

1713 9546
SVĚTOVÁ KNIHOVNA ČÍSLO 1140.

O VODĚ PITNÉ A O PRAMENECH

PÍSE

PROF. F. POČTA.

S 15 OBRÁZKY.



221-5740
K/2213
120
VLASTNÍM NAKLADEM VYDAL J. OTTO V PRAZE.

ÚVOD.

Nejdůležitějším nerostem v hospodářství přírodním jest voda. Bez ní by nejen nebyla žádná buňka ústrojná na zemi možná, ale nebylo by ani oněch mnohotvárných a složitých pochodů chemických, jichž stopy všude v nerostné přírodě vidíme.

Každá buňka ústrojná, jak živočišná, tak rostlinná, více než polovinou, přes 60⁰/₀ složena jest z vody; růst těla živočišného i rostlinného může se dít jen, je-li dostatek vody; protoplasma, ona základní hmota, která jest obsahem buněk ústrojných, jest vlastně roztokem vodním. Živočišstvo i rostlinstvo nezbytně k životu svému potřebuje vody a bylo na důkaz tohoto všeobecně známého pravidla provedeno mnoho zkoušek a pokusů, které vesměs názor tento potvrdily. Jest přirozeno, že nejčastěji byly zkoumány v tom směru obiliny a bylo seznáno na př., že žito oseté na hektaru půdy, aby uzrálo, potřebuje 835.000 kg vody, oves pak na stejné rozloze 2,280.000 kg. Výsledek výpočtů těchto jasně potvrzuje nezbytnost vody v říši rostlinné.

Na ústrojenstvo a pak vesměs i v nerostné přírodě nejúčinnější jest vlastnost vody jako rozpustidla, které může napojiti se snad všemi chemickými sloučeninami, jež v přírodě se vyskytují, ústrojnými i neústrojnými. Voda stává se takto zásobárnou všech možných chemických hmot a z ní jednak těží ústrojenstvo vybírajíc ony součástky, kterých k životu svému potřebí má, jednak vycházejí jiné sloučeniny, aby v nerostné přírodě v nová chemická sloučenství přešly.

Vliv roztoků vodních v přírodě jest však ještě pronikavější.

V poslední době teprve poznalo se, že voda, rozpouští-li částky cizí, nechová se jako rozpustidlo chemicky samo nečinné, nýbrž spolupůsobí v reakcích i proměnách chemických tím, že sama se rozkládá a rozděluje v elektricky různé základní částčky, tak zv. ionty, tyto pak spojují se s ionty hmoty rozpuštěné dle elektrických hodnot jejich, jsou-li totiž pozitivní, či negativní.

To, co dosud zde uvedeno bylo, jest však jen jedna část vlivu vody v přírodě. Mnohé jiné velmi mocné výsledky činnosti její na zemi jest nutno zde opomenouti, ježto ve spisku chceme jen o malé části významu vody promluvití a sice o oné části, která pro člověka jest nejdůležitější, totiž o vodě ku pití vhodné.

Geologie podrobně pojednává o vodě na povrchu zemském i v hlubinách jejích a snad v každé kapitole této vědy jest patřičný zřetel brán k činnosti vody, ať už mechanické, aneb chemické.

O těchto stránkách působení vody nebudeme se zde zmiňovati; my chceme stručnými rysy a přehledně jen uvéstí vlastnosti a způsob vyskytování se vody pitné.

Při tom rozdělíme látku v tyto odstavce:

1. Fysikální a chemické vlastnosti vody pitné.

2. O vodě spodní.

3. O dešti a sněhu.

4. O horninách propustných.

5. Hladina spodní vody a pohyb její.

6. O pramenech.

7. Geologická stavba území a spodní voda.

Dlužno podotknouti, že v poslední době vydána byla v Německu 2 důkladná díla o témže předmětu: *K. Keilhack: Lehrbuch der Grundwasser u. Quellenkunde* 1912 (až příliš rozvláčné) a *H. Höfer v. Heimhalt: Grundwasser u. Quellen* 1912 (přehlednější).

1. Fysikální a chemické vlastnosti vody pitné.

Vodou pitnou nazýváme vodu, kterou možno beze všech příprav předběžných, bez převáření a pod. přímo pít, aniž by zdraví lidské utrpělo.

Poněvadž v přírodě vůbec chemicky čisté vody není, jest i v pitné vodě přimíšenin značných, ale musí býti povahy takové, aby zdraví neškodily.

Patrný vliv na vodu má hornina, kterou voda teče; má-li hornina součástky rozpustitelné, tu bude je voda vyluhovati, jsou-li nerozpustitelné, tu odpadá chemický vliv, a hornina vodu jen filtruje, čistí. Tak praví se, že pramenité vody, které chová pestrý pískovec v Německu pod Harcem a Odenským Lesem, jsou absolutně čisté, a v chemických laboratořích v Heidelbergu užívá se prý vody pramenité, ježto uměle destilovaná voda není nikterak čistší.

Čistá voda sestává dle váhy z 88·9 dílců kyslíku a 11·1 dílců vodíku, dle prostoru ze 2 dílců vodíku a 1 dílce kyslíku.

Při teplotě $+4^{\circ}$ má voda čistá největší hustotu a 1 litr její váží přesně 1 kg. V teplotách pod i nad $+4^{\circ}$ objem vody se zvětšuje, hustota je menší.

Voda jest téměř nestlačitelná, neboť stlačitelnost její při 0° a tlaku 1 atmosféry jest 0·0000503 díl a při témtže tlaku a v teplotě 50° jen 0·000041.

Voda vypařuje se při každé teplotě, při vyšší značněji než při nízké.

Voda vypařená uniká do vzduchu a může jej parami nasytiti. Největší množství par vodních, které vzduch přijati může, nazývá se *maximum nasycení* a to je při stejném tlaku v různých teplotách různé.

Krychlový metr vzduchu při 1 atmosféře tlaku může obsahovati nejvýše při

teplotě	4°	6·4
„	10°	9·4
„	15°	12·8
„	20°	17·3

gramů vodních par.

Čistá voda mrazne při 0° a vaří se při $+100^{\circ}$ ve tlaku 1 atmosféry.

Chová-li voda součástky nerostné neb vůbec cizí látky rozpuštěné, tu snižuje se bod mrazu a zvyšuje bod varu. Týž výsledek má zvýšený tlak.

Pitná voda, aby byla osvěžující, má míti patřičnou teplotu, nejlépe mezi $7-11^{\circ}$ C. Voda

menší teploty než 5° jest nezdavá, větší než 14° neosvěží. Teplota vody pitné má býti, pokud možno, stálá a smí v různých počasích ročních jen nepatrně kolísati. V tom směru příhodná byla voda z pražského vodovodu r. 1888 projektovaného, ale neprovedeného, z území u Lahoviček. V jedné studni byla průměrná teplota roční 7.5° a kolísání roční bylo jen 1.5° .

Nepříznivější jsou tepelné poměry vody z Káraného. Jest to voda smíšená ze 2 vod v tarasech diluviálních a z vody artéské.

Poslední má stálou v zimě i v létě teplotu 11° , ostatní jsou teploty $6-8^{\circ}$, ale dosti kolísající. Směs všech tří bude asi teploty 10° , která však dopravou do Prahy v létě se zvýší.

Cizí látky, které ve vodě jsou rozpuštěny, jsou obyčejně nerostné příměšeniny, hlavně vápník a horčík. Obsah těchto dvou nerostných prvků nazývá se *tvrdostí vody* a vyjadřuje se stupněmi tvrdosti.

Stupnice tvrdosti vody jsou v užívání tři: německá, která jest nejrozšířenější, francouzská a anglická.

Je-li v 100.000 dílech vody 1 díl kysličníku vápenato-hořečnatého, jest to jeden stupeň tvrdosti dle stupnice *německé*; je-li v témže množství 1 díl uhličitanu vápenato-hořečnatého, jest to *francouzský* stupeň tvrdosti; je-li konečně v 1 galonu (4.5435 litru) vody 1 gran

(0·064799 gramu) uhličitanu vápenato-hořečnatého, jest to stupeň *anglický*.

Poměr těchto tří stupnic jest takový, že se 1^0 něm. = $1·786^0$ francouzského a $1·25^0$ anglického.

Voda, která má $1—15^0$ německých, nazývá se měkkou, s $15—25$ tvrdou, s více stupni (někdy značně přes 30^0) velmi tvrdou.

Dobrá pitná voda může býti do jisté míry tvrdou, ale obsah horčíku nemá přesahovati $4—5^0$ německých.

Hlavní příměšeninou jest uhličitan, a proto se i obsah horčíku přepočítává na uhličitan tím, že se násobí $1·4$.

Vařením a pak zvětřáváním mění se obsah příměšenin ve vodě. Tvrdost čerstvé, nezvětřalé a nevařené vody nazývá se *tvrdostí celkovou*, ohřívá-li se voda, aneb delší dobu na vzduchu zvětřává, prchá část kyseliny uhličitě z uhličitanu vápenatého a hořečnatého, a dotyčné dílce se jako nerozpustitelné ve vodě vylučují. Obsah takové vody přepočítán zase na 100.000 dílů nazývá se *tvrdostí dočasnou*. Tvrdost převařené vody zve se *tvrdostí stálou*.

Tvrdost vody určuje se různým způsobem nejlépe podrobnou kvantitativní analysou, ve které udávají se miligramy příměšenin. Jedná-li se o to, z analyse takové vypočítati stupeň tvrdosti, tu dlužno, poněvadž litr vody má milion miligramů a nikoli 100.000 dílců,

s nimiž se počítá při udávání stupně tvrdosti, výsledky analys děliti 10. Na př. v litru vody nalezeno bylo 88 miligr. vápna a 28 miligr. magnésie. Tu dlužno nejprve kysličník hořečnatý přepočítati na vápno $28 \times 1.4 = 39.2$, přičísti $88 + 39.2 = 127.2$ a děliti 10, takže voda bude míti 12.7^0 tvrdosti.

Tvrdost vody určuje se ještě způsoby jinými, ovšem méně přesnými, jen přibližný výsledek skýtajícími. Za podklad jednoho takového způsobu nejrozšířenějšího bere se úkaz, že měkká voda s mýdlem více pění než tvrdá. Do zkoušené vody přidává se normální, určité stanovený roztok mýdla a prubou se třepe tak dlouho, až pění vůbec ustane. Z upotřebeného množství roztoku mýdelného dle zvláštních tabulek vypočítává se stupeň tvrdosti.

Prímíšeniny vody pitné jsou jednak plyny, jednak roztoky nerostné, jednak zbytky organické.

Z plynů nejobyčejnější jest *kyselina uhlíčitá*, která zase ve třech různých tvarech ve vodě se objevuje. Jest zde volná jako plyn, který pochází z ovzduší, aneb z nejvyšších poloh kůry zemské, kdež se vyvíjí rozkladem látek organických. Vodě dodává reakci kyselou, spojí-li se s horčíkem a vápníkem zásaditou. Činí vodu mocným rozpustidlem, kterému, trvá-li jen vliv dosti dlouhou dobu, ani křemičitany neodolávají.

Ve vodovodech rozpouští voda taková beton, maltu, asfalt, olovo, měď, zinek a j. a může proto vodu pitnou zkaziti a přímo ve škodlivou ji proměnit. Dále jest kyselina uhličitá ve vodě napolo vázaná ve dvojuhličitanech a zcela vázaná v uhličitanech. Uhličitany v menších množstvích dodávají vodě příjemné chuti, ve větších pak mění vodu v kyselku. Teče-li voda dále a zvláště stýká-li se se vzduchem, tu vyprchá z ní kyselina uhličitá, dvojuhličitany přeměňují se v nerozpustné uhličitany a vylučují se. Proto voda tekoucí na povrchu jest měkčí než pramenitá.

Jiným plynem jest *sírovodík*, jehož původ ve vodě pitné jest asi dvojnásobný. Vzniká buď pochodem neústrojným ze síranů, jako je sádrovec, neb sířičitanů, jako pyrit, aneb pochodem ústrojným rozkladem některých bílkovin. První jest méně škodlivý zdraví než druhý. Ohlašuje se protivným zápachem, a ač na vzduchu rychle prchá, může chuť vody úplně pokaziti.

Kyslík zřídka ve vodách jest obsažen v množství větším a pochází z ovzduší. Ve vodě poměrně měkké okysličuje mocně kovy i jiné hmoty vodovodů a může proto býti škodlivým.

Jiné plyny v obyčejné pitné vodě pramenité nejsou, aneb v množství tak nepatrném, že stopy jejich jen analysou zjistiti možno.

Z nerostů ve vodě obsažených nejobyčejnější jsou *uhličitán vápenatý* a *hořečnatý*. Těch

může býti ve vodě značné množství 250 až 300 miligr. v litru, aniž by voda na chuti i dobrotě utrpěla.

Z vody na vápno bohaté, stojí-li delší dobu, usazuje se nálet vápenatý tím, že kyselina uhličitá z dvojuhličitanů prchá a je v nerozpustné uhličitany proměňuje.

Stejně obecnou přímíšeninou jsou *sloučeniny železnaté*, zvláště dvojuhličitan a síran železnatý. První z nich obyčejně tím se jeví, že voda po delší dobu stojící se kalí a z ní světlohnědé vločky se vylučují. Stopy po železe chová každá voda pitná a nepatrné částky železitých sloučenin asi do 0.4 miligr. vůbec neškodí. Je-li obsah ve vodě značnější, tu chuť vody zvláštním způsobem se mění, stává se „železitou“.

Pitnou vodu na železo bohatou dlužno dříve odželezniti, což děje se tím, že se ve styk se vzduchem přivádí. Železo se tu ve vločkách sráží.

Někdy ovšem z příčin nám neznámých voda původně vhodná najednou tak značné množství železa v sobě chová, že se vůbec nepotřebnou stává. Tak na př. ve vodovodu města Vratislavě se pojednou voda tak pokazila, že až 140 miligr. železa chovala.

Ve vodách železitých často bují některé řasy jako Chlamydothrix, Crenothrix a Leptothrix; ty vylučují z vody oxyd železa ve množství

značném a mohou býti proto příčinou ucpání rour vodovodných.

Skalice zelená i v množství nepatrném 0·01 až 0·02 miligr. zhoršuje chuť vody, dodává jí příchuti „kovové“.

Žiraviny (alkalie) nescházejí rovněž v žádné vodě, a jsou-li v množstvích nepatrných, prospívají chuti. Větší množství mění vodu v minerálnou.

Chloridy ve vodě mohou býti původu dvojího. Nerostného v horninