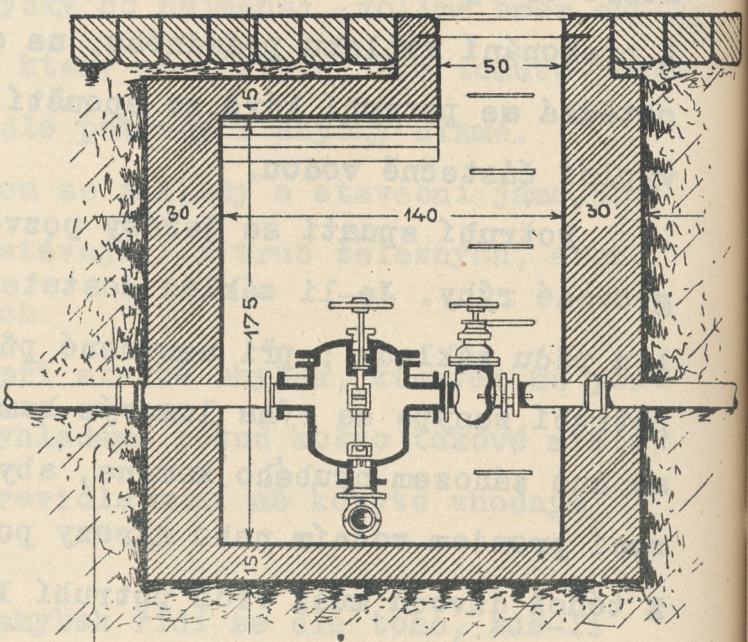


PŮDORYS.

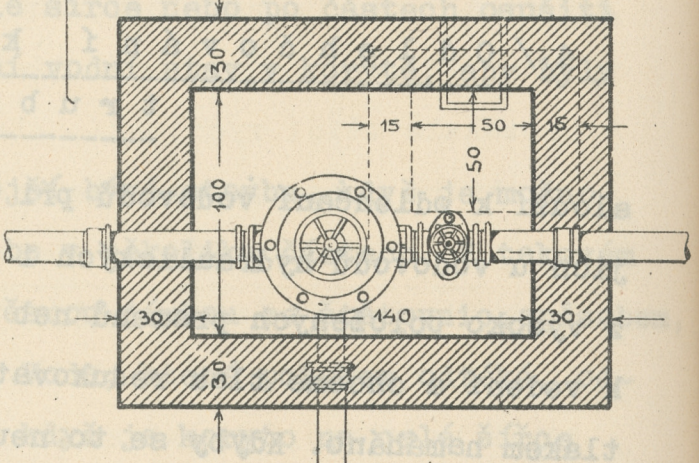


BAHNÍKOVA KOMORA.

3. 1:30. TAB.

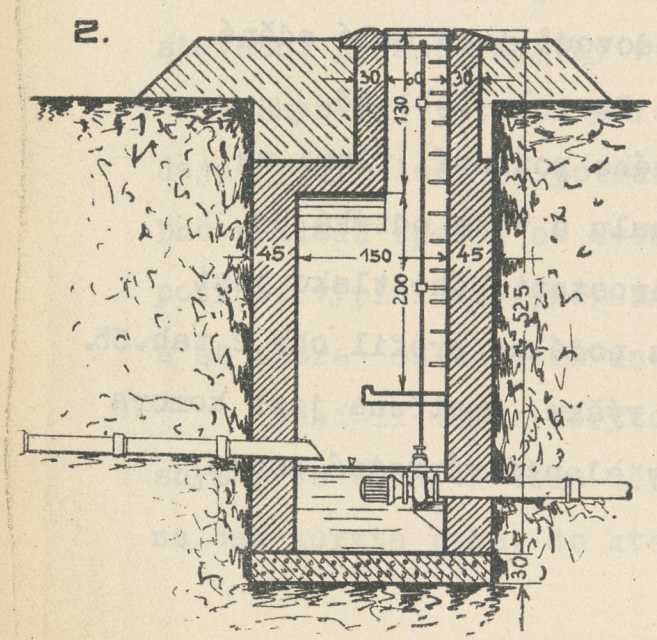


PŮDORYS.

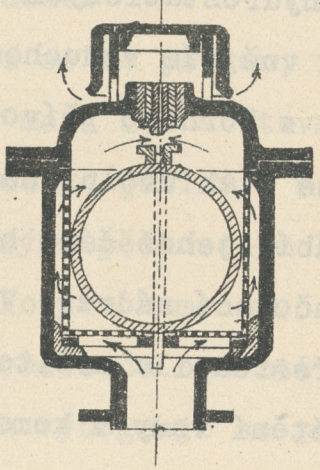


ODLEHČOVACÍ KOMORA . 1:50.

2.

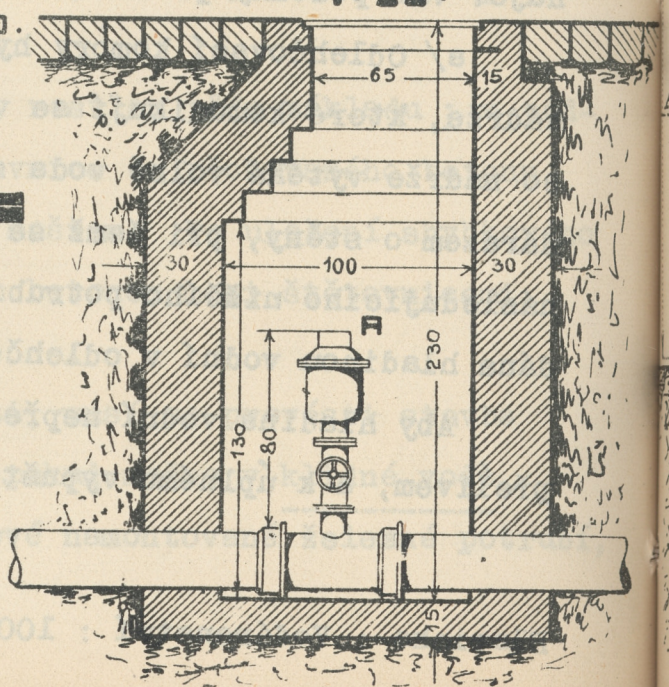


DETAIL A 1:10.



VZDUŠNÍKOVÁ KOMORA.

4. 1:30.



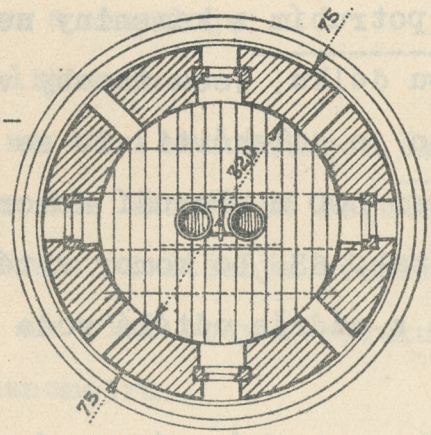
TAB. 64.

ODLEHČOVACÍ VĚŽ VODOVODU MĚSTA BRNA.

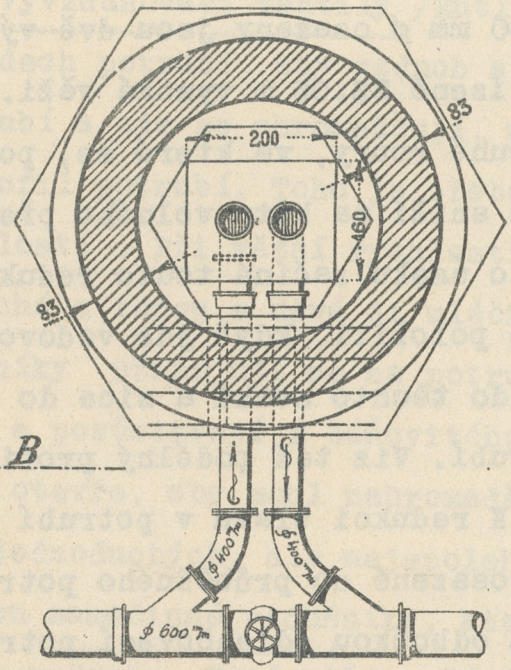
Příčný řez. *Pohled*

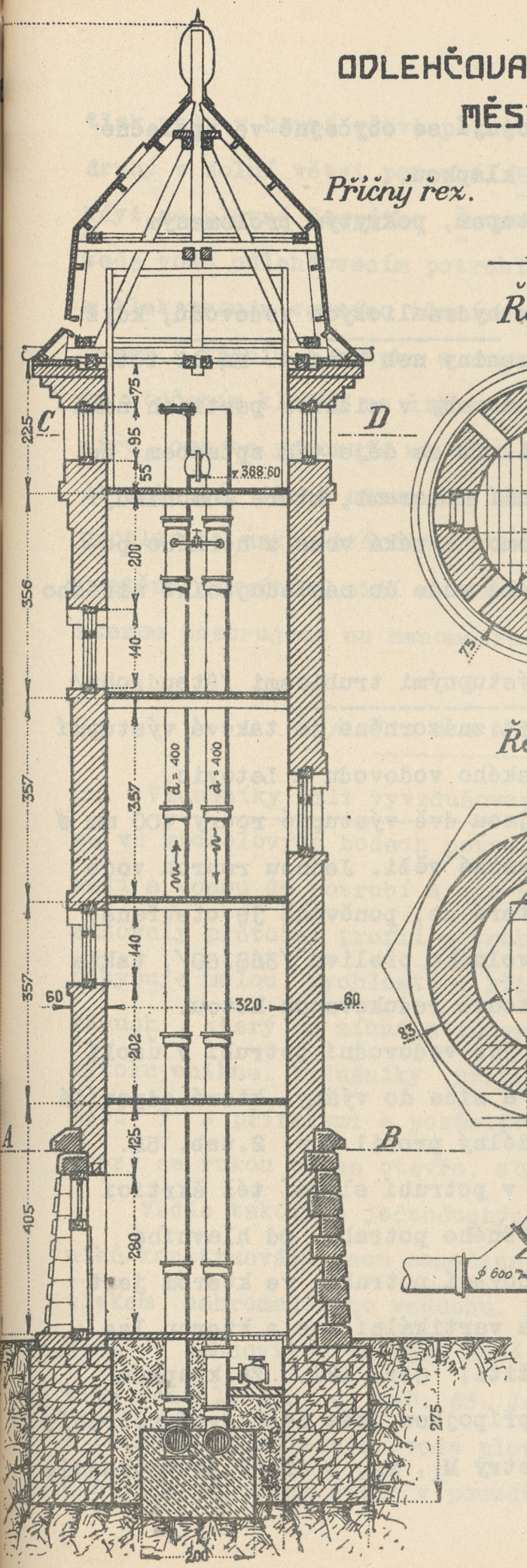
1 : 100

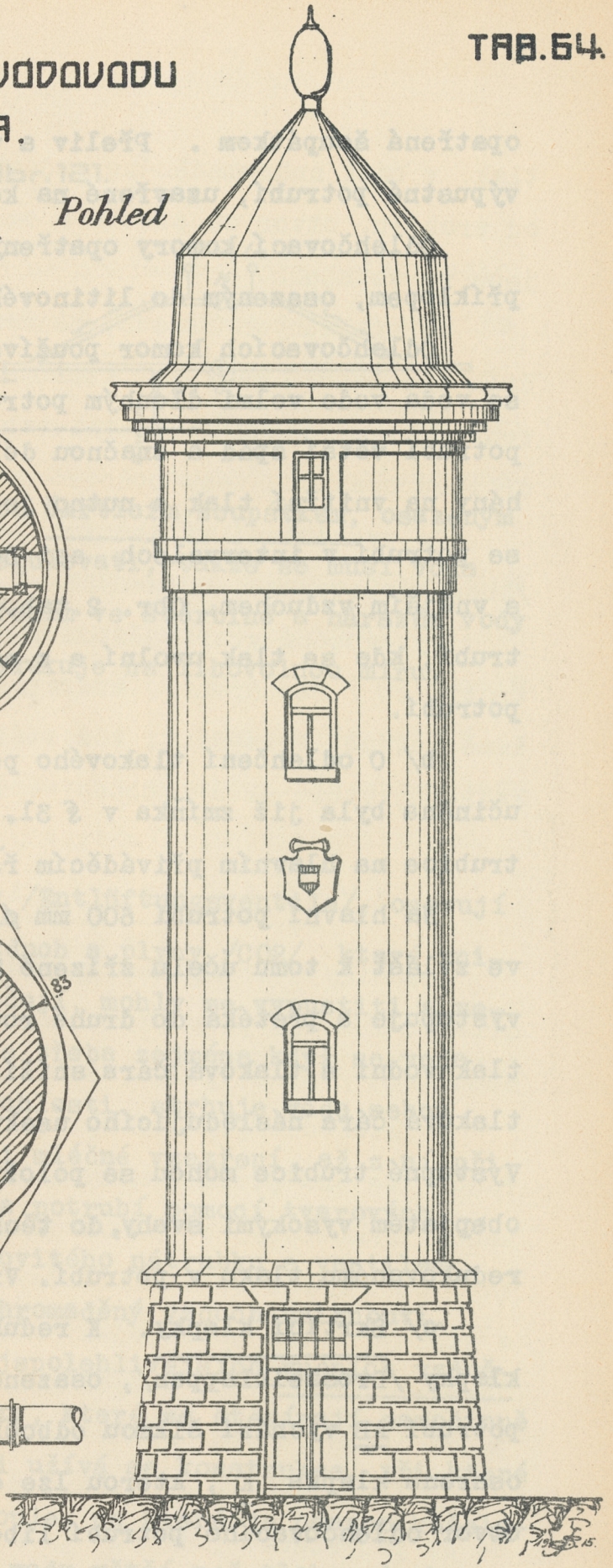
Řez C-D



Řez A-B







opatřená šoupátkem . Přeliv a výpusť spojují se obyčejně ve společné výpustné potrubí, uzavřené na konci žabí klapkou.

Odlehčovací komory opatřeny jsou vstupem, pokrytým prolomeným příklopem, osazeným do litinového rámce.

Odlehčovacích komor používá se též u hydraulických vodovodů, když se voda vede velmi dlouhým potrubím z kameniny neb betonu. Má-li toto potrubí větší spád a značnou délku, jsou trouby v nižších partiích namáhány na vnitřní tlak a nutno je odlehčiti. To se děje tím způsobem, že se potrubí v intervalech asi 500 m přeruší komorami, které komunikují s vnějším vzduchem. Obr. 2.tab. 63. Do komor vytéká voda z horního potrubí, kde se tlak uvolní a z nádrže odtéká voda do následujícího nižšího potrubí.

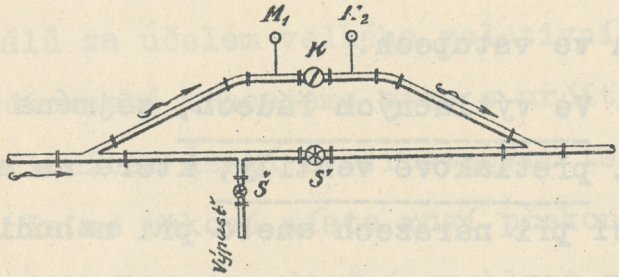
b/ O odlehčení tlakového potrubí výstupnými trubicemi /Staudrohr/ učiněna byla již zmínka v § 31. V tab. 64.znázorněna je taková výstupní trubice na hlavním přiváděcím řádu brněnského vodovodu u Letovic.

Na hlavní potrubí 600 mm ø osazeny jsou dvě výstupné roury 400 mm ø ve zvlášť k tomu účelu zřízené 23.05 m vysoké věži. Jednou rourou voda vystupuje a přetéká do druhé roury, ve které se, poněvadž je otevřena, tlak vodní a tlaková čára sníží na kotu volného přelivu /368.60/, takže tlaková čára následujícího úseku začíná touto redukovanou kotou. Výstupné trubice mohou se položiti, když jde vodovodní potrubí v údolí obepjatém vysokými svahy, do těchto svahů a sice do výšky, která odpovídá redukovanému tlaku v potrubí. Viz též podélný profil obr. 2.tab. 55.

c/ Škrtící klapky. K redukci tlaku v potrubí slouží též škrtící klapky /Drosselklappen/, osazené do průběžného potrubí. Od hlavního potrubí AB vychází šikmou odbočkou odlehčovací potrubí, ve kterém jest osazena klapka K , kterou lze otáčeti na vertikální ose a kterou lze otvor odlehčovacího potrubí libovolně zúžiti. Obr. 121. Za klapkou připojuje se odlehčovací potrubí šikmou přípojkou opět na hlavní potrubí. Nad a pod klapkou osazeny jsou dva manometry M_1, M_2, z nichž prvý ukazuje

tlak vody v horní větvi potrubí A, druhý v dolní větvi potrubí B. Když se hlavní šoupátko Š uzavře, teče voda odlehčovacím potrubím a tlak proudu vodního tlumí se nárazem a třením o klapku a reguluje se otočením klapky na libovolnou míru, což se pozoruje na obou manometrech škrtícím šoupátkem, osazeným do potrubí, jichž otvor lze libovolně regulovati, takže se musí voda protlačiti úzkou štěrbinou. Zvětšeným třením ve štěrbině a nárazům vody o stěny stavítka, ničí se tlak vody a redukuje na libovolnou míru, kterou pozorujeme na manometru.

Obr. 121.



5./ V z d u š n í k y .

Vzdušníky čili vyvzdušovací ventily /Entlüftungsventile/, osazují se ve vrcholových bodech potrubí, aby vzduch a plyny /CO2/, které vnikají s vodou do potrubí a zde se shromažďují, mohly se vypustiti a nezúžovaly průtočný profil potrubí. Toho je třeba zejména když se voda pohybuje malou rychlostí . Při větší rychlosti strhuje voda sebou vzduch , který se míchá s vodou a dává ji mléčné vzezření, až z ní při výtoku unikne. Vzdušníky připojují se na potrubí pomocí tvarových kusů T s přírubami a pozůstávají z báňovitého nátrubku s ventilem, který se rukou občas otevře, aby mohl nahromaděný vzduch uniknouti.

Vedle takových jednoduchých, ale nejspolehlivějších ručních vzdušníků konstruovány jsou samočinné vzdušníky, které se otevírají samočinně tlakem nahromaděného vzduchu. Nejčastěji užívá se konstrukce, při které jest v bahňovitém pouzdru dutá měděná koule, na které je osazen kůželovitý ventil. Obr. 4, tab. 63. Je-li tlak vody větší než tlak vzduchu v pouzdře, přitlačuje voda plovoucí kouli těsně k vrcholu a uzavře ventilem výpustný otvor v pouzdře. V případě opačném, tedy když jest

tlak v báni nahromaděného vzduchu větší než tlak vody, odsune se koule od vrcholu, otvor se otevře a vzduch unikne. Vzdušné ventily osazeny jsou ve vstupech.

Ve výtlačných řádech, zejména ve větrníku, osazují se pojistné čili přetlakové ventily, které se samočinně otevrou, když tlak v potrubí při nárazech anebo při nahodilém zvětšení tlaku stoupne přes určitou hranici, tedy podobně jako pojistné ventily parních kotlů.

Ku vyvzdušení výtlačných potrubí užívá se vyvzdušovacích komor /Ausgusszisterne/, osazených ve vrcholu výtlačného potrubí.

Vyvzdušení gravitačních řádů dosádne se též přelivem ve výstupných trubicích / Standrohr/, které slouží k odlehčení potrubí a konečně můžeme potrubí vyvzdušiti též stále jdoucími výtokovými stojany malého kalibru, které jsou osazeny ve vrcholu tlakového potrubí.

6./ B a h n í k y č i l i k a l o s v o d y .

Bahníky čili kalosvody /Schlammkasten/ osazují se v relativně nejnižších místech potrubí a slouží k občasnému vypouštění v potrubí usazenému kalu /vápna, písku, železitého kalu a j./, který se zde hromadí.

Kalosvody pozůstávají z válcovitého pouzdra, osazeného do trubního řádu. Ve dně pouzdra nachází se výpustný ventil, který se otevírá vřetenem, zakončeným ostnem k nasazení klíče neb ručního kolečka. Obr.3, tab. 63 . Občas se ventil otevře, voda se vypustí do odpadového potrubí a strhuje sebou nahromaděný kal. Výpustné potrubí ústí na příhodném místě území do údolí, neb koryta přirozeného toku. Kalosvody postaveny jsou do průchodných vstupů.

Místo zvláštních výpustných ventilů, vyznačených v obr. 3. , osadí se do průběžného potrubí T kus, na který se připojuje pravoúhlé koleno s přírubami, uzavřené šoupátkem, kterým se občas vypustí v koleně nahromaděný kal.

7./ S t u p n ě .

Stupně zřizujeme u krytých kanálů za účelem velkého relativního spádu. Kryté přiváděče pro účely vodárenské tracujeme sice s určitým konstantním spádem, nicméně se ve členitém území s přirozenými terasami a stupněmi vyskytují případy, že se taková místa musí překonati stupněmi, poněvadž by spád a v důsledku toho i průtočná rychlost překročily přípustnou hranici.

Stupně krytých kanálů provádí se v přepadových šachticích a sice jako svislé neb šikmé přepady, jichž konstruktivní uspořádání závisí na výšce přepadového stupně, velikosti průtočného profilu a materiálu, jehož se použije ku stavbě. V tab. 65., obr. 4. znázorněn je svislý stupeň, v obr. 1, 2, šikmý stupeň z pěchovaného betonu. Se shora jsou přepadové šachtice přístupny vstupem, pokrytým litinovým příklopem.

8./ P ř e c h o d n é k o m o r y .

U hlavních přiváděčů vodárenských kombinují se v členitém území kryté kanály s konstantním spádem a štoly s tlakovým vodovodem ze železných trub, jimiž přechází traca přes údolí a úvaly, kterým nelze gravitační vodovod pro velké výškové rozdíly přizpůsobiti.

V takových případech zamění se krytý kanál nebo štola tlakovým potrubím, kterým se převede vodovod přes údolí po způsobu dlouhé shybky a naopak může přejíti tlakový vodovod na tvar krytého kanálu, který vyžaduje obzvláště při velkých dimensích zpravidla menší stavební náklad než-li železné potrubí. V tab. 66 znázorněny jsou takové dva přechody na hlavním přiváděči vodovodu města Norimberku a v tab 67. znázorněn je přechod na hlavním přiváděči II. vídeňského vodovodu.

9./ V s t u p n í š a c h t i c e .

Vstupní šachtice slouží k sestupování do krytých, průchodných kanálů za účelem dozoru a udržování. Zřizujeme je ve vzdálenostech 200 - 400 m od sebe, obzvláště na všech význačných místech kanálu, při změně profilu, při ústí postranních kanálů, při změně spádu a směru kanálu u přepadových šachtic, výpustí atd.

Vstupní šachtice zřizují se svisle nad kanálem a pozůstávají ze vstupu a okna, pokrytého litinovým příklopem. Obr. 1, 2, 3, tab. 68.

U kanálů větších zřizují se též pohodlnější vstupy se strany s jednoramennými nebo dvouramennými schody. Obr. 6, 7, tab. 68.

U přiváděčů tlakových zřizují se vstupy též pro šoupátka, škrtící klapky, vzdušníky, bahníky, výpustě a pod. Upraveny jsou jako komory takových rozměrů, aby se v nich dotyčné armatury mohly umístiti. Obr. 5., tab. 68. Se shora jsou přístupny oknem, přikrytým litinovým příklopem, který se uzavře klíčem / zámyčkou/, aby jej nepovolaní nemohli otevřiti. K témuž účelu zřizují se též zděné budky, uzavřené železnými dveřmi .

U tlakových vodovodů, pozůstávajících z vyztuženého betonu, opatří se kanál vstupní šachticí s přírubovým kusem, který se uzavře slepou přírubou.

10./A r m a t u r y č i l i v ý s t r o j e t r u b n í c h ř á d ů.

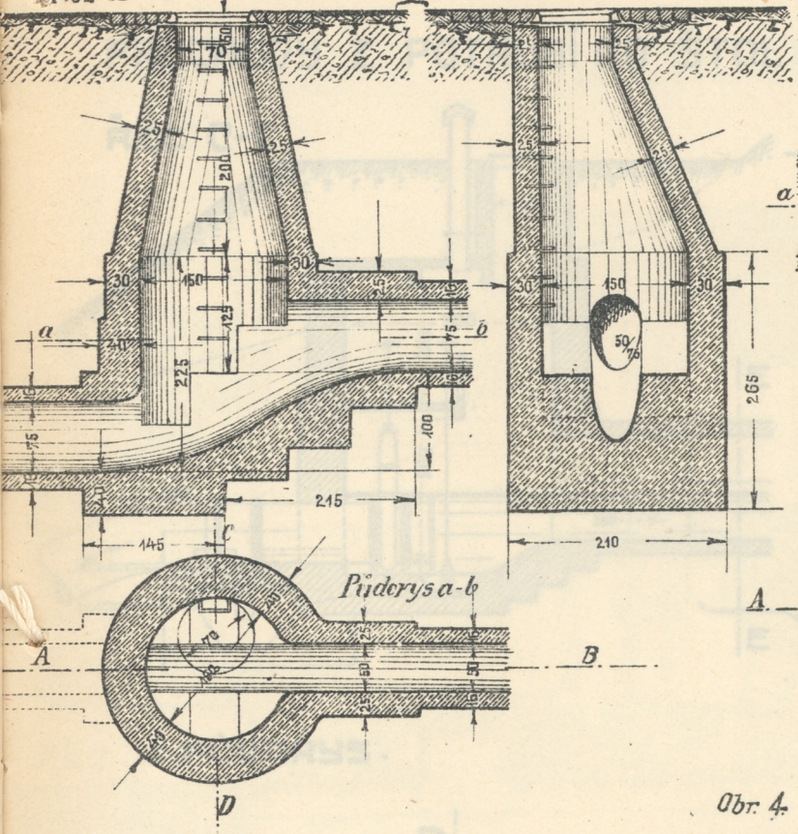
a/ Šoupátka. K uzavírání potrubí na libovolném místě slouží šoupátka. Osazují se v hlavním přiváděči asi každých 500 m , ale mimo to užívá se šoupátek v hojné míře též u pramenných jímek, v čerpacích stanicích, zásobovacích vodojmech, v potrubí přiváděcím, odváděcím, výpustném, rozdělovacím a j.

Šoupátka pozůstávají z dvoudílného pouzdra a stavítka, které se pohybuje vřetenem. K osazení pouzdra do běžného potrubí opatřeno je pouzdro

PŘEPADOVÉ ŠACHTICE.

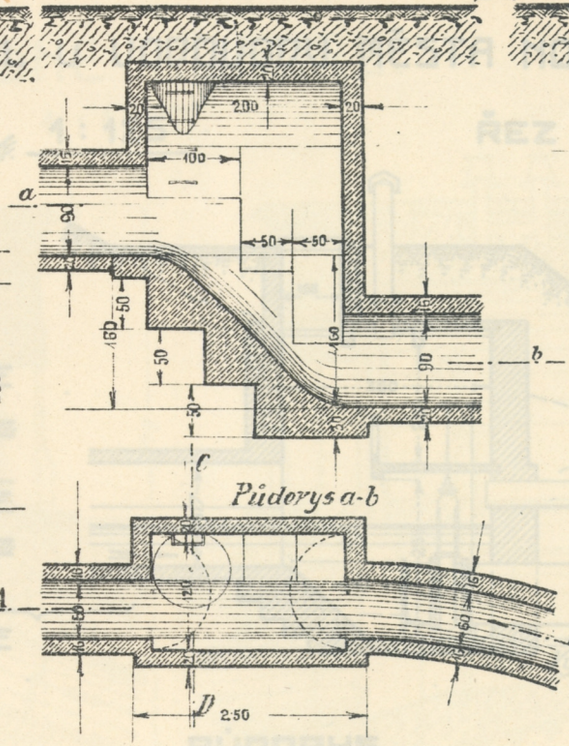
Obr 1.

Řez A - B

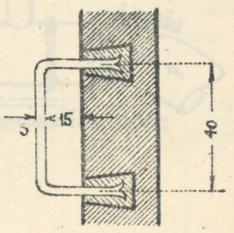


Obr 2.

Řez A-B

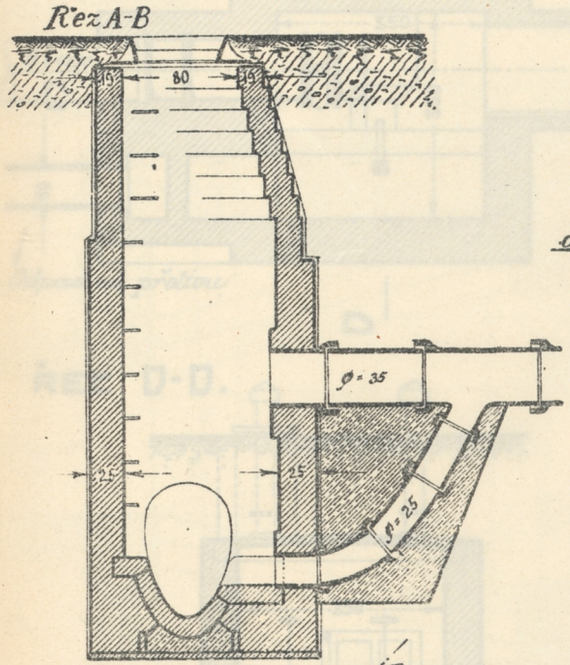


Stupátko 1:25.

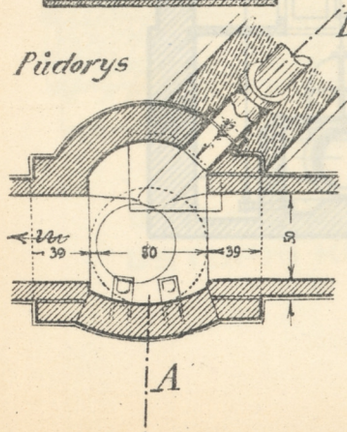


Obr. 3.

Řez A-B



Půdorys

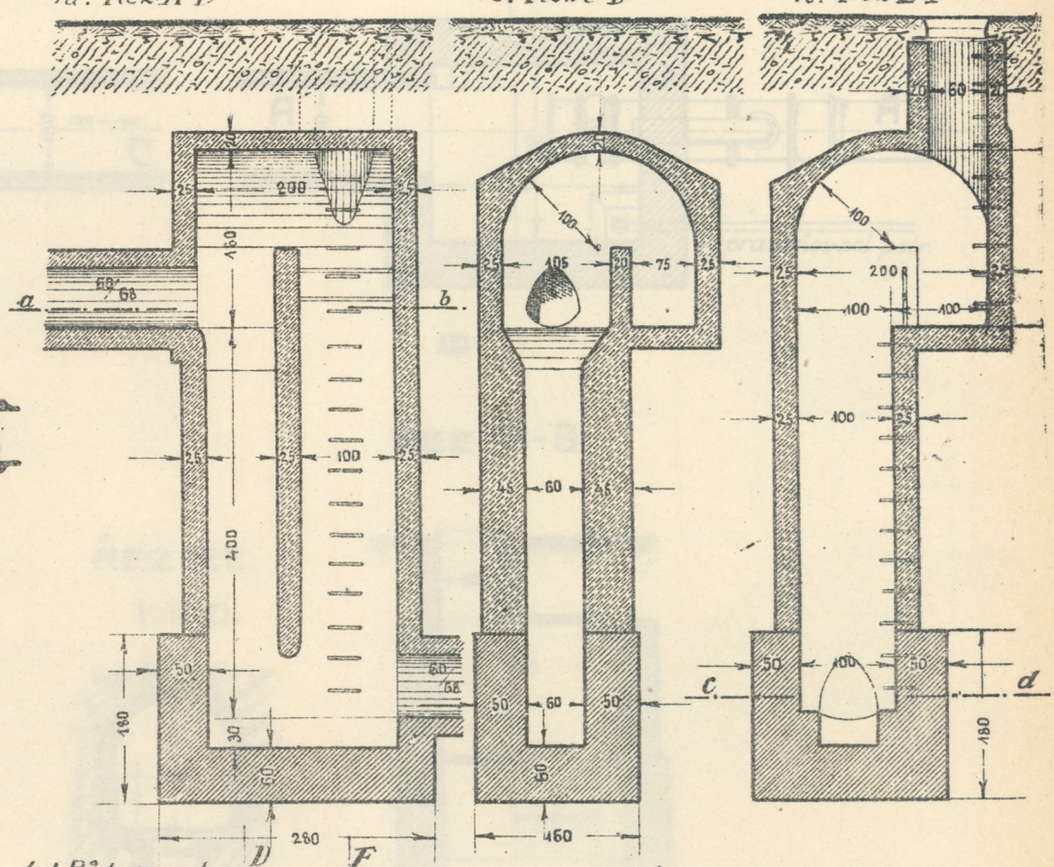


Obr. 4.

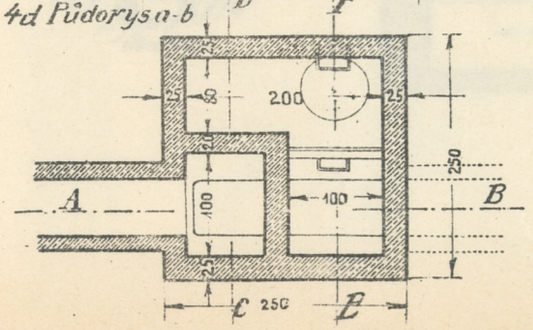
4a. Řez A-B

4b. Řez C-D

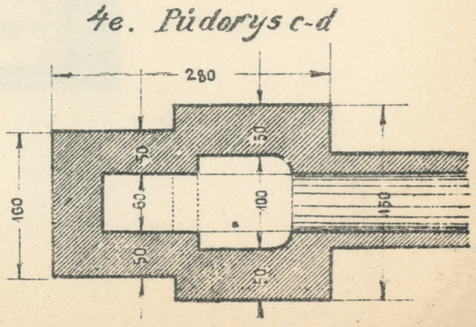
4c. Řez E-F

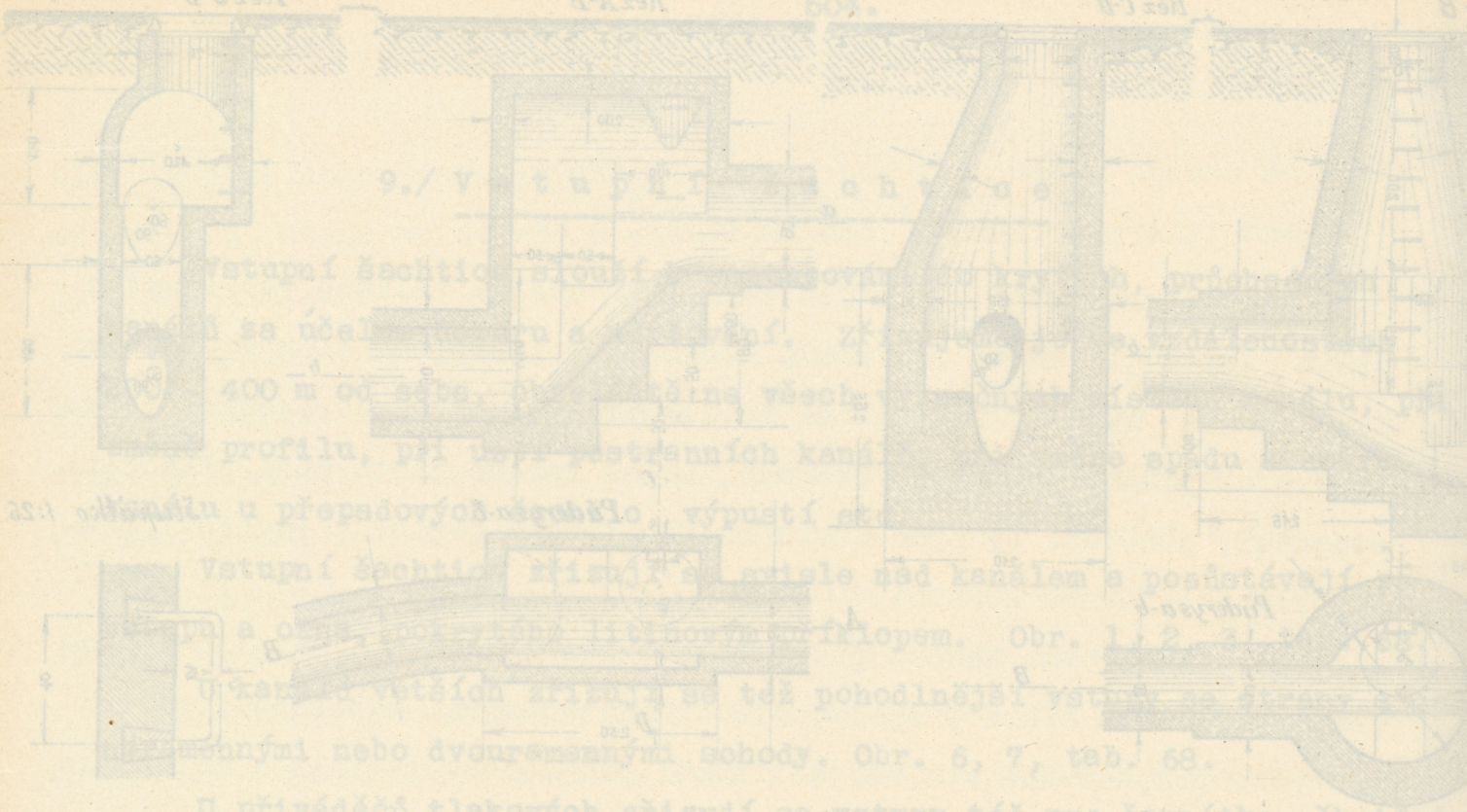


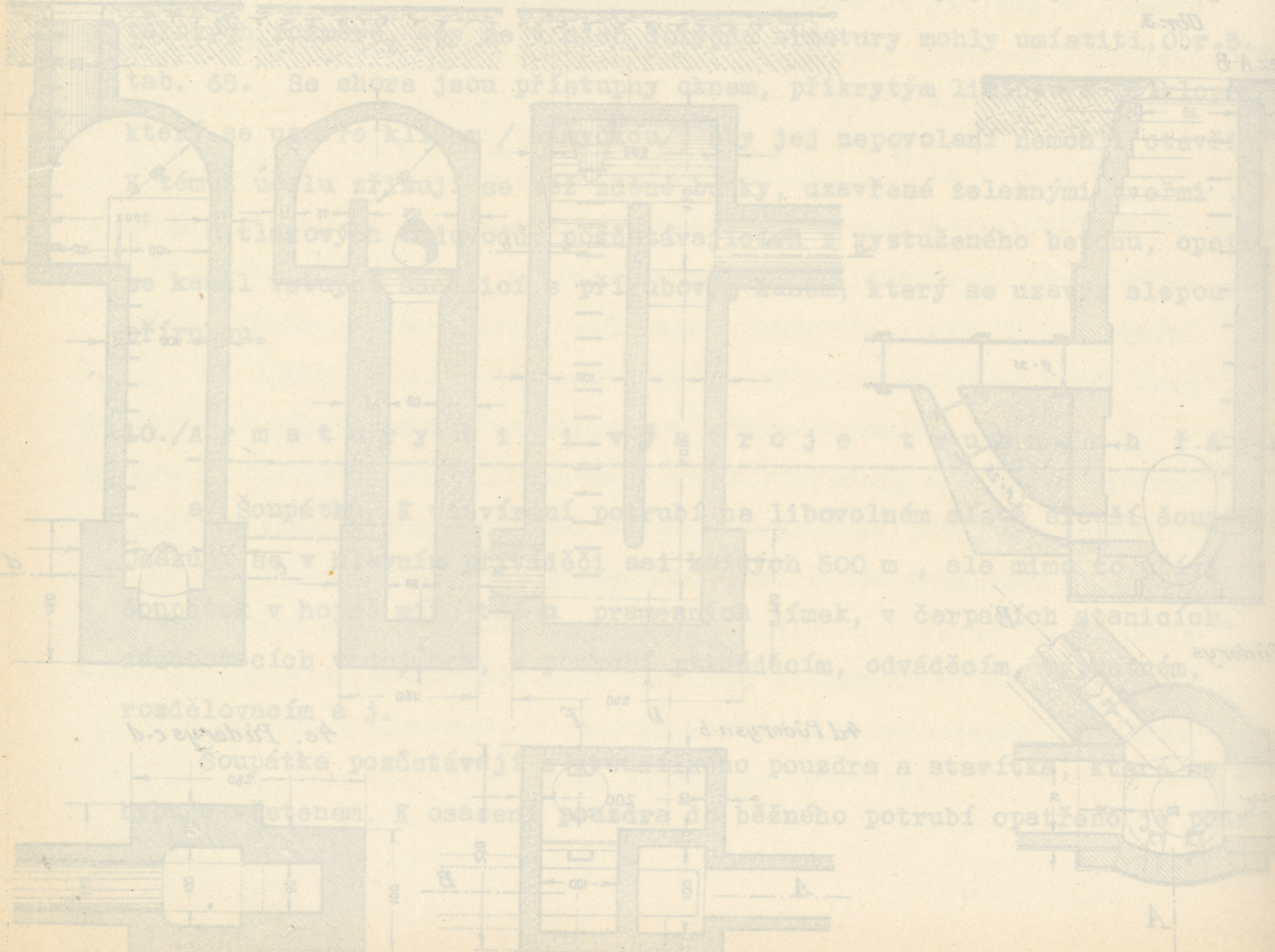
4d Půdorys a-b



4e. Půdorys c-d





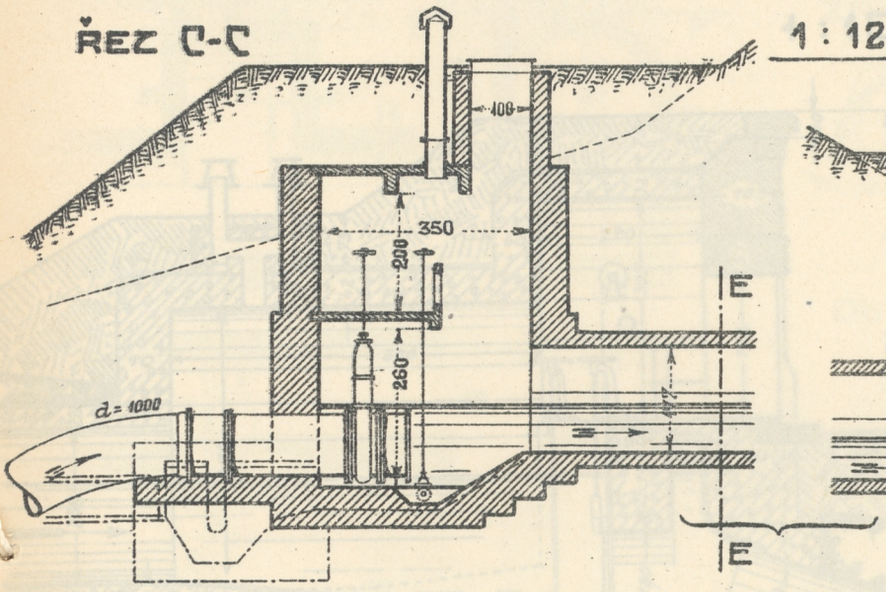


PŘECHODY Z POTRUBÍ DO ŠTOL U VODOVODU MĚSTA NORIMBERGU.

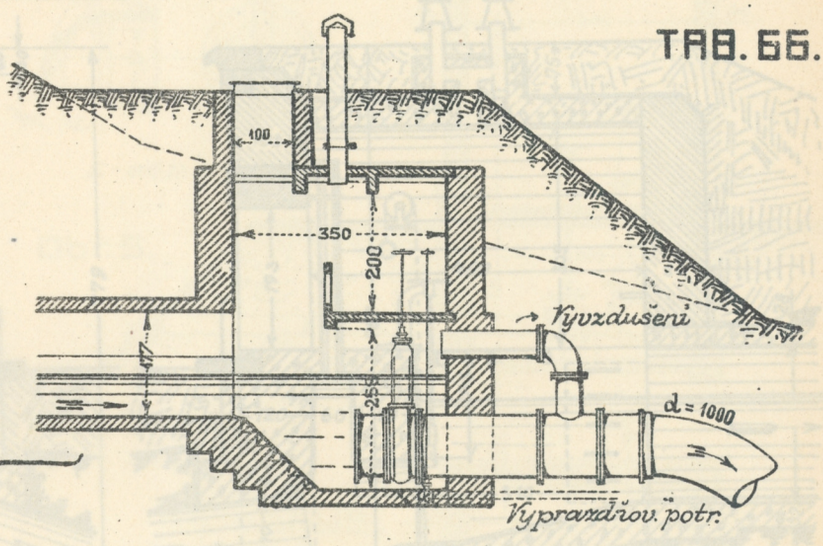
TAB. 66.

1 : 125

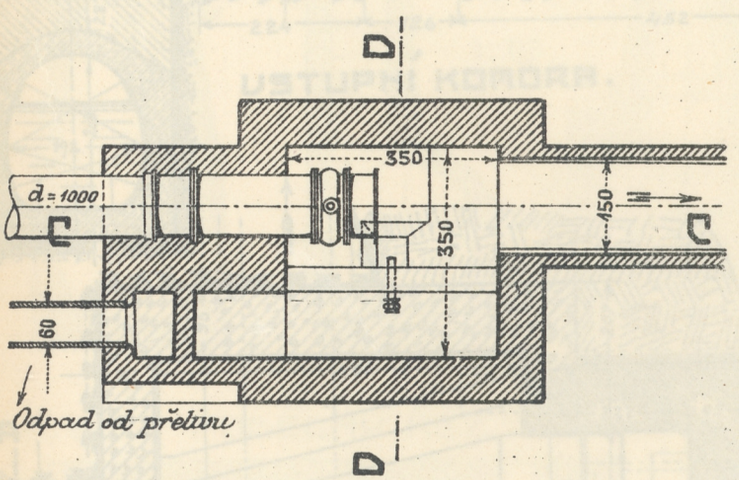
ŘEZ C-C



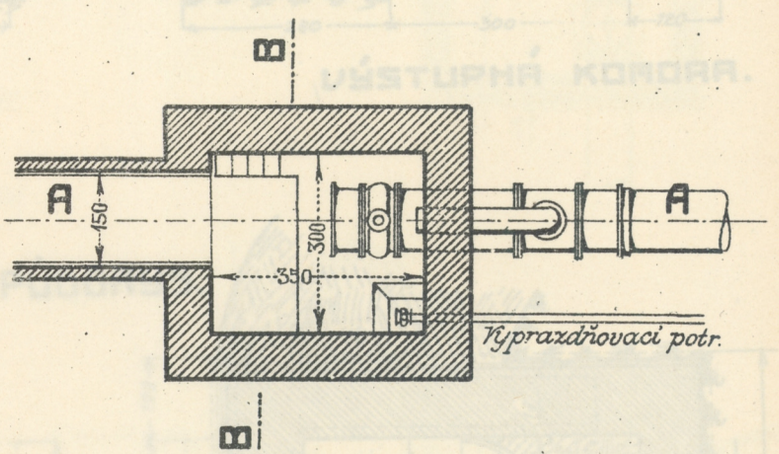
ŘEZ A-A



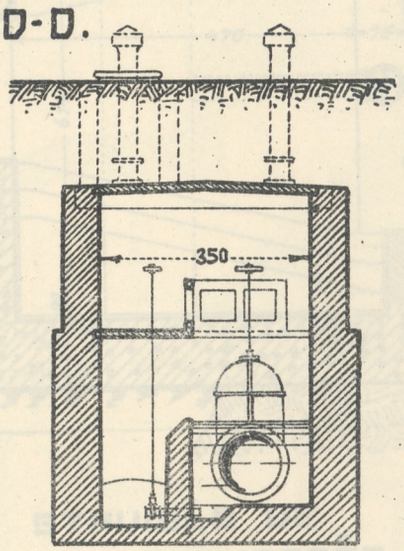
PŮDORYS.



PŮDORYS.

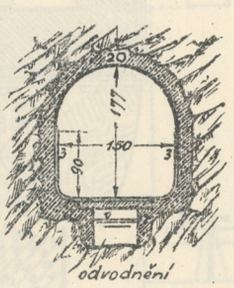


ŘEZ D-D.

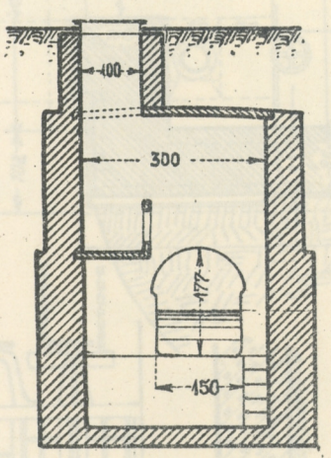


ŘEZ EE.

1:100.



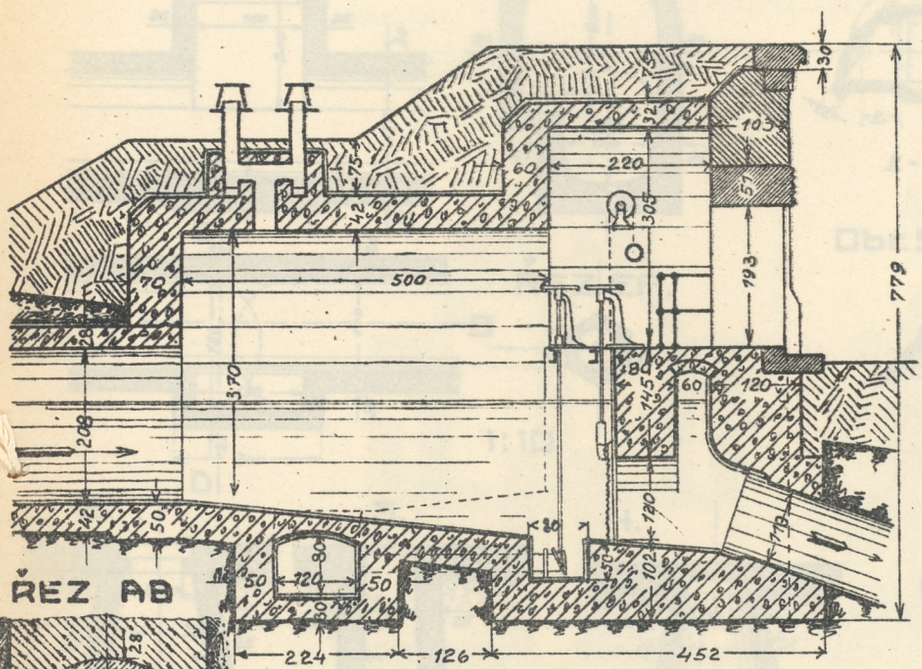
ŘEZ B-B.



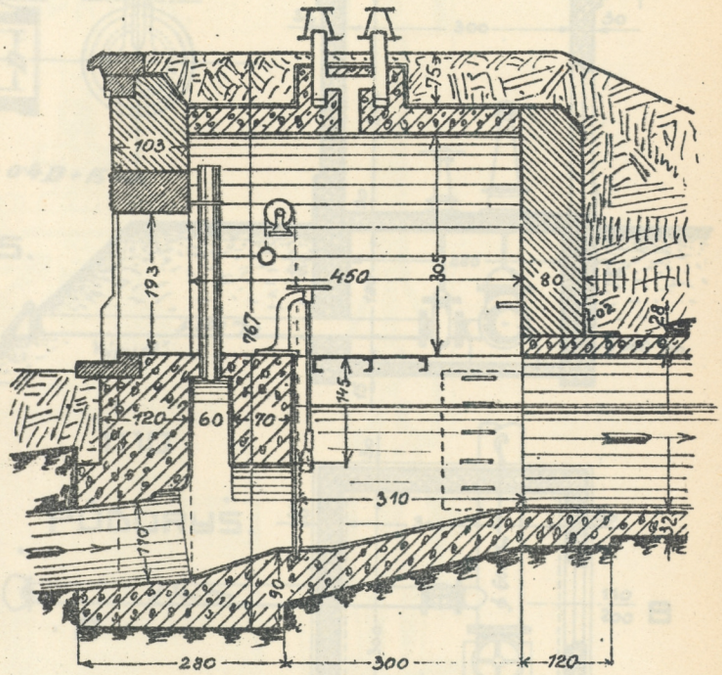
TAB. 67.

PŘECHODNÉ KOMORY.

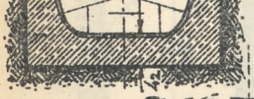
1 : 100.



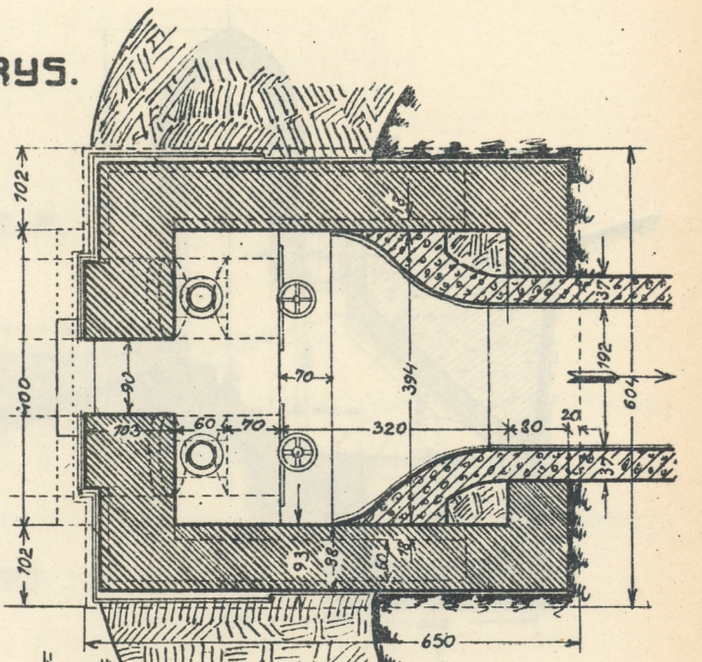
VSTUPNÍ KOMORA.

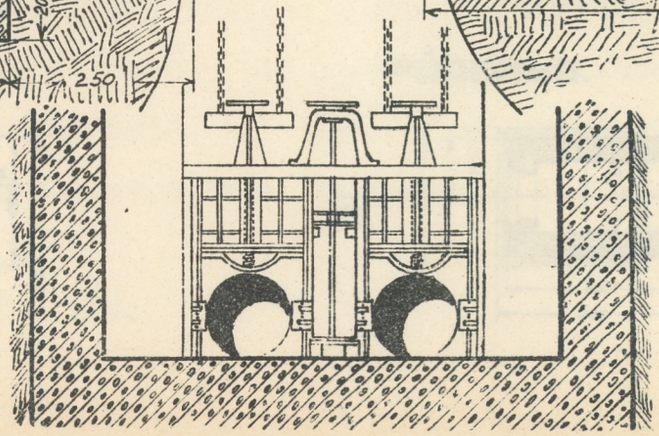


VÝSTUPNÁ KOMORA.



PŮDORYS.





STAVIDLO VE VSTUPNÍ KOMOŘE.

TAB. 62

PŘECHODNÉ KOMORY.

1 : 100.

ÚSTUPNÍ KOMORA.

ÚSTUPNÍ KOMORA.

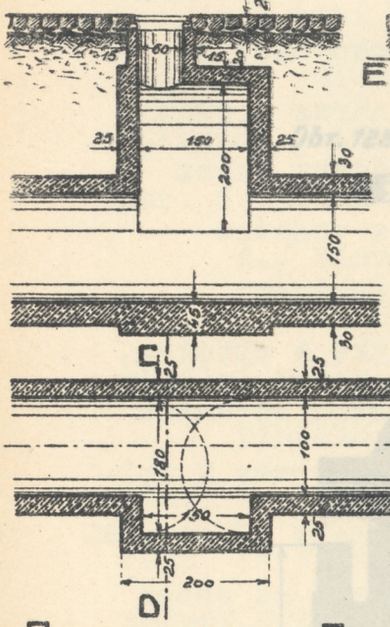
PŮDORYS.

STAVIDLO VE ÚSTUPNÍ KOMOŘE.

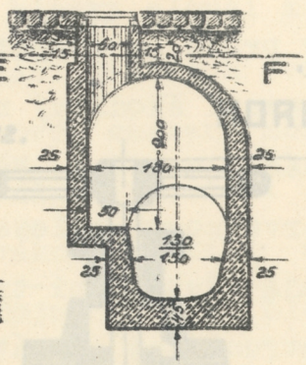
VSTUPY.

TAB. 68.

OBR 1. ŘEZ AB



ŘEZ CD.

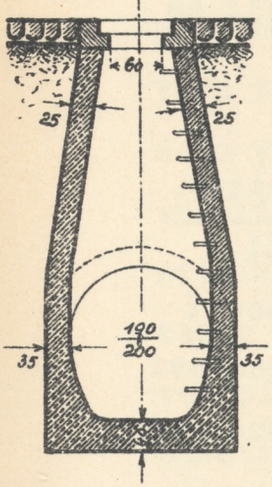


ŘEZ EF.

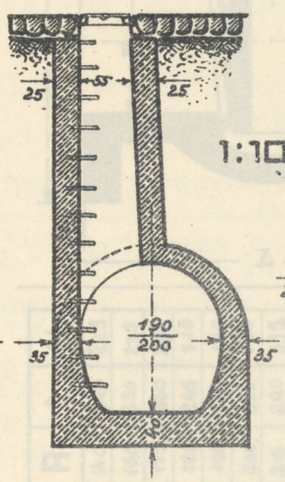


1:10

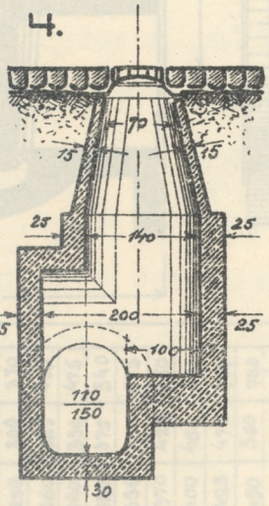
2.



3.

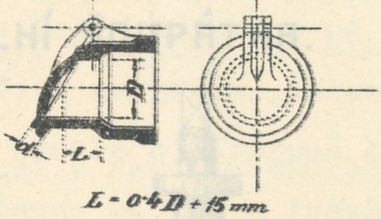


4.



1:10

ŽABÍ KLAPKA.



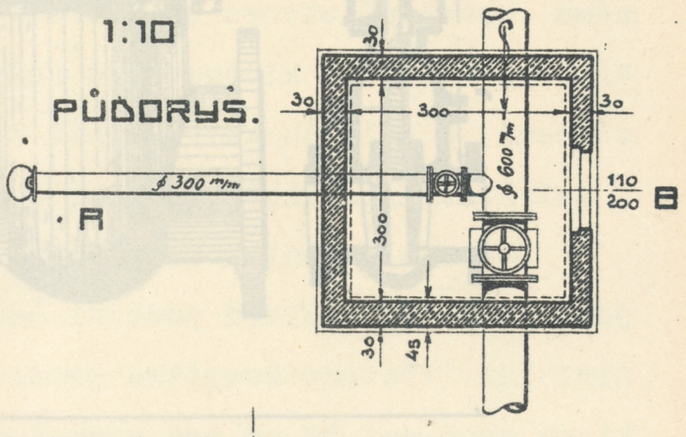
$L = 0{\cdot}4D + 15\,mm$

Obr. 5.

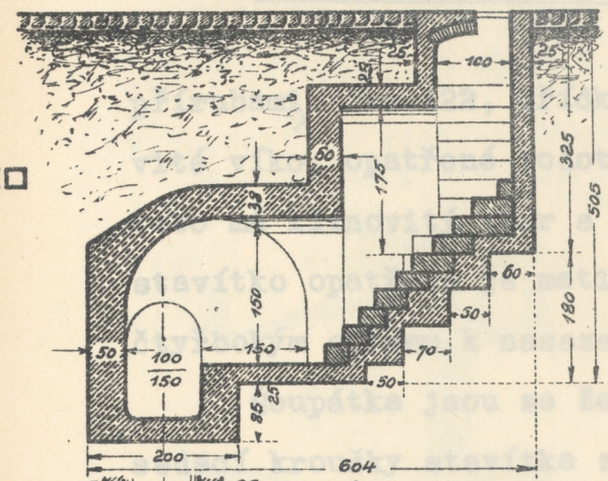
ŘEZ AB.

1:10

PŮDORYS.

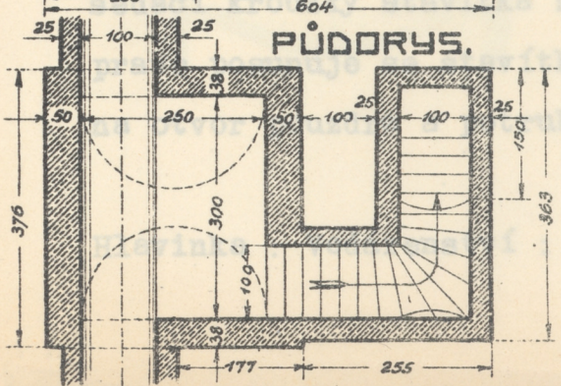


OBR. 6. PODÉLNÝ ŘEZ.



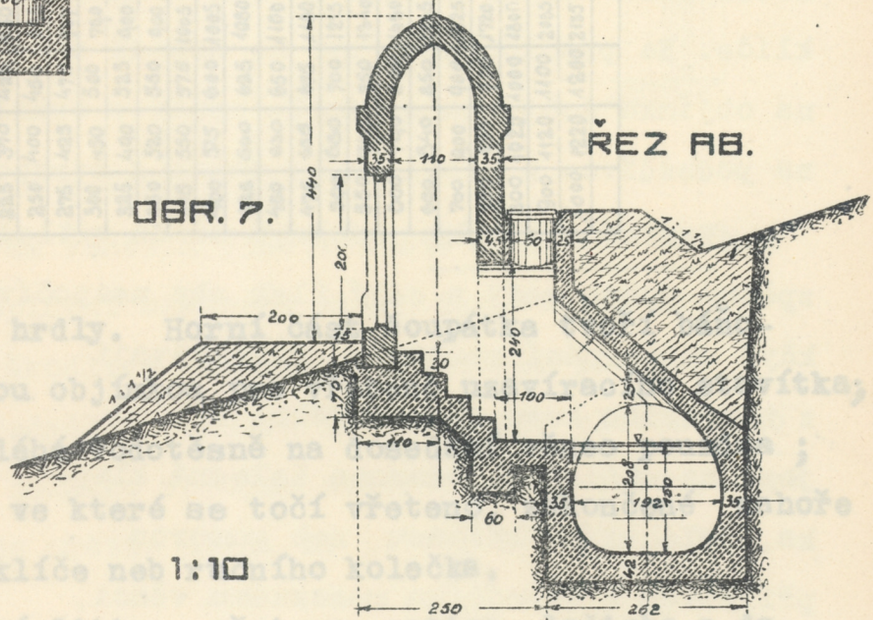
1:10

PŮDORYS.



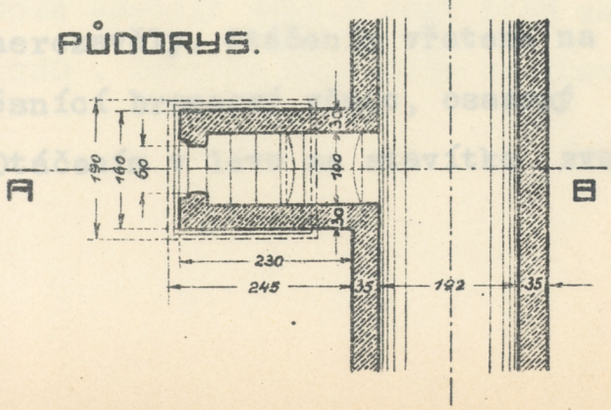
OBR. 7.

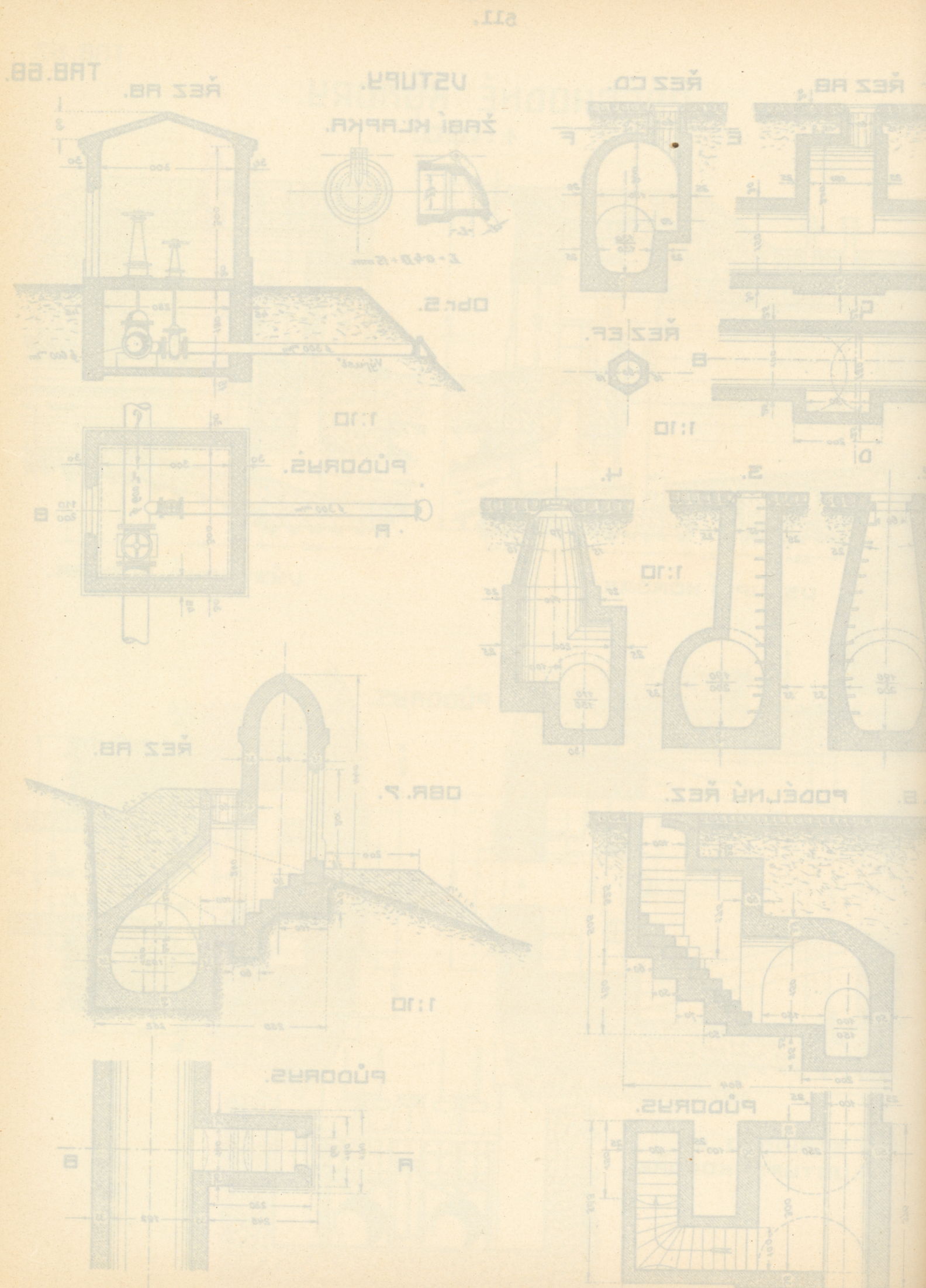
ŘEZ AB.



1:10

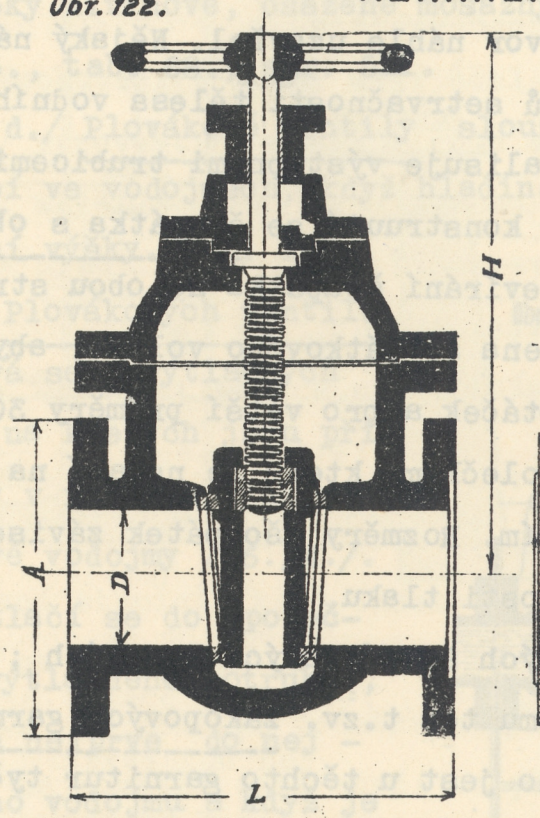
PŮDORYS.



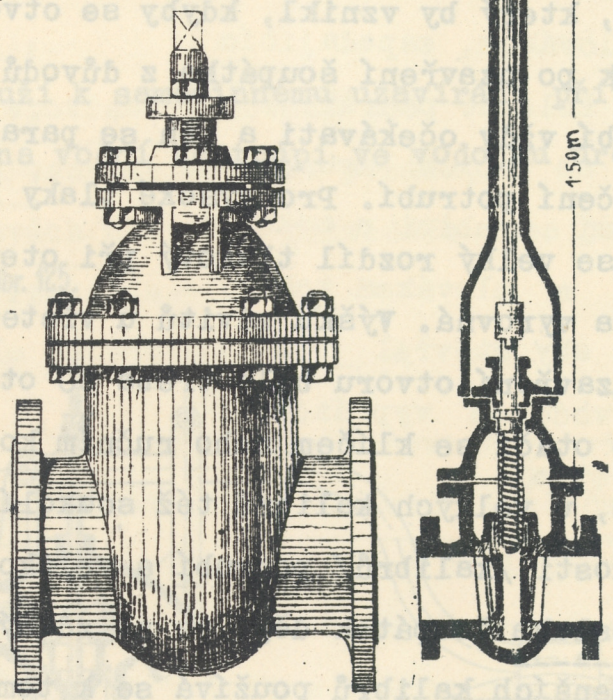


NORMÁLNÍ ŠOUPÁTKA.

Obr. 122.



Obr. 123.



D	R	L	H
40	140	240	225
50	160	250	235
60	175	260	260
65	180	265	310
70	185	270	325
80	200	280	335
90	215	290	355
100	230	300	370
125	260	325	435
150	290	350	475
175	320	375	540
200	350	400	575
225	370	425	650
250	400	450	695
275	425	475	737
300	450	500	790
325	490	525	900
350	520	550	900
375	550	575	1005
400	575	600	1005
425	600	625	1080
450	630	650	1100
475	665	675	1130
500	690	700	1215
550	740	750	1340
600	790	800	1450
650	840	850	1555
700	900	900	1625
750	950	950	1720
800	1020	1000	1801
900	1120	1100	2035
1000	1220	1200	2135

přírubami obr.122, zřídka s hrdly. Horní část šoupátka tvoří báňovité víko, opatřené vodotěsnou objímkou pro vřeteno uzavíracího stavítka; toto má klínovitý tvar a přiléhá vodotěsně na dosedací věneo pouzdra ; stavítko opatřeno je maticí, ve které se točí vřeteno, zakončené nahoře čtyřbokým ostnem k nasazení klíče neb ručního kolečka.

Šoupátka jsou ze železné litiny, vřeteno, matice, ložisko a dosedací kroužky stavítka z bronzu, aby nerezavěly. Otáčením vřetena na pravo posunuje se stavítko dolů, až těsnící bronzový věnec, osazený na otvor pouzdra a potrubí, se uzavře. Otáčením v levo se stavítko zvedá

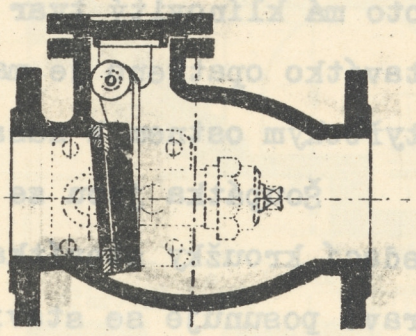
a otvírá otvor potrubí ; naopak otáčením v pravo se šoupátko uzavře. Toto uzavírání děje se pozvolna, čímž se zamezí škodlivý náraz proudu vodního, který by vznikl, kdyby se otvor náhle uzavřel. Nějaký náraz lze však po uzavření šoupátka z důvodů setrvačnosti tělesa vodního v potrubí vždy očekávati a ten se paralisuje výstupnými trubicemi k odlehčení potrubí. Pro vysoké tlaky konstruují se šoupátka s obtokem, kterým se velký rozdíl tlakový při otevírání šoupátka na obou stranách stavítka vyrovná. Výšku závitů u vřetena šoupátkového volíme, aby k úplnému uzavření otvoru bylo třeba 20 otáček a pro větší průměry 30 otáček. Vřeteno otáčí se klíčem nebo ručním kolečkem, které se nasadí na osten vřetena, u velkých kalibrů též soukolím. Rozměry šoupátek závisejí na velikosti /kalibrů/ potrubí a velikosti tlaku.

Obsluha šoupátek děje se ve zděných šoupátkových komorách ; jen u menších kalibrů používá se k tomu též t.zv. zákopových garnitur. Obr. 123. Vřeteno šoupátka prodlouženo jest u těchto garnitur tyčí, která sahá asi 20 cm pod povrch území a ukončena je ostnem k nasazení klíče. Na prodlouženou tyč se odsadí zákopová trubice, která se postaví na objímku šoupátka a nahoře končí v truhlíku uzavřeném víkem a osazeným na podezdívce z cihel, nebo věnci z tvrdých dehtovaných fošen.

b./Vratné záklopky osazují se do výtlačných řádů, aby se zamezil zpětný pohyb vody a celý tlak aby nespočíval na tlačném ventilu pumpy, když se čerpání zastaví. Pozůstávají z tvarového kusu přírubového, v němž jest na stěžejích osazena železná klapka, doléhající koženou neb gumovou příložkou k těsnícímu mosaznému věnci, na nějž jest klapka tlačena sloupcem vody ve výtlačném potrubí . Obr. 124.

Obr. 124.

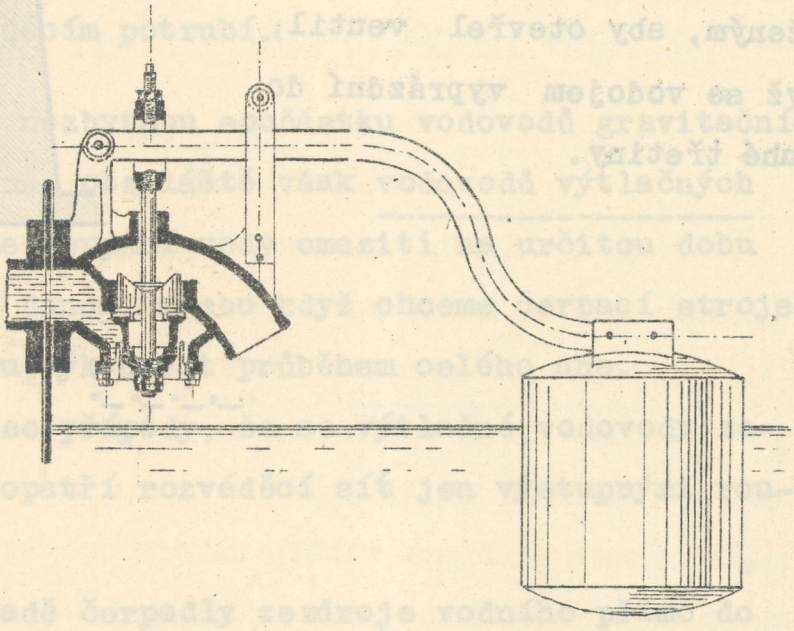
VRATHÁ ZÁKLOPKA.



c./ Žabí klapky slouží k uzavření výpustných potrubí, aby se zamezilo zalézání drobných zvířat do prázdného potrubí, pozůstávající z klapky litinové, osazené mosazným svorníkem na hladký konec potrubí. Obr. 5., tab. 68., str. 511.

d./ Plovákové ventily slouží k samočinnému uzavírání přítokového potrubí ve vodojmech, když hladina vodní dostoupí ve vodojmu určité maximální výšky. Obr. 125.

Obr. 125.

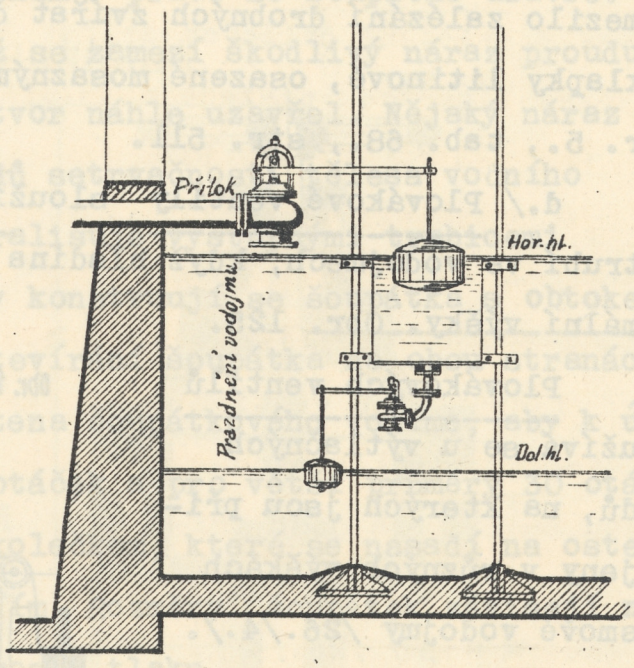


Plovákových ventilů používá se u výtlačných řádů, na kterých jsou připojeny v různých výškách pásmové vodojmy /26./4./. Voda tlačí se do společného výtlačného potrubí, vytéká nejprve do nejnižšího vodojmu a když je tento naplněn, tedy se výtok plovákovým ventilem samočinně uzavře a voda vytéká do následujícího vodojmu vyššího.

Při jednoduchém plovákovém ventilu působí každé klesnutí hladiny vodní po otevření výtoku a doplnění odebrané vody. Tím vzniká úbytek v dopravě do vyšších pásem a škodlivé nárazy ve výtlačném potrubí i čerpadlech. Aby se tomu předešlo, používá se dvojitého plovákového ventilu, kterým se výtok do dolního vodojmu otevře teprve tehdy, když se tento vodojem vyprázdnil do určité míry, na př. do 2/3. Obr. 126.

K tomu slouží 2 sdružené plovákové ventily. Horní ventil je přímo na výtokové trubici s plovákem, zapadajícím do malé železné nádržky upevněné na tyčích, druhý na vypouštěcí trubici z této nádržky a s plovákem tak vyváženým, aby otevřel ventil, když se vodojem vyprázdní do druhé třetiny.

Obr. 126.



§ 33. ZÁSOBOVACÍ VODOJMY.

1./ Účel vodojmů.

Zásobovací vodojmy mají účel :

a/ vyrovnati nestejnoměrnou spotřebu průběhem dne,

b/ krýti abnormální spotřebu vody na př. při požáru,

c/ hraditi spotřebu při opravách hlavního přiváděče nebo jímacího zařízení a

d/ ustáliti tlak v rozváděcím potrubí.

Zásobovací vodojmy tvoří nezbytnou součástku vodovodů gravitačních, které přivádějí vodu od pramenů, obzvláště však vodovodů výtlačných s čerpací stanicí, když chceme čerpání vody omeziti na určitou dobu denní, na př. na 8 - 12 hodin denně, anebo když chceme čerpací stroje zaříditi na určitou průměrnou výkonnost průběhem celého dne.

V nejnovější době množí se případy, že se výtlačné vodovody zařizují bez vodojmů a nebo se opatří rozváděcí síť jen výstupnými roury /Augsburg/.

Voda tlačí se v tom případě čerpadly zezdroje vodního přímo do zásobovací sítě. Aby pak voda při menší spotřebě zbytečně z výstupných trub nevytékala, rozdělí se čerpací zařízení na více jednotek, které se uvádí při vzestupu potřeby v činnost a při klesání potřeby se čerpání brzdí vypínáním čerpadel z chodu. Jsou-li čerpadla v chodu a je-li odběr vody menší než přítok z čerpadel, bude tlak vody v potrubí stoupati a naopak, když je odběr vody větší než přítok od čerpadel, bude tlak vodní v potrubí klesati, což se pozná na manometru, osazeném ve výtlačném potrubí.

Má-li se udržeti v rozváděcí síti stále určitý zásobovací tlak, musí se čerpané množství vody neustále přizpůsobovati spotřebě vody, dotyčně tlaku vodnímu v zásobovací síti, který se pozoruje na manometru.

Toto přizpůsobování provede se zapínáním neb vypínáním čerpacích jednotek dozorčími orgány, ale u čerpadel s elektrickým pohonem může se to díti automaticky prostřednictvím manometru, jehož ručička zapne do chodu nový stroj, když tlak vodní klesá, a vypne stroj, když vodní tlak stoupá /Automatické vodovody/.

Tímto způsobem upraveno jest dnes mnoho vodovodů a to vodovody velkých měst. /Hamburg, Darmstadt, Berlín/. Pro menší města a venkovské obce je však lépe zříditi vodojmy, poněvadž automatické zařízení při nedostatečném dozoru snadno selže.

2./ K u b i c k ý o b s a h v o d o j m u .

Kubický obsah vodojmu závisí na velikosti spotřeby, způsobu jímání vody a druhu vodovodu, zda-li jest gravitační nebo výtlačný.

U vodovodů gravitačních, kterými přitéká voda trvale a stejnoměrně po 24 hodin do vodojmu, stačí k vyrovnání nestejnoměrné spotřeby průběhem dne asi 30% maximální denní spotřeby. Ve skutečnosti volíme však obsah vodojmu větší, minimálně 50% denní spotřeby a z důvodů bezpečnostních 100 - 150 %, tedy 1 - 1 1/2 denní maximální spotřeby, aby byla ve vodojmu větší reserva pro případ poruchy na hlavním přiváděči. Čím delší jest přiváděcí řád a čím větší možnost poruch v přiváděcím řádu, tím větší musí býti kubický obsah vodojmu, aby dodávání vody do města nebylo přerušeno.

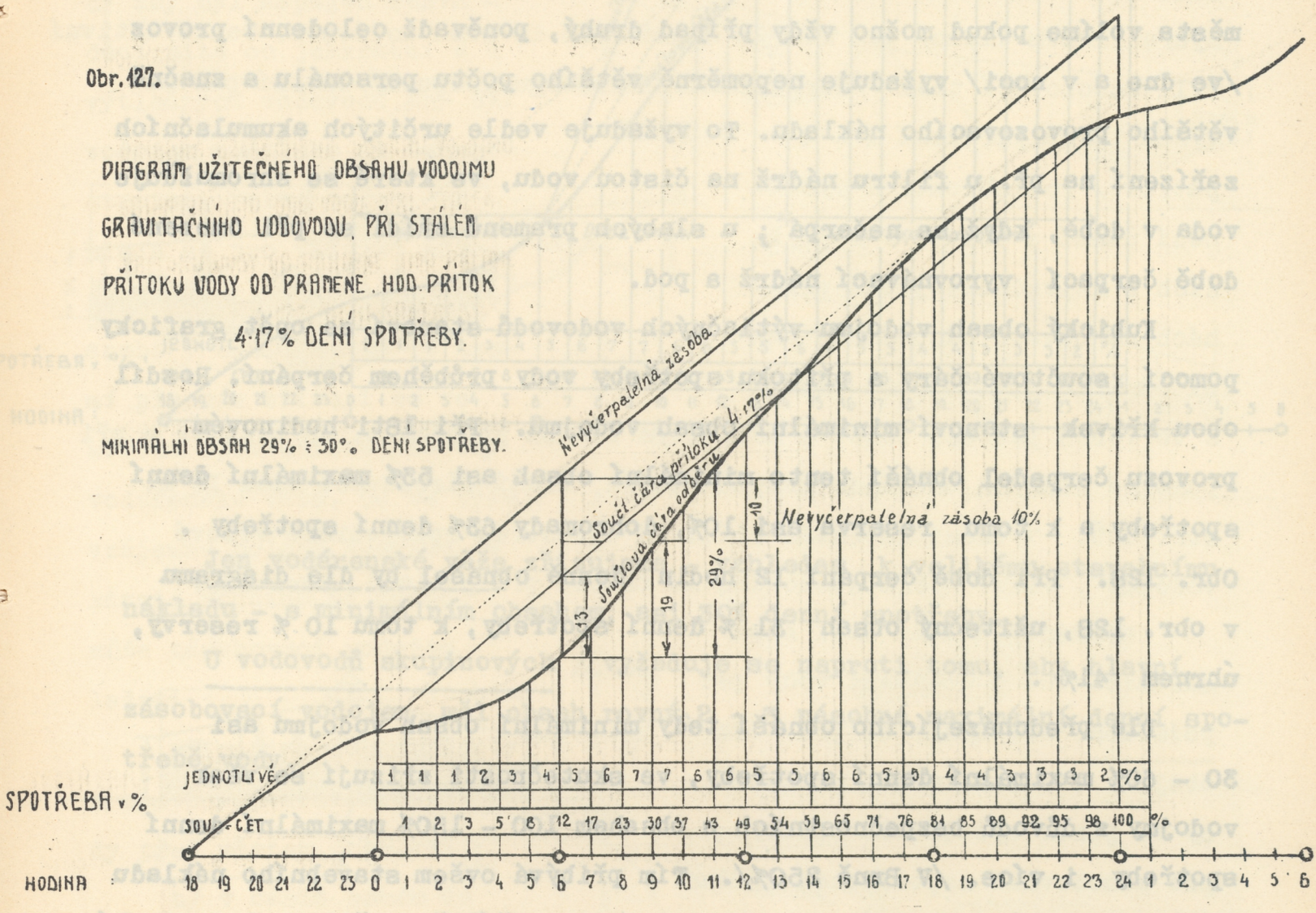
U vodovodů gravitačních vyšetří se kubický obsah vodojmu na základě stejnoměrného přítoku vody do vodojmu a proměnlivé spotřeby, tedy přítoku a odběru vody průběhem dne v jednotlivých hodinách. Tuto nestejnoměrnou spotřebu denní vyšetříme ze záznamů vodáren, ačkoliv při tom hrají velkou úlohu místní poměry, klíma a zvyklosti. K znázornění kolísání denní spotřeby hodí se nejlépe grafická methoda. K tomu účelu vyneseme pomocí hodinové spotřeby vody vyjádřené v procentech maximální

spotřeby součtovou čáru odběru a současně vyznačíme součtovou čáru konstantního přítoku. Obr. 127. Obě tyto křivky udávají množství vody, které musí býti ve vodojmu pohotově, aby se kryla spotřeba, když je přítok menší. Z vodárenských výkazů jest patrno, že je spotřeba vody v noci menší ; přitékající voda se po tu dobu, pokud se nespotřebuje, shromažďuje ve vodojmu a použije ku krytí větší spotřeby ve dne, když normální přítok vody ku krytí potřeby nestačí.

Tímto způsobem obdržíme při gravitačních vodovodech minimální obsah vodojmu, který obnáší asi 19% celodenní maximální spotřeby.

Obr. 127.

DIAGRAM UŽITEČNÉHO OBSAHU VODOJMU GRAVITAČNÍHO VODOVODU, PŘI STÁLÉM PŘÍTOKU VODY OD PRAMENE. HOD. PŘÍTOK 4·17% DENÍ SPOTŘEBY.



Vedle toho vyžaduje se však nějaká reserva pro případ požáru a eventuelních oprav na přiváděcím řádu, která obnáší nejméně 10% maximální denní spotřeby, takže je minimální obsah vodojmu 30% maximální denní spotřeby. Viz obr. 127.

U vodovodů výtlačných závisí obsah vodojmu nejen na kolísání hodinové spotřeby během dne, nýbrž i na době, po kterou se voda denně ze zdroje vodního do vodojmu čerpá. Provoz čerpací stanice může býti totiž celodenní /24 hodin/ nebo trvati denně jen 8 - 12 hodin, ve kterézto době se musí celá denní potřeba vody čerpati. U vodáren pro menší města volíme pokud možno vždy případ druhý, poněvadž celodenní provoz /ve dne a v noci/ vyžaduje nepoměrně většího počtu personálu a značně většího provozovacího nákladu. To vyžaduje vedle určitých akumulačních zařízení na př. u filtru nádrž na čistou vodu, ve které se shromažďuje voda v době, když se nečerpá ; u slabých pramenů zřídí se při omezené době čerpací vyrovnávací nádrž a pod.

Kubický obsah vodojmu výtlačných vodovodů stanoví se opět graficky pomocí součtové čáry a přítoku spotřeby vody průběhem čerpání. Rozdíl obou křivek stanoví minimální obsah vodojmu. Při 18ti hodinovém provozu čerpadel obnáší tento minimální obsah asi 53% maximální denní spotřeby a k tomu reserva asi 10%, dohromady 63% denní spotřeby . Obr. 128. Při době čerpání 12 hodin denně obnášel by dle diagramu v obr. 128, užitečný obsah 31 % denní spotřeby, k tomu 10 % reservy, úhrnem 41% .

Dle předcházejícího obnáší tedy minimální obsah vodojmu asi 30 - 60% maximální denní spotřeby, ve skutečnosti zřizují se však vodojmy z důvodů bezpečnostních s obsahem 100 - 150% maximální denní spotřeby i více. /V Brně 250%/. Tím přibývá ovšem stavebního nákladu vodárny ; není však dobře s obsahem vodojmu příliš spořiti, ale z druhé strany nedcporučuje se asi příliš velký vodojem, poněvadž v něm voda zbytečně stojí a stavební náklad se nepotřebně zvětšuje.

Obr. 128.

DIAGRAM UŽITEČNÉHO OBSAHU VODOJMU

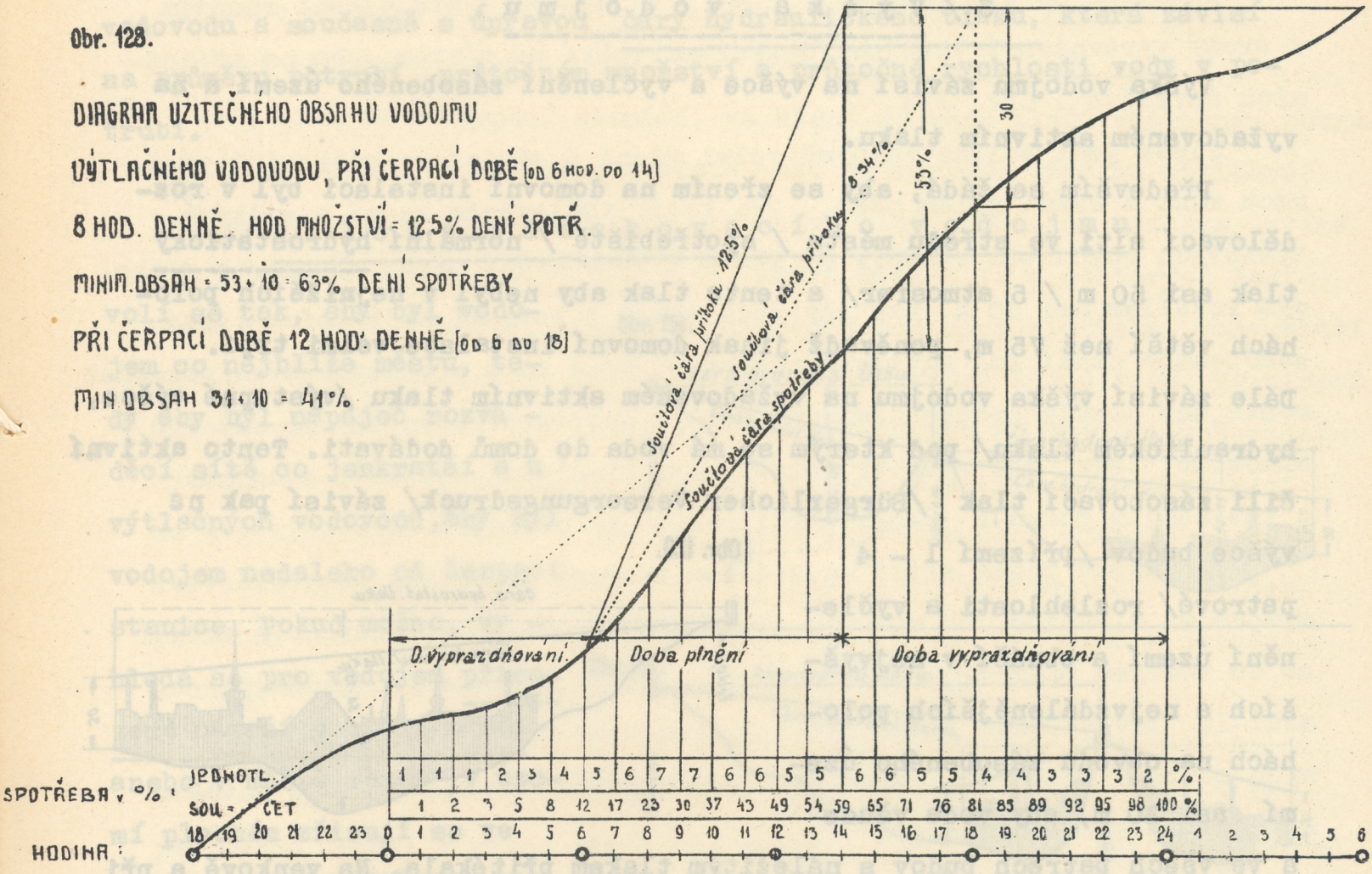
VÝTLAČNÉHO VODOVODU, PŘI ČERPACÍ DOBĚ [OD 6 HOD. DO 14]

8 HOD. DENNĚ. HOD MNOŽSTVÍ = 12.5% DENÍ SPOTŘ.

MINIM. OBSAH = 53 - 10 = 63% DENÍ SPOTŘEBY

PŘI ČERPACÍ DOBĚ 12 HOD. DENNĚ [OD 6 DO 18]

MIN OBSAH 31 - 10 = 41%



Jen vodárenské věže zřizujeme - vzhledem k velikému stavebnímu nákladu - s minimálním obsahem, asi 30% denní spotřeby.

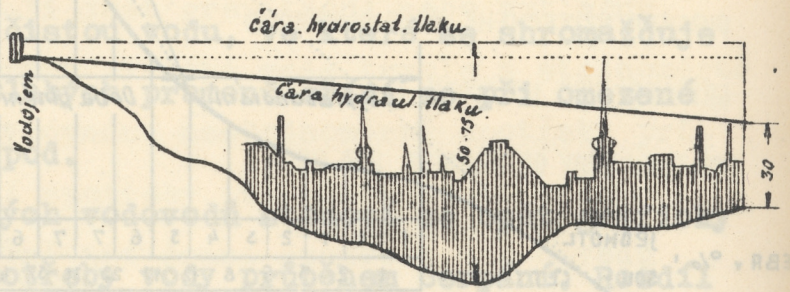
U vodovodů skupinových vyžaduje se naproti tomu, aby hlavní zásobovací vodojem měl obsah rovný 2 - 3 násobné maximální denní spotřebě vody.

3./ V ý š k a v o d o j m u .

Výška vodojmu závisí na výšce a vyčlenění zásobeného území a na vyžadovaném aktivním tlaku.

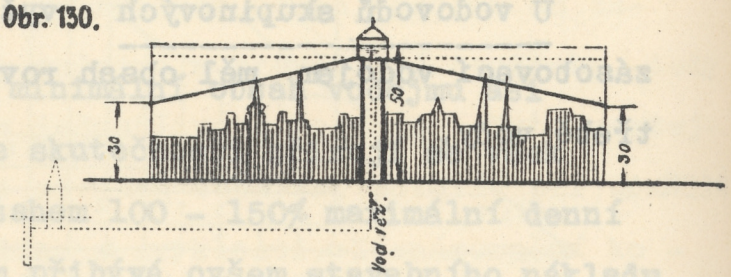
Především se žádá, aby se zřením na domovní instalaci byl v rozdělovací síti ve středu města / spotřebiště / normální hydrostatický tlak asi 50 m / 5 atmosfer/ a tento tlak aby nebyl v nejnižších polohách větší než 75 m, poněvadž jinak domovní instalace velmi trpí. Dále závisí výška vodojmu na vyžadovaném aktivním tlaku /výstupné výšce, hydraulickém tlaku/ pod kterým se má voda do domů dodávati. Tento aktivní čili zásobovací tlak /Bürgerlicher Versorgungsdruck/ závisí pak na výšce budov /přízemí 1 - 4 patrové/ rozlehlosti a vyčlenění území a obnáší v nejvyšších a nejvzdálenějších polohách na obvodu zásobeného území asi 30 m, aby voda všude a ve všech patrech budov s náležitým tlakem přitékala. Na venkově a při poměrně nízkých budovách hospodářských, stačí zásobovací tlak 15 m. Obr. 129. V území rovinném zřídí se uprostřed spotřebiště věžové vodojmy , jichž výšku stanovíme za těchže předpokladů. Obr. 130.

Obr. 129.



Hydranty uliční mají sice sloužiti též k dodávání vody při požárech, ale nelze se při tom obejíti bez stříkaček, poněvadž by to jinak vyžadovalo velkou , pro zásobování nepotřebnou výšku zásobovacího vodojmu, tedy značně větší tlak v potrubí, který by provoz vodárny s čerpací stanicí zbytečně zdražoval a domovní instalace přetěžoval.

Obr. 130.



Výška zásobovacího vodojmu vyšetří se při hydraulických výpočtech vodovodu a současně s úpravou čáry hydraulického tlaku, která závisí na průměru potrubí, průtočném množství a průtočné rychlosti vody v potrubí.

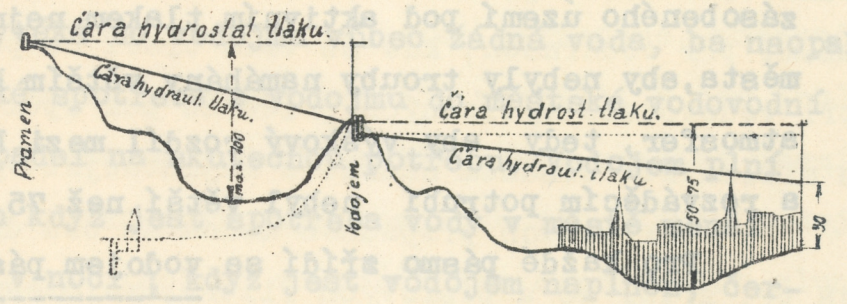
4./ P o l o h a z á s o b o v a c í h o v o d o j m u

volí se tak, aby byl vodojem co nejblíže městu, tedy aby byl napáječ rozváděcí sítě co jenkratší a u výtlačných vodovodů, aby byl vodojem nedaleko od čerpací stanice. Pokud možno, vyhledá se pro vodojem přirozené návrší v okolí města anebo v městě samém; v území plochém zřizují se ve středu spotřebiště /města/ vodárenské věže. Co se týče vzájemné polohy vodojmu a zdroje vodního od města, může zásobovací vodojem ležeti :

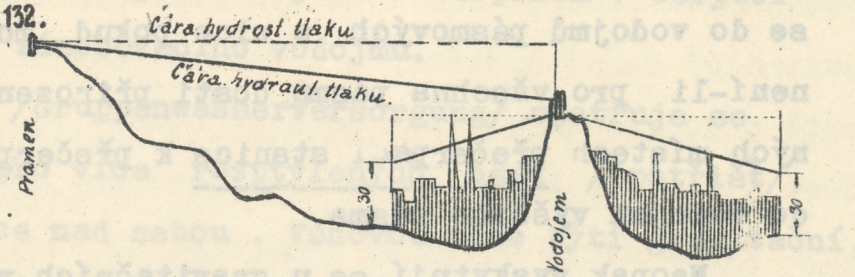
a/ mezi zdrojem vodním a městem/spotřebištěm/, tedy před městem, obr.131 ;

b/ v městě samém na přirozeném návrší nebo jako vodárenská věž uprostřed města, obr. 132 ;

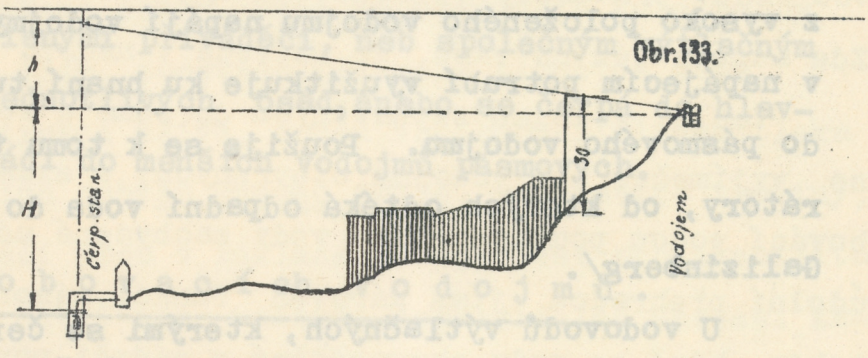
Obr. 131.



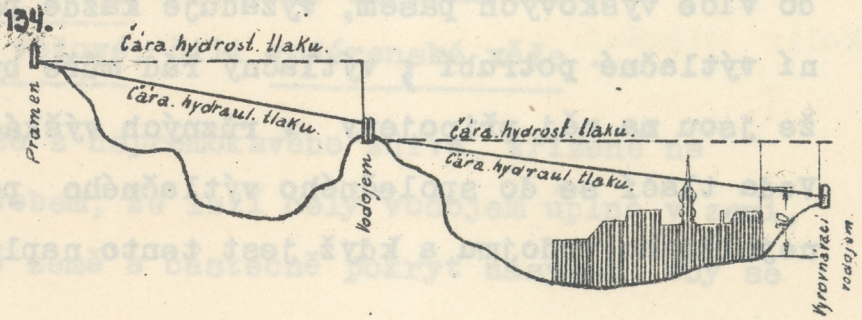
Obr. 132.



Obr. 133.



Obr. 134.



c/ za městem jdouc směrem od zdroje vodního k městu, obr. 133;

d/ zřídí se dva vodojmy, jeden před městem, jako hlavní vodojem a druhý vyrovnávací vodojem /Gegenreservoir/ za městem, oba na příhodných návrších . Obr. 134.

Jinak jest poloha vodojmů velmi různá a závisí na výškových poměrech měst a území kolem něho. Při velmi vyčleněném území a velkých výškových rozdílech rozdělí se město v zásobovací pásma /Zonen/ s výškovým rozdílem asi 50 m, tak aby voda stála v potrubí nejvyšších částí zásobeného území pod aktivním tlakem nejméně 30 m a v nejnižších polohách města, aby nebyly trouby namáhány větším hydrostatickým tlakem než 7.5 atmosfer, tedy aby výškový rozdíl mezi hladinou vodní ve vodojmu a rozváděcím potrubí nebyl větší než 75 m, normálně 50 m .

Pro každé pásmo zřídí se vodojem pásmový a všechny dobývají vodu z vodojmu hlavního, do kterého přitéká voda od zdroje vodního a odvádí se do vodojmů pásmových a sice pokud možno přirozeným spádem ; není-li pro všechna pásma dosti přirozeného tlaku, zřídí se na vhodných místech přečerpací stanice k přečerpávání vody z vodojmu nižšího do vodojmu vyššího pásma.

Naopak vyskytují se u gravitačních vodovodů případy, když se z vysoko položeného vodojmu napájí vodojmy pásmové, že se velký tlak v napájecím potrubí využitkuje ku hnaní turbin dříve než přijde voda do pásmového vodojmu. Použije se k tomu turbin s elektrickými generátory, od kterých odtéká odpadní voda do pásmového vodojmu / Vídeň , Galizinberg/.

U vodovodů výtlačných, kterými se čerpá voda ze zdroje vodního do více výškových pásem, vyžaduje každé pásmo zvláštní vodojem a zvláštní výtlačné potrubí ; výtlačný řád může býti společný a tak upravený, že jsou na něj připojeny v různých výškách všechny pásmové vodojmy. Voda tlačí se do společného výtlačného potrubí, vytéká nejprve do nejnižšího vodojmu a když jest tento naplněn, tedy se výtok do tohoto

vodojmu plovákovým ventilem samočinně uzavře a voda vytéká do následujícího vodojmu . Obr. 125, str. 515. Lépe hodí se k tomu účelu dvojitý plovákový ventil, obr. 126, str.516.

U vodáren s čerpací stanicí, ve které se voda tlačí výtlačným potrubím do zásobovacího vodojmu v městě nebo za městem, bývá na výtlačné potrubí připojena přímo městská přiváděcí síť , takže do vodojmu vytéká jen přebytečná voda, t.j. ona voda, která přesahuje v některých hodinách spotřebu v městě. Je-li v některých hodinách spotřeba vody větší než-li čerpané množství, nevytéká do vodojmu vůbec žádná voda, ba naopak může voda přitékati při velké spotřebě z vodojmu do městské vodovodní sítě a doplňovati výkon čerpadel na skutečnou potřebu. Vodojem plní se z výtlačného potrubí ; jen když jest spotřeba vody v městě menší než dodávají čerpadla na př. v noci ; když jest vodojem naplněn, čerpadla se zastaví. Ve dne kryje se spotřeba jednak čerpáním v čerpací stanici a jednak výtokem ze zásobovacího vodojmu.

U vodovodů skupinových /Gruppenwasserversorgung/ opatřuje se voda ze společného vodovodu pro více rozptýlených osad /opatřišť/, jež mohou ležeti v různé výšce nad sebou . Vodovod může býti gravitační, ale nejčastěji se při tom způsobu zásobování vyskytují vodovody výtlačné. Voda čerpá se oddělenými přiváděči, neb společným výtlačným řádem do pásmových vodojmů jednotlivých osad, anebo se čerpá do hlavního vodojmu, a odtud se odvádí do menších vodojmů pásmových.

5./ Druhy zásobovacích vodojmů.

Rozeznáváme a/ vodojmy zděné, zapuštěné do země a
b/ vodojmy věžové, čili vodárenské věže .

Vodojmy zděné jsou nádrže z nepromokavého zdiva, zřízené na přirozených návrších tím způsobem, že leží celý vodojem úplně v zemi, anebo je částečně zapuštěn do země a částečně pokryt násypem, aby se

zamezilo oteplení vody účinkem slunečního tepla.

Vodojmy věžové čili vodárenské věže /Wassertürme/ stavíme v plochém území, když není ve spotřebišti ani v okolí přirozeného návrší, vhodného ku stavbě zděného vodojmu. Vodárenské věže pozůstávají ze železné neb betonové nádržky kruhového půdorysu, která jest postavena na vysoké podezdívce, nebo na pilířích. Vodárenské věže jsou v porovnání se zděnými vodojmy dosti nákladné stavby a obzvláště u malých vodáren pro venkovské obce jsou neekonomické. Odůvodněny jsou jen v úplně plochém území při vodárnách, kde se voda tlačí do potrubí umělým tlakem, tedy při vodovodech výtlačných ; zde se pak spokojíme z důvodů ekonomických s minimálním obsahem nádrže a nejnutnější výškou.

V konkretních případech mohou se oba druhy vodojmů kombinovati ; na př. zřídí se u pískových filtrů, založených v nížině u řeky velký vodojem na čistou vodu s velkým kubickým obsahem, rovným 1 - 1 1/2 maximální denní spotřeby a z tohoto vodojmu čerpá se voda do městské sítě a vodárenských věží menšího obsahu pro vyrovnání tlaku v rozváděcí síti a ku krytí abnormální spotřeby v městě /Hamburg/.

Velmi často užívá se vodárenských věží při vodovodech na užitkovou vodu, pro účely tovární, průmyslové a j., když se voda čerpá. Zde nepadá též na váhu, že se voda v nádrži oteplí.

Vedle vodojmů zapuštěných do země a vodárenských věží, používá se vyjímečně též vodojmů otevřených, a sice v případech, kde se k zásobování vodou použije přímo vody zachycené údolními přehradami. Nádrž za údolní přehradou jímá zároveň funkci zásobovacího vodojmu ovšem jen tehdy, když se vody shromážděné v nádrži použije přímo, tedy bez jakéhokoliv čištění.

·–·–·–·–·

§ 34. STAVBA ZÁSOBOVACÍCH VODOJMŮ.

1./ Staveniště vodojmu.

Staveniště vodojmu musí se pečlivě vyhledati a prozkoumati pokusnými sondami jak co do petrografického složení, tak i geologického uvrstvení půdy. Půda v základech musí býti pevná a suchá. Nejlepší základ je skála, ale nelze takové staveniště vždy nalézti. Základy, do kterých by vyvěrala spodní voda, byly by velmi nevýhodné, poněvadž se půda rozmočí, následkem čehož se zdivo sedá a vznikají v něm trhliny, kterými prosakuje voda. Velmi nevýhodné staveniště jest sváživé území, kterému se třeba vyhnouti. Pokud možno vyhledají se pro stavbu vodojmu severní úbočí, aby se zamezilo oteplení vody účinkem odpoledního slunce.

2./ Materiál zděných vodojmů.

Ku stavbě vodovodu použijeme nepromokavého zdiva z lomového neb opracovaného kamene, neb ostře pálených cihel na cementovou maltu ; dnes používá se však k stavbě vodojmů skoro výhradně pěchovaného nebo vyztuženého betonu. Vyztužený beton hodí se obzvláště ku stropům a klenbě, méně k obvodním zdím, poněvadž při malé tloušťce stěn, jak se jich u těchto konstrukcí užívá, mohou vzniknouti vlivem tlaku vodního a vlivem dilatačních pohybů snadno jemné, vláskovité trhliny, kterými uniká voda a rozmáčí půdu v základech, což jest pro stabilitu vodojmu velmi nebezpečné, neboť může nastati nepravidelné sedání základů a v důsledku toho trhliny ve zdivu. Stavební náklad vodojmů z pěchovaného a vyztuženého betonu je celkem stejný.

3./ Konstrukce vodojmů.

Malé vodojmy staví se o jedné komoře, velké vodojmy se zřením na nerušený provoz při čištění a udržování vodojmu, vždy o dvou komorách. Půdorys vodojmu má tvar čtverce nebo obdélníku, zřídka tvar kruhový. Hloubka vody obnáší u malých vodojmů 3 m, u větších 4 - 5 m.

Dle této hloubky vypočteme z vyžadovaného kubického obsahu vodojmu plošný obsah půdorysu /F/, jeho délku L a šířku B. Označíme-li kubický obsah vodojmu Q a jeho hloubku h, bude plošný obsah půdorysu $F = \frac{Q}{h}$ a při půdorysu kvadratickém délka strany $B = L = \sqrt{F} = \sqrt{\frac{Q}{h}}$.

Je-li půdorys obdélník, volíme délku a šířku nádrže v poměru $\frac{B}{L} = 2:3$, tedy šířku $B = 2/3\ L = 0.8\sqrt{\frac{Q}{h}}$ a délku $L = 3/2\ B$.

Co se týče stavebního uspořádání vodojmů, třeba rozeznávati základní desku, na které spočívají obvodní a rozdělovací zdi nádrže a se shora pokryta je nádrž rovným stropem nebo valenou klenbou.

Výška vodojmu ode dna do stropu, dotyčně vrcholu klenby, jest asi o 1/3 větší než hloubka vody v nádrži $v = h + 1/3\ h$.

Dno vodojmu zřídí se nejlépe jako základní, jednolitá deska z pěchovaného betonu 30 - 50 cm tloušťky, kterou se přenáší zatížení vodou, opěrnými zdmi a pilíři stejnoměrně na základy. Dno nádrže má ku středu a k výpusti malý sklon /1 : 50/, aby se voda při vyprázdňování nádrže lépe stáhla. Základní deska musí býti pevná a na omočené straně úplně nepromokavá ; rovněž tak musí se zameziti prosakování povrchové a výron spodní vody pod základy vodojmu, poněvadž by se půda rozmočila, což by mělo za následek ssedání zdiva a při sklonitém území svážení půdy s celým zdivem vodojmu. V tom ohledu jest při volbě staveniště největší opatrnost nutna ; z důvodů bezpečnostních položí se pod základy trativody z drenážových trubek, kterými se eventuleně prosáklá voda sbírá a odvede stranou. Tyto trativody jsou zároveň dobrou kontrolou pro nepromokavost vodojmů ; vytéká-li totiž z trativodů voda,

tedy je to znamením, že do základů vodojmu přichází voda a nutno pátrati po příčině.

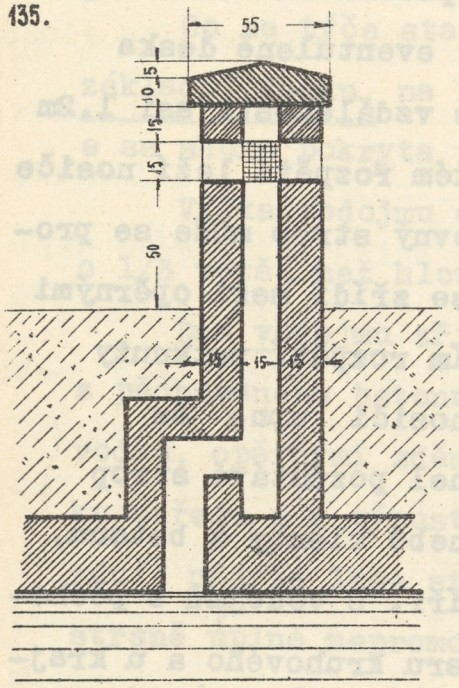
Obvodní zdi vodojmů zděných z kamene nebo cihel mají tvar obdélníku, lépe však tvar lichoběžníku se svislou stěnou na návodní straně a se sklonem 1 : 6 - 1 : 10 na suché straně. U překlenutých vodojmů betonových mají čelní zdi tvar lichoběžníku, kdežto podélné zdi opěrné tvoří pokračování klenby. Malé vodojmy jednokomorové s obsahem do 100 m^3 konstruují se vůbec jen ve tvaru valené klenby, která spočívá přímo na základní desce. Rozdělovací zeď dvoukomorových nádrží má tvar lichoběžníku se stejným sklonem na obě strany .

Strop vodojmů bývá různě konstruován. Pro stropy rovné lze použíti především železných nosičů, mezi nimiž se provede plochá klenba z dobře vypálené cihly, nebo betonová deska z pěchovaného, eventuleně deska z vyztuženého betonu. Železné nosiče rozdělí se ve vzdálenosti asi 1.2m a uloží se na obvodní a rozdělovací zdi ; při velkém rozpětí leží nosiče uvnitř nádrže na pasech, vepnutých mezi pilíře. Rovný strop může se provésti dále z vyztuženého betonu tím způsobem, že se zřídí mezi opěrnými zděmi několik nosičů /žeber/, které jsou při větším rozpětí vetknuty mezi pilíře, rovněž z vyztuženého betonu ; mezi nosiči upne se armovaná deska . U vodojmů zděných z kamene a cihel pozůstává strop z valené, křížové neb české klenby na 1/2 cihly, nebo klenby z betonu, která spočívá na opěrných zdích a pásích mezi pilíři. U vodojmů z pěchovaného betonu pozůstává strop z valené klenby tvaru kruhového a u krajních polí z klenby tvaru parabolického. Klenba spočívá uvnitř vodojmu na rozdělovacích zdích a pasích mezi pilíři z vyztuženého betonu. U krajních polí přechází klenba do opěrných zdí a základů. Klenba vodojmů betonových může se provésti též jako česká klenba z pěchovaného betonu mezi pilíři.

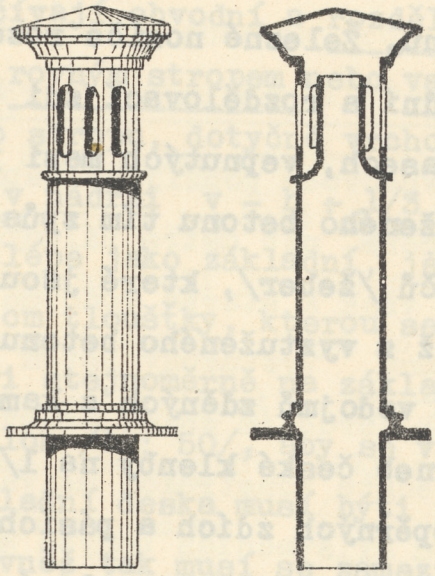
Vodojmy, provedené zcela z vyztuženého betonu, mají tvar prismatický, zřídka překlenutý. Prismatické nádrže mají rovné, svislé zdi obvodní, které jsou sesíleny pilíři ; rovný strop pozůstává z desky, vyztužené žebry různé konstrukce

K větrání vodojmu a hlavně unikání vzduchu při plnění a přístupu vzduchu při vyprázdnování vodojmu slouží ventilační průduchy ve stropu nebo klenbě vodojmu. K průduchům používá se kameninových, železných neb zděných nátrubků, opatřených nahoře otvory, potaženými jemným pletivem z bronzového drátu. Obr. 135, 136. Velmi často užívá se k tomu účelu nátrubků Volpert-ových Obr. 137.

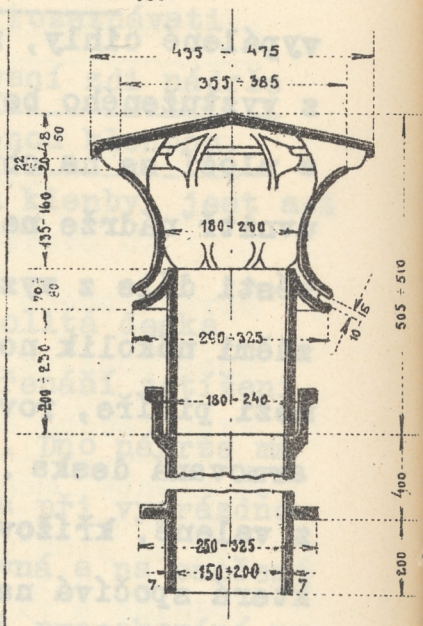
Obr. 135.



Obr. 136.



Obr. 137.



Aby voda ve vodojmu nestála, nýbrž pozvolna proudila, zřizujeme ve vodojmu tenké přepážky a upravíme přítok a odběr vody z vodojmu tak, aby se voda neustále pohybovala, poněvadž by se v klidné vodě, obzvláště v zákoutích, mohly usaditi zárodky bakterií. U malých vodojmů stačí, když se umístí přítok a odběr vody na opačné straně neb v různé výšce přítok při hladině vodní, odběr při dnu vodojmu.

Dno vodojmu, jež pozůstává vždy z pěchovaného neb vyztuženého betonu, musí se nejprve od prachu, hlíny a pod. vodou a ostrými kartáči dobře oprati, načež se povrch opatří nepromokavou omítkou z cementové malty 25 mm tloušťky, v poměru míchání 1 : 2 - 1 : 2 5, která se, když poněkud ztuhne, vyhladí druhou omítkou z cementové malty v tloušťce 10 mm v poměru míchání 1 : 1 - 1 : 5 a tato se ocelovými hladítky za současného zaprašování čistým cementem a kropením vodou vyhladí až do zahřátí - vypálí se.

Omočené stěny vodojmu opatří se až do výšky maximální hladiny vodní rovněž takovou nepromokavou omítkou z cementové malty, která se vypálí.

Z důvodů bezpečnostních natrou se omočené stěny vodojmu různými preparáty /Siderosten, Inertol/, které zvýšují nepromokavost omítky a zamezují tvoření jemných vláskových trhlin. Ku zvýšení nepromokavosti betonových vodojmů doporučují se různé příměsy : hydraulické vápno 10% váhy cementu, tras a j. Nejlepším prostředkem dosíci nepromokavost jest však mastný beton v dobrém poměru míchání 1 : 3 - 1 : 4 a dobrá, vypálená omítka, která se natře inertolem.

Z venku opatří se zdi a klenba hrubou omítkou z cementové malty, která se natře horkým asfaltem, aby se zamezilo prosakování povrchové vody do vodojmu. Lépe je natříti betonový podklad horkou dřevocementovou hmotou a do nátěru vložiti nepískovanou lepenku / čís.70/, která se natře opět dřevocementovou hmotou.

V tab. 69.- 79. znázorněno je několik typů menších, středních a velkých vodojmů.

V tab. 69. jsou dva malé vodojmy o jedné komoře z pěchovaného betonu, jež mají tvar valené klenby.

V tab. 70. je malý vodojem z pěchovaného betonu, který má tvar valené klenby a rozdělen je střední zdí ve dvě komory.

V tab. 71. je vodojem na výtlačném řádu, pozůstávající z obvodních zdí z pěchovaného betonu ; rovný strop je ze železných nosičů I, vyplněných pěchovaným betonem. Výtlačné /přiváděcí/ potrubí opatřeno je dvojitým plovákovým ventilem.

V tab. 72. je menší vodojem z betonu o 1 komoře, obvodní zdi z pěchovaného betonu, rovný strop z vyztuženého betonu, deska zapnuta mezi pasy, jež spočívají na obvodních zdích a dvou pilířích, rovněž z vyztuženého betonu.

V tab. 73. je vodojem střední velikosti /1000 m^3/ z pěchovaného betonu o dvou samostatných komorách. Čelní a střední zdi tvaru lichoběžníkového, postranní obvodní zdi jsou pokračováním klenby. Strop je valená klenba vetknutá do pasů, spočívajících na pilířích, jež jsou spojeny k vůli cirkulaci vody tenkou stěnou.

V tab. 74. je vodojem postavený zcela z kamene ; klenba z cihel.

V tab. 75. a 76. je větší vodojem z pěchovaného betonu o 2 komorách.

V tab. 77. a 78. je velký vodojem z pěchovaného betonu o dvou komorách po 6000 m^3 s úhrnným obsahem 12.000 m^3 .

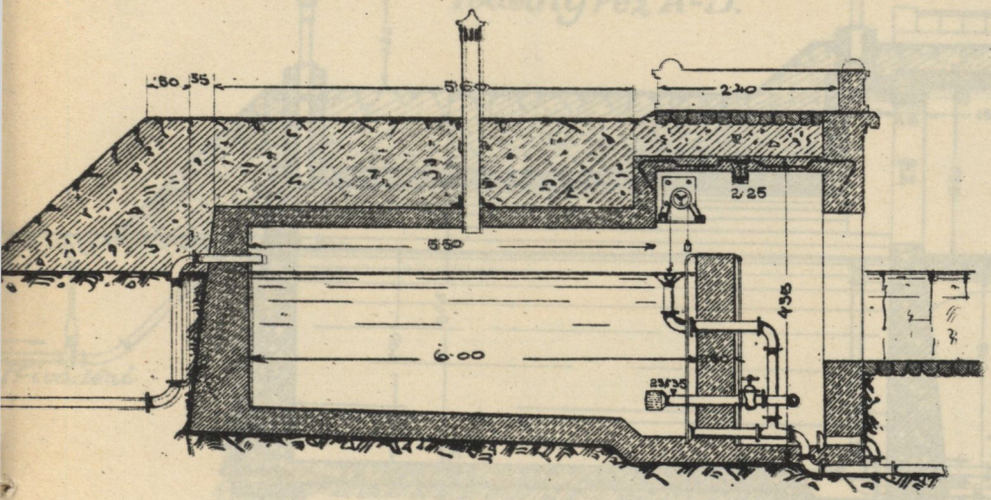
V tab. 79. je tentýž vodojem z vyztuženého betonu.

VODOJMY Z BETONU.

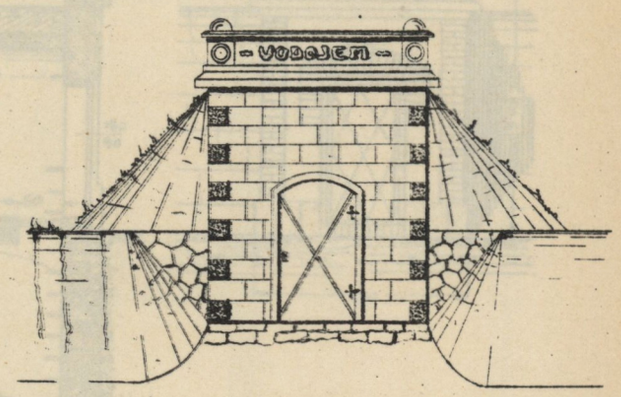
TAB. 69.

1:100.

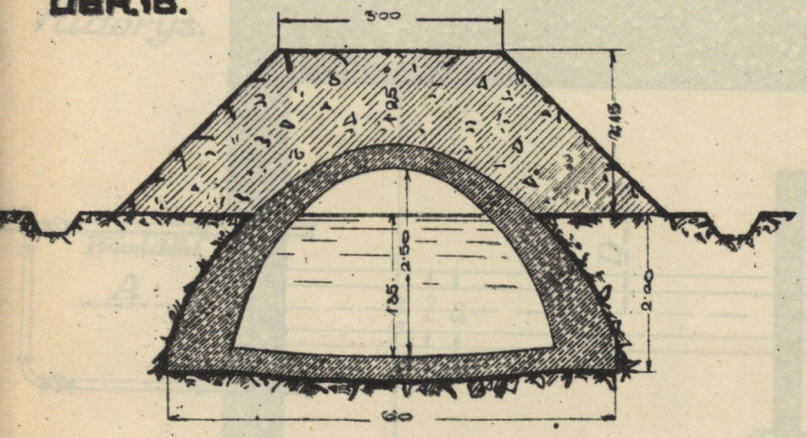
OBR.1. VODOJEM NA 42 m³.



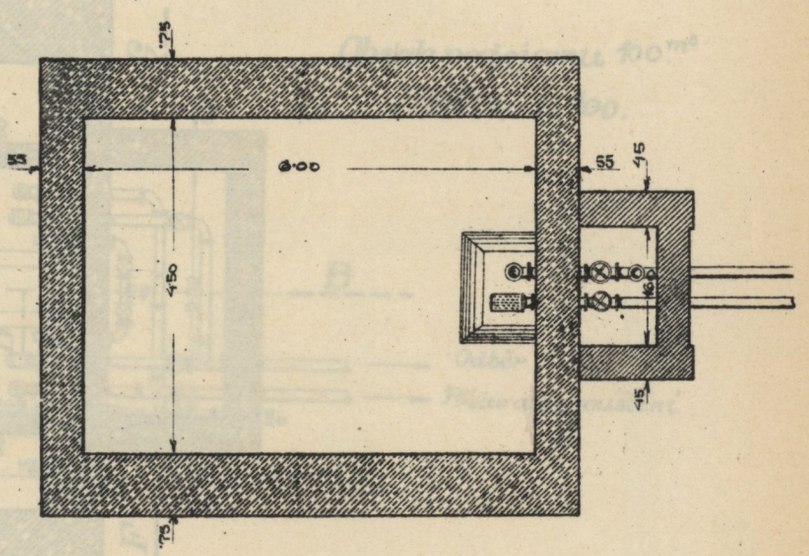
OBR.1A.



OBR.1B.

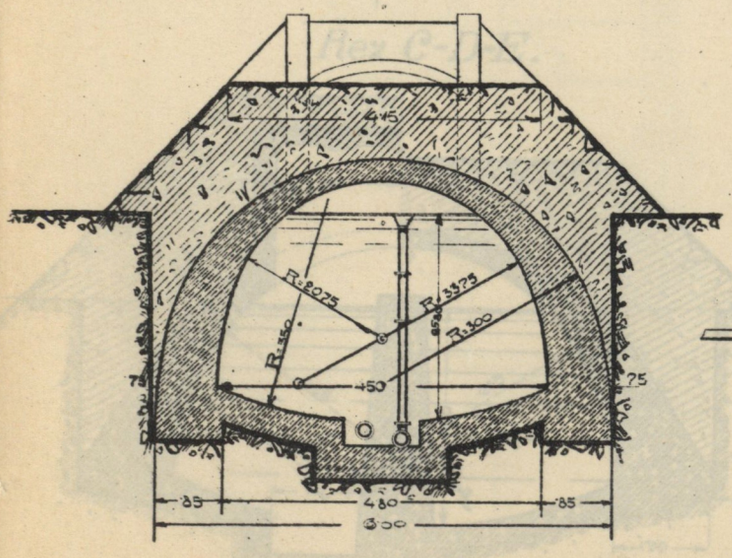


OBR.1C.

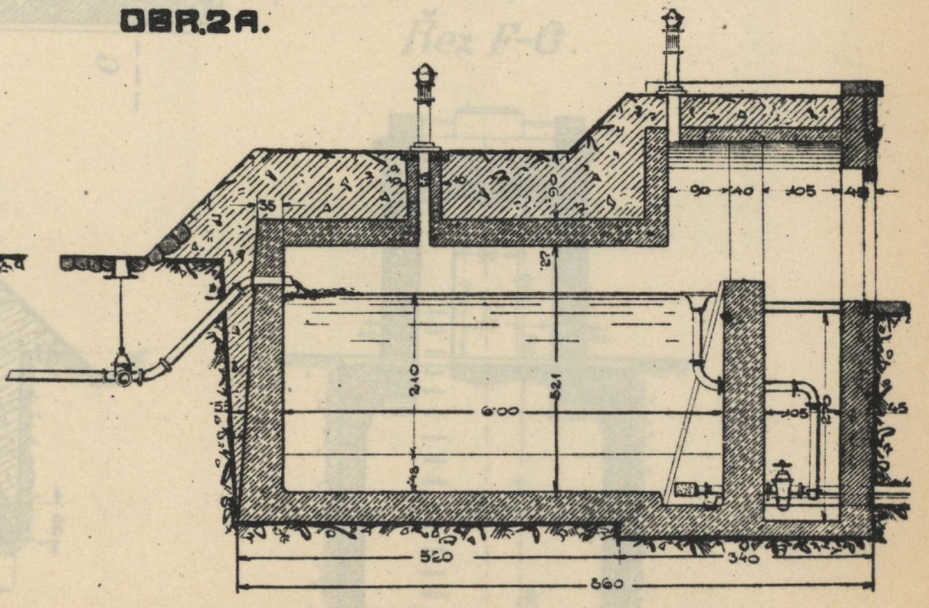


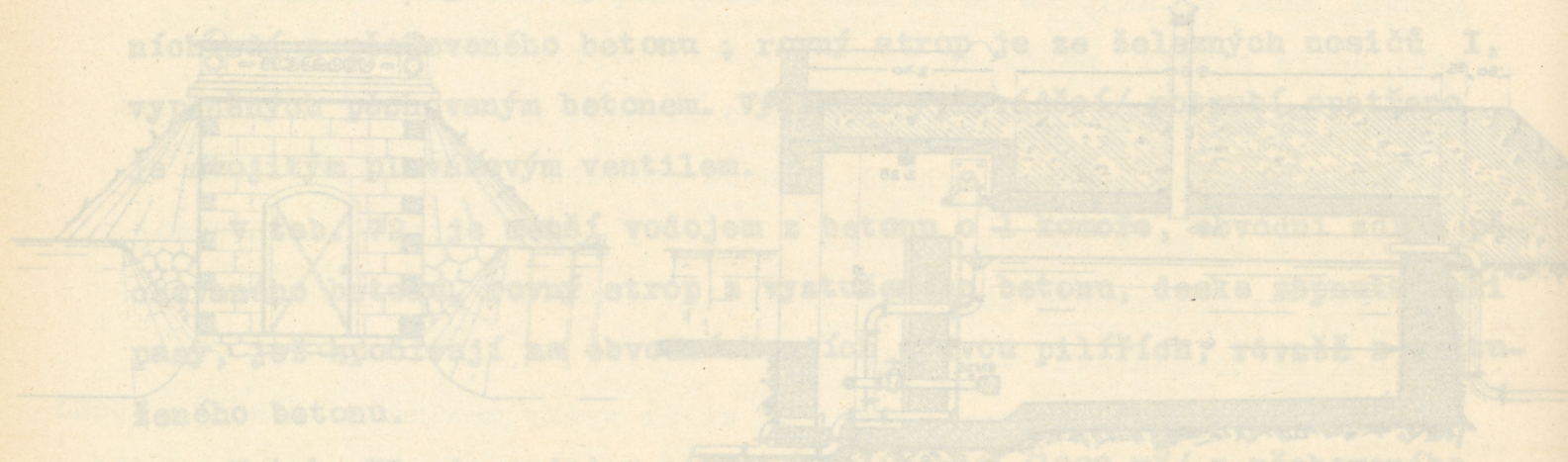
VODOJEM NA 60 m³.

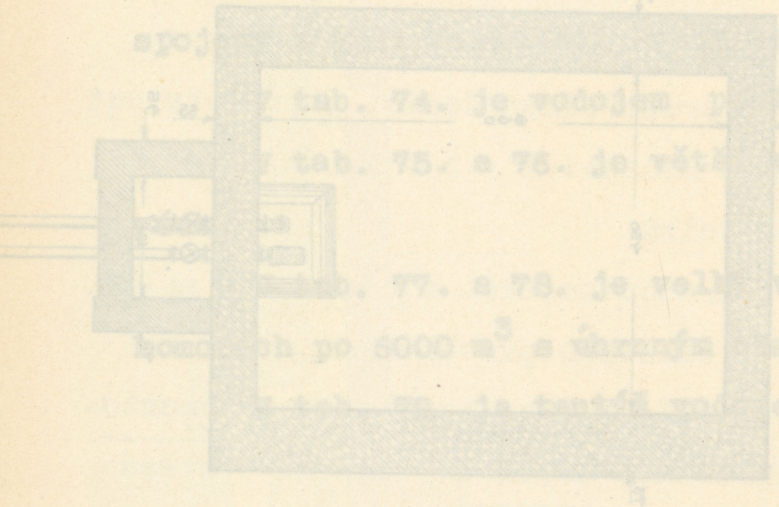
OBR.2.

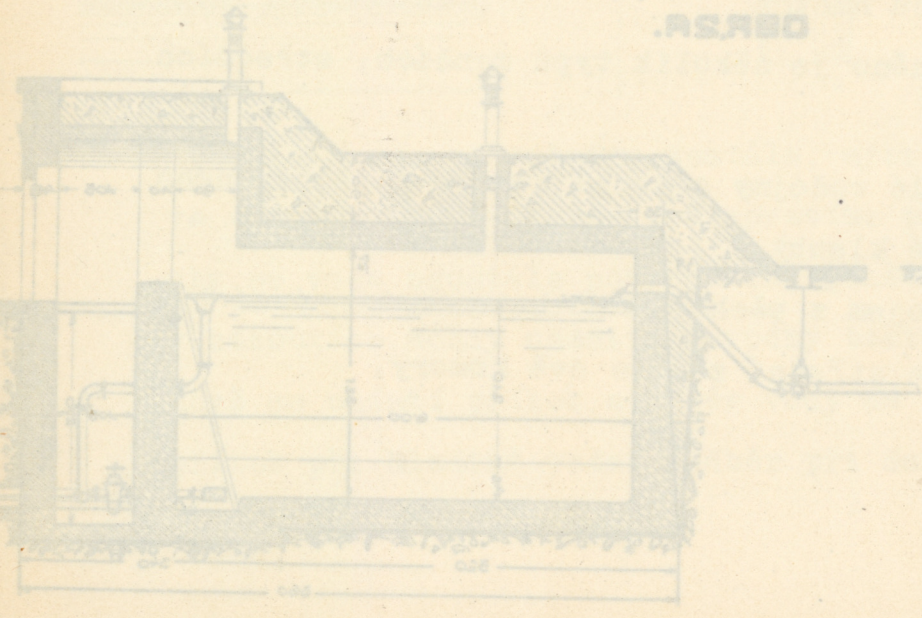


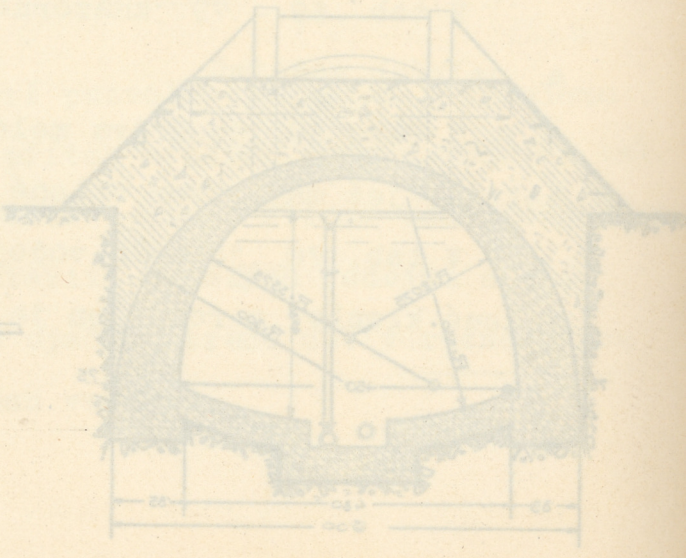
OBR.2A.





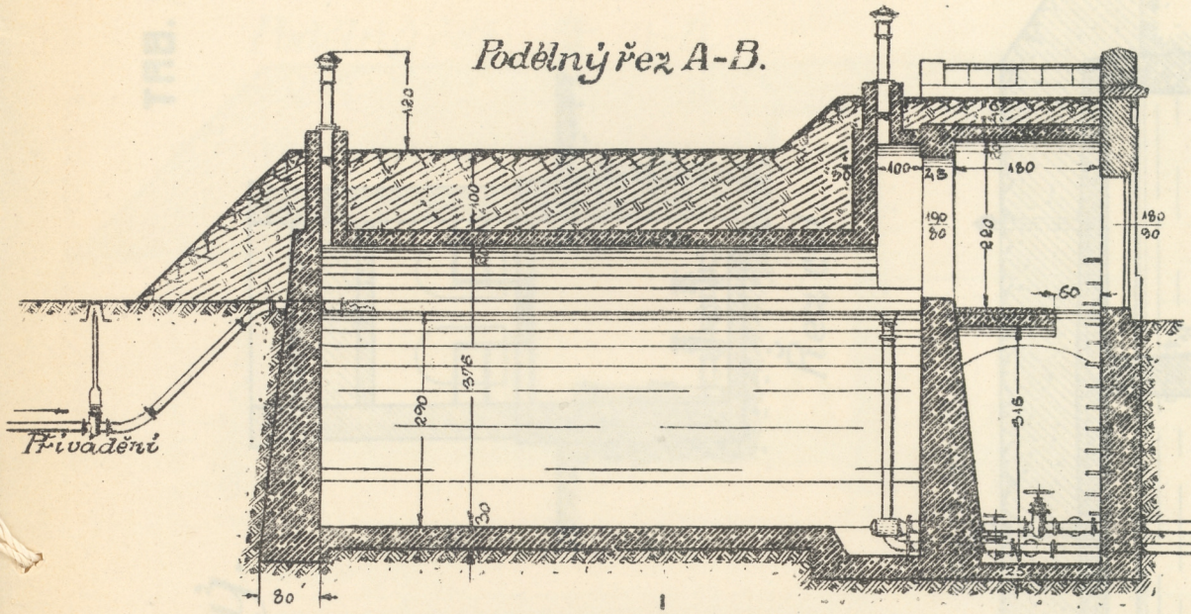




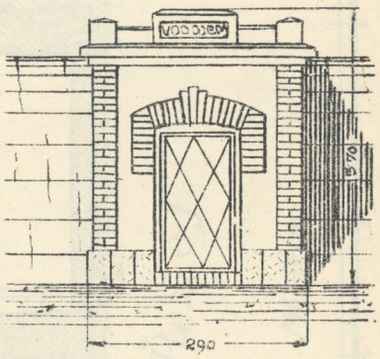


Vodojem.

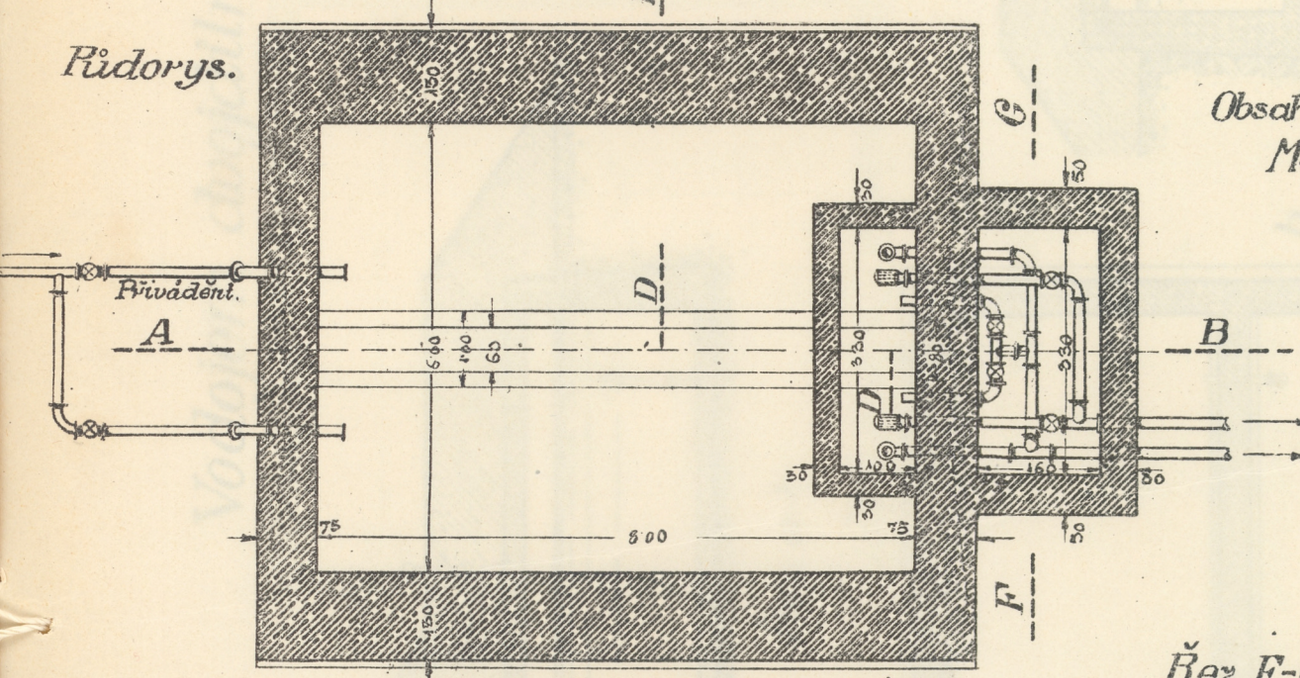
Podélný řez A-B.



Pohled.



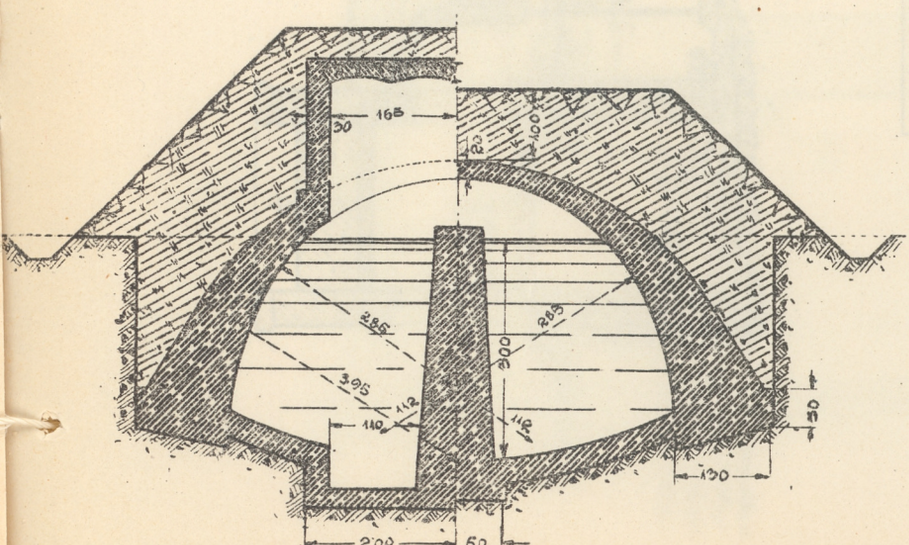
Půdorys.



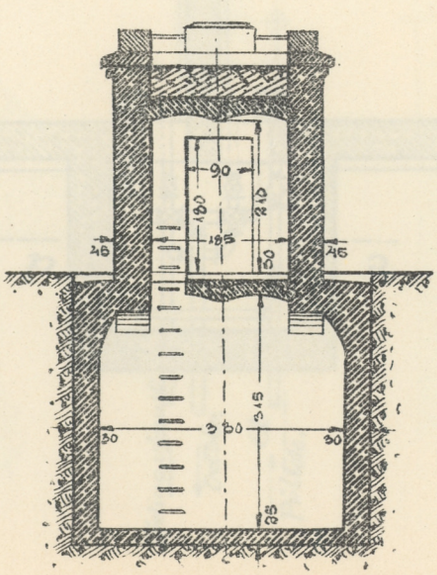
Obsah vodojemu 100 m³

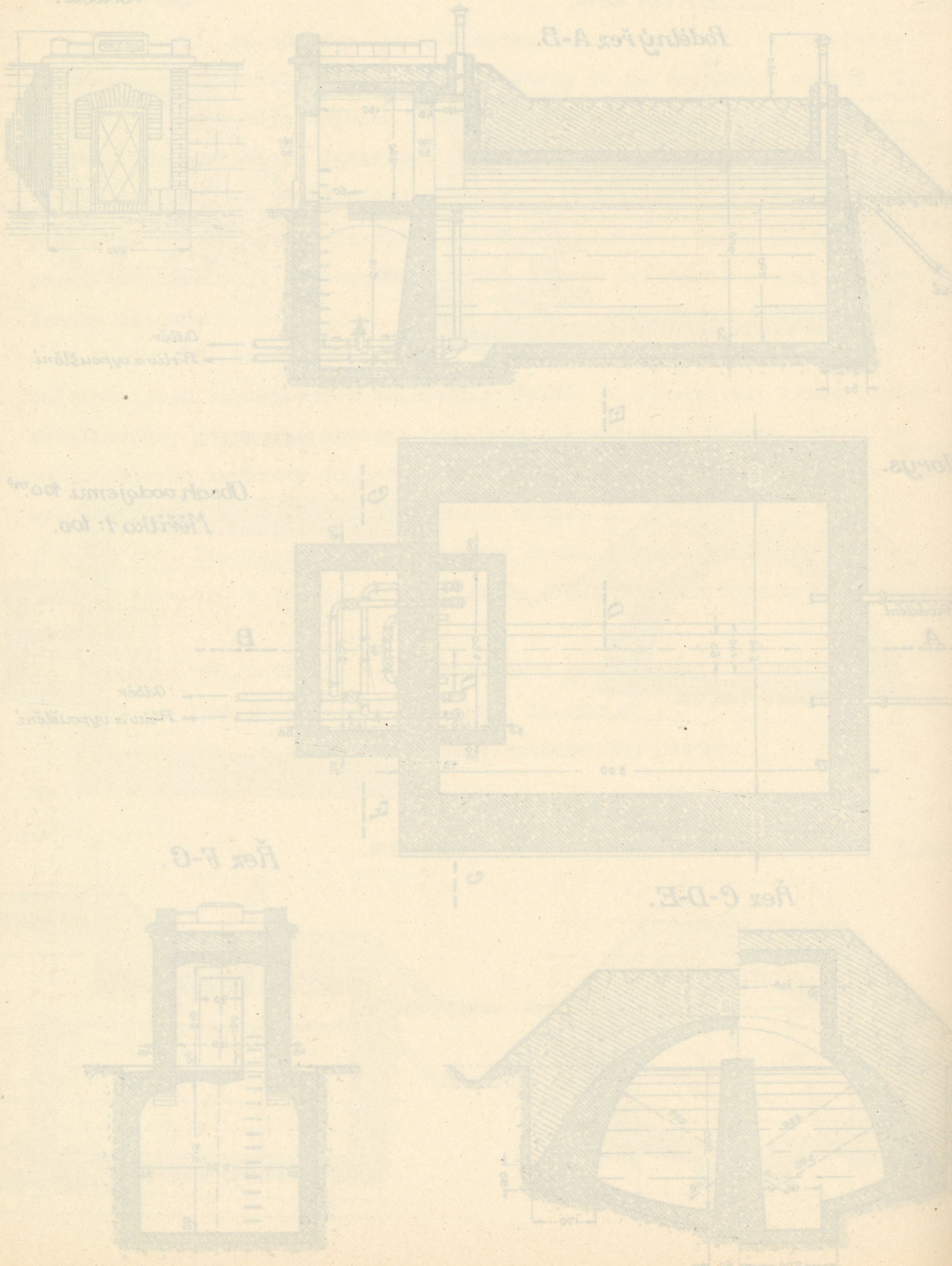
Měřítko 1: 100.

Řez C-D-E.

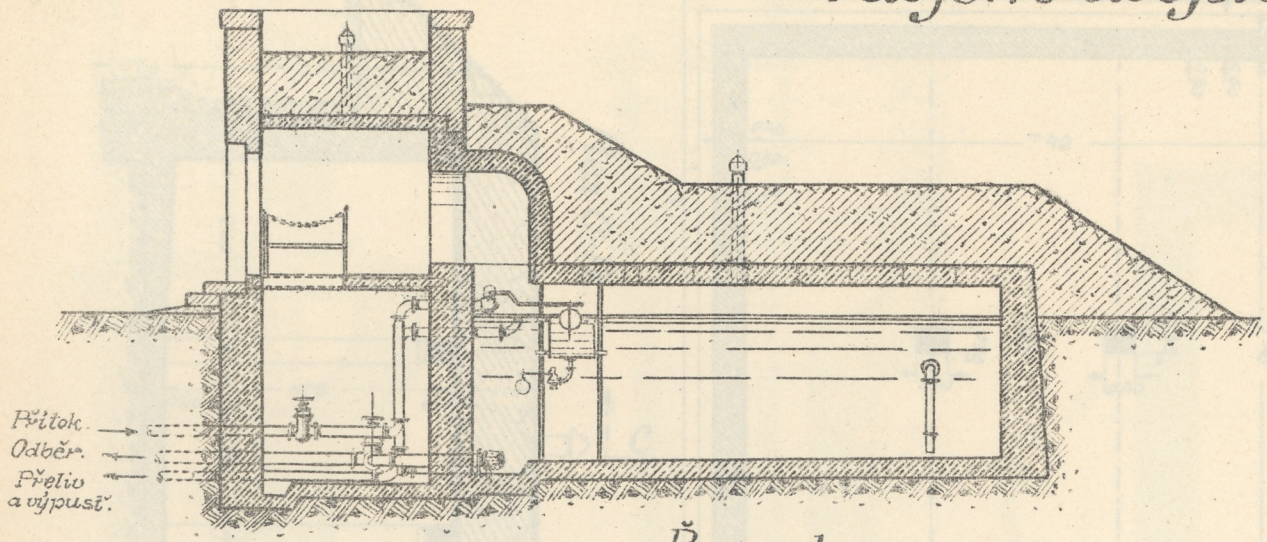


Řez F-G.

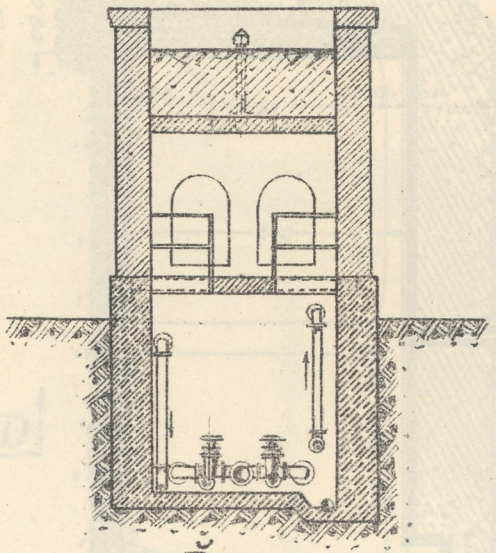




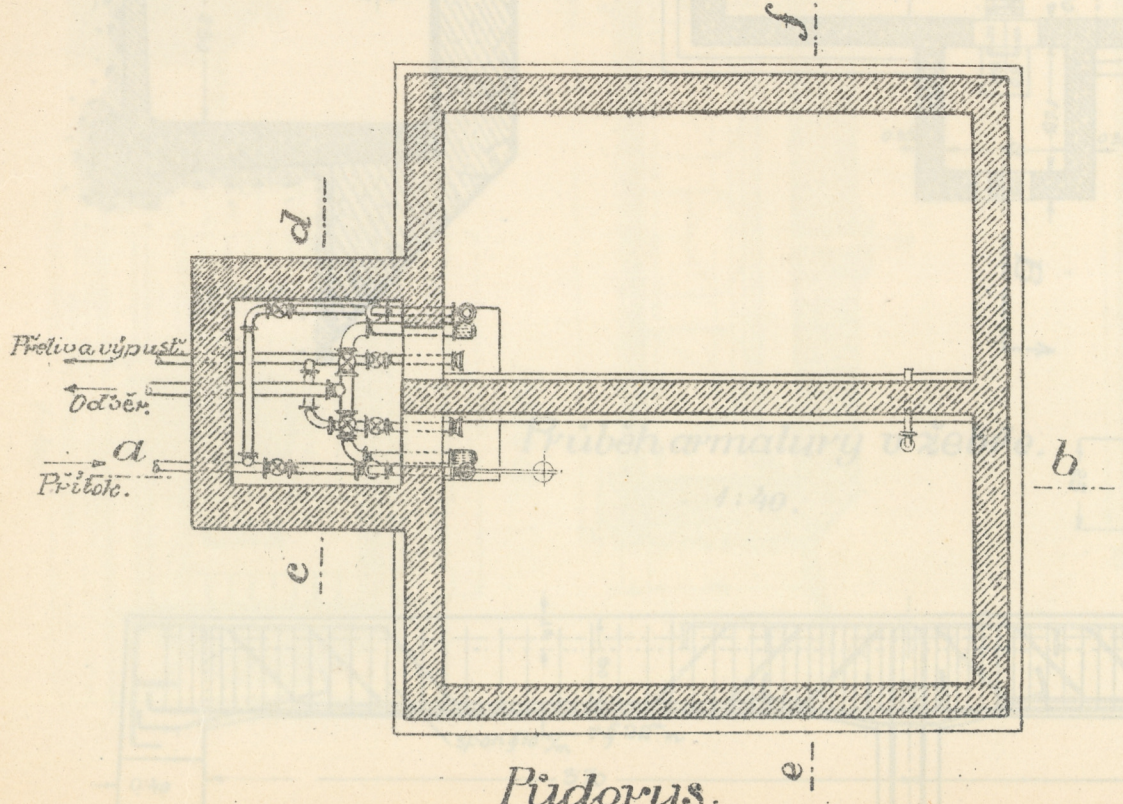
Vodojem dvojdílný.



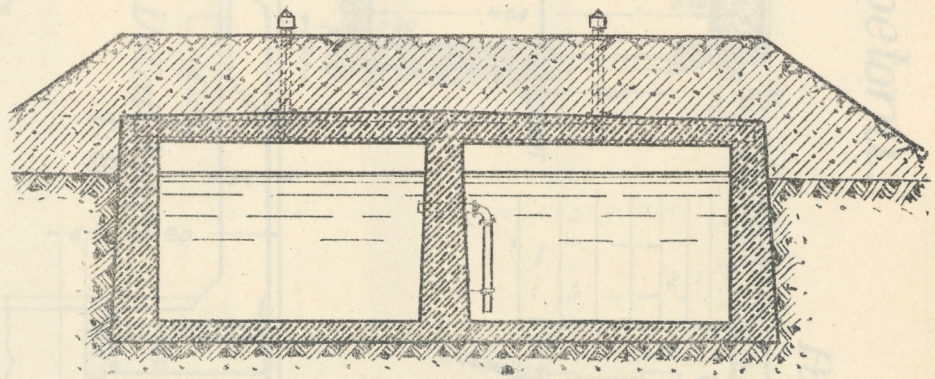
Řez a-b.



Řez c-d.

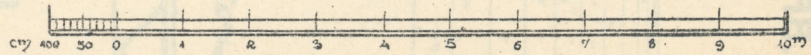


Půdorys.



Řez e-f.

Měřítko:



Vorderansicht.

Querschnitt.

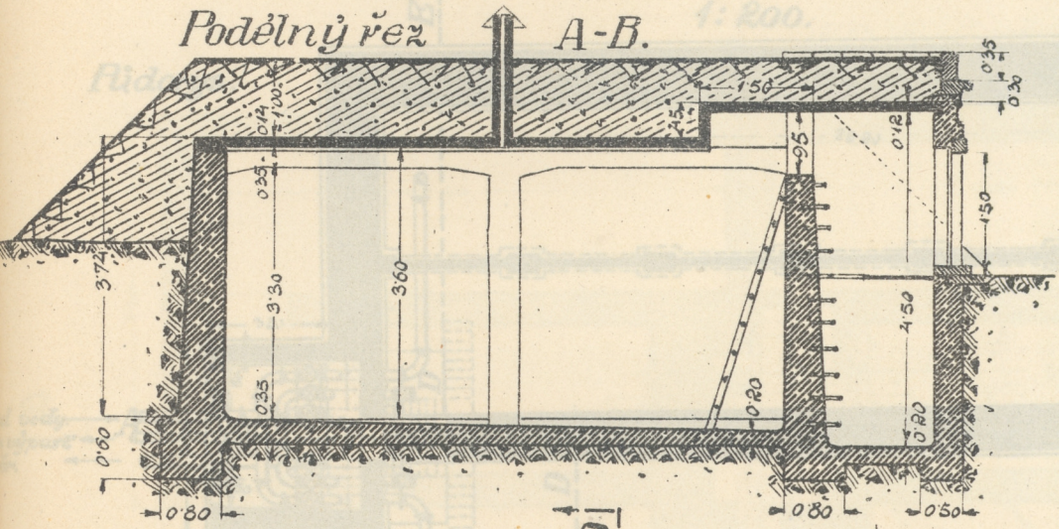
Grundriss.

Querschnitt.

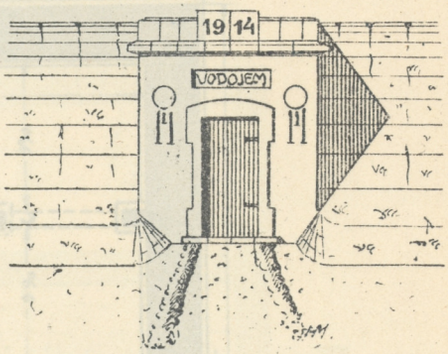
Vodojem z betonu.

TAB. 72.

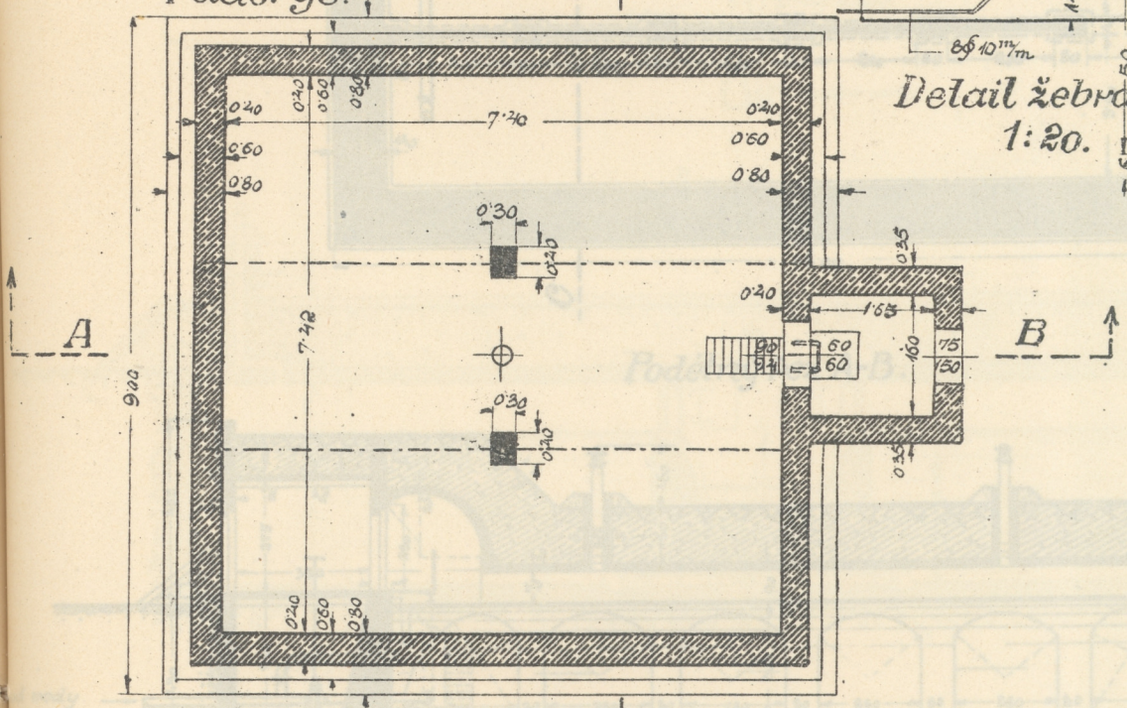
Podélný řez A-B.



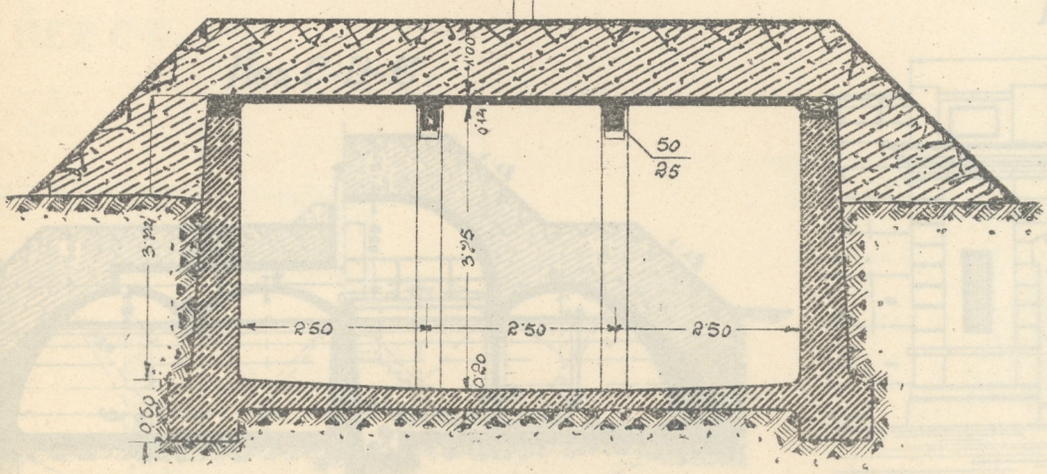
Pohled.



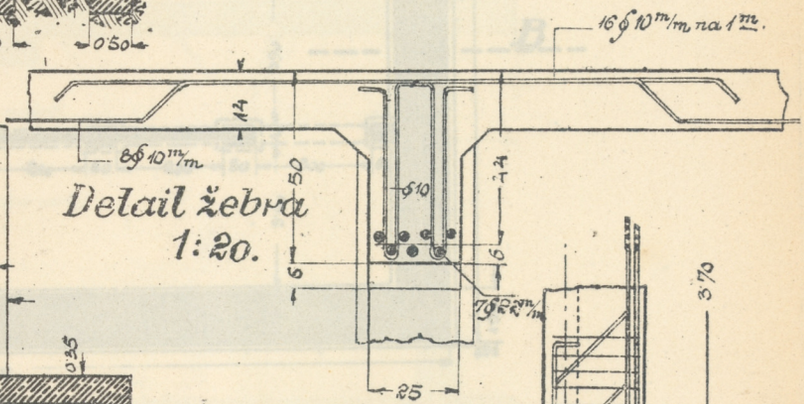
Půdorys.



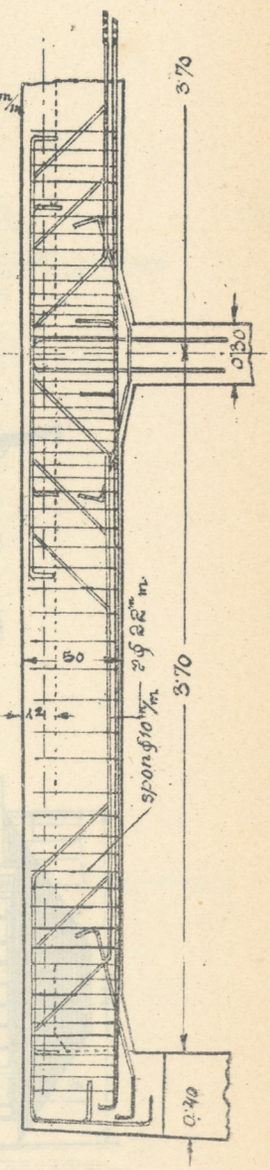
Řez C-D.



Detail žebra 1:20.



Průběh armatury v žebře. 1:40.



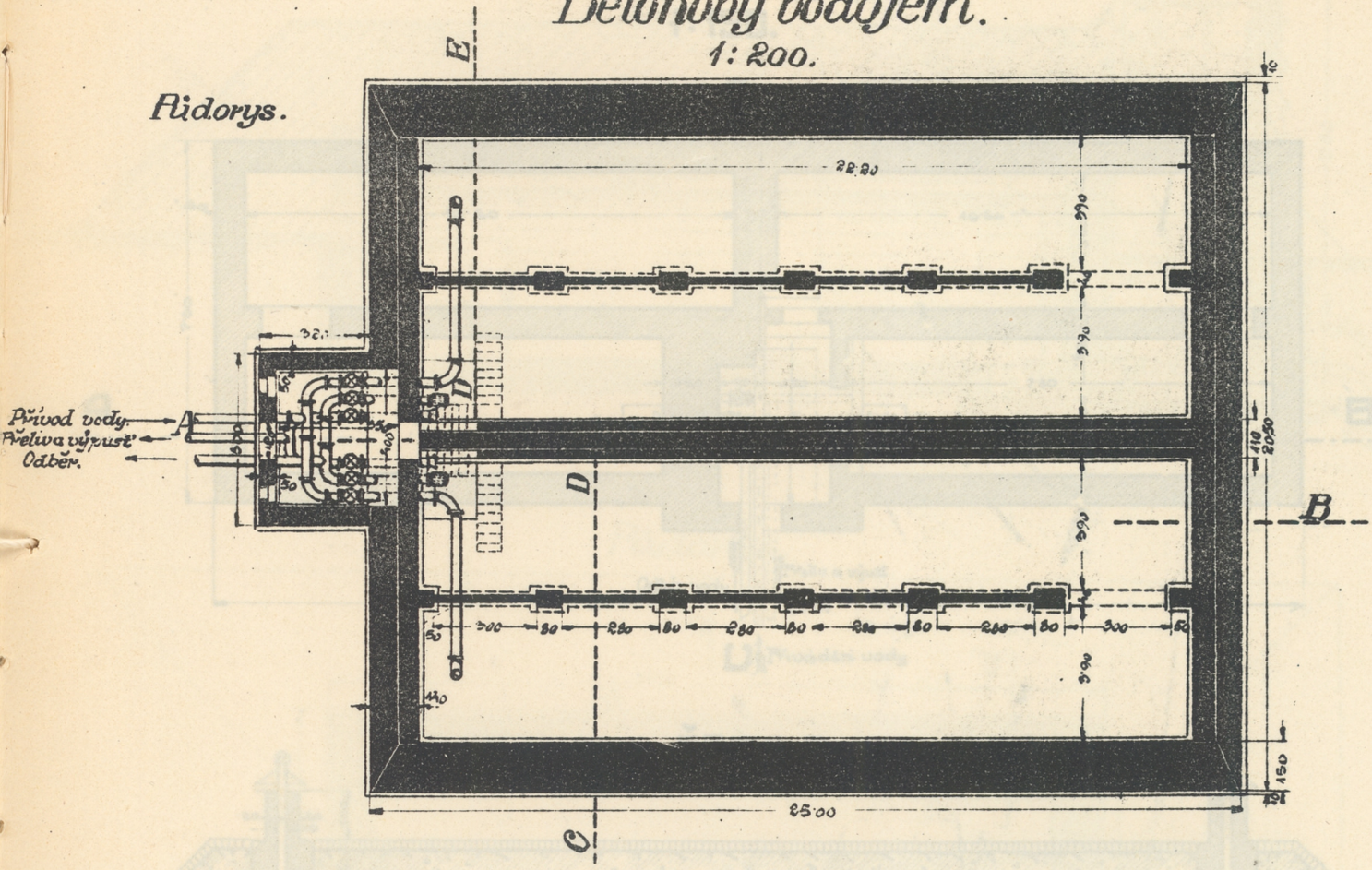
Vodojem z betonu.

TAB. 73.

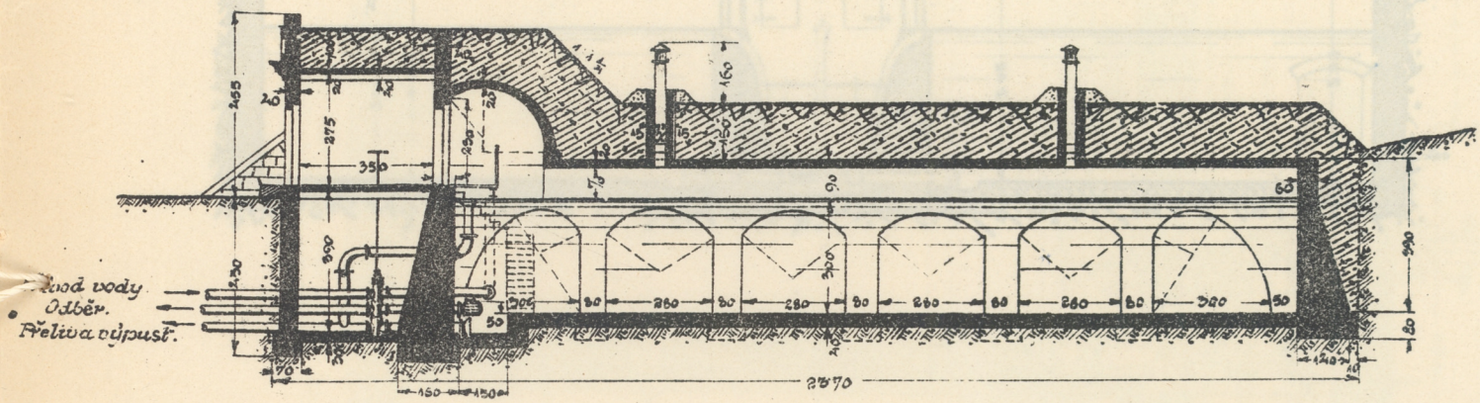
Betonový vodojem.

1:200.

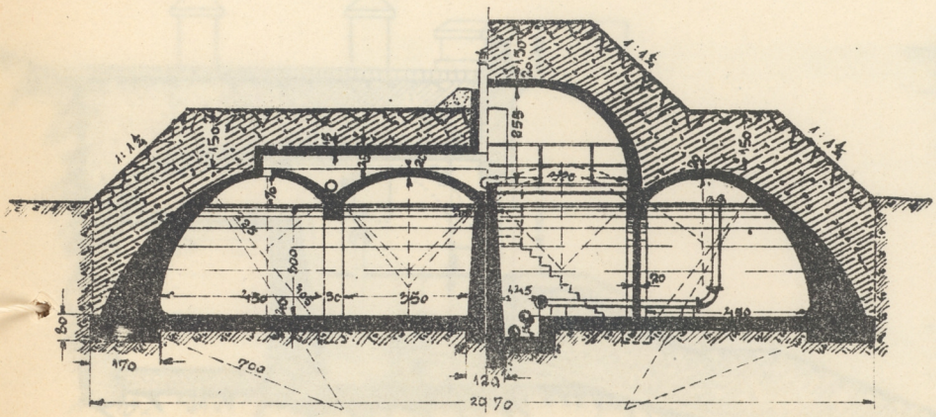
Půdorys.



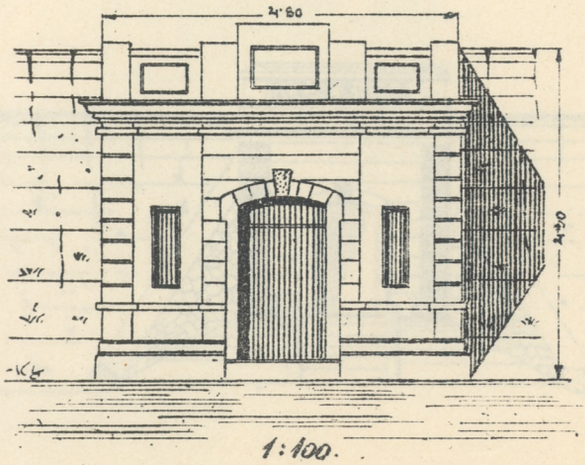
Podélný řez A-B.



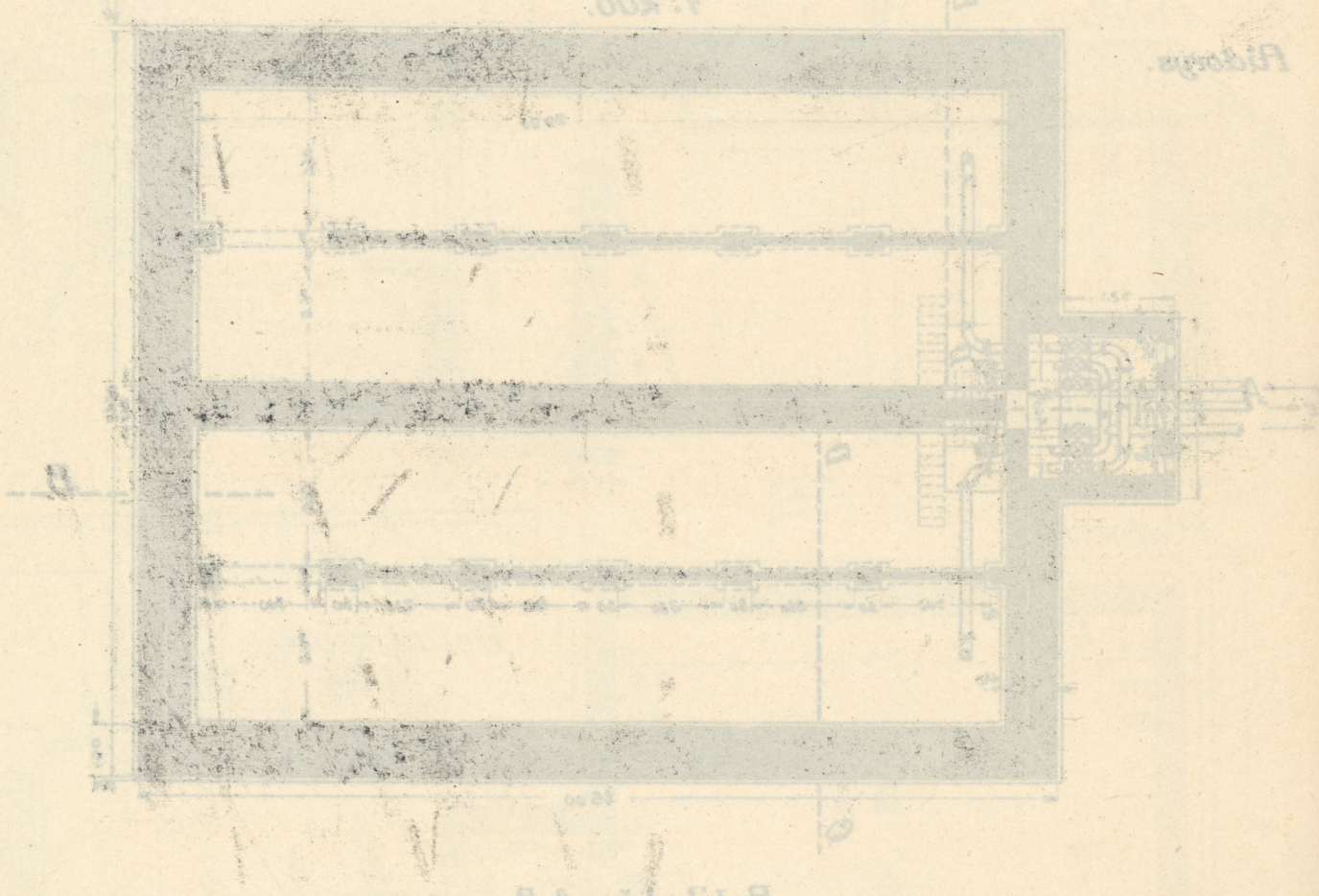
Řez C-D-E.

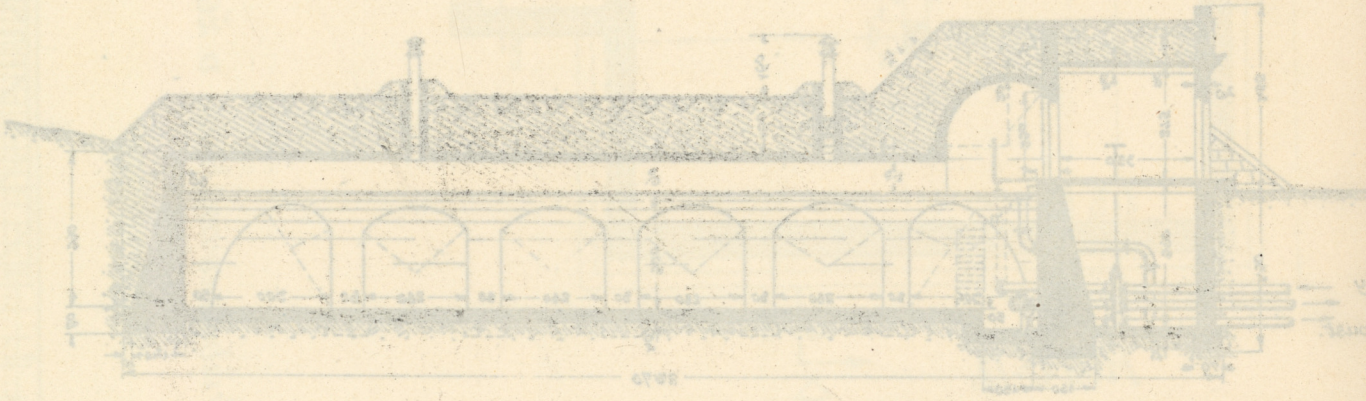


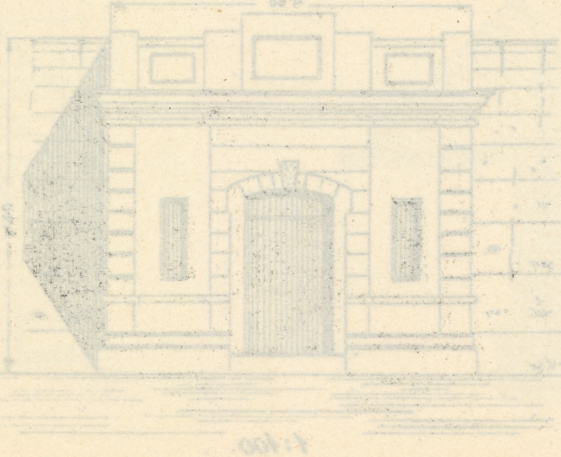
Pohled.

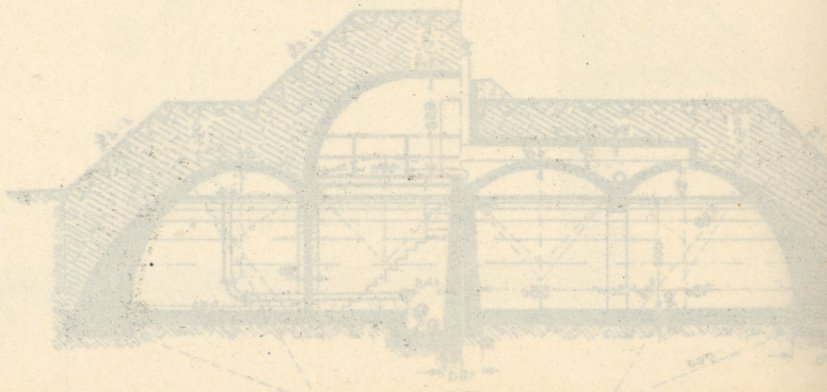


1:100.





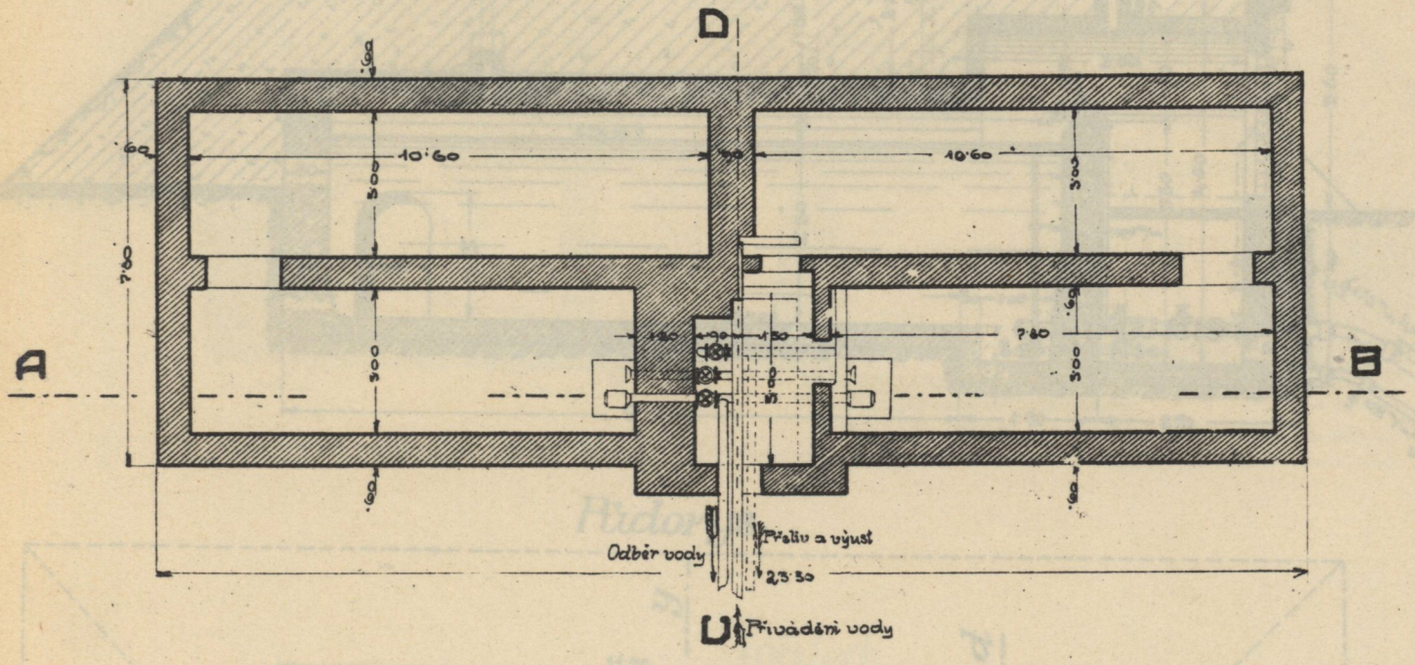




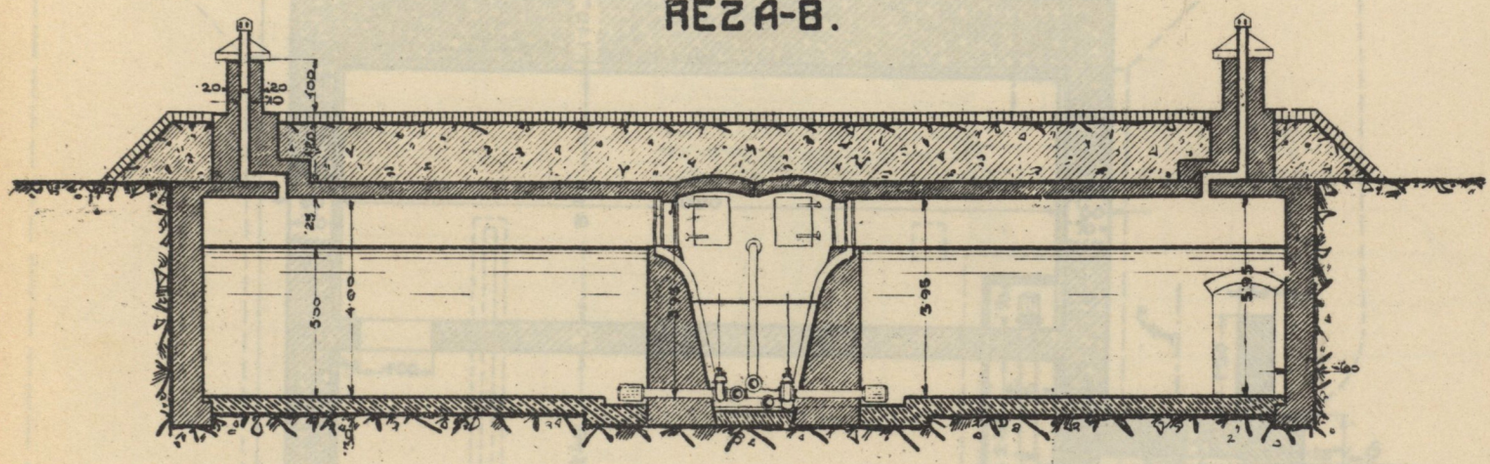
VODOJEM Z KAMENE.

TAB. 74.

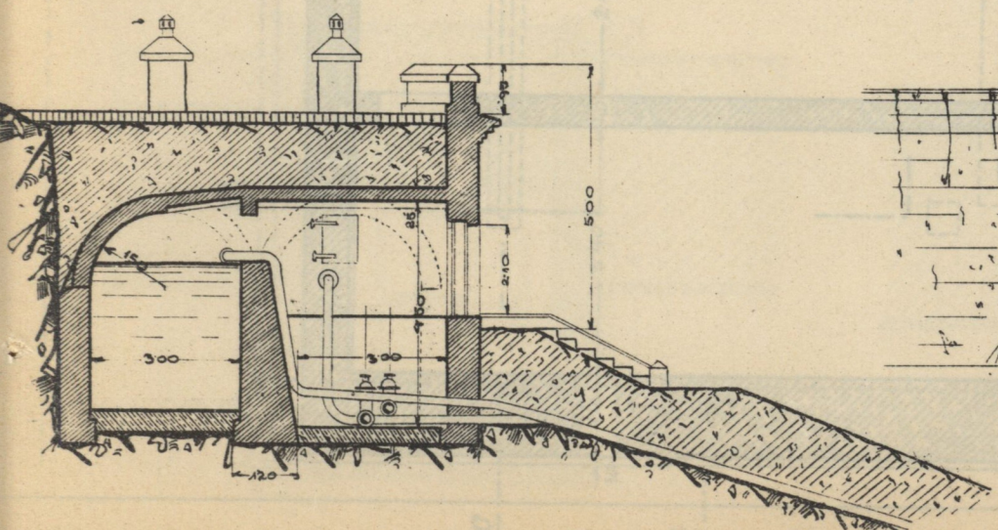
1:150.



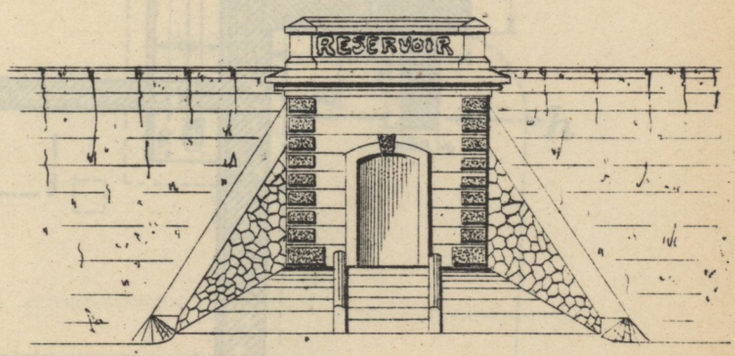
ŘEZ A-B.

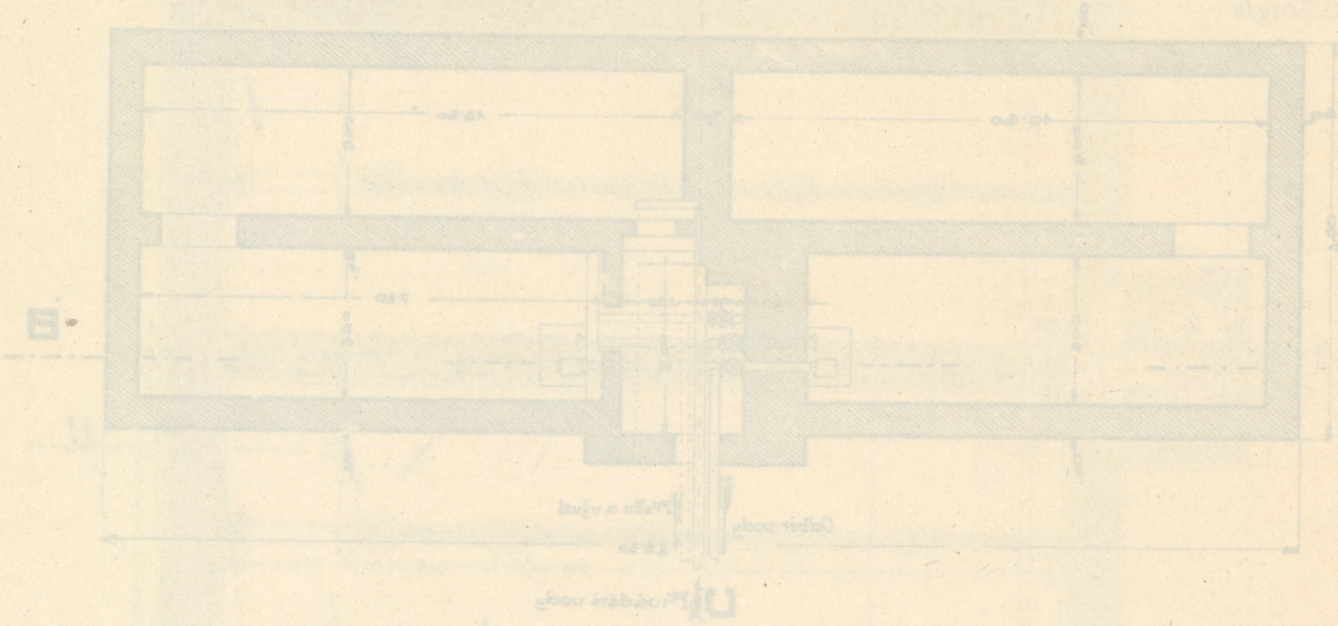


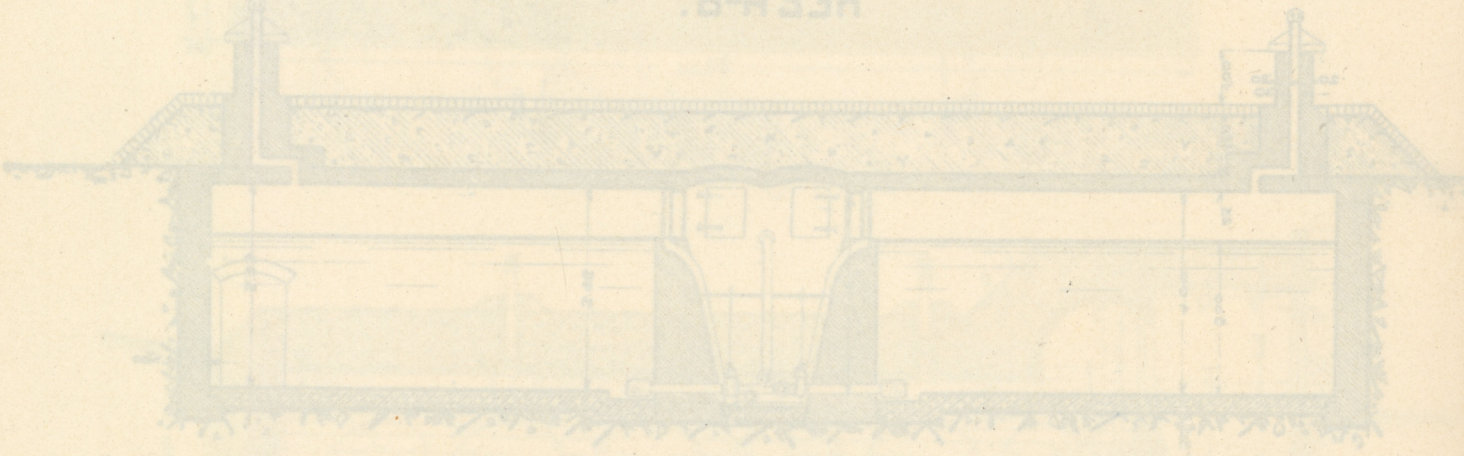
ŘEZ C-D.

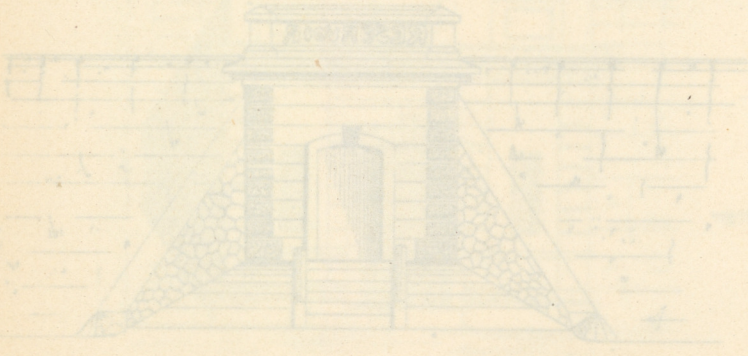


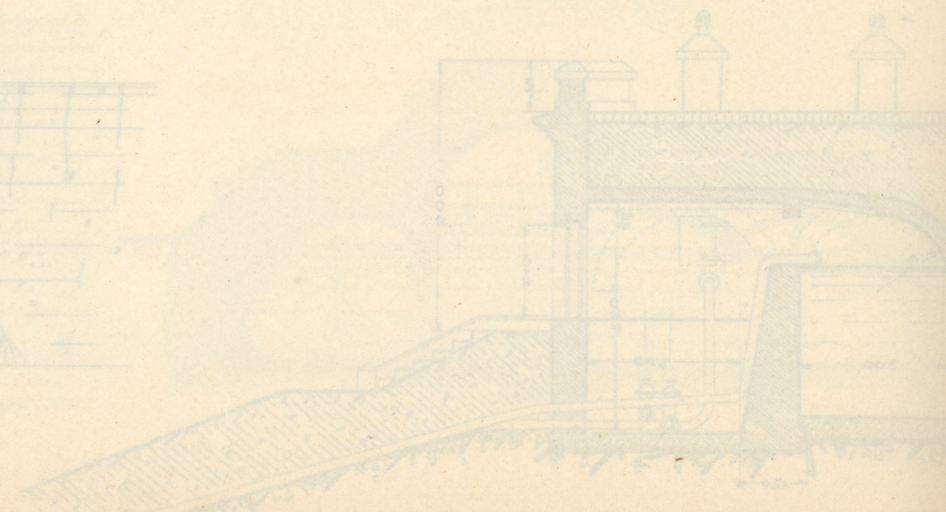
POHLED.





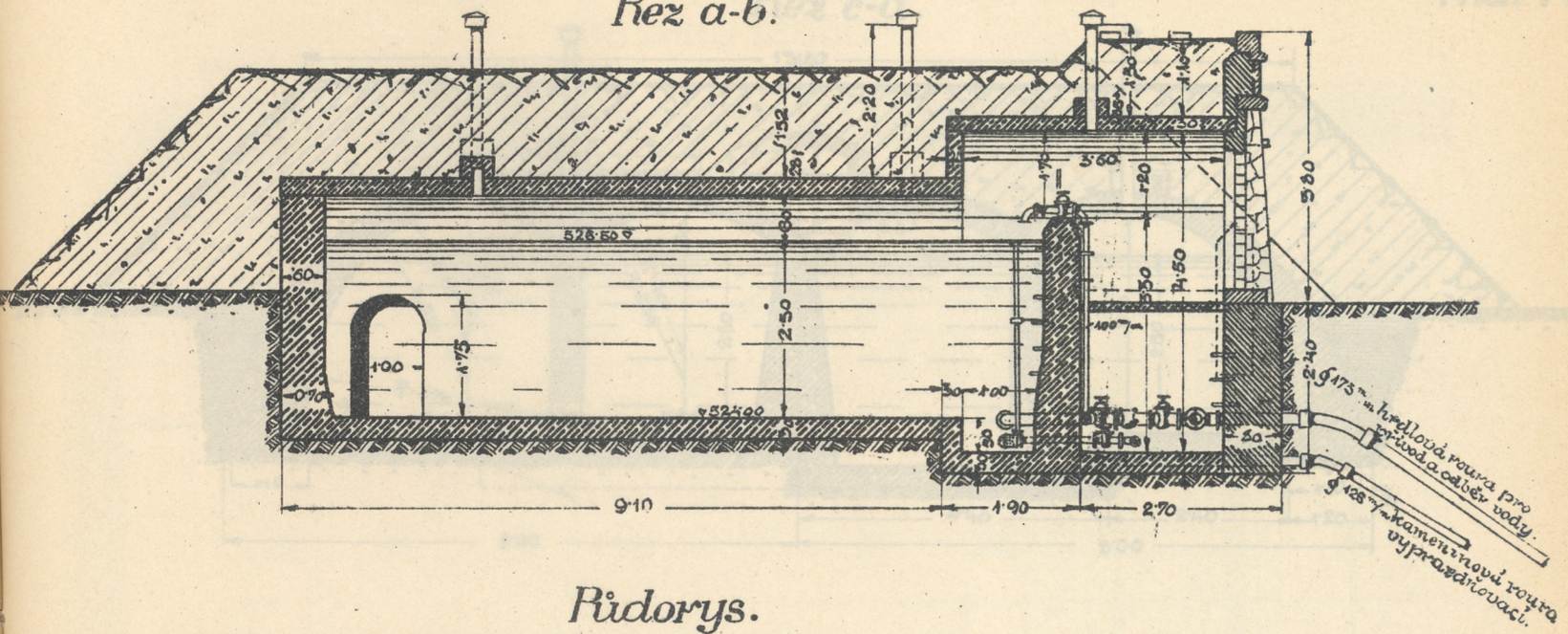




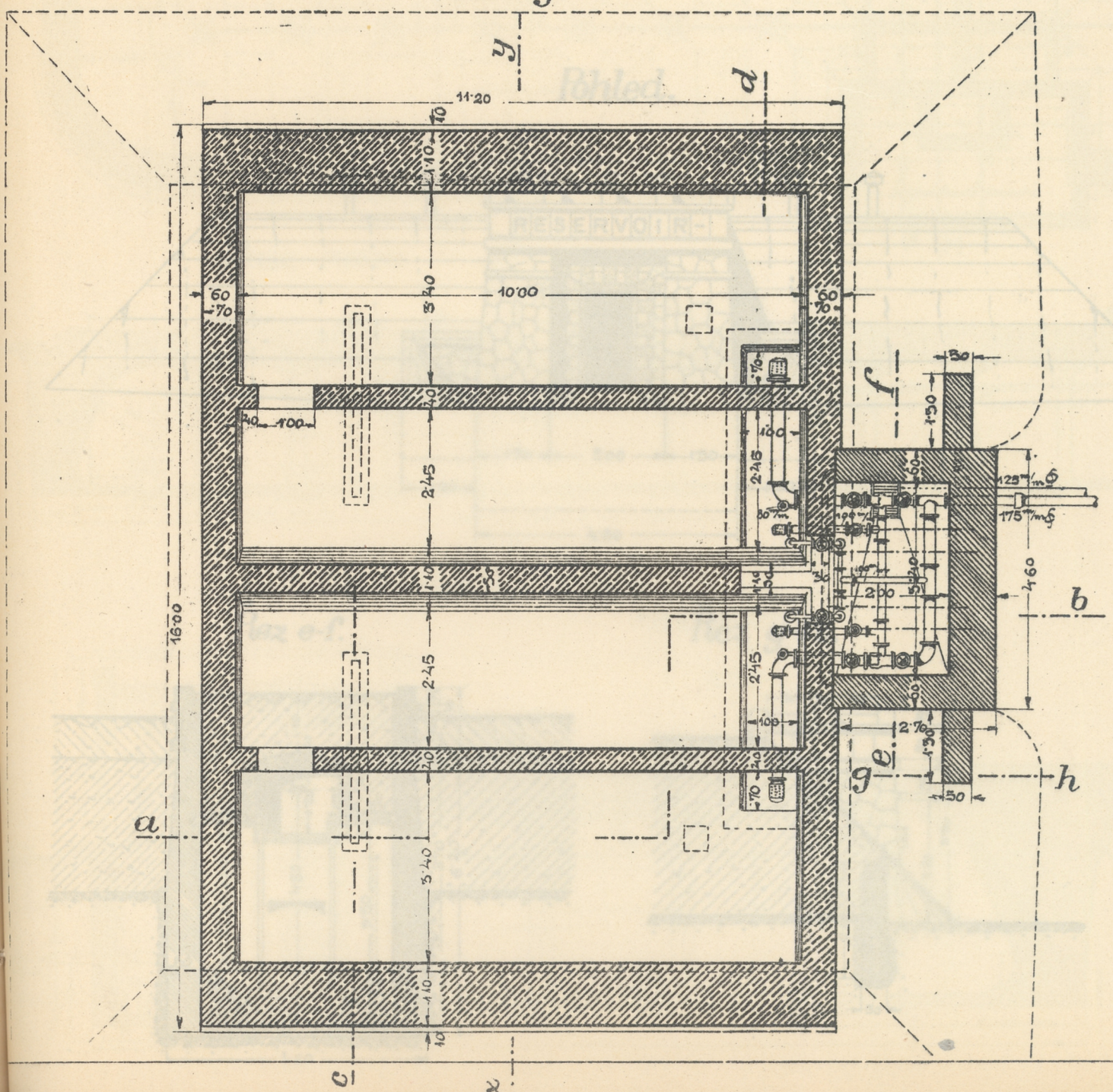


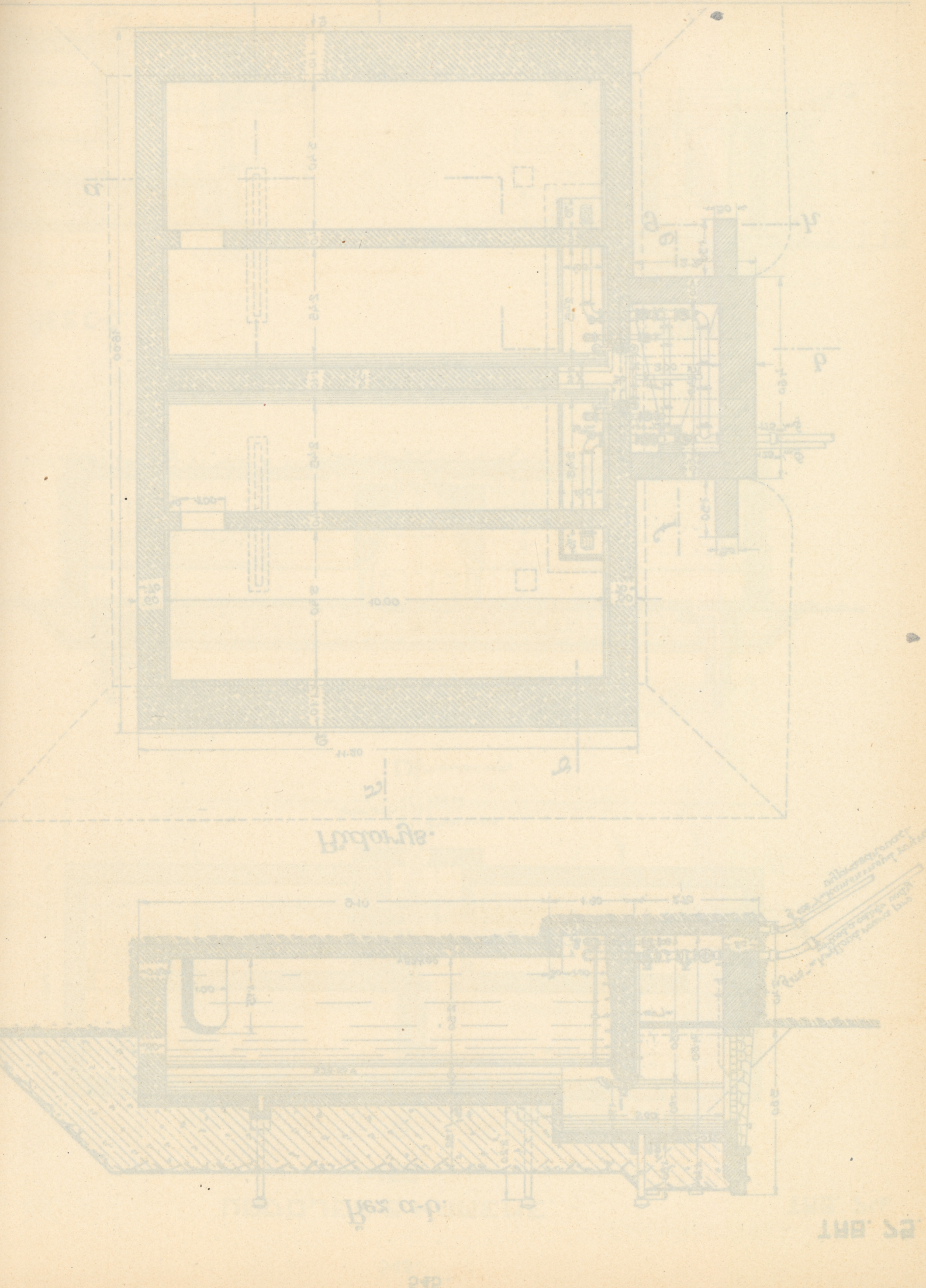
TAB. 75.

Řez a-b.

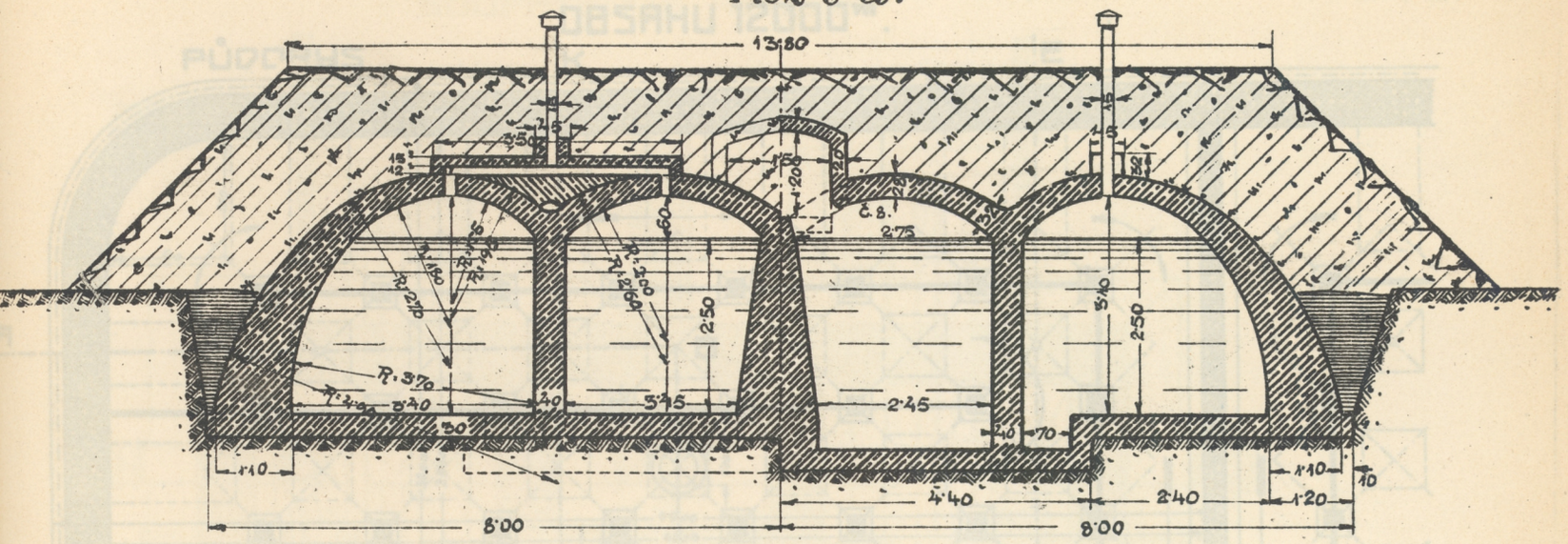


Půdorys.

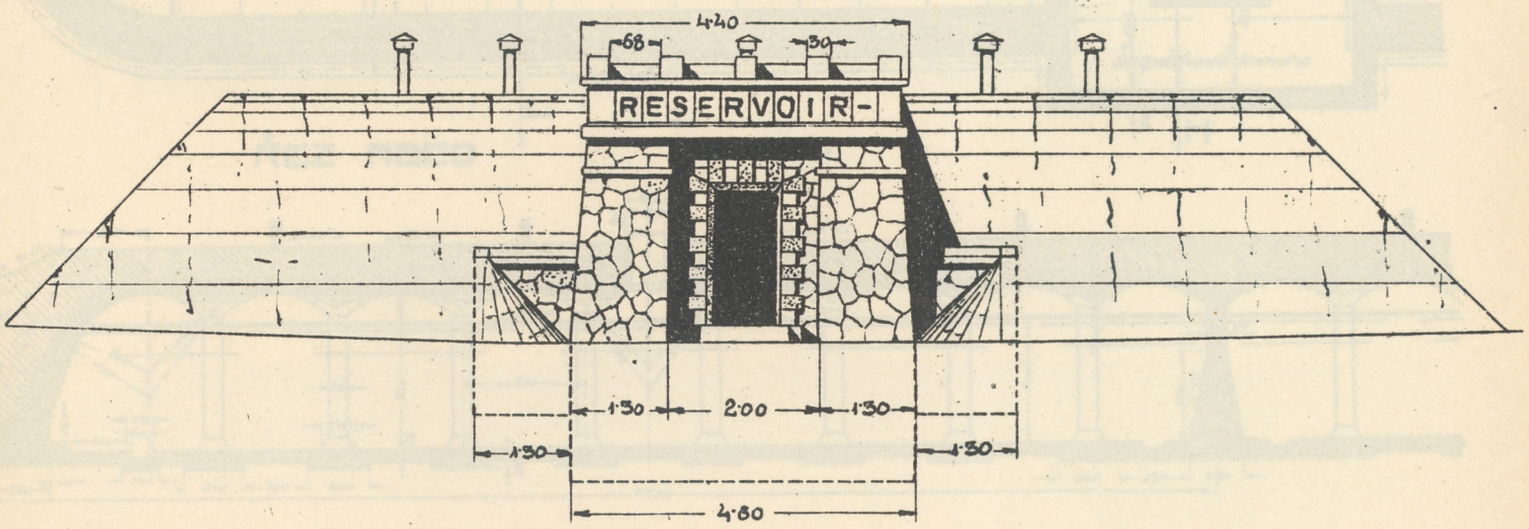




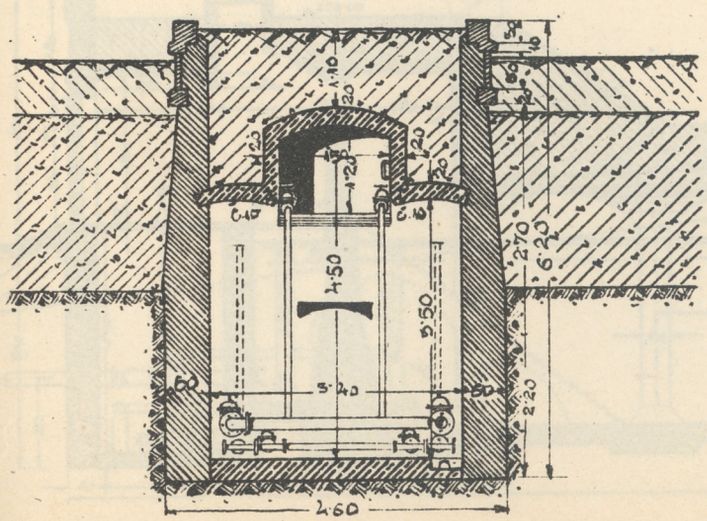
Řez c-d.



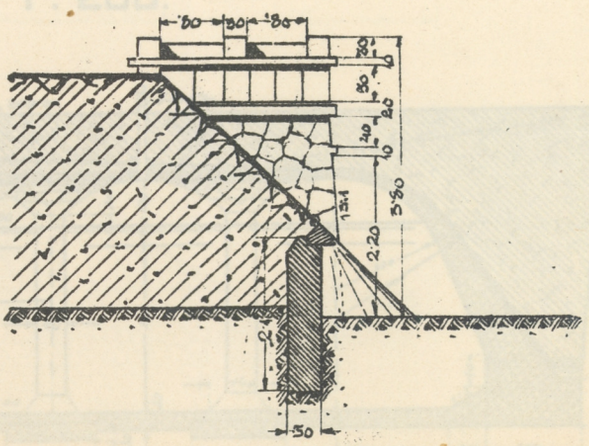
Pohled.

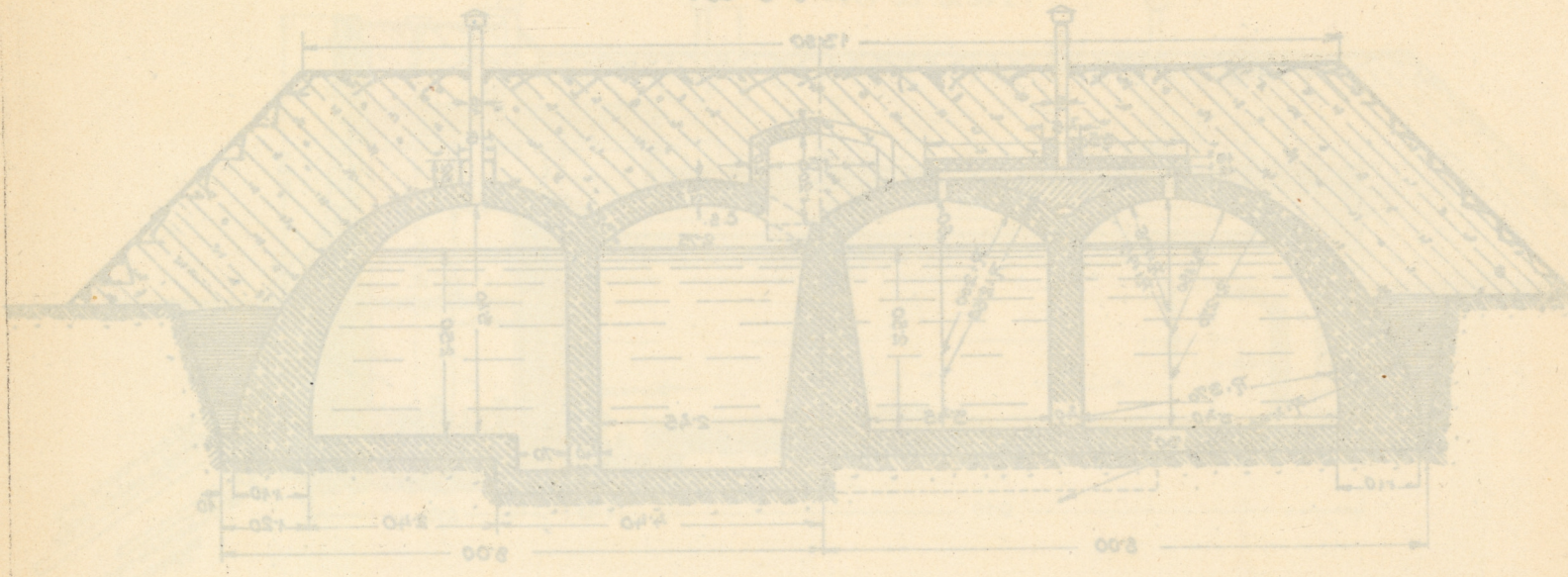


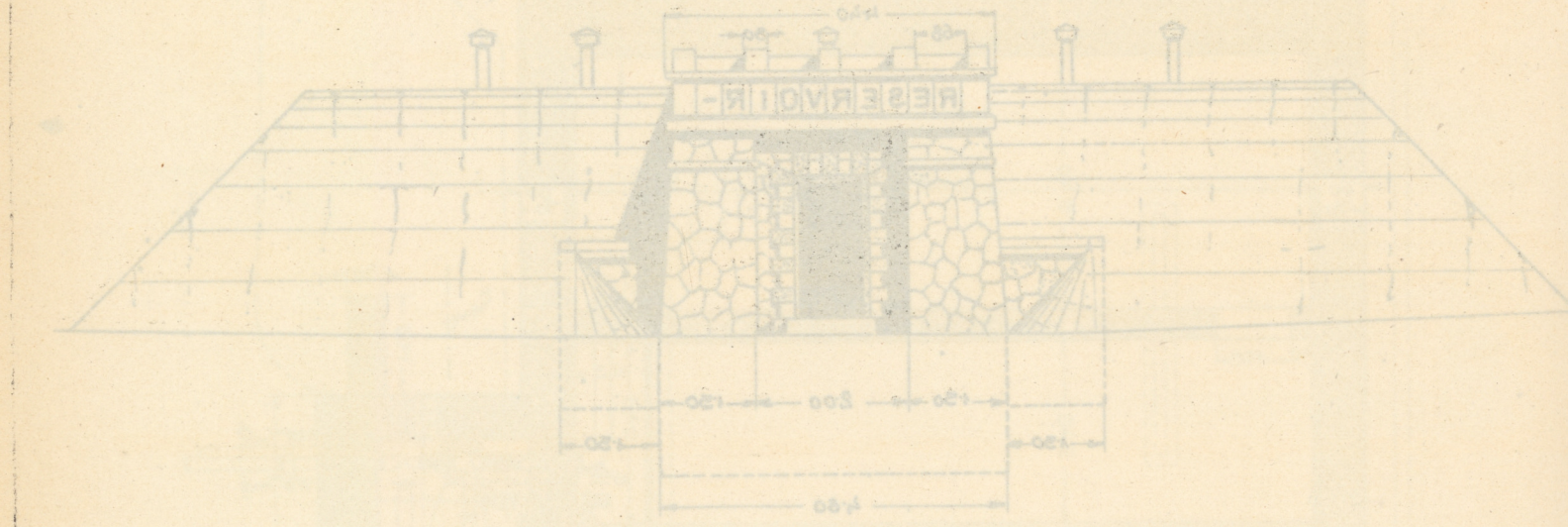
Řez e-f.

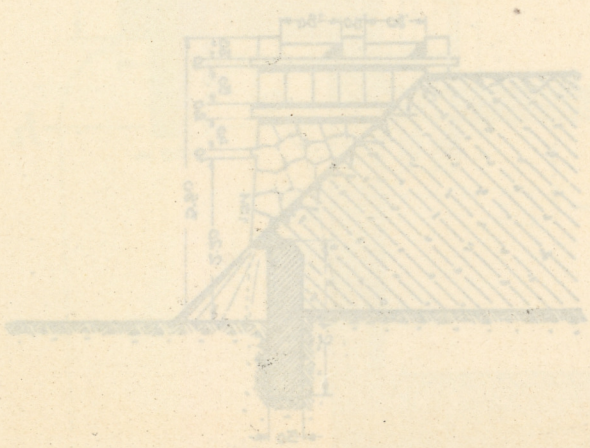


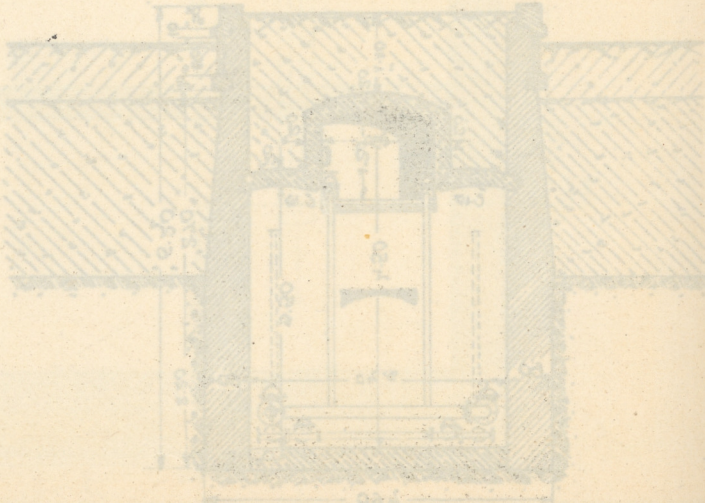
Řez g-h.







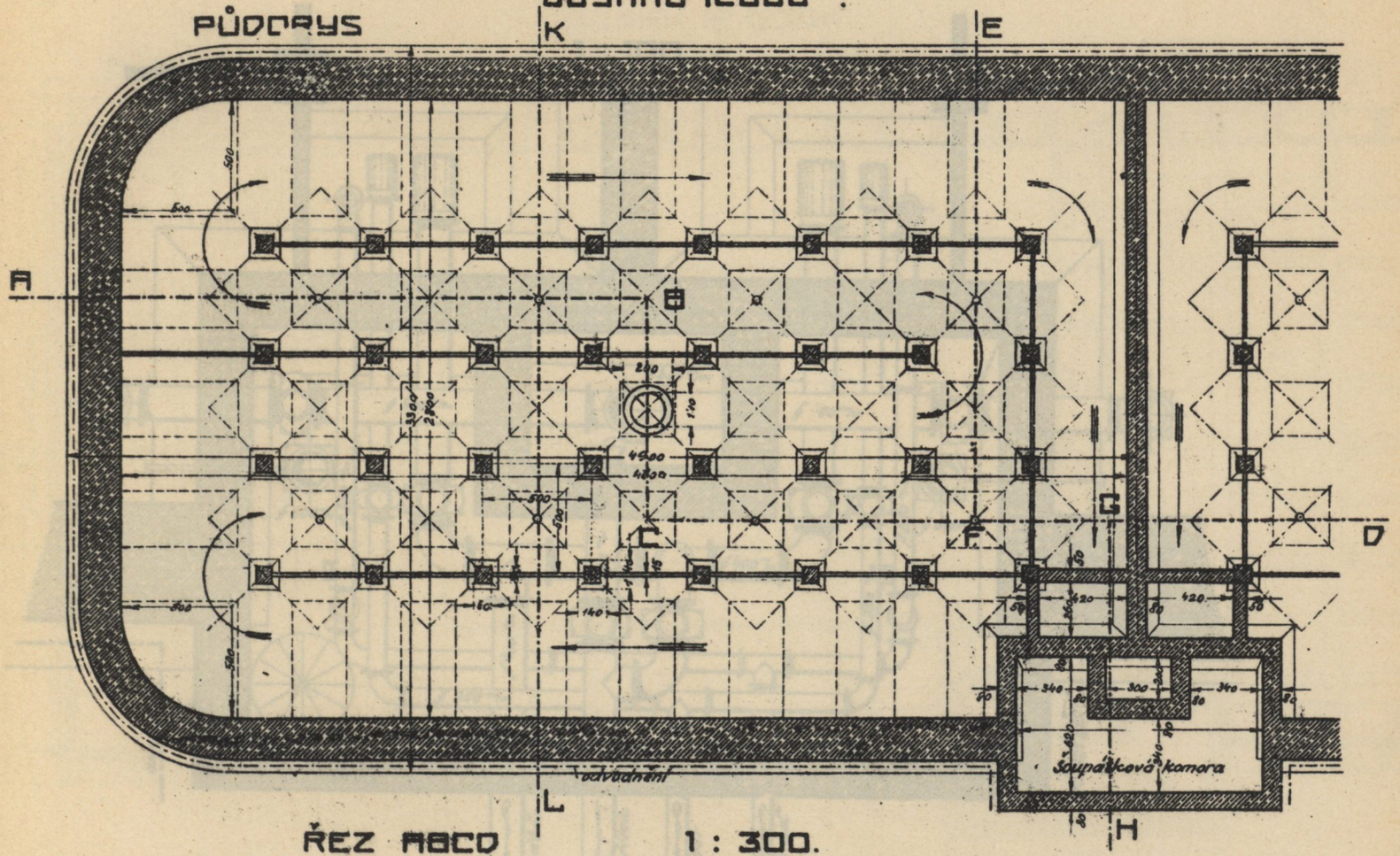




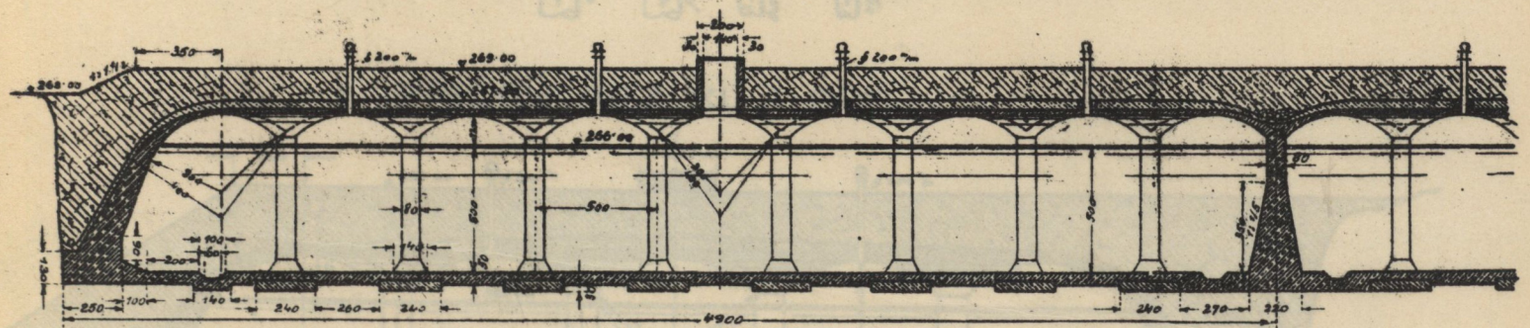
VODOJEM Z PĚCHOVANÉHO BETONU OBSAHU 12000 m³.

TAB. 77.

PŮDORYS

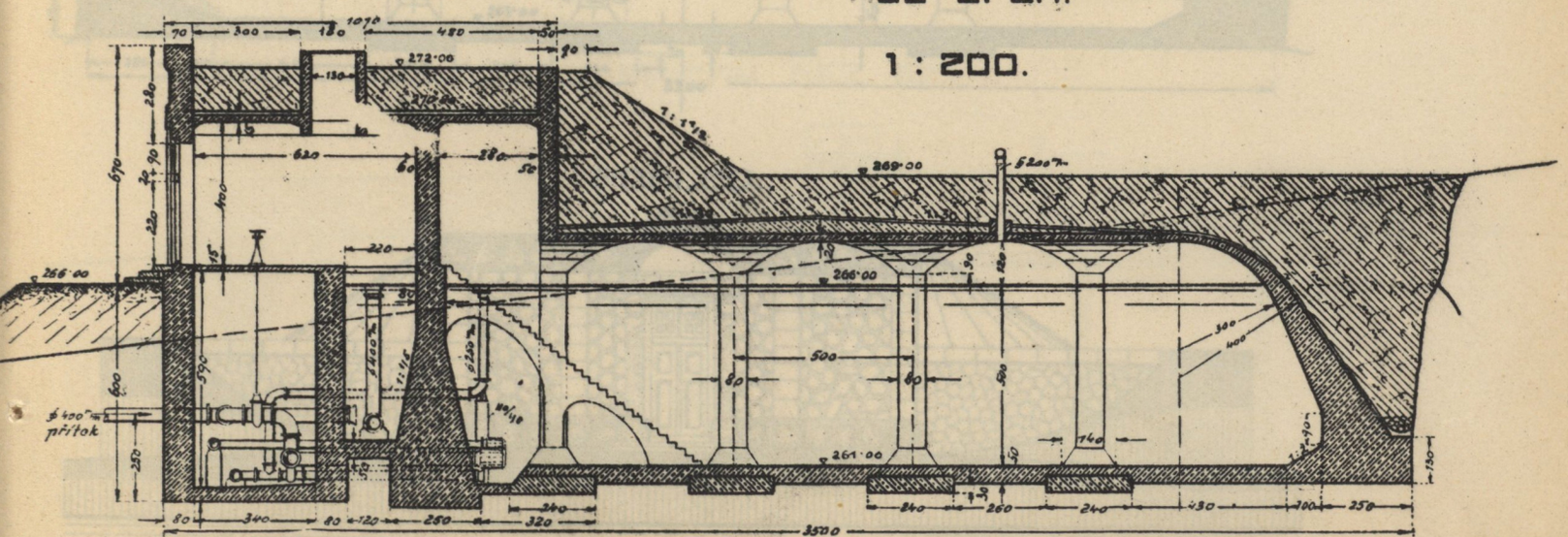


ŘEZ ABCD 1 : 300.



ŘEZ EFGH.

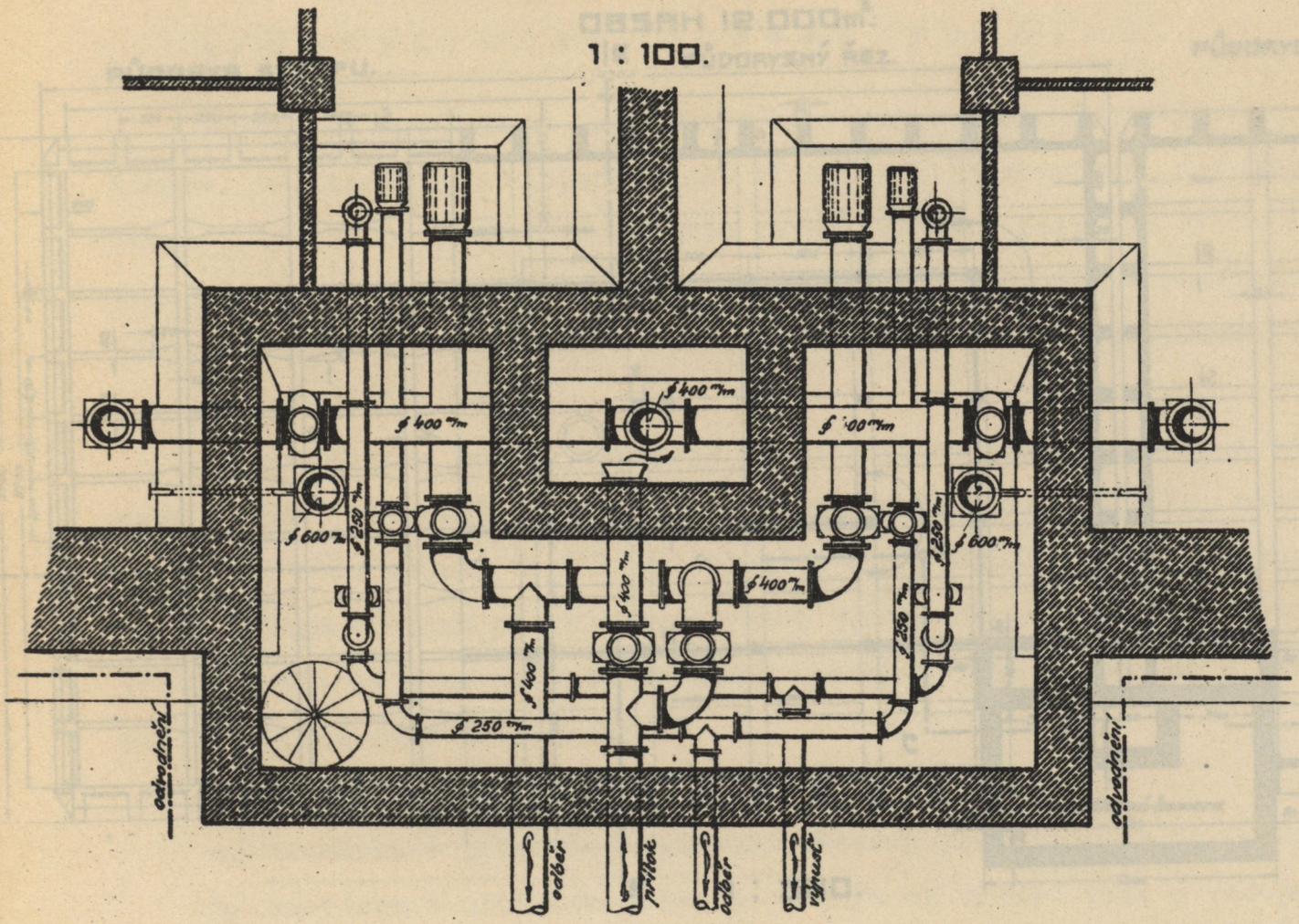
1 : 200.



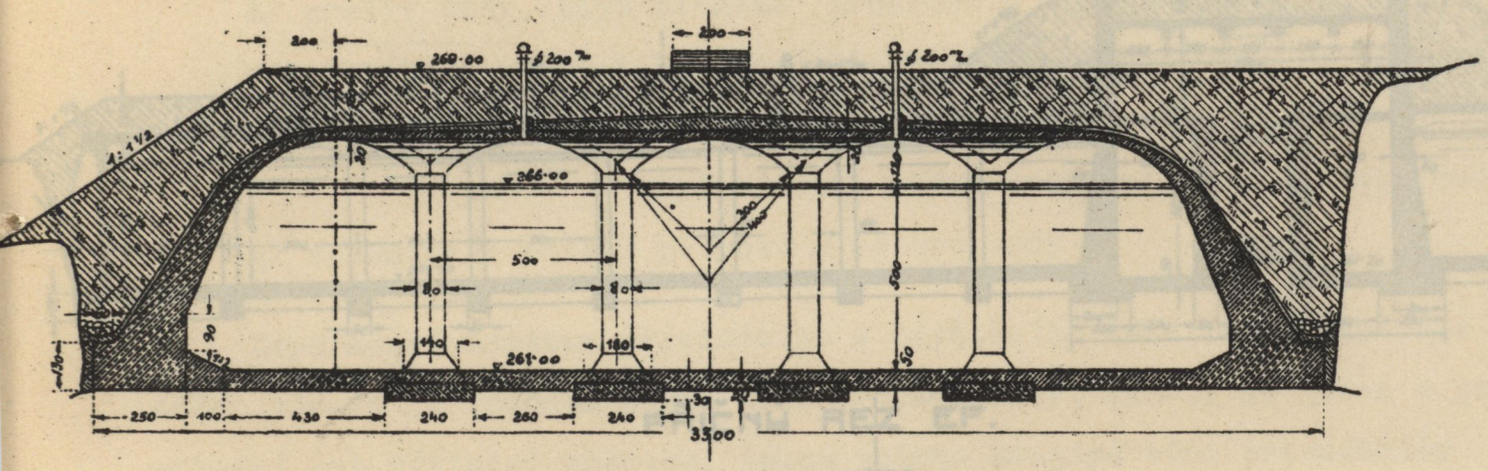
TAB. 78.

ŠOUPÁTKOVÁ KOMORA.

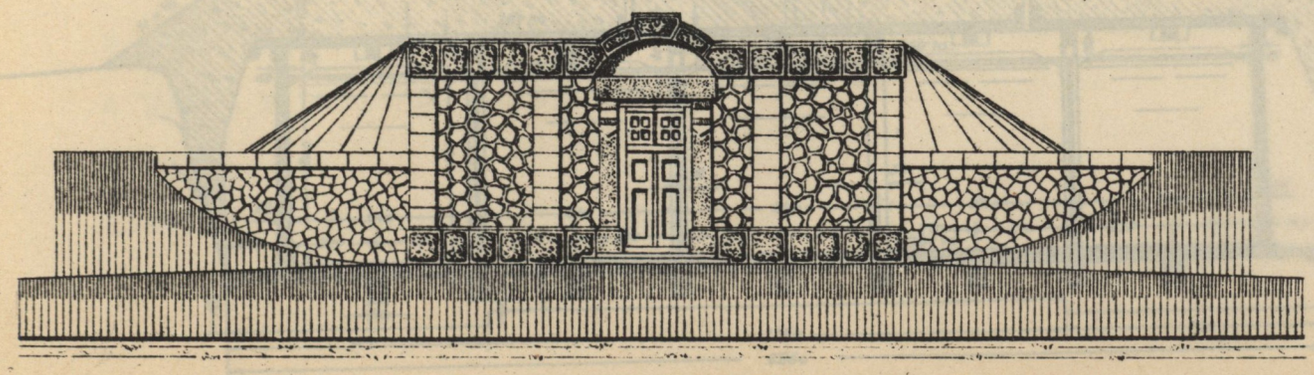
1 : 100.



PŘÍČNÝ ŘEZ KL 1:200.



POHLED.



1 : 200.

SOUPRAVKOVÁ KOMORA.

1 : 100.

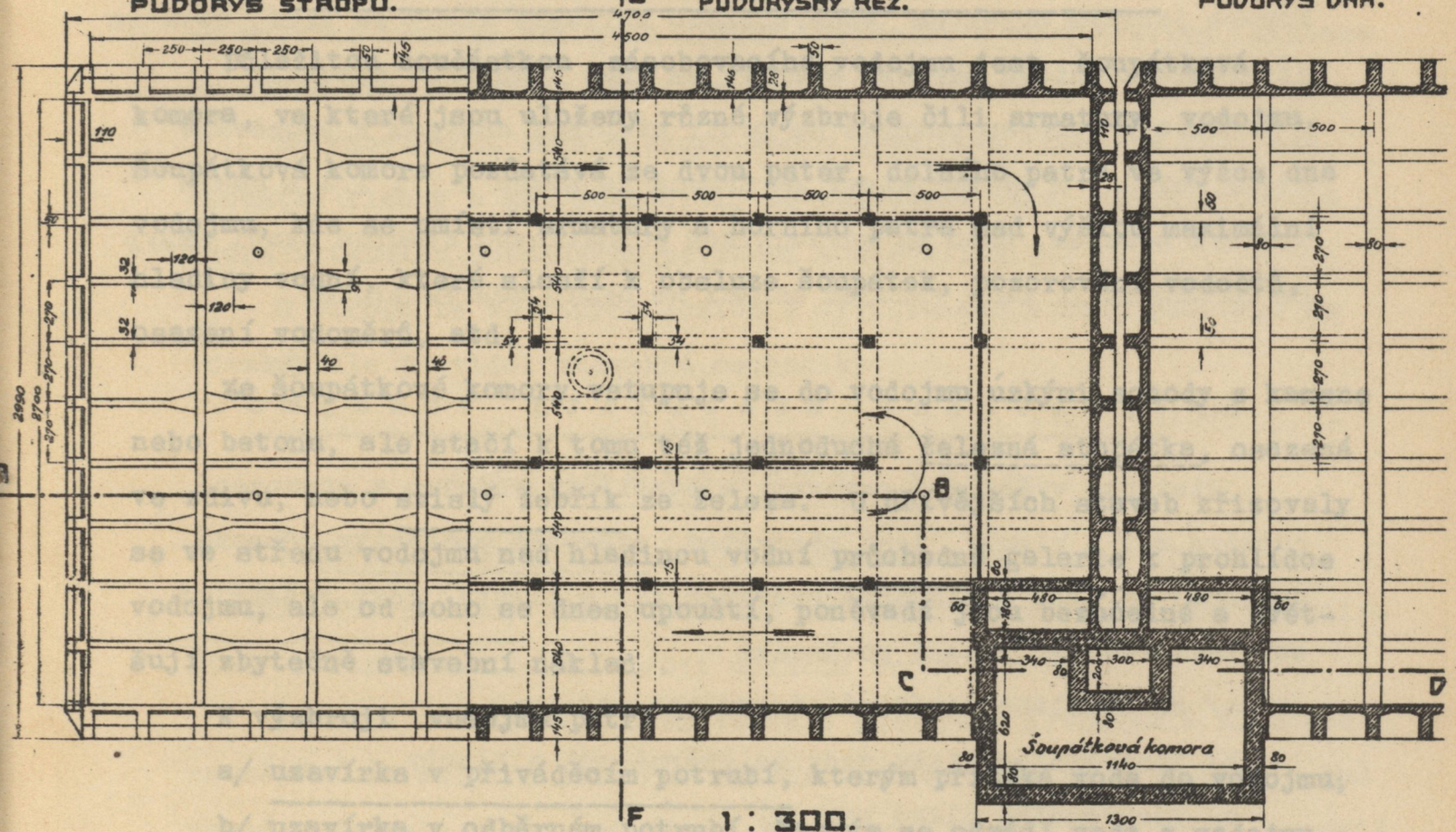
PŘÍČNÝ ŘEZ KL 1:200.

POHLED.

VODOJEM Z VYZTUŽENÉHO BETONU. TAB. 7

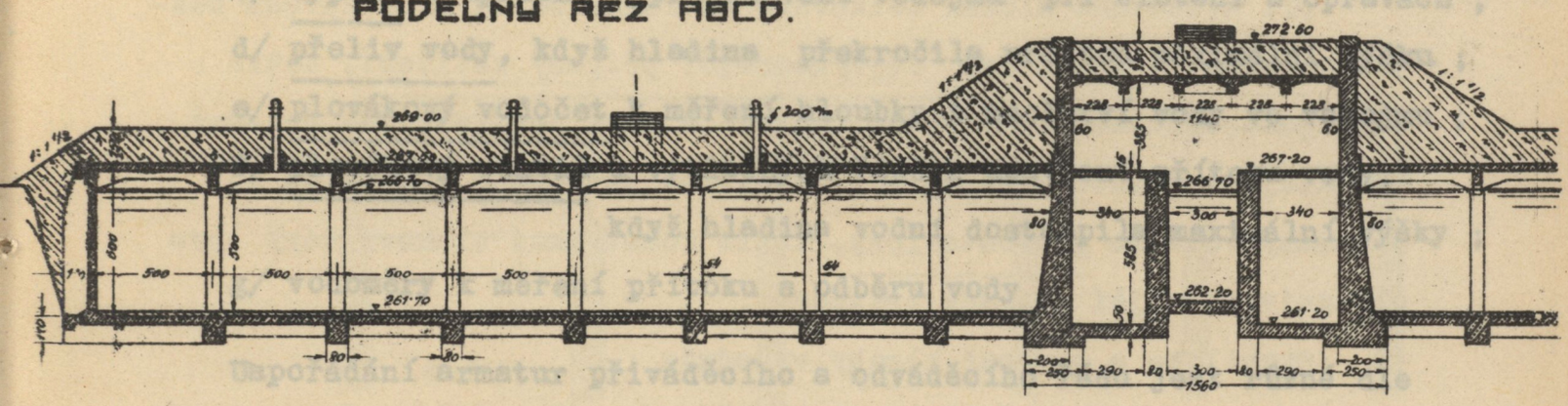
OBSAH 12.000 m³.

PŮDORYS STROPU. PŮDORYSNÝ ŘEZ. PŮDORYS DNA.

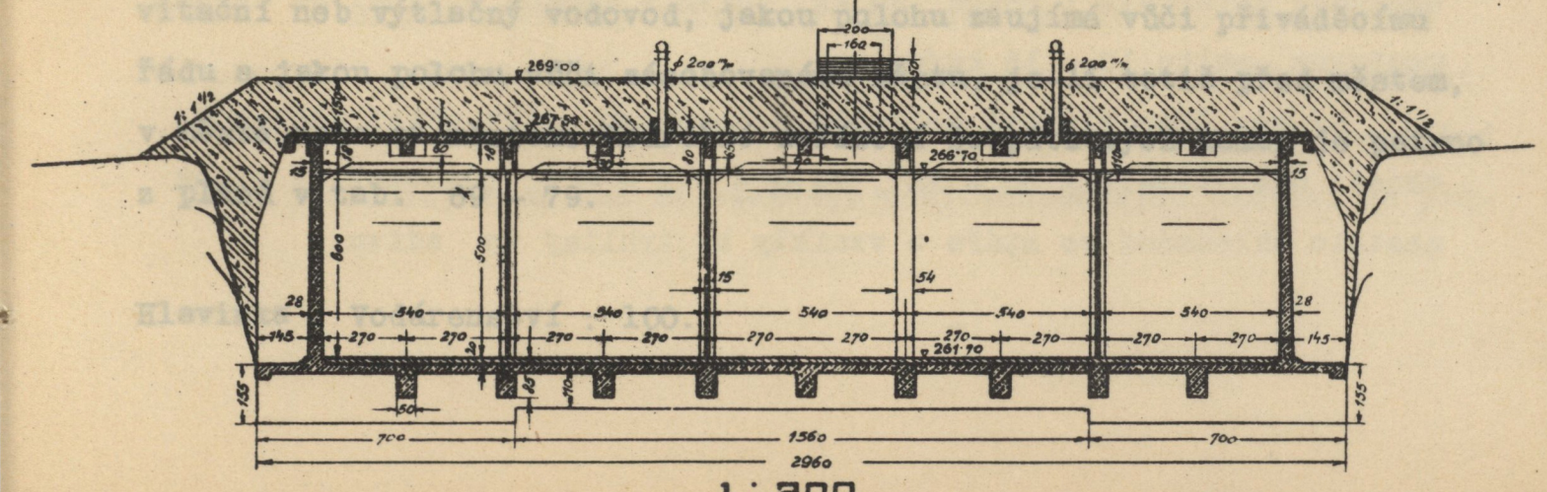


1 : 300.

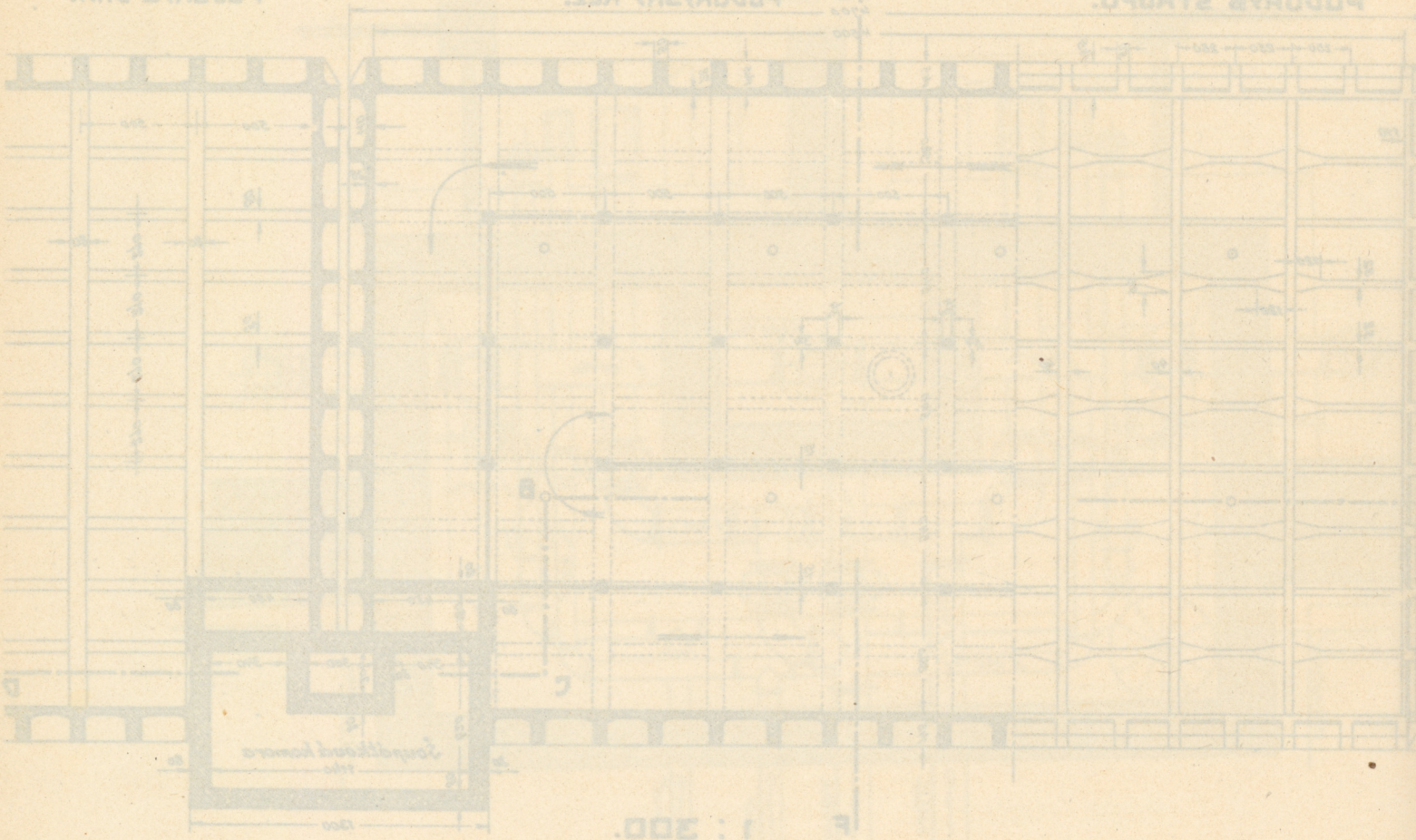
PODÉLNÝ ŘEZ ABCD.

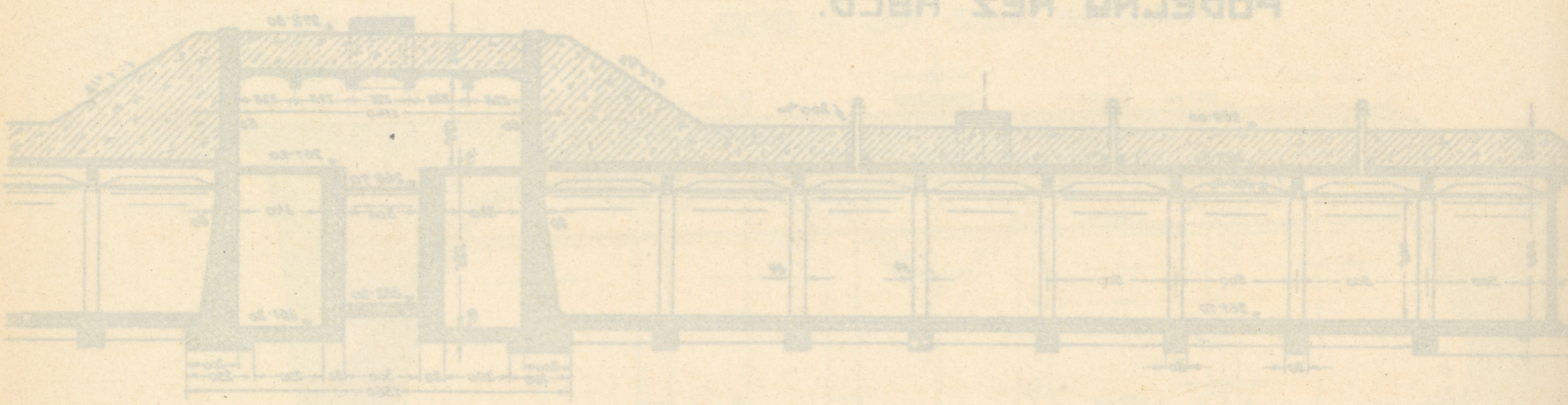


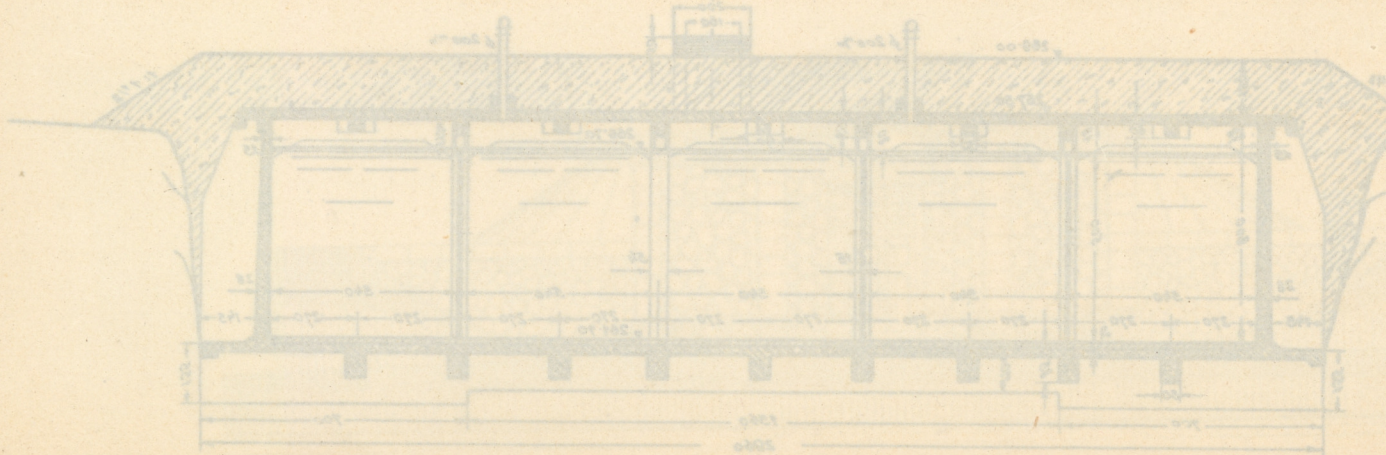
PŘÍČNÝ ŘEZ EF.



1 : 200.







4./ Šoupátková komora vodojmů.

Důležitou součástkou zásobovacího vodojmu jest šoupátková komora, ve které jsou uloženy různé výzbroje čili armatury vodojmu. Šoupátková komora pozůstává ze dvou pater, dolního patra ve výšce dna vodojmu, kde se umístí armatury a horního patra nad výškou maximální hladiny vodní, které slouží k obsluze šoupátek, pozorování vodočtů, osazení vodoměrů, atd.

Ze šoupátkové komory vstupuje se do vodojmu úzkými schody z kamene nebo betonu, ale stačí k tomu též jednoduchá železná stupátka, osazená ve zdivu, nebo svislý žebřík ze železa. U dřívějších staveb zřizovaly se ve středu vodojmu nad hladinou vodní průchodné galerie k prohlídce vodojmu, ale od toho se dnes upouští, poněvadž jsou bezúčelné a zvětšují zbytečně stavební náklad.

K výzbroji vodojmu patří :

a/ uzavírka v přiváděcím potrubí, kterým přitéká voda do vodojmu;

b/ uzavírka v odběrném potrubí, kterým se odvádí voda z vodojmu ;

c/ výpusť k úplnému vyprázdňování vodojmu při čištění a opravách ;

d/ přeliv vody, když hladina překročila určitou maximální výšku ;

e/ plovákový vodočet k měření hloubky a množství vody ve vodojmu ;

f/ plovákový ventil u výtlačných řádů k uzavření přítoku vody, když hladina vodní dostoupila maximální výšky ;

g/ vodoměry k měření přítoku a odběru vody .

Uspořádání armatur přiváděcího a odváděcího řádu jest různé dle toho, zda-li je vodojem jedno nebo dvoukomorový, zda-li se jedná o gravitační neb výtlačný vodovod, jakou polohu zaujímá vůči přiváděcímu řádu a jakou polohu vůči zásobovanému městu, je-li totiž před městem, v městě nebo za městem. Podrobné zařízení šoupátkových komor je patrno z plánů v tab. 69 - 79.

Z venku uzavře se šoupátková komora dvojími dveřmi. Poněvadž jest komora jediným objektem vodárenského zařízení který se vidí, dává se ji architektonická okrasa, ačkoliv se dnes i od toho upouští.

Hotový vodojem pokryje se proti oteplení násypem z pěchované hlíny asi 1.0 m výšky, který se urovná do svahu 1 : 1 1/2 a oseje travným semenem, nebo se odrnuje. Nad šoupátkovou komorou stačí násyp 60 cm tloušťky. Celý vodojem ohradí se okolo dobrým plotem.

5./ Vyšetření stability vodojmu.

Statické vyšetření pevnosti a stability vodojmu a stanovení rozměru zdí a klenby, jest předmětem stavebné mechaniky. Obecně ustanoví se tvar a tloušťka opěrných zdí a klenby, když vyšetříme zatížení vodojmu, které pozůstává :

a/ ze svislého zatížení násypu nad vodojmem ,

b/ postranního tlaku vody na opěrné zdi a klenby,

c/ postranního tlaku zeminy.

Při stanovení složek celkového zatížení béřou se z důvodů bezpečnostních v úvahu dva nejvýhodnější případy zatížení, totiž : když jest vodojem zcela vodou naplněn a když jest vodojem prázdný . Vycházeje z těchto předpokladů vyšetříme pevnost a stabilitu zdí a klenby vodojmu grafostaticky, totiž konstrukcí tlakové čáry pro oba nejvýhodnější případy zatížení .

Stabilita a pevnost klenby vyžaduje :

a/ aby specifický tlak nebyl v žádné spáře větší než dovolené namáhání materiálu ; beton 20 kg, zdivo z kamene a zvonívek na cementovou maltu 10 - 15 kg/cm^2 ;

b/ aby čára tlaková nečinila s normálou spáry větší úhel než obnáší úhel tření α = 30 - 35°, tg α = 0.6 - 0.7, poněvadž by jinak nastalo sklouzání ve spáře a vznikly by trhliny ve zdivu ;

c/ aby čára tlaková zůstala, má-li se zameziti napětí v tahu, ve vnitřní třetině zdi nebo klenby. Vyjde-li z této třetiny, nastane ve spáře tah, který je nepřípustný.

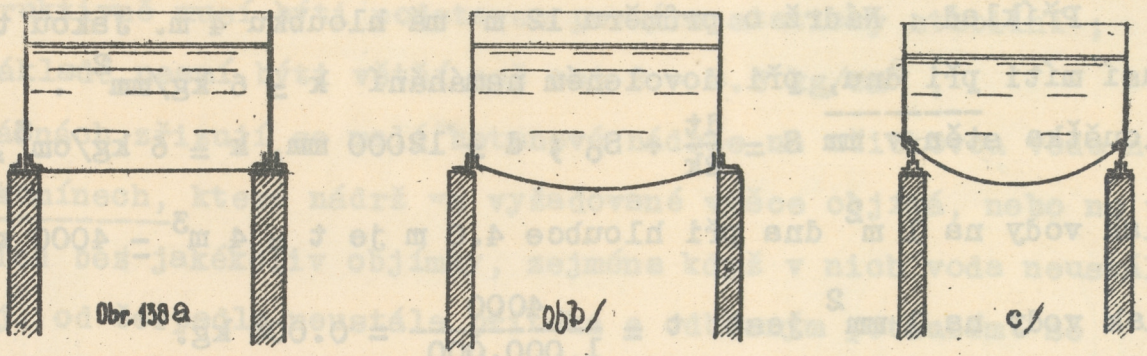
Nevyhovuje-li čára tlaková těmto podmínkám, musí se tvar neb tloušťka klenby a zdí pozměniti, že se obdrží čára, která vyhovuje shora vytknutým požadavkům pevnosti a stability.

U stropů ze železných nosičů a vyztuženého betonu počítají se rozměry dle pravidel stavebné mechaniky.

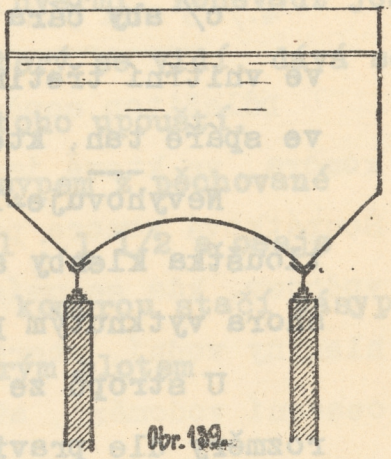
6./ Vodárenské věže

Vodárenské věže pozůstávají z nádrže ze železného plechu nebo vyztuženého betonu, jež se postaví na vysokém podstavci nebo na pilířích a dobře se isolují proti účinkům tepla a mrazu.

Železné nádrže mají tvar válce s půdorysem kruhovým a hloubkou rovnající se asi 1/3 průměru. Stěny nádrže jsou svislé. Dno je buď rovné a na celé ploše podložené, anebo má tvar kulové úseče, vypnuté svým vrcholem dolů, a uložené svým obvodem na podezdívce. Obr. 138a,b,c.



U nádrží soustavy Intze-ovy jest dno nádrže členěné, totiž z kulové a kůželovité úseče, aby se zamezilo škodlivé horizontální napětí v nýtovaných sklepech, které by mohly míti v zápětí uvolnění švů; členitý tvar dna má však též účel vhodnějšího uložení na pod-


Obr. 139.

stavci pomocí ložiska přinýtovaného na sklopu a kůželové úseče. Obr. 139. Lepší jsou však nádrže s dnem ve tvaru kulovité úseče.

Velmi dobrým materiálem pro stavbu vodárenských věží jest vyztužený beton a to jak pro nádrž, tak pro podstavce a pilíře. Nádrž má tvar svislého válce o půdorysu kruhovém, nebo tvar svislého hranolu o půdorysu mnohoúhelníkovém, který spočívá na plné podezdívce nebo na sloupech.

Tloušťka stěn závisí na hloubce nádrže, tedy na velikosti vodního tlaku a pevnosti materiálu. U nádrží ze železného plechu vypočte se podobně jako tloušťka železných trub dle vzorce $S = \frac{dt}{2k} + S_o$ mm, ve kterém znamená d průměr nádrže v mm; t tlak vody na jednotku plochy v kg/mm^2, k přípustné namáhání v kg/mm^2 a S_o bezpečnost vzhledem ku pozvolnému opotřebení a rezavění materiálu průběhem času; pro plech z kujného železa béře se $S_o = 5$ mm.

V důsledku přibývání tlaku vodního s hloubkou nádrže musí tloušťky stěn s hloubkou nádrže stupňovitě přibývati.

Příklad: Nádrž o průměru 12 m má hloubku 4 m. Jakou tloušťku musí míti při dnu, při dovoleném namáhání $k = 6$ kg/mm^2.

Tloušťka stěn v mm $S = \frac{dt}{2k} + S_o$; $d = 12000$ mm, $k = 6$ kg/cm^3, $S_o = 5$ mm.

Tlak vody na 1 m^2 dna při hloubce 4.0 m je $t = 4$ m^3 $= 4000$ kg.

Tlak vody na 1 mm^2 jest $t = \frac{4000}{1,000.000} = 0.004$ kg.

Tloušťka plechu při dně

$$S = \frac{dt}{2k} + S_o = \frac{12000 \cdot 0.004}{2 \cdot 6} + 5 = \frac{48}{12} + 5 = 4 + 5 = 9 \text{ mm.}$$

V libovolné hloubce h^m jest tlak na 1 m^2 ....t = 1. hm^3 = 1000 h kg

na 1 mm^2 ...t = $\frac{1000\ h}{1,000.000} = \frac{h}{1000}$ kg .

Tloušťka $S = \frac{\frac{d^{mm}\ h^m}{1000}}{2k} + S_o = \frac{R^{mm}\ h^m}{1000\ k}$.

V našem případě jest v hloubce 1 m $S = \frac{6000.1}{1000.6} + 5 = 1 + 5 = 6$ mm

2 m $S = \frac{6000.2}{1000.6} + 5 = 2 + 5 = 7$ mm

3 m $S = \frac{6000.3}{1000.6} + 5 = 3 + 5 = 8$ mm

4 m $S = \frac{6000.4}{1000.6} + 5 = 4 + 5 = 9$ mm .

Podstavec nádrže pozůstává buď z plné obvodní zdi, nebo zděných pilířů z kamene neb armovaného betonu, jež stojí na desce z vyztuženého betonu jako jednotném základě, aby se zatížení vodojmem stejnoměrně rozdělilo na základ. Pilíře spojeny jsou v různých výškách příčkami a příhradami. U malých nádrží pro průmyslové účely v továrnách, bývá podstavec konstruován ze železa, zřídka ze dřeva, po způsobu dobře vyztuženého, příhradového lešení.

Konstruktivně musí býti podstavec pevný a staticky stabilní ; zatížení základů nesmí býti větší než asi 2 - 2.5 kg/cm^2 .

V továrnách zřizují se malé betonové nádrže na užitkovou vodu na továrních komínech, které nádrž ve vyžadované výšce objímá, nebo na vysokých pilířích bez jakékoliv objímky, zejména když v nich voda neustále proudí, t.j. od čerpadla neustále přitéká a odběrným potrubím se odvádí. Konečně může se nádržka postaviti též do podkroví vysokých budov.

Obvodní čili isolační zeď, která objímá nádrž má účel isolovati ji proti účinkům tepla a mrazu. Pro zimní období bývá prostor uvnitř věže zařízen na otápění. Půdorys obvodní zdi jest jako u nádrže kruhový, nebo mnohoúhelníkový. Obvodní zeď staví se z cihel neb kamene na cementovou maltu, ale i zde užívá se dnes nejvíce armovaného betonu, při čemž

obvodní zeď souvisí s pilíři nádržkového podstavce. Se shora jest věž pokryta střechou. Uvnitř postaví se schody

Při navrhování vodárenských věží pro města musí se dbáti nejen účelnosti a pevnosti stavby, nýbrž i pěkného architektonického zevnějšku, aby věž byla v souladu s okolím a okrasou města.

Vodárenské věže na užitkovou vodu v továrnách staví se často bez zvláštní objímky, prostě na sloupech, zejména, když v nich voda neustále proudí, t.j. od čerpadla neustále přitéká a odváděcím potrubím zase odtéká.

Armatury vodárenských věží uloženy jsou uvnitř věže a pozůstávají z výtlačného potrubí, kterým voda z čerpací stanice přitéká, odběrného potrubí, přelivu, výpustě a plovákového vodočtu. Všechna potrubí opatřena jsou šoupátky.

Pod dno nádrže osadí se úchytná mísa z cinkového plechu, do které kape voda, kondensovaná na vnějších stěnách nádrže, když se stěny v létě potí. Nakapaná voda odvede se do přelivné roury.

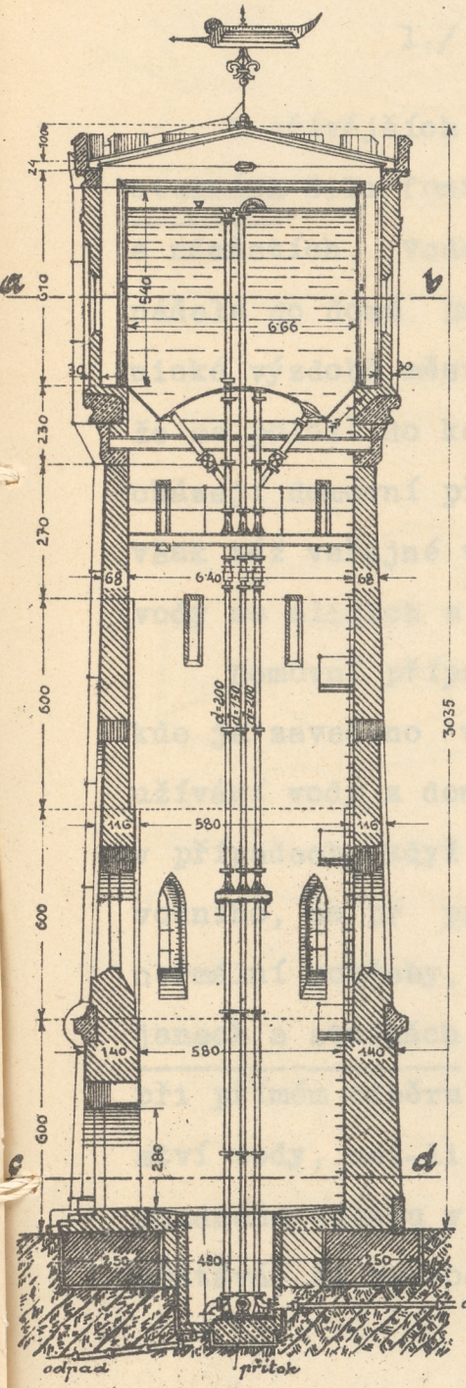
Z velmi rozšířených těchto staveb znázorněny jsou v tab. 80. dva typy vodárenských věží, obě s nádržemi ze železného plechu, jedna s dnem rovným, druhá s dnem členěným.

-.-.-.-.-

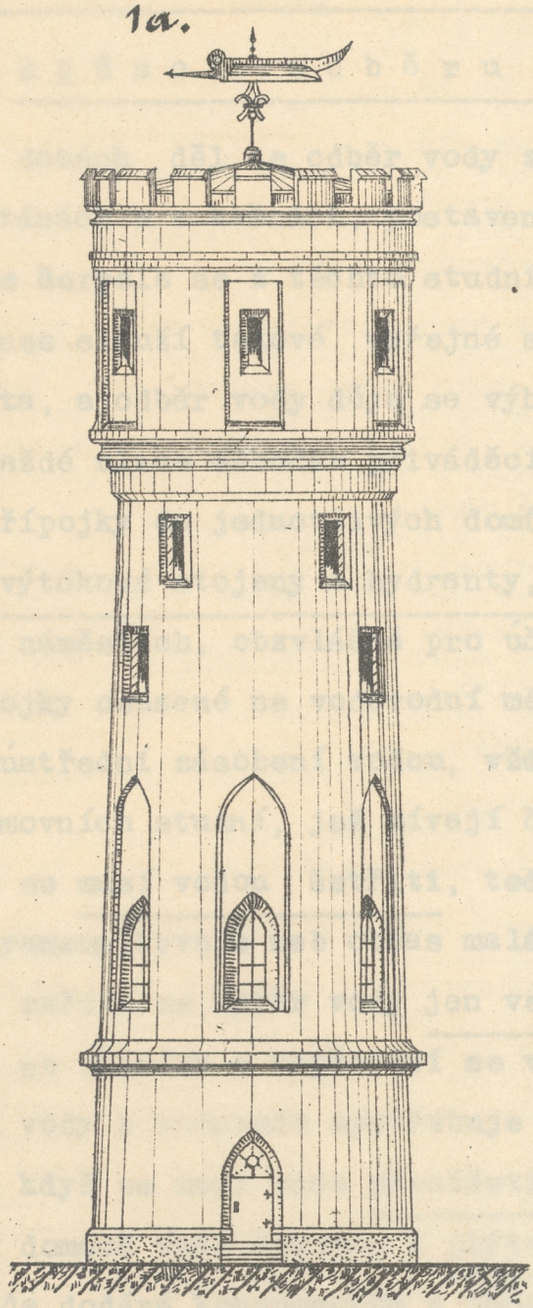
Vodárenské věže.

Tab. 80.

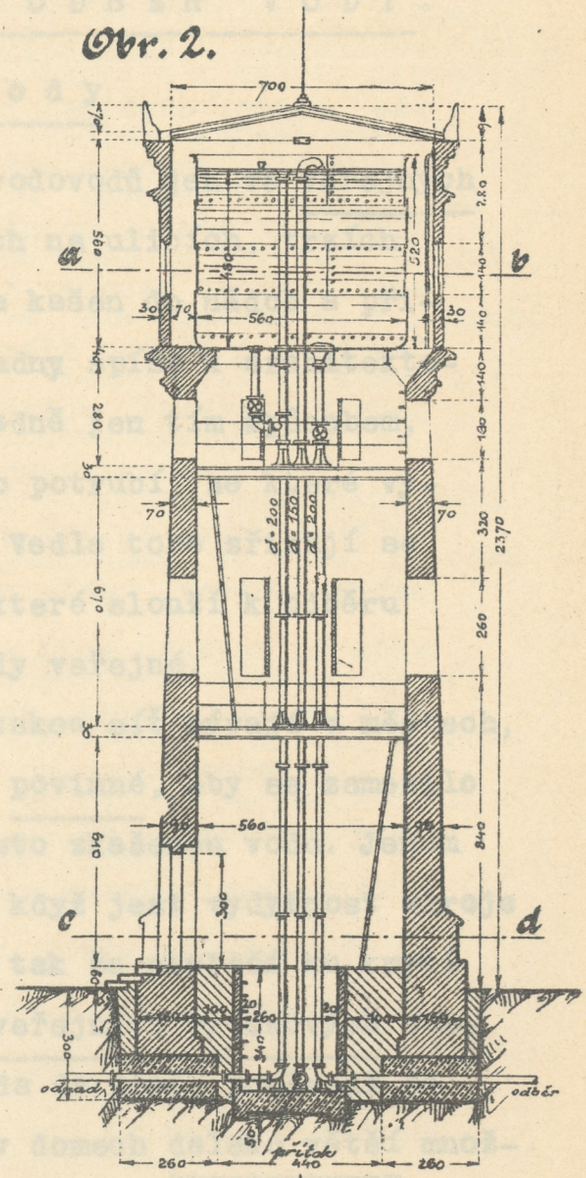
Obr. 1.



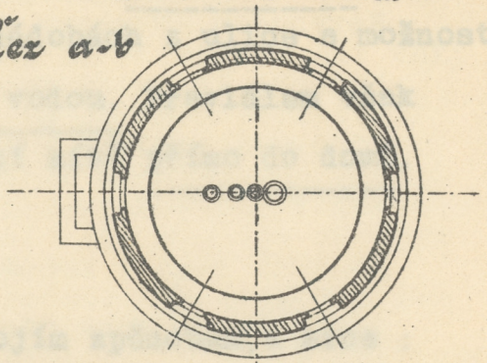
1a.



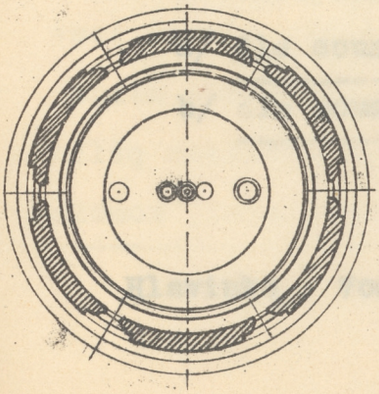
Obr. 2.



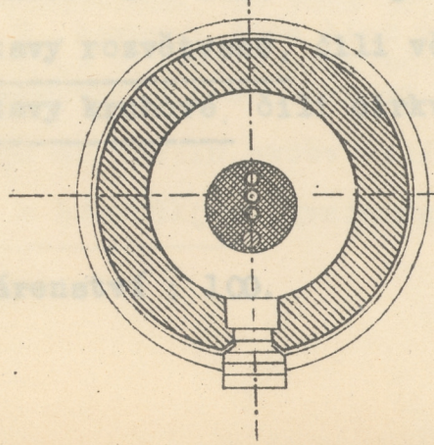
Řez a-b



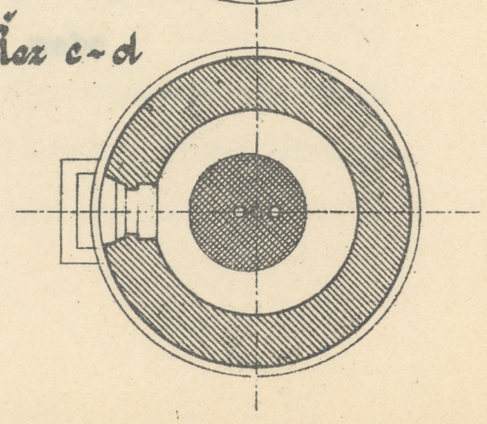
Řezy: a-b

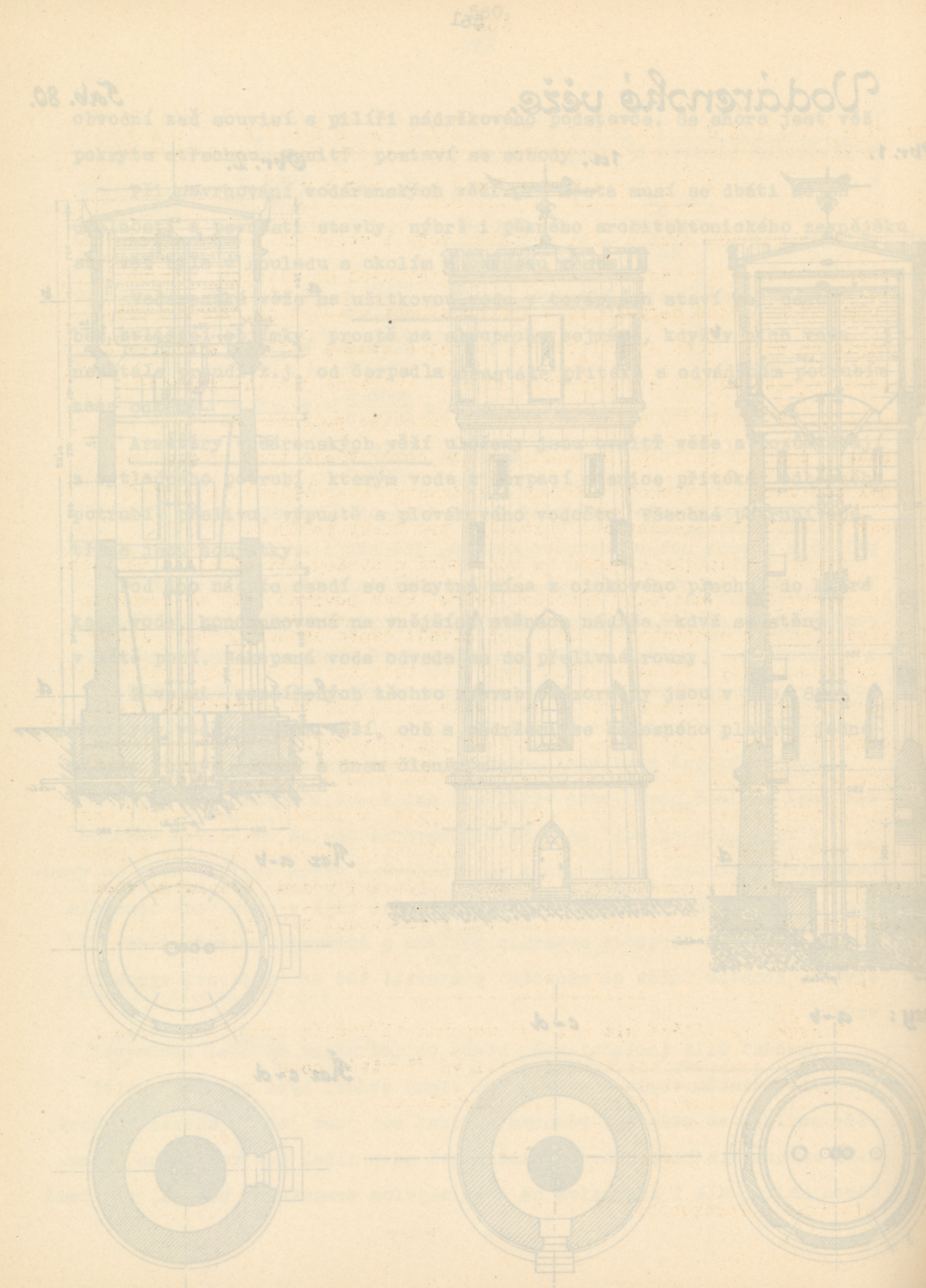


c-d



Řez c-d





§35. ROZVÁDĚCÍ MĚSTSKÁ SÍŤ A ODBĚR VODY.

1./ Způsob odběru vody.

V dřívějších dobách děl se odběr vody z vodovodů jen ve veřejných studnách čili fontánách a v kašnách, postavených na ulicích, trzích a náměstích. Voda čerpala se z těchto studní a kašen do nádob a přinášela do domů. Dnes slouží takové veřejné studny spíše k architektonické výzdobě města, a odběr vody děje se výhradně jen tím způsobem, že se položí do každé ulice odbočka přiváděcího potrubí, ze které vycházejí domovní přípojky do jednotlivých domů. Vedle toho zřizují se však též veřejné výtokové stojany a hydranty, které slouží k odběru vody na ulicích a náměstích, obzvláště pro účely veřejné.

Domovní přípojky osazené na vodovodní městskou síť bývají v městech, kde je zavedeno ústřední zásobení vodou, vždy povinné, aby se zamezilo užívání vody z domovních studní, jež mívají často zkaženou vodu. Jenom v případech, když se musí vodou šetřiti, tedy když jest vydatnost zdroje vodního, na př pramene, trvale neb občas malá, tak že nestačí ku krytí normální potřeby, zařídí se odběr vody jen ve veřejných výtokových stojanech a studnách na ulicích a nepřivádí se voda do domů, poněvadž se při přímém odběru vody z vodovodu spotřebuje v domech daleko větší množství vody, než-li když se musí voda přinášeti v nádobách z ulice a možnost snadného odběru v domech vede dokonce k plýtvání vodou. Pravidlem však zůstává, že se voda dodává konsumentům z vodovodní sítě přímo do domů.

2/ Rozváděcí síť.

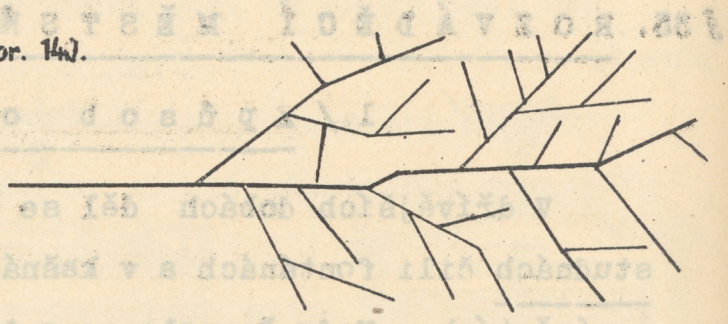
Městská rozváděcí síť může se uspořádati dvojím způsobem, a sice :

a/ dle soustavy rozvětvené, čili vějířovité, nebo

b/ dle soustavy kruhové čili cirkulační

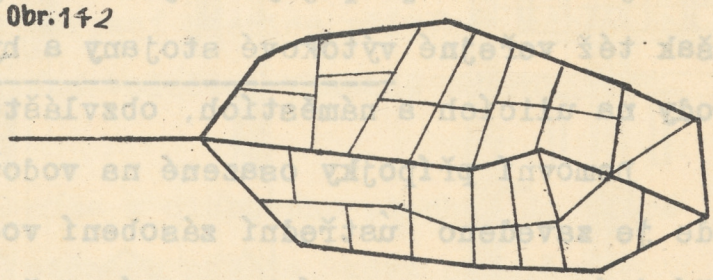
Při soustavě rozvětvené čili vějířovité / Verästelungssystem/ jde hlavní napájecí řád ze zá - sobovacího vodojmu středem /tě - žišťnicí/ města, od něho vychá - zejí kmenové odbočky do různých čtvrtí a z těchto odbočky do jednotlivých ulic, při čemž se koncové body nedotýkají, podobně jako větve stromu Obr 140.

Obr. 140.



Při soustavě kruhové, čili cirkulační /Kreislaufsystem/. jsou jednotlivé větve uliční sítě mezi sebou spojeny, takže přichází voda do každého bodu uličních sítí ze dvou stran Obr 141

Obr. 142



Výhodou soustavy rozvětvené jest menší délka a lehčí přizpůsobení útvaru území; její nevýhodou jest, že uzavření vodovodu na kterémkoliv místě, na př za příčinou opravy, zůstane ostatní, za tím místem ležící trať vodovodního potrubí bez vody. Toho při kruhové soustavě není, poněvadž zde může přicházeti voda ze dvou stran a při opravách zůstane bez vody jen trať mezi dvěma uzavřenými šoupátky Nevýhodou soustavy rozvětvené bývá též horší jakost vody v koncových bodech, kde voda stojí a v zimě lehce zamrzne. Proti tomu čelí se výtokovými stojany v koncových bodech potrubí, kde voda stále vytéká, aby v potrubí proudila, ale tím se spotřebuje značné množství vody. Konečně jest v koncových bodech soustavy rozvětvené i menší tlak, jestliže se voda odebírá současně na více místech téže větve, kdežto při kruhové soustavě se tlak v celé síti vyrovná. Z těchto důvodů jest kruhová soustava výhodnější a provede se tím způsobem, že každá ulice obdrží svoje potrubí a jednotlivé větve uliční se spojí navzájem příčními ulicemi, čímž se vlastně obě soustavy, vějířovitá a cirkulační, kombinují.

Při projektování navrhne se nejdříve středem města /těžištěm / hlavní napáječ, který přivádí vodu ze zásobovacího vodojmu do města, z něho vycházejí kmenová potrubí do různých čtvrtí a z těchto odbočují odběrná potrubí do jednotlivých ulic. Hlavní napáječ klademe pokud možno ve spádu na relativně nejvyšších místech zásobeného území, aby pobočná potrubí do jednotlivých ulic ležela ve spádu a aby tato potrubí měla pokud možno stejný spád jako čára tlaková. Tím dosáhne se v potrubí na celé délce stejnoměrného tlaku při potrubí, které leží ve stoupání; tlaku nestejnoměrně ubývá, jelikož má čára tlaková opačný spád.

Pro hydraulický výpočet potrubí a ztráty tlakové v rozváděcí síti vycházíme vždy ze soustavy vějířovité a předpokládáme, že voda přitéká do jakékoliv části města nejkratší cestou.

Z důvodů bezpečnostních a se zřením na eventuelní opravy, opatří se potrubí rozváděcí sítě šoupátky, kterými lze hlavní a uliční potrubí uzavříti. Šoupátka většího kalibru osadí se ve vstupních šachticích, šoupátka menšího kalibru jen v zákopových garniturách.

3./ V ý p o č e t r o z v á d ě c í s í t ě

Výpočet vodovodní sítě, t j stanovení průměru /kalibru/ jednotlivých potrubí rozváděcí sítě, provádí se dle různých method /Rother, Bodenseher, Mannes, Lueger a j./ z nichž uvádíme tuto :

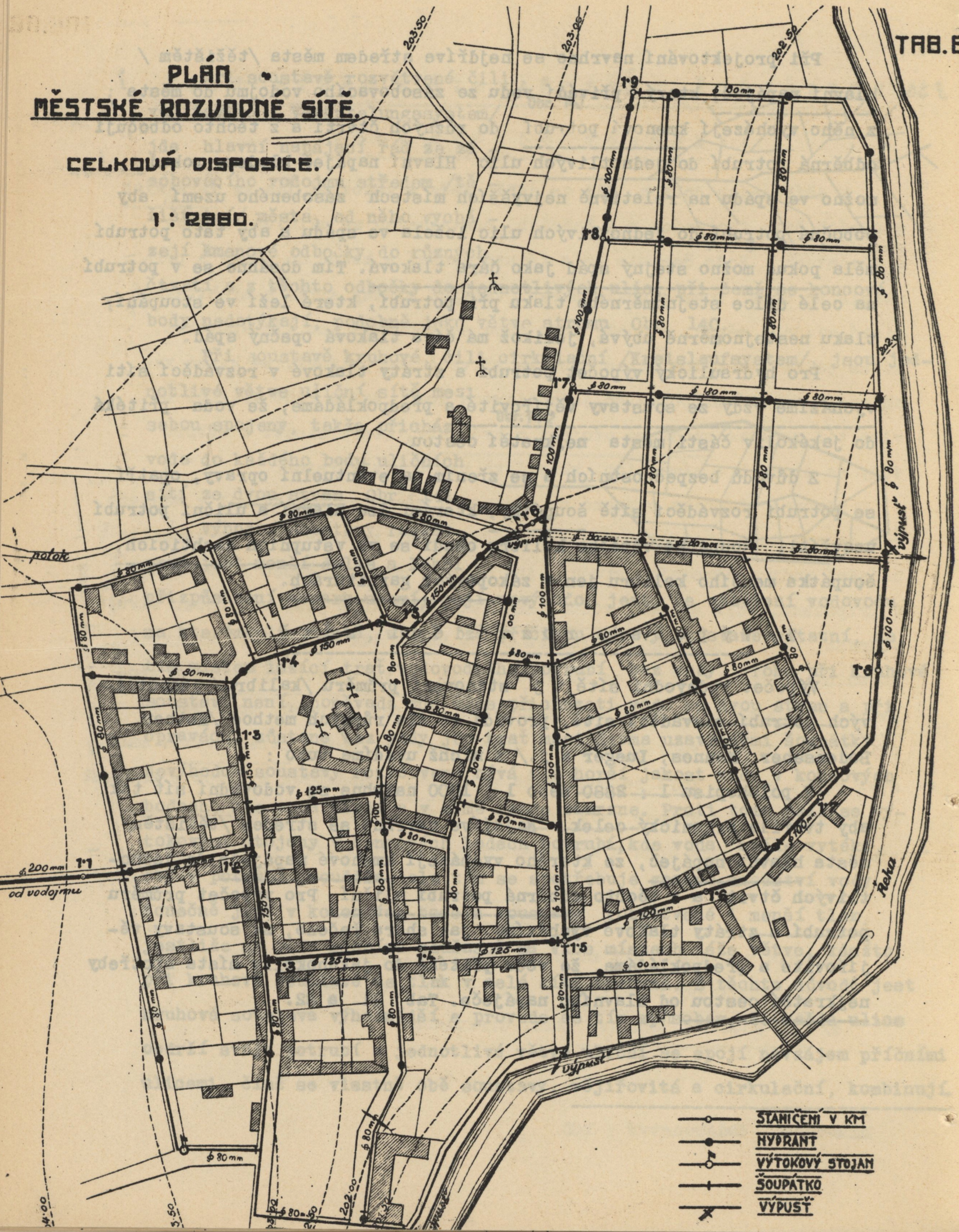
V polohopisu 1 : 2880 nebo 1 : 1000 navrhne se vodovodní síť tak, aby tvořila organický celek. Nejdříve navrhne se středem /těžištěm/ města hlavní napáječ, ze kterého vycházejí kmenové napáječe do jednotlivých čtvrtí a z těchto odběrná potrubí uliční. Pro výpočet průměru potrubí a ztráty tlakové vycházíme, jak shora řečeno, ze soustavy vějířovité a předpokládáme, že voda přitéká do jakéhokoliv místa spotřeby nejkratší cestou od hlavního napáječe. Tab 81 a 82.

TAB. 81.

PLÁN MĚSTSKÉ ROZVODNÉ SÍTĚ.

CELKOVÁ DISPOSICE.

1 : 2880.



TAB. 82

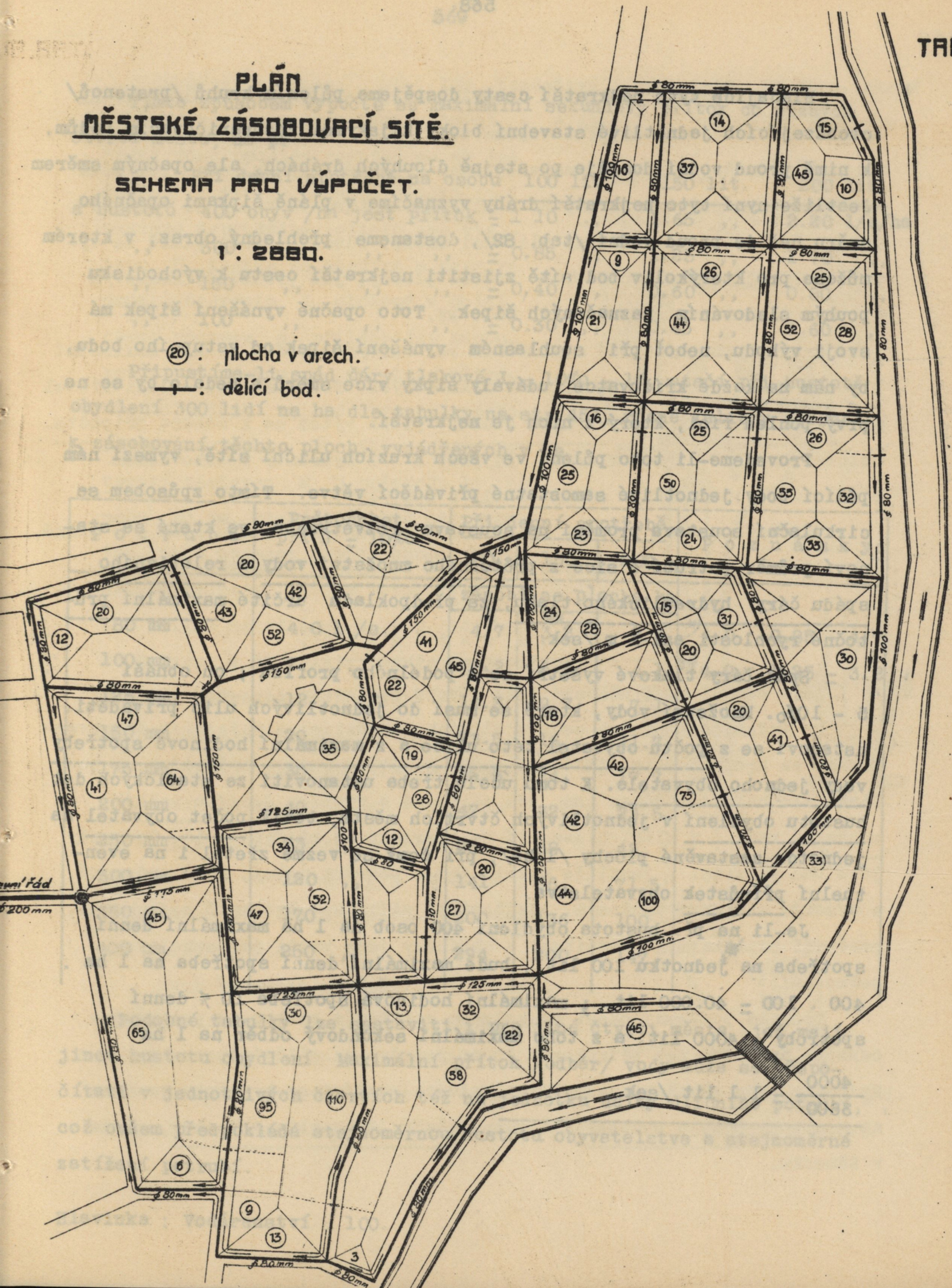
PLÁN
MĚSTSKÉ ZÁSOBOVACÍ SÍTĚ.

SCHEMA PRO VÝPOČET.

1 : 2880.

(20) : plocha v arech.

—|—: dělící bod.



Hledajíce tyto nejkratší cesty dospějeme půlením kruhů /prstenců/ obcházejících jednotlivé stavební bloky k jakýmsi rozhraničovacím bodům, k nimž proud vodní dospěje po stejně dlouhých dráhách, ale opačným směrem. Jestliže nyní tyto nejkratší dráhy vyznačíme v pláně šipkami opačného směru než je proud vodní /tab. 82/, dostaneme přehledný obraz, v kterém můžeme pro kterýkoliv bod sítě zjistiti nejkratší cestu k východisku pouhým sledováním naznačených šipek. Toto opačné vynášení šipek má svoji výhodu, neboť při souhlasném vynášení šipek od vstupního bodu, by nám na každé křížovatce udávaly šipky více směrů a nedalo by se na prvý pohled říci, který z nich je nejkratší.

Provedeme-li toto půlení ve všech kruzích uliční sítě, vymezí nám půlící body jednotlivé samostatné přiváděcí větve. Tímto způsobem se cirkulační soustava promění na soustavu rozvětvenou, ve které se stanoví průměr potrubí a sice z průtočného množství vody a relativního spádu čáry hydraulického tlaku, za předpokladu určité maximální průtočné rychlosti asi 1 m./sek.

Spád čáry tlakové vyšetří se z podélného profilu ; on obnáší 5 - 10‰. Množství vody, které se musí do jednotlivých ulic přiváděti, ustanoví se z počtu obyvatel této ulice a z maximální hodinové spotřeby vody jednoho obyvatele. K tomu účelu třeba ustanoviti ze statických dat hustotu obydlení v jednotlivých čtvrtích města, totiž počet obyvatel na jednotce zastavěné plochy /1 ha/, při čemž se vezme zřetel i na eventuelní přírůstek obyvatelstva.

Je-li na př. hustota obydlení 400 osob na 1 ha maximální denní spotřeba na jednotku 100 lit., bude maximální denní spotřeba na 1 ha : 400 . 100 = 40.000 lit., maximální hodinová spotřeba 10 % denní spotřeby = 4000 lit. a z toho maximální sekundový odběr na 1 ha

$$\frac{4000}{3600} = 1.1 \text{ lit./sek.}$$

Tímto způsobem vypočte se maximální sekundový přítok do různých čtvrtí města, na př

	Při denní spotřebě na osobu	100 lit	150 lit.	200 lit.
a hustotě	400 obyv /ha jest přítok =	1 10 ,,	1.65 ,,	2.20 l/s/ha
,,	300 ,, ,, ,, =	0.85 ,,	1,25 ,,	1.70 ,,
,,	150 ,, ,, ,, =	0,40 ,,	0,60 ,,	0.80 ,,
,,	100 ,, ,, ,, =	0.30 ,,	0.45 ,,	0.60 ,,

Připustíme-li spád čáry tlakové J = 10‰ = 1%, stačí při hustotě obydlení 300 lidí na ha dle tabulky na str 451, různé kalibry potrubí k zásobování těchto ploch, vyjádřených v ha.

Potrubí	Průtočnost při J = 10‰	Při denní spotřebě			Poznámky:
		100	150	200	
		zásobí se plocha ha			
80 mm	4.0 l /s.	4.7 *	3 2 **	2,3	*) 4.0 : 0.85 = 4.7
100 mm	7 ,,	8.2	5 6	4.1	**) 4.0 : 1.25 = 3.2
125 mm	12 ,,	14.3	9 7	7,1	
150 mm	20 ,,	23.5	16	11.7	
175 mm	30 ,,	35.3	24	17.7	
200 mm	40 ,,	47	32	23.5	
250 mm	73 ,,	86	58	43	
300 mm	120 ,,	141	96	71.5	
350 mm	170 ,,	200	136	100	
400 mm	250 ,,	294	200	147	

Podobné tabulky lze sestaviti i pro jiné čtvrti města, jež mají jinou hustotu obydlení Maximální přítok /odběr/ vody může se přepočítati v jednotlivých čtvrtích též na jednotku délky uličního potrubí, což ovšem předpokládá stejnoměrnou hustotu obyvatelstva a stejnoměrné zatížení potrubí.

Počet kategorií městských čtvrtí závisí od místních poměrů, avšak k vůli jednoduchosti výpočtu volíme tento počet kategorií co nejmenší.

Pro výpočet ploch, přináležejících k jednotlivým uličním potrubím vyhotovíme na průhledném papíře kopii polohopisu, ve které se vyznačí jen uliční síť s příslušnými uličními bloky. Plochy těchto bloků se vypočtou a sčítáním těchto ploch určíme plochy, jež přináleží kmenovým přiváděčům a hlavnímu napáječi. Tab. 82.

Tyto plochy násobené maximálním sekundovým odběrem určují maximální přítok vody v potrubích uličních i kmenových. Při tom třeba vzíti zřetel na uliční hydranty a na veřejné studny, jichž výtok se k odběru připočte. Ohledně hydrantů předpokládáme, že jsou 2 - 3 hydranty v libovolném místě vždy v činnosti a dávají každý 5 sek./lit.

Výpočet potrubí provede se přehledným způsobem v tabulkách a v pláně, a k výpočtu použije se různých početních tabulek a diagramů.

4./ O d b ě r n á z a ř í z e n í .

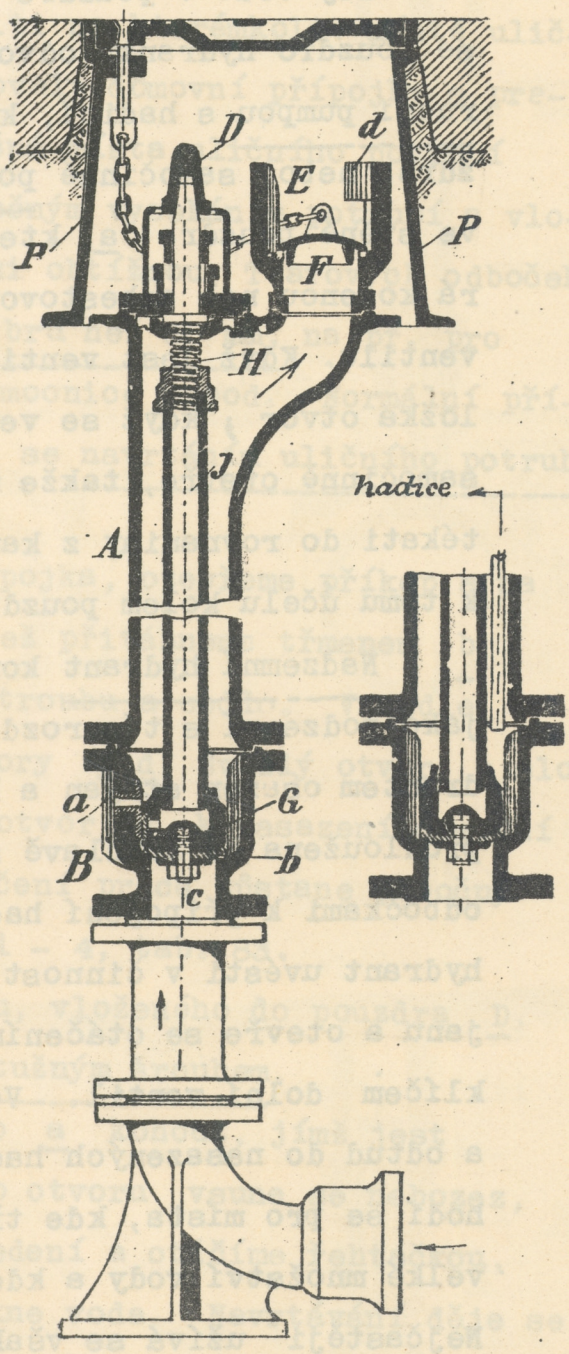
Voda odvádí se z městské sítě různým zařízením :

a/ Hydranty k odběru vody v ulicích, náměstích a veřejných prostranstvích ku kropení ulic, polévání sadů, k odběru vody v tržnicích, k požární službě atd., vůbec tam, kde se jedná o rychlou dodávku velkého množství vody. V ulicích osazují se hydranty na křížení ulic. Hydranty jsou buď podzemní , jestliže sahají jen k povrchu území, nebo nadzemní, s vysokým stojanem odběrným. Nejčastěji užívá se hydrantů podzemních, poněvadž nepřekážejí komunikaci a chráněny jsou proti jakémukoliv poškození.

Hydrant podzemní osadí se kolenem opatřeným patkou na pravoúhlou odbočku hrdlovou neb přírubovou 80 mm průměru na uličním potrubí. Hydranty jsou různě konstruovány. Nejvíce používá se hydrantu továrny na armatury Bopp a Reuther a továrny Klein, Schauzlin a Becker, oboje v Německu.

Hydrant podzemní, obr. 142, pozůstává z výstupného pouzdra, které jest složeno ze dvou částí, horní A a dolní B, spojených přírubou. Horní část pouzdra rozbíhá se ve dvě ramena. V otvoru jednoho ramena jest osazeno neprodyšné ložisko pro vřeteno H, kterým se otevírá a uzavírá ventil hydrantu G, uložený v dolní části pouzdra a přiléhající kaučukovou utěsnívkou b na otvor přiváděcího potrubí c. Do otvoru druhého ramene nasadí se při odběru vody výtokový nástavec E o průchodu 65, 70 nebo 85 mm, který jest buď našroubován, nebo nasazen pomocí ozubce bajonetové přípojky d. Na výtokový nástavec připne se odběrná hadice. Když není hydrant v činnosti, uzavře se otvor pouzdra našroubovanou poklicí F, aby se do pouzdra netrousilo smetí.

OBR. 142.
Hydrant podzemní.



V dolní části pouzdra jest osazen dosedací ventil G, který dosedá na otvor přiváděcí roury c a zavírá se vřetenem H a táhlem J; vřeteno je zakončeno čtyřbokým ostnem D k nasazení klíče s klikou K.

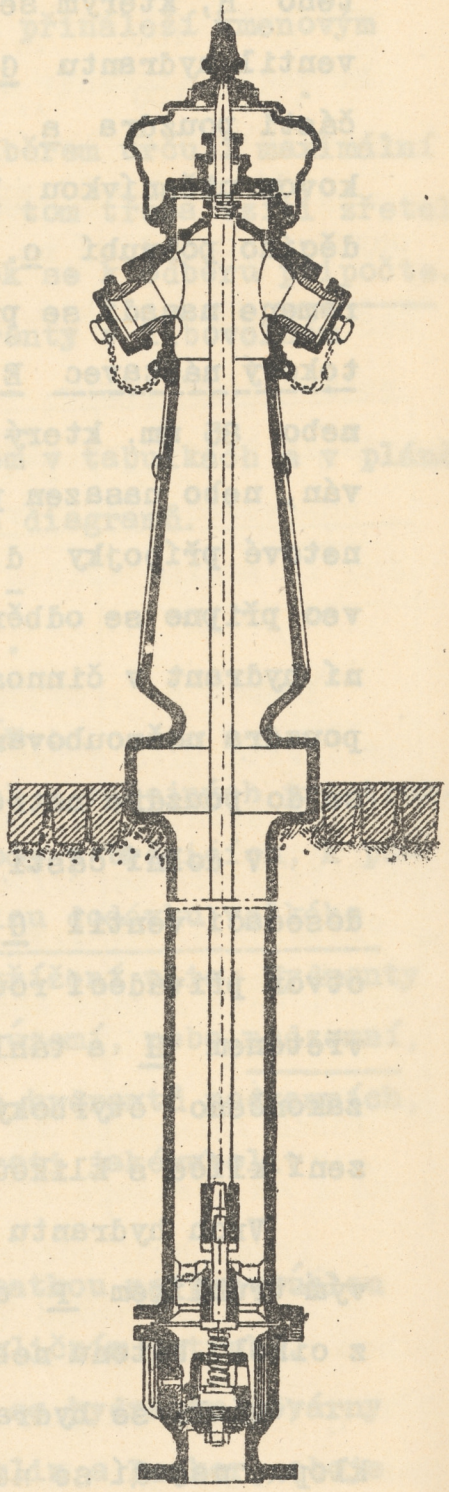
Vrch hydrantu chráněn jest litinovým truhlíkem P osazeným na podezdívce z cihel, betonu nebo na fošnách.

Má-li se hydrant uvésti v činnost, otevře se víko ochranného příklopu, nasadí se na otvor hydrantového pouzdra F výtokový nástavec

s přišroubovanou hadicí, klíčem nasazeným na osten ventilového vřetena H, které posunuje táhlo J, uvolní se dolní ventil G. Voda vytéká z uličního potrubí do pouzdra hydrantu a odtud nástavcem do hadice. Chceme-li výtok zastaviti, uzavře se vřetenem ventil, načež se nástavec s hadicí odšroubuje.

OBR. 143.

Hydrant nadzemní.



Aby voda v pouzdře v zimě nezamrzla, musí se pouzdro hydrantu odvodniti, což se děje buď ruční pumpou s hadicí, která se pustí do pouzdra, nebo samočinně pobočným malým otvorem ve stěně pouzdra a, který se uzavírá a otevírá koženou neb asbestovou příložkou dosedacího ventilu. Když jest ventil otevřen, otevírá příložka otvor; když se ventil uzavře, otvor se samočinně otevře, takže může voda z pouzdra vytékati do rovnaniny z kamene, která se naskládá k tomu účelu kolem pouzdra.

Nadzemní hydrant konstruován jest stejně jako podzemní s tím rozdílem, že jest nad hydrantem osazen stojan a horní část pouzdra je prodloužena až ku hlavě stojanu, opatřené dvěma odbočkami k připojení hadic. Obr. 143. Má-li se hydrant uvésti v činnost, zvedne se poklop stojanu a otevře se otáčením ventilového vřetena klíčem dolní ventil. Voda vytéká do nástavce a odtud do nasazených hadic. Nadzemní hydrant hodí se pro místa, kde třeba odebírati častěji velké množství vody a kde nepřekážejí dopravě. Nejčastěji užívá se však hydrantů podzemních.

Abychom hydramty a šoupátka snadno našli, označí se jejich poloha orientačními tabulkami

na domech nebo sloupech.

Hydranty zahradní slouží k odběru vody v zahradách

Hydranty nástěnné slouží k velkému odběru vody v domech, továrnách, jatkách, tržnicích, nádražích, atd.

b./ Domovní přípojky. Odběr vody pro domácnosti děje se dnes obecně domovními přípojkami, které se mohou osaditi na kterémkoliv místě uličního potrubí. U starších konstrukcí odbočovaly domovní přípojky s pravouhelnými odbočkami, vloženými na příslušná místa uličního potrubí a sice již při stavbě vodovodu neb dodatečným vysekáním potrubí a vložením tvarové odbočky, což bylo prací velmi obtížnou. Tvarových odboček užíváme dnes jen pro přípojky většího kalibru než 50 mm, na př. pro továrny, pro velké domy, ústavy, jatky, nemocnice a pod. Normální přípojky o světlosti 20, 25 a 30 mm provádějí se navrtáním uličního potrubí. Tab. 83.

Má-li se v některém místě zříditi přípojka, otevřeme příkop a na očkryté potrubí osadíme t.zv. sedlo aa, jež přitáhneme třmenem b z pásového železa a utěsníme vložkou mezi troubu a sedlo. V sedle jsou dva k sobě kolmé a spolu souvislé otvory c d. Svislý otvor c slouží k zavedení vrtáku, a pobočný vodorovný otvor d k nasazení domovní přípojky z olověné roury e e, až do ukončení práce zůstane pobočný otvor d uzavřen mosaznou zámyčkou. Obr. 1 - 4, tab. 83.

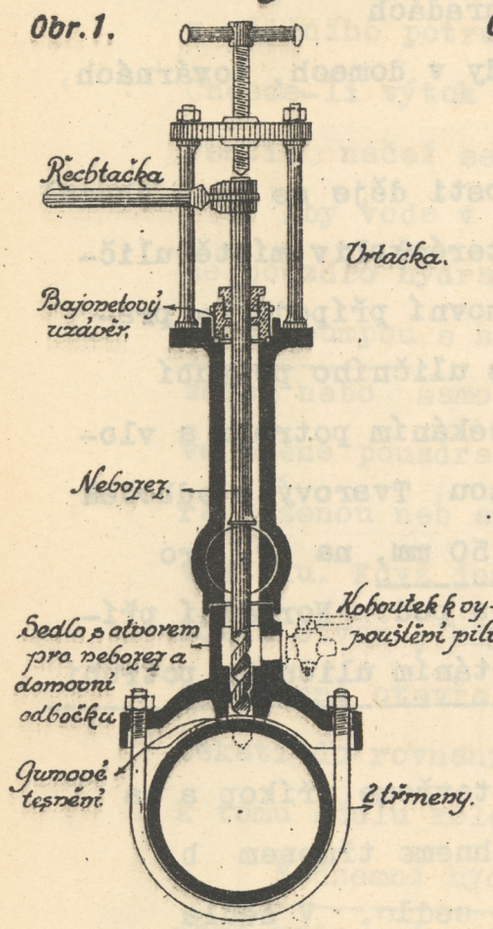
Vrtačka pozůstává z ocelového nebozezu, vloženého do pouzdra D, na kterém je osazeno vedení nebozezu s přítužným šroubem.

Pouzdro vrtačky D nasadí se na sedlo a kohout, jímž jest uzavřen svislý otvor; tento se otevře a do otvoru vsune se nebozez, který se přitahuje přítužným šroubem ve vedení a otáčíme řehtačkou, až stěnu potrubí úplně provrtáme a vytryskne voda. Navrtávání děje se vždy za tlaku v potrubí, aby piliny nezůstaly v potrubí, nýbrž tlačeny byly do volných koutů vrtačky. Po proražení stěny se nebozez rychle vytáhne a kohout se uzavře; na místo nebozezu vsune se do pouzdra tyč

Domovní přípojka.

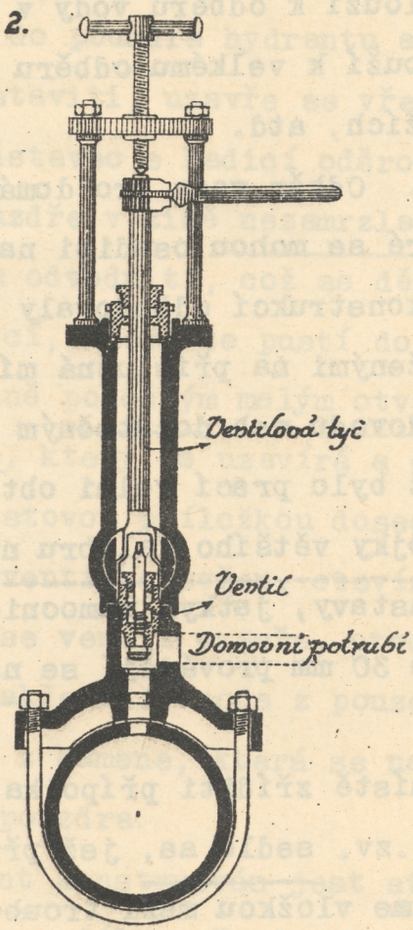
Navrtávání potrubí.

Obr. 1.



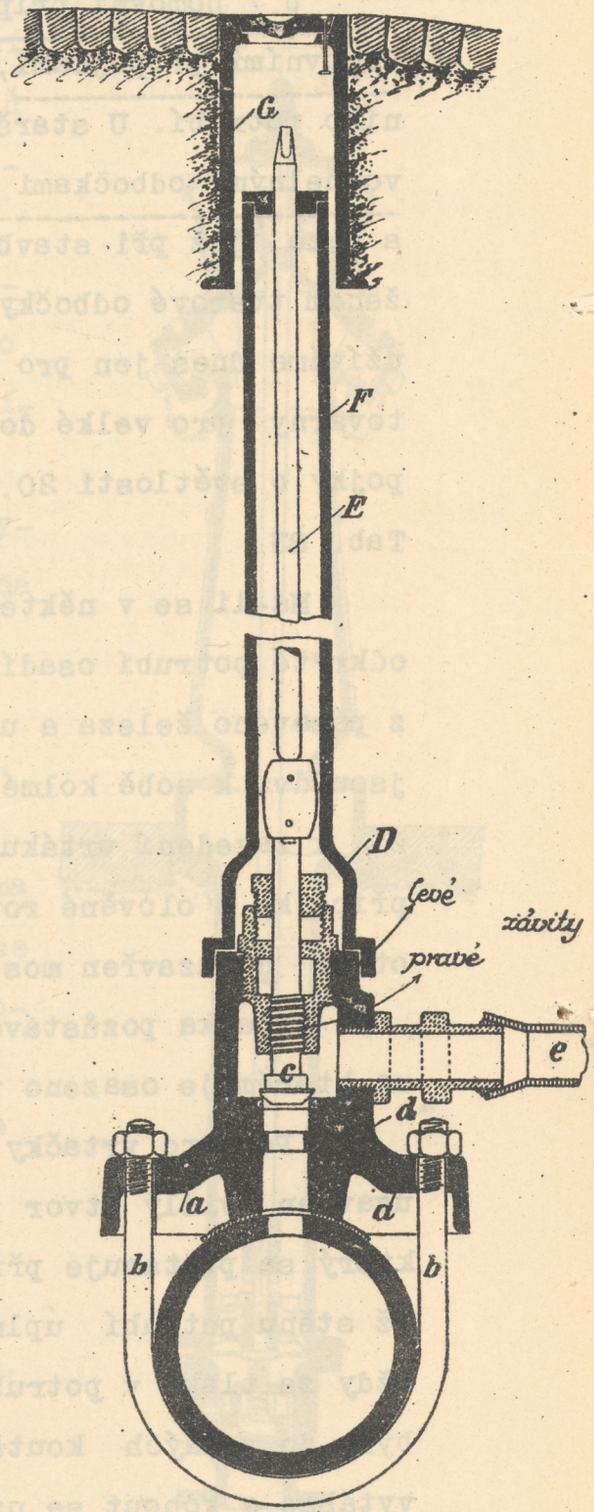
Zásun ventilu do navrtávky

Obr. 2.



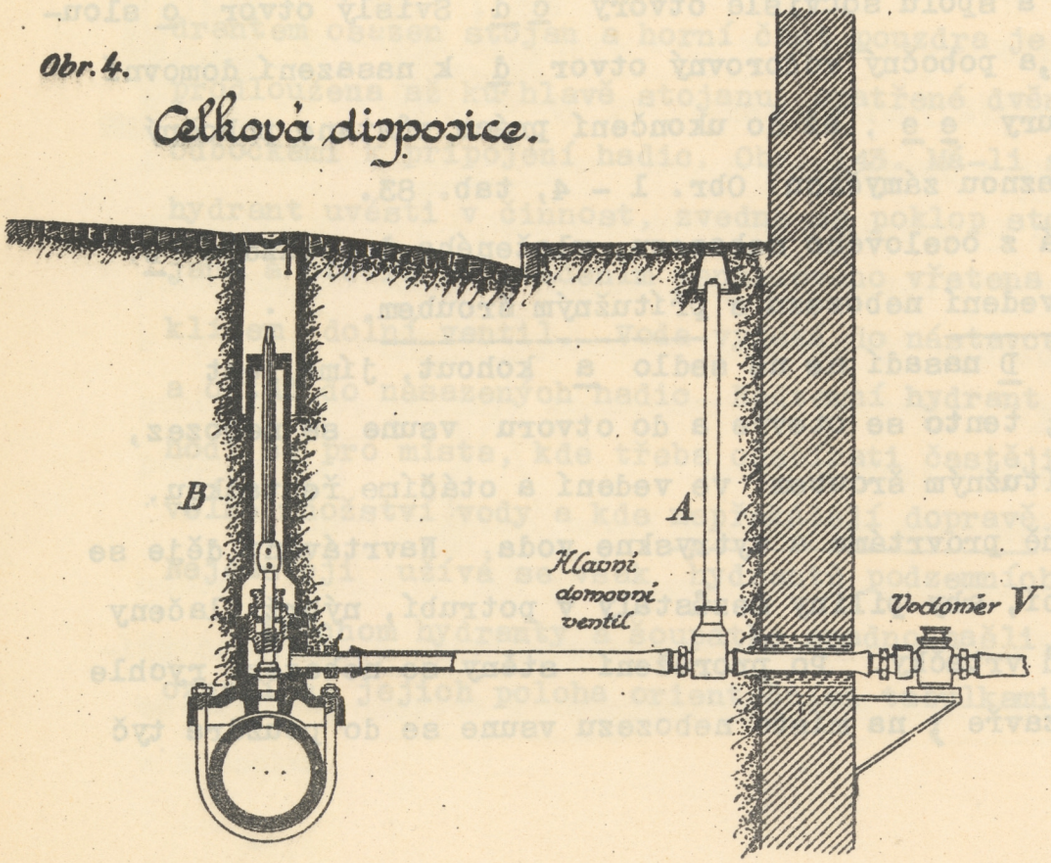
Kotová přípojka se zákopovou garniturou.

Obr. 3.



Obr. 4.

Celková dispozice.



s ventilem E, načež se vrtačka odejme, ventilová ucpávka se utěsní a zámyčka se nahradí čepem. Na tyč ventilovou osadí se prodloužená tyč se zákopovou garniturou F, pokrytou příklopem G. Na pobočný otvor b připojí se olověná domovní trubka C, do které se vloží uliční šoupě H.

Na hlavním domovním přiváděči osadí se v domě hlavní domovní ventil, eventuelně i vodoměr. Domovní přípojky mají tedy dvojí uzavírku, jednu za přípojkou na ulic a druhou v domě samém. Na hlavní domovní přiváděč připojují se olověná potrubí domovní instalace do příbytků, kuchyní, koupelen atd.

Výtokové studny čili výtokové stojany slouží k odebírání vody na ulicích. Jsou různě konstruovány a vyžaduje se od nich, aby se zamezilo plýtvání vodou, aby v nich voda v zimě nezamrzala a po uzavření ventilu, aby nastalo samočinné odvodnění výstupné trubice.

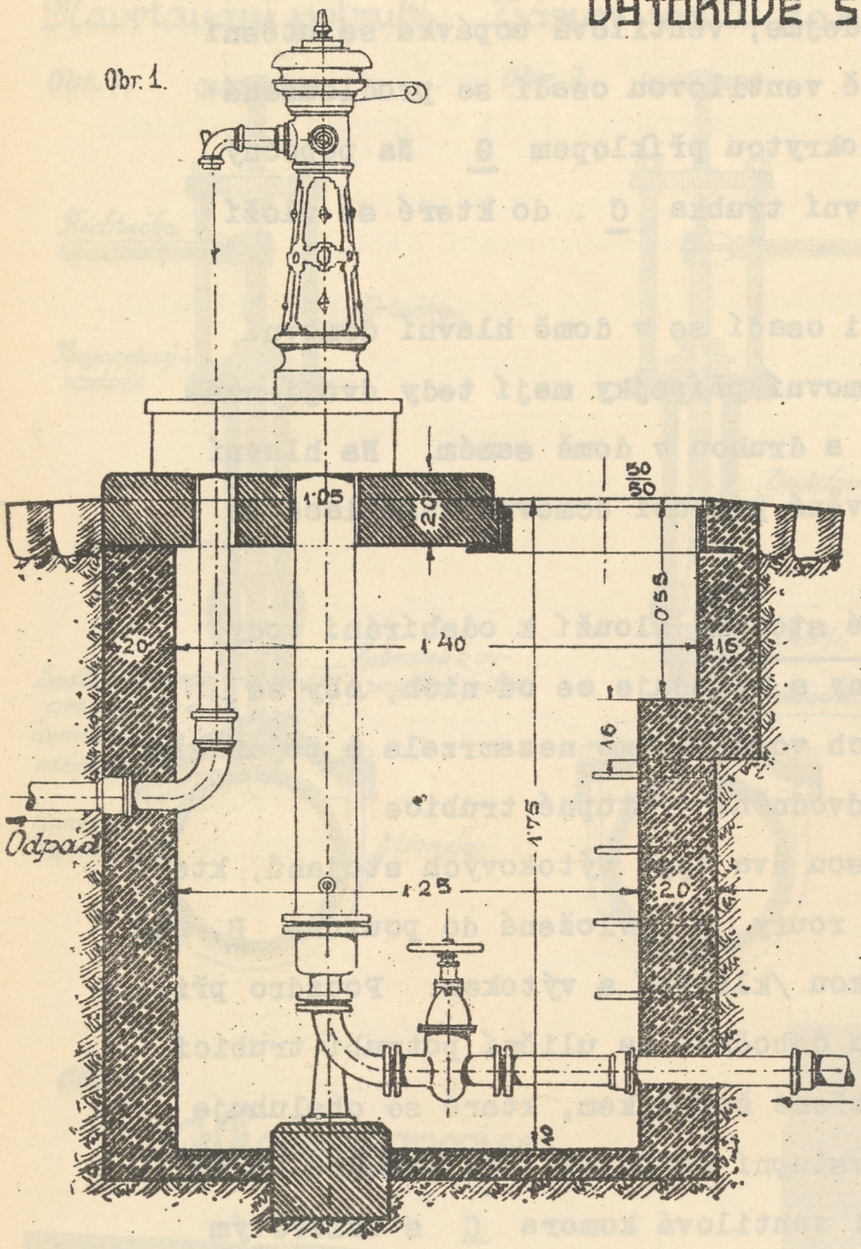
V tab. 84 a 85. znázorněny jsou dva typy výtokových stojanů, které pozůstávají v podstatě z výstupné roury E, vložené do pouzdra B, nad nichž je postaven stojan A s pákou /klikou/ a výtokem. Pouzdro připojeno je kolenem neb pravoúhelnou odbočkou na uliční potrubí trubicí ze železné litiny nebo olova, opatřené šoupátkem, které se obsluhuje buď zákopovou garniturou nebo ve vstupní šachtici. Na pouzdro 80 mm průměru připojena je v dolní části ventilová komora C s talířovým ventilem D, který se dá táhlem G tlačiti dolů a mosazným spirálovým pérem S tlačen je nahoru na otvor výstupné trubice E, která vychází z ventilové komory. Chce-li se u výtokového stojanu čerpati voda, přitlačí se pákou G a vhodným převodem na táhlo F, které tlačí ventil D dolů a otevře komoru C. Voda vnikne z komory do výpustné trubice E a teče k výtoku H. Voda teče však jen tak dlouho, dokud se tlačí pákou na táhlo G na ventil D. Jakmile se přestane tlačiti, přitlačí spirální péro S na ventil D, uzavře otvor a výtok vody přestane

Úprava domovní instalace patří do výstavby domu.

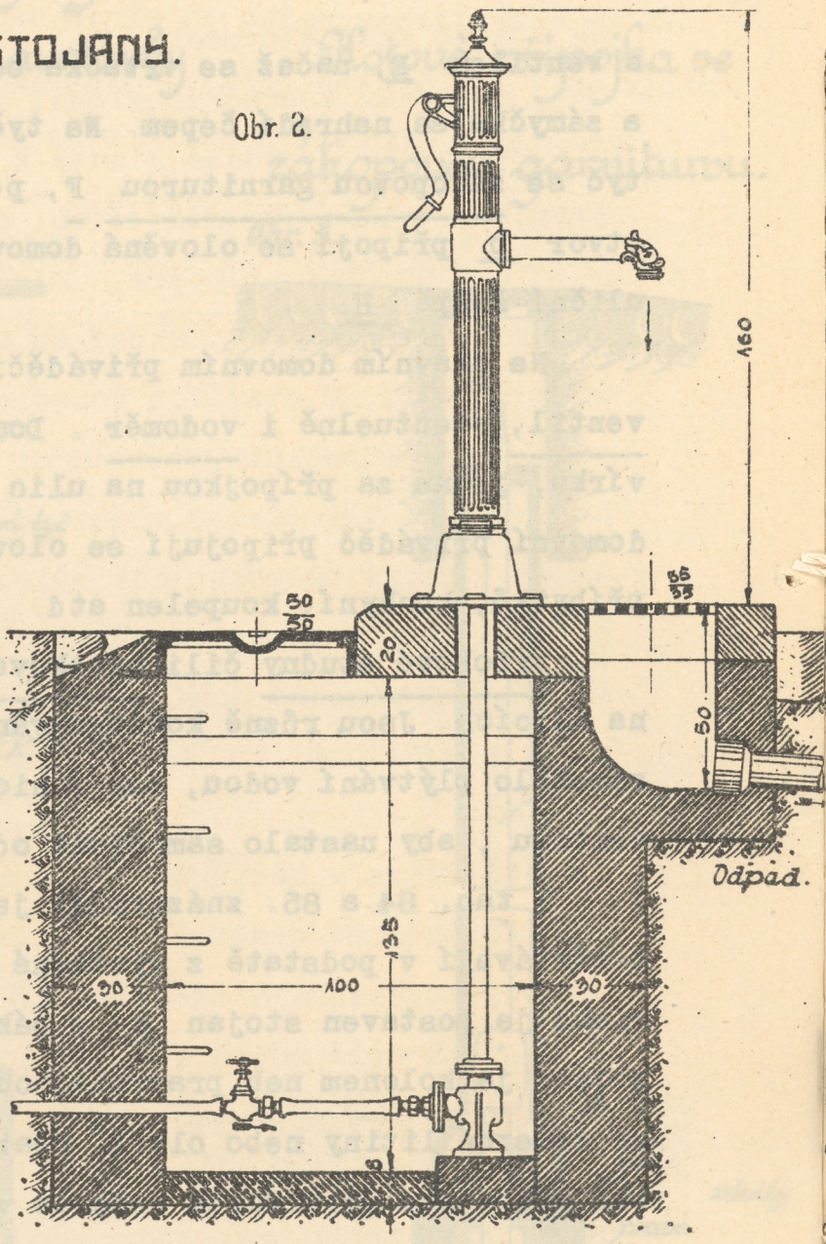
— — — —

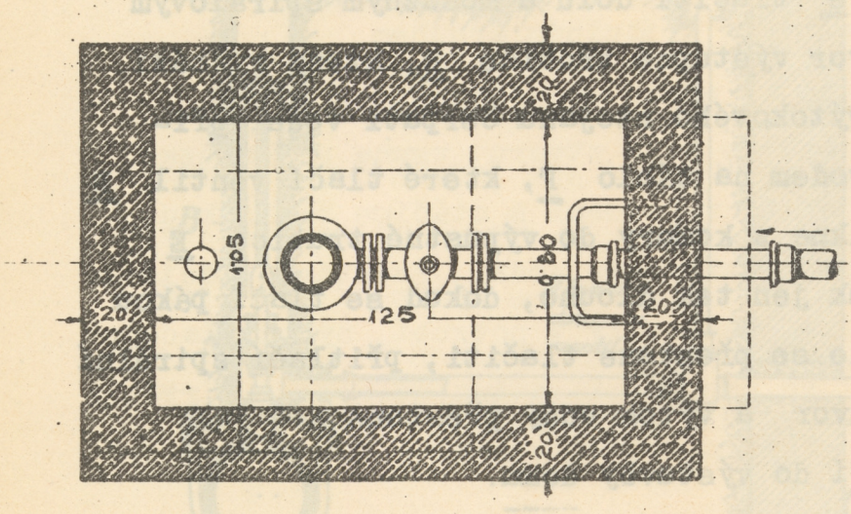
VÝTOKOVÉ STOJANY.

Obr. 1.

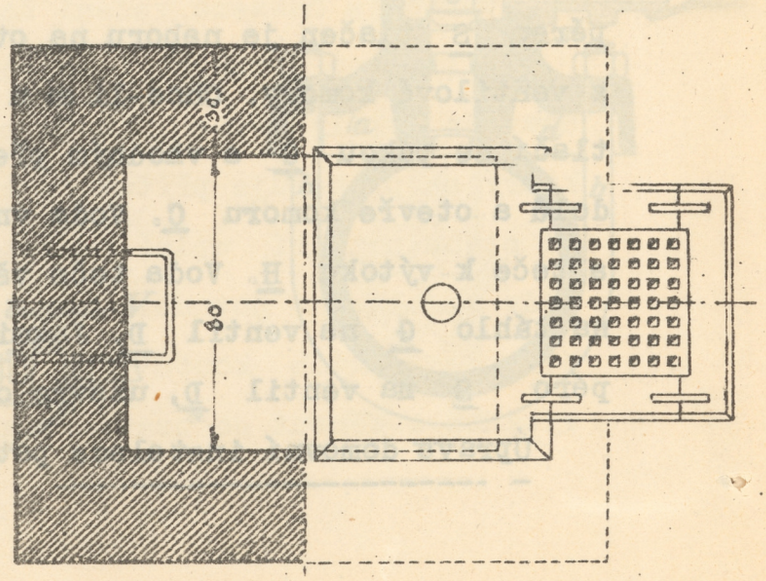


Obr. 2.



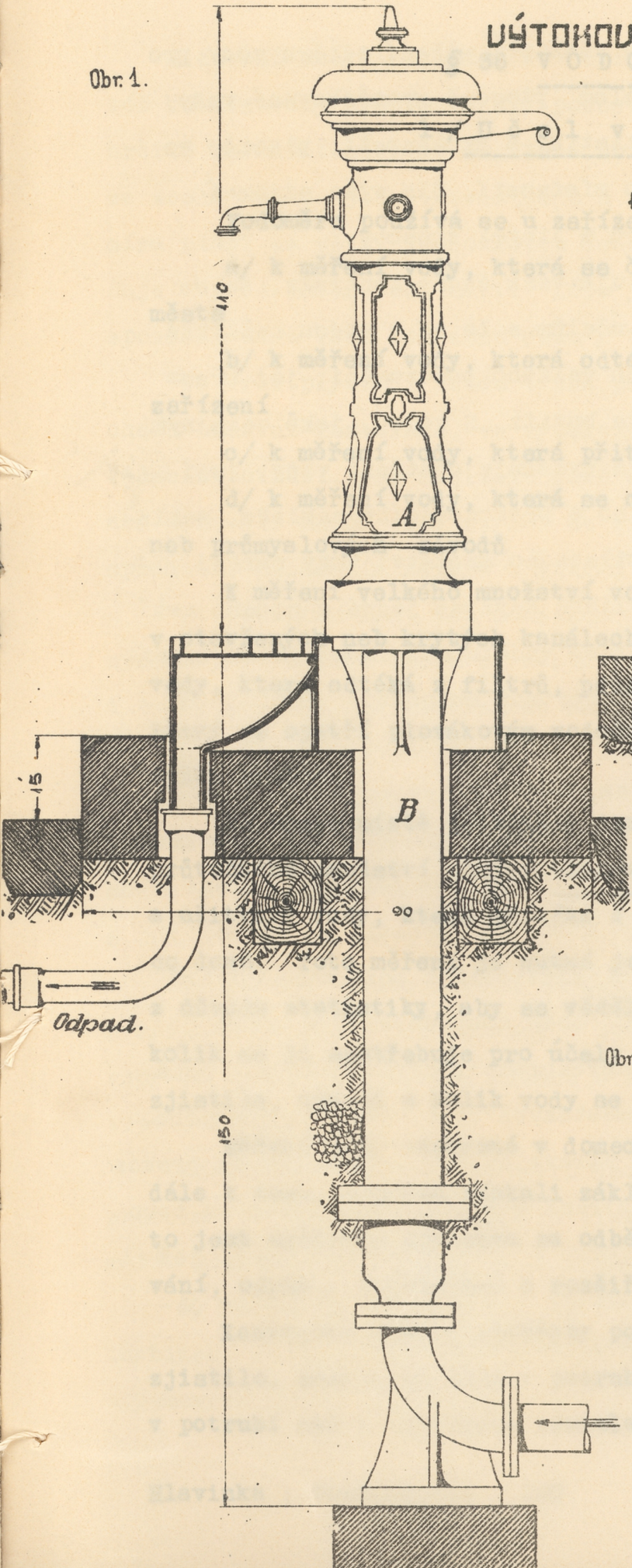


MĚŘ. 1:20.



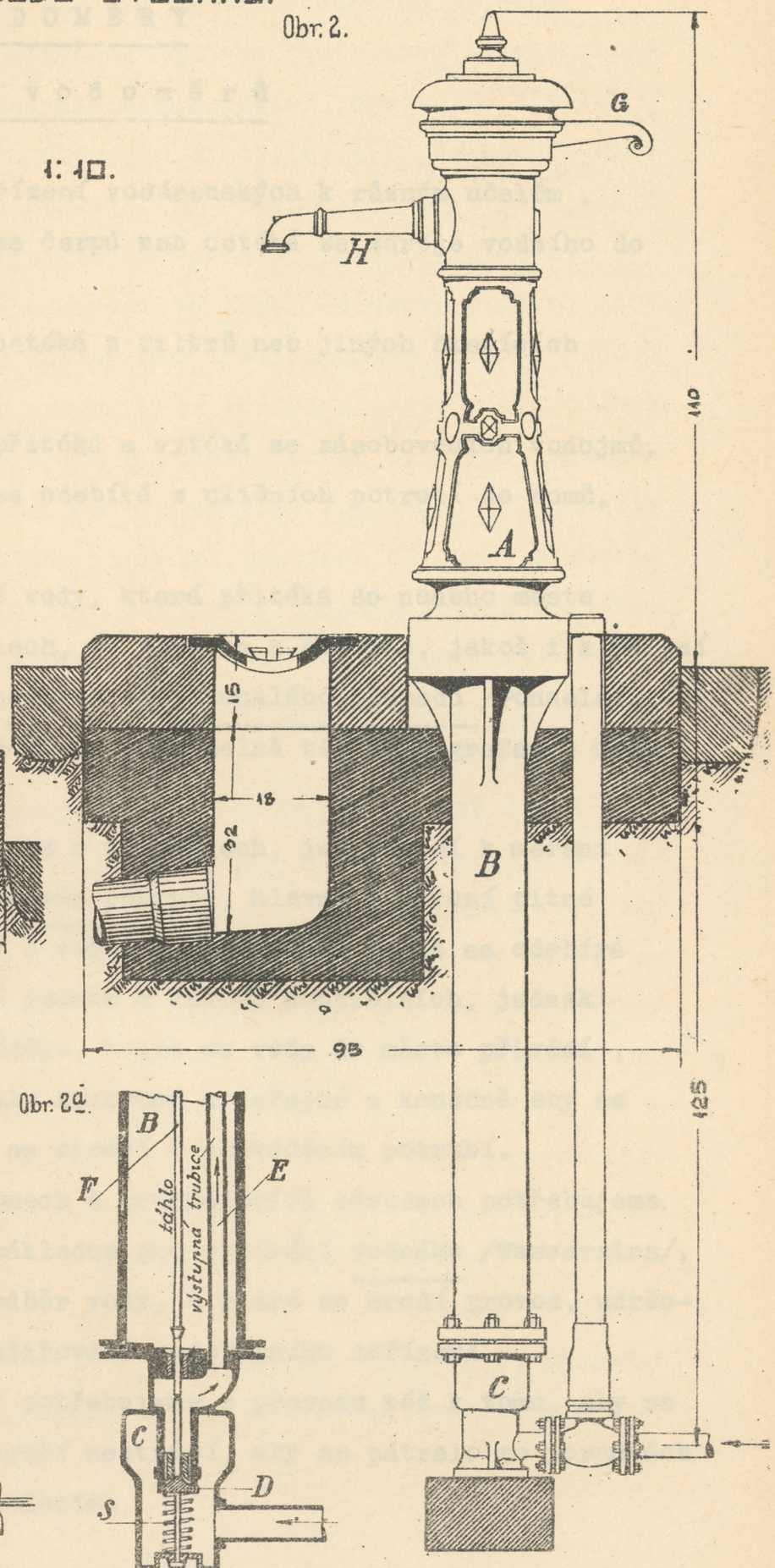
VÝTOKOVÉ STOJANY.

Obr. 1.

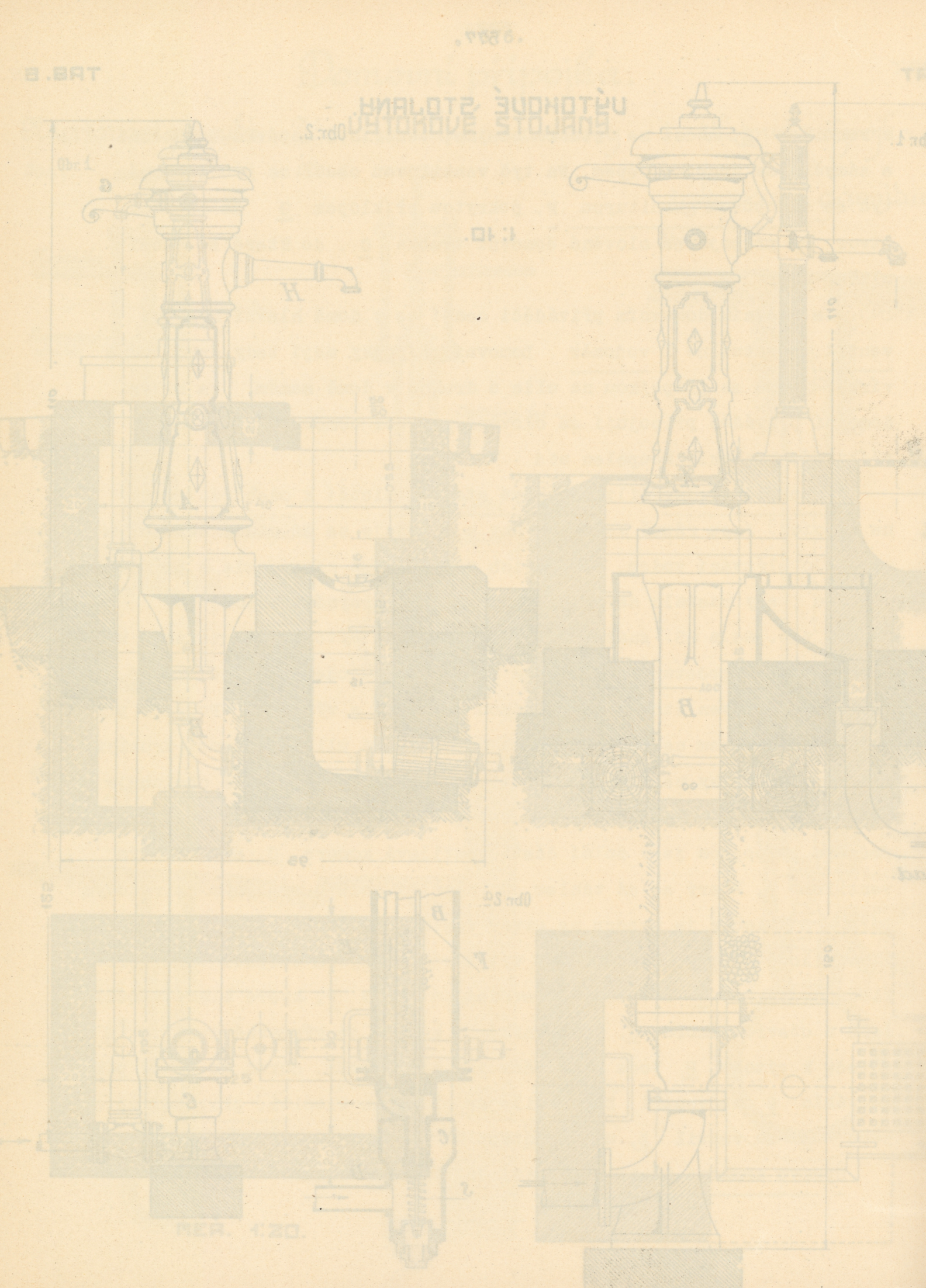


1 : 10.

Obr. 2.



Obr. 2a.



§ 36 V O D O M Ě R Y

1 / U č e l v o d o m ě r ů

Vodoměru používá se u zařízení vodárenských k různým účelům .

a/ k měření vody, která se čerpá neb odtéká ze zdroje vodního do města

b/ k měření vody, která odtéká z filtrů neb jiných čistících zařízení

c/ k měření vody, která přitéká a vytéká ze zásobovacích vodojmů,

d/ k měření vody, která se odebírá z uličních potrubí do domů, neb průmyslových závodů

K měření velkého množství vody, která přitéká do našeho města v otevřených neb krytých kanálech, ve žlabech a štolách, jakož i k měření vody, která odtéká z filtrů, používá se dokonalého přepadu /Poncelet/, který se opatří plovákovým vodočtem, eventuelně též limnigrafem k měření výšky přepadu

Na tomto místě pojednáme jen o vodoměrech, jež slouží k měření průtočného množství vody v tlakovém potrubí, hlavně k měření pitné a užitkové vody, která přitéká z vodojmu do města a která se odebírá do domů. Toto měření je nutné jednak z důvodů kontrolních, jednak z důvodu statistiky, aby se vědělo, kolik se vody do města přivádí , kolik se ji spotřebuje pro účely soukromé a veřejné a konečně aby se zjistilo, zda-li a kolik vody se ztrácí v rozváděcím potrubí.

Měření vody odebrané v domech a průmyslových závodech potřebujeme dále k tomu, abychom získali základnu pro vybírání vodného /Wasserzins/, to jest určitého poplatku za odběr vody, z které se hradí provoz, udržování, odpis , doplňování a rozšiřování vodovodního zařízení .

Kontrolní měření spotřeby potřebujeme v provozu též k tomu, aby se zjistilo, zda-li se voda v potrubí neztrácí, aby se pátralo po poruchách v potrubí neb v domovních instalacích

Největší potřeba vodoměru jeví se však při měření odběru vody pro domácnosti a průmyslové závody, za účelem placení spotřebované vody. V dřívějších letech, dokud nebylo statistiky a zkušeností, platilo se vodné paušálně, dle velikosti obytných místností, dle výše nájemní činže, dle výše pojistného proti požáru a jinými způsoby.

Paušální placení vodného neposkytuje však žádné kontroly, že se vody použije skutečně jen k užitkovým účelům a že se s vodou neplýtvá. U obyvatelstva nenacházíme v tom ohledu velkého porozumění, jež třeba kontrolním měřením spotřeby vody teprve buditi. S vodou, jako veřejným statkem, obyčejně nikdo nešetří a přece vyžaduje opatření vody, její přivádění a rozvádění velkého stavebního a provozovacího nákladu, nehledě ani k tomu, že opatření /jímání/ potřebného množství vody naráží často na nepřekonatelné překážky, obzvláště když se jedná o spodní neb pramenitou vodu, jejíž množství je omezeno vydatností vododajného území. V takovém případě je šetření s vodou nezbytnou nutností , nemá-li nastati nedostatek.

Proti kontrole odběru vody brání se mnozí hygienikové, kteří stojí na stanovisku, že každý obyvatel má míti z důvodů zdravotních neomezené množství vody, aniž by byl ve spotřebě vody brzděn ohledy na spoření ve vydání na vodu. Proti tomuto názoru třeba zdůrazniti, že měření spotřeby neznamená ještě brzdění na úkor zdravotních požadavků, nýbrž jen omezením spotřeby na rozumnou míru, tedy hospodařením s vodou a zamezením nezúčelného vědomého neb nevědomého plýtvání vodou , poněvadž voda, která odtéká bezúčelně do městských stok, není žádným užitkem hygienickým Konečně musí městská správa najíti též úhradu za provoz vodárny a spravedlivou základnu pro vybírání vodného. Nenajde-li se tato uhrada ve vodném, musí se najíti jiná forma k opatření prostředků, jež vyžaduje řádný chod vodárny, na př přirážky k činžovní dani, nebo jiným daním, které by obyvatelstvo stejně zatěžovalo.

Z důvodů sociálních a zdravotních, může se v placení vodného zavésti též kombinovaný systém, který pozůstává v tom, že se spotřeba vody do určité normální míry na př 30 - 50 litrů na osobu denně súčtuje paušálně za zcela nízkou jednotkovou cenu a teprve voda spotřebovaná přes tuto míru platí se větší jednotkovou cenou. Avšak i toto rozlišování vyžaduje aby se odběr vody měřil. Lépe je ovšem pro provoz vodárny zúčtovati spotřebovanou vodu za jednu cenu / V Brně 2.- K/m^3/.

Na vrub plýtvání vodou třeba připsati velké ztráty vodní v poruchách domovní instalace, ve výtokových kohoutech, v klosetech, v rozváděcím potrubí, jež majitelé domů nespravují, když jich ztráta vody nic nestojí. Mnoho vody ztrácí se zvykem umělého chlazení místností sprchami, chlazením nápojů a pokrmů vodou z vodovodu.

Statistikou není též dokázáno, že by se zavedením vodoměru a účelným hospodařením s vodou zdravotní stav obyvatelstva nějak zhoršil a že by byla nějaká souvislost mezi zdravotním stavem obyvatelstva a množstvím spotřebované vody. Jsou města v severní Americe, která vykazují spotřebu 500 - 600 lit. na osobu a den a přece jsou zde infekční nemoce s letálním průběhem na denním pořátku a naproti tomu vykazují města na evropském kontinentu norm. spotřebu vody asi 150 lit. na osobu a den, a při tom mají mnohem příznivější zdravotní stav.

Ze všech těchto důvodů zavádějí se v městech obligatorní vodoměry k měření veškerého odběru vody a statistikou je dokázáno, že spotřeba vody po zavedení vodoměru klesne o 20 - 40%, aniž by tím obyvatelstvo trpělo nějaké újmy.

Konstrukce a druhy vodoměrů jsou velmi různé a řídí se dle množství průtoku, tedy velikosti průměru tlakového potrubí, ve kterém se voda měří. Rozeznáváme hlavně tyto druhy vodoměrů :

a/ Vodoměry s pohyblivým ústrojím, jež pozůstává z lopatkových turbinek, vodního šroubu, koleček jež se proudem vodním otáčejí, neb objemových homol, jež se střídavě plní a vyprázdňují.

b./ Vodoměry s ústrojím nepohyblivým, k nimž náleží vodoměr Venturi.

2./ Vodoměry lopatkové

Pozůstávají z lopatkových turbinek osazených do potrubí, kde se proudem protékající vody otáčejí a počet otáček, který se přenáší soukolím na sčítací stroj, který registruje na ciferníku hodinového stroje a stanoví průtočnou rychlost vody protékající tlakovým potrubím. Je-li tato rychlost v a průřez F, bude průtočné množství vody Q = F.v K zjednodušení výpočtu upraví se však ciferník sčítacího stroje tak, že se neodečte počet otáček lopatkového kolečka nýbrž že se počet těchto otáček vyjádří v hodnotách, převedených na průtočné množství vody, které způsobilo pohyb a tyto převedené hodnoty určí se zkusmo pomocí odběrných nádob.

Vodoměry lopatkové konstruují se ve dvou typech :

a/ vodoměry ve vodě jdoucí, kde nejen lopatky, nýbrž i soukolí přiváděcí a sčítací je ve vodě /vodoměry mokré, Wasserläufer/

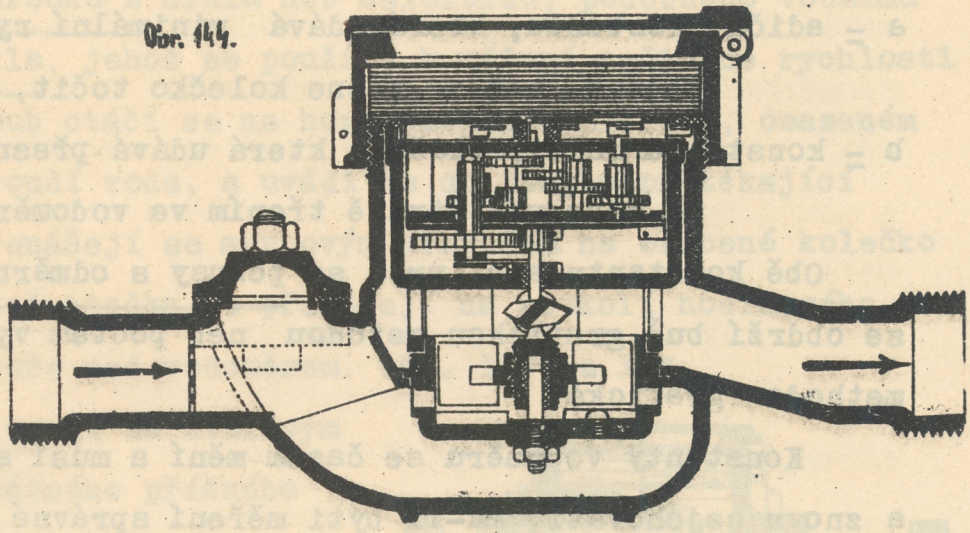
b/ vodoměry jdoucí v suchu, kde leží ve vodě jen lopatky a soukolí otáčecí, kdežto soukolí sčítací je v suchu v komůrce nad vodoměrem. /Vodoměry suché, Trockenläufer/.

Vodoměry ve vodě jdoucí jsou cice jednodušší , nicméně se používá vodoměrů suchých, poněvadž sčítací soukolí hodinového stroje trpí časem újmu na citlivosti následkem inkrustace v tvrdé vodě, neb usazováním kalu, když se jedná o kalnou vodu užitkovou. Jinak je konstrukce obou druhů vodoměrů zásadně stejná jen s tím rozdílem, že mají vodoměry suché uvnitř rozdělovací strop, kterým prochází vodotěsně hřídel přiváděcího soukolí.

Vodoměry lopatkové pozůstávají z pouzdra z bronzu uvnitř cínované a vyzkoušené na 15 atm. tlaku. Na protilehlých stranách pouzdra jsou

nátrubky o průměru 13 - 150 mm, jež se řídí dle velikosti domovní přípojky, tedy velikosti spotřeby Obr. 144. V dolní části pouzdra osazeno je hnací ústrojí, pozůstávající z lopatkového kolečka, na které se vede proud vodní šikmo excentrickým kanálem nebo kulisami. Lopatkové kolečko má svislý hřídelík z niklu v achatové pánvičce, aby byly odpory co nejmenší, na hřídelíku jsou 4 lopatky z celuloidu nebo různých slitin kovů, které nerezaví /Delta kov/ V horní části pouzdra osazeno je převáděcí soukolí, kterým se přináší otáčky lopatkového kola na sčítací stroj

Obr. 144.



Aby proud vodní měl ve vodoměru větší účinek a aby i malé množství vody bylo na číselníku zaznamenáno, můžeme průměr přiváděcího potrubí ve vodoměru redukovati asi na polovici, na př. do domovní přípojky 30 mm osadíme vodoměr 15 mm.

U každého vodoměru vyžaduje se určitá citlivost a přesnost, t.j. aby na číselníku bylo registrováno skutečné průtočné množství vody. Tato citlivost, která obnáší u dobrých vodoměrů asi 2% průtoku, závisí na velikosti odporu, který musí proud vodní při pohybu otáčecího ústrojí překonati.

Obecně je průtočné množství vody čili výkonnost vodoměru v jednotce časové $Q = F.v.$, kde značí F průtočnou plochu vodoměru a v průtočnou rychlost, kterou lze vyjádřiti rovnicí $v = a + b\,o$.

V této rovnici značí :

o = počet otáček hřídelíku lopatkového kolečka,

a = adiční kostantu, která udává minimální rychlost a minimální průtok, než se začne kolečko točit,

b = konstantu multiplikační, která udává přesnost vodoměru, závislé na odporu a ztrátě třením ve vodoměru.

Obě konstanty a,b, určí se pokusy s odměrnými nádobami, ze kterých se obdrží buď grafickou metodou neb počtem vyrovávacím. Jednodušší je methoda grafická.

Konstanty vodoměru se časem mění a musí se občas přezkoušeti a znovu cejchovati, má-li býti měření správné.

Cejchování vodoměrů, t.j. stanovení jeho výkonnosti, provádějí továrny na vodoměry ; vodárny velkých měst zařizují si však takové zkušebny samy a sice se zřením na veliký počet vodoměrů a potřebu trvalé jejich kontroly.

3./ V o d o m ě r y o b j e m o m ě r n é

jsou buď pístové neb komorové. U pístových vodoměrů pozůstává měřící přístroj z vodního pístového motoru svislého neb otáčivého, kdežto u vodoměrů druhých, měří se průtočné množství vody komorou v pouzdře, která je rozdělena šikmo položeným kotoučem z paragumy/diskem/ ve dva díly, které se střídavě plní a vyprázdňují a tohoto střídavého plnění dosáhne se oscilací kotouče z paragumy, který se pohybuje na šikmé ose o kulovitém kloubu, osazeném v dolní části pouzdra.

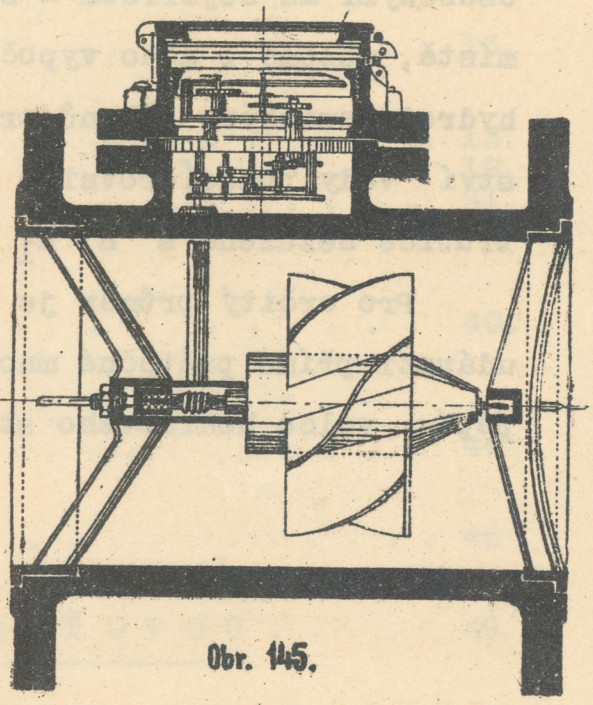
Oscilací pohyb kotouče přenáší se soukolím na hodinové a sčítací ústrojí jako u lopatkových vodoměrů.

Vodoměry objemové čili diskové /Scheibewassermesser/ Tyto vodoměry pracují přesněji než vodoměry lopatkové a hodí se i pro vodu horkou a vodu, která není úplně čistá. Oproti vodoměrům lopatkovým jsou dražší.

4./ Šroubové vodoměry

pozůstávají z plochého šroubu z niklu neb celuloidu, podobného vodnímu šroubu Woltmannova křídla, jehož se používá k měření průtočné rychlosti v otevřených tocích. Šroub otáčí se na horizontálním hřídeli, osazeném volně v rouře, kterou proudí voda, a uvádí se do pohybu protékající vodou. Otočky šroubu přenášejí se srubovým převodem na ozubené kolečko se svilým hřídelem, jehož otočky se přenášejí na soukolí hodinového stroje, osazeného v pouzdře nad vodoměrem. Obr. 145. a 146.

Woltmannův vodoměr osadí se tvarovým kusem přírubovým do průběžného příčného potrubí, a aby se proud vodní lépe koncentroval, má vodoměr něco menší průměr nežli potrubí. Aby pak proud vodní stejnoměrně narážel na závity šroubu, je otvor přiváděcí rozdělen tenkými podélnými příčkami, kterými se proud vodní dělí.

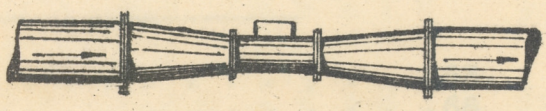


Obr. 145.

Jako u dřívějších vodoměrů lze i zde průtočné množství vyjádřiti rovnicí $Q = v.F$; $v = a + b\,o$, ve které značí a i b konstanty, jež se ustanoví pokusy

Woltmannovy vodoměry jsou velmi citlivé, hodí se pro každou vodu a pro každý průměr tlakového potrubí ø 50 - 750 mm, ale nejvíce se jich používá k měření průtočného množství vody v hlavních přiváděcích většího průměru.

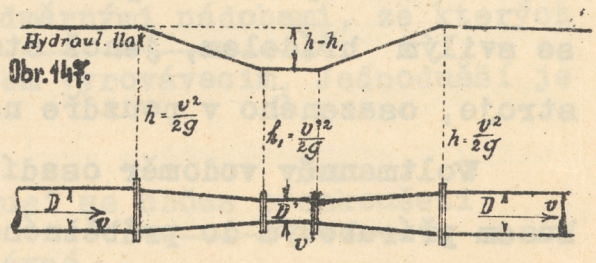
Obr. 146.



5./ Vodoměr Venturi

zakládá se na principu, že ve zúženém průřezu tlakové trubice se při nezměněném průtoku pohybuje voda větší rychlostí než v průřezu nezúženém a obráceně, že bude v průřezu zúženém větší ztráta tlaková $h = \frac{v^2}{2g}$ a menší hydraulický tlak než v průřezu nezúženém. Obr. 147.

Měříme-li tento rozdíl tlakový $h - h_1$ pierometry neb rtuťovými barometry osazenými na nejširším a nejnižším místě, můžeme z něho vypočísti dle hydrodynamických zákonů průtočné množství vody pomocí rovnice $Q = 4{\cdot}45\ F\sqrt{h - h_1}$, ve které značí F průměr trubice nezúžené a $h - h_1$ tlak v trubici nezúžené a zúžené.



Obr. 147.

Pro určitý průměr je hodnota 4·45 F konstantní a může tedy $h - h_1$ udávati přímo průtočné množství vody, jež může býti zapisováno na časový papír válce hodinového stroje.

Obsah.

Úvod

Strana:

1./ Účel staveb vodárenských . . . . . 3.
2./ Historický vývoj vodárenských staveb . . . . . 5.
3./ Vodárenské soustavy . . . . . 6.
4./ Rozvrh vodárenských staveb . . . . . 12.

I. DÍL.

Opatření vody k ústřednímu zásobování.

§ 1. JAKOST PITNÉ VODY . . . . . 13.

1./ Fysikální vlastnosti vody . . . . . 13.
2./ Chemické vlastnosti vody . . . . . 19.
3./ Biologické vlastnosti vody . . . . . 31.
4./ Posuzování pitné vody . . . . . 34.

§ 2. POTŘEBA VODY . . . . . 40.

1./ Průměrná spotřeba vody . . . . . 40.
2./ Kolísání spotřeby vody . . . . . 44.

§ 3. ZDROJE VODY PITNÉ . . . . . 46.

§ 4. ZÁSOBOVÁNÍ VODOU DEŠŤOVOU . . . . . 49.

1./ Povaha dešťové vody . . . . . 49.
2./ Nádrže na dešťovou vodu, cisterny . . . . . 50.
3./ Stavební uspořádání cisteren . . . . . 56.
4./ Provedení stavby cisteren. . . . . 58.

§ 5. ZÁSOBOVÁNÍ VODOU POVRCHOVOU . . . 63.

1./ Povaha vody povrchové . . . . . 63.
2./ Jímání říční vody . . . . . 66.
3./ Jímání vody z jezer a nádrží . . . . . 74.

Zásobování vodou spodní a pramenitou.

Strana:

§6. HYDROLOGICKÁ ŠETŘENÍ O SPODNÍ VODĚ. 77.

1./ Porovitost půdy . . . . . .77.
2./ Propustnost půdy . . . . . .81.
3./ Vodní kapacita půdy . . . . . .82.
4./ Vznik spodní vody . . . . . .84.
5./ Pohyb spodní vody . . . . . .88.
6./ Etáže čili horizonty spodní vody 90
7./ Artézská spodní voda 90
8./ Spodní voda v Krasu . . . . . .92.
9 / Hloubka spodní vody 94

§7. MĚŘENÍ SPODNÍ VODY . . . . . .96.

1./ Sondoání půdy . . . . . .96.
2./ Měření hloubky spodní vody . . . . . .105.
3./ Hydrologické mapy . . . . . .108.
4./ Měření pohybu spodní vody . . . . . 109.
5./ Množství spodní vody . . . . . 112.
6./ Stanovení vydatnosti spodní vody trativody . . . . . 114.
7./ Stanovení vydatnosti spodní vody studnami . . . . . 117.

§8. HYDROLOGICKÝ VÝPOČET SPODNÍ VODY . . . 124.

1./ Filtrační zákon Darcy-ho . . . . . .124.
2./ Vydatnost trativodů . . . . . .127.
3./ Vydatnost studní . . . . . .130.

§9. PRAMENY . . . . . .134.

1./ Vznik a druhy pramenů . . . . . 134.
2./ Vydatnost pramenů . . . . . 137.

§10. JÍMÁNÍ PRAMENŮ 143

1./ Pramenné jímky . . . . . 143.
2./ Jímání pramenů štolami . . . . . 149.

Stavby ku jímání spodní vody . . . . . 171.

§11. JÍMÁNÍ SPODNÍ VODY TRATIVODY A STOLAMI.

1./ Trativody a štoly . . . . . 172.
2./ Nassávaná voda . . . . . .177.

Strana:

§ 12. STUDNĚ ŠACHTOVÉ . . . . . 181.

1./ Druhy studní šachtových. . . . . 181.
2./ Stavba šachtových studní . . . . . 182.
3./ Řadové studny . . . . . 187.

§ 13. STUDNY TRUBNÍ . . . . . 197.

1./ Druhy trubních studní . . . . . 197.
2./ Studny zárazné . . . . . 198.
3./ Vrtání trubních studnic . . . . . 199.
4./ Výstavba trubních studnic . . . . . 200.
5./ Řadové studnice . . . . . 210.

§ 14. ČERPÁNÍ VODY ZE STUDNÍ . . . . . 235.

1./ Čerpání ze studní ojedinělých . . . . . 235.
2./ Čerpání ze studní řadových . . . . . 241.

§ 15. UMĚLÁ SPODNÍ VODA . . . . . 249.

1./ Tvoření umělé spodní vody . . . . . 249.
2./ Infiltrační příkopy . . . . . 251.
3./ Infiltrační studny . . . . . 255.
4./ Infiltrační nádrže . . . . . 255.
5./ Závlahová pole . . . . . 256.

II. DÍL.

Zlepšování jakosti vody

§ 16. ČIŠTĚNÍ VODY MECHANICKOU FILTRACÍ . . . 263.

1./ Methody čištění vody povrchové . . . . . 263.
2./ Usazovací nádrže . . . . . 265.
3./ Zařízení usazovacích nádrží . . . . . 267.

§ 17. PÍSKOVÉ FILTRY . . . . . 271.

1./ Uspořádání pozvolných filtrů . . . . . 271.
2./ Účinek filtrů . . . . . 274.
3./ Velikost pískových filtrů . . . . . 276.
4./ Výstavba pískových filtrů . . . . . 277.
5./ Armatury pískových filtrů . . . . . 283.
6./ Provoz pískových filtrů . . . . . 289.
7./ Čerpací stanice . . . . . 292.

Strana:

§ 18. SPECIÁLNÍ FILTRY 293

1./ Vícenásobné filtry . . . . . 293.
2./ Filtry soustavy Puech-Chabal . . . . . 294.
3./ Wormské desky a Berkefeld filtry . . . . . 296.
4./ Berkefeld filtr 299

§ 19. ČIŠTĚNÍ S CHEM. PŘÍSADAMI 301

1./ Chemické přísady a srážidla 301
2./ Jewell - filtry 305

§ 20. RYCHLOFILTRY 309

1./ Účel a druhy rychlofiltrů . . . . . 309.
2./ Rychlofiltry soustavy Reisert . . . . . 311.
3./ Rychlofiltry soustavy Broda . . . . . 320.
4./ Rychlofiltr systém Gartzweiler. . . . . 324.
5./ Rychlofiltr systém Bollmann . . . . . 326.

§ 21. ZMĚKČOVÁNÍ VODY . . . . . 329.

1./ Účel a prostředky k změkčování vody . . . . . 329.
2./ Změkčování vody vápnem a sodou. . . . . 331.
3./ Změkčování vody permutitem . . . . . 337.

§ 22. ODŽELEZOVÁNÍ VODY . . . . . 341.

1./ Povaha železité vody . . . . . 341.
2./ Odželezovací soustavy. . . . . 344.
3 / Odželezovací soustava Oesten . . . . . 346.
4./ Odželezovací soustava Piefke . . . . . 346.
5./ Filtry odželezovací stanice . . . . . 350.
6./ Uzavřené aparáty odželezovací . . . . . 353.

§ 23. ODMANGANOVÁNÍ VODY . . . . . 357.

§ 24. STERILISOVÁNÍ VODY PRO ÚČELY VODÁRENSKÉ . . . . . 359.

1./ Účel a způsoby sterilisování vody . . . . . 359.
2./ Převařování vody . . . . . 363.
3./ Sterilisování vody ozonem . . . . . 364.
4./ Sterilisace ultrafialovými paprsky . . . . . 373.
5./ Sterilisování vody hypochloridy . . . . . 377.
6./ Sterilisování vody chlorem 381

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ KNIHOVNA

III. DÍL.

Stavby k přivádění, shromažďování a odběru vody

Strana:

§ 25. KRYTÉ KANÁLY . . . . . 389.

1./ Tvar krytých kanálů . . . . . 389.
2./ Hydraulický výpočet krytých kanálů . . . . . 390.

§ 26. MATERIAL KU STAVBĚ KRYTÝCH KANÁLŮ . . 403.

1./ Trouby z kameniny . . . . . 403.
2./ Trouby betonové . . . . . 406.
3./ Trouby z vyztuženého betonu . . . . . 410.
4./ Trouby ze železa a jiného materiálu . . . . . 412.
5./ Materiál pro kanály zděné . . . . . 414.

§ 27. PEVNOST KRYTÝCH KANÁLŮ . . . . . 417.

§ 28. STAVBA KRYTÝCH KANÁLŮ . . . . . 423.

1./ Tracování kanálů . . . . . 423.
2./ Stavební příkop . . . . . 425.
3./ Pažení stavebního příkopu . . . . . 426.
4./ Úprava dna stavebního příkopu . . . . . 429.
5./ Kladení trub z kameniny a betonu . . . . . 431.
6./ Stavba kanálů z kamene a cihel . . . . . 435.
7./ Stavba kanálů betonových . . . . . 437.
8./ Stavba kanálů tunelováním . . . . . 439.

§ 29. VODOVODY TLAKOVÉ . . . . . 443.

1./ Průtočná rychlost . . . . . 443.
2./ Průtočné množství a průměr potrubí . . . . . 446.
3./ Ztráta tlaku . . . . . 447.
4./ Výtlačné potrubí . . . . . 452.
5./ Výpočet tlakových vodovodů . . . . . 453.

§ 30. MATERIÁL TLAKOVÝCH VODOVODŮ . . . . . 457.

1./ Železné trouby . . . . . 457.
2./ Normální litinové trouby 459
3./ Spojování litinových trub . . . . . 463.

Strana :

§ 31. STAVBA TLAKOVÝCH VODOVODŮ . . . . . 467.

1./ Trasa vodovodu . . . . . 467.
2./ Výškové uspořádání vodovodu . . . . . 468.
3./ Vykopávka stavebního příkopu . . . . . 475.
4./ Kladení potrubí . . . . . 478.

§ 32. OBJEKTY VODOVODŮ . . . . . 481.

1./ Kanálové propůstky . . . . . 482.
2./ Akvadukty čili kanálové mosty . . . . . 486.
3./ Shybky 491
4./ Odlehčovací komory a výstupné trubice . . . . . 497.
5./ Vzdušníky . . . . . 501.
6./ Bahníky čili kalosvody . . . . . 502.
7./ Stupně . . . . . 503.
8./ Přechodné komory . . . . . 503.
9./ Vstupní šachtice . . . . . 504.
10./ Armatury čili výstroje trubních řádů . . . . . 504.

§ 33. ZÁSOBOVACÍ VODOJMY . . . . . 517.

1./ Účel vodojmů . . . . . 517.
2./ Kubický obsah vodojmu . . . . . 518.
3./ Výška vodojmu . . . . . 522.
4./ Poloha zásobovacího vodojmu . . . . . 523.
5./ Druhy zásobovacích vodojmů . . . . . 525.

§ 34. STAVBA ZÁSOBOVACÍCH VODOJMŮ . . . . . 527.

1./ Staveniště vodojmu . . . . . 527.
2./ Materiál zděných vodojmů . . . . . 527.
3./ Konstrukce vodojmů . . . . . 528.
4./ Soupátková komora vodojmů . . . . . 555.
5./ Vyšetření stability vodojmu . . . . . 556.
6./ Vodárenské věže . . . . . 557.

§ 35. ROZVÁDĚCÍ MĚSTSKÁ SÍŤ A ODBĚR VODY 563.

1./ Způsob odběru vody . . . . . 563.
2./ Rozváděcí síť . . . . . 563.
3./ Výpočet rozváděcí sítě . . . . . 565.
4./ Odběrná zařízení . . . . . 570.

§ 36. VODOMĚRY . . . . . 579.

1./ Účel vodoměrů . . . . . 579.
2./ Vodoměry lopatkové . . . . . 582.
3./ Vodoměry objemoměrné . . . . . 584.
4./ Soupátkové vodoměry . . . . . 585.
5./ Vodoměr Venturi . . . . . 586.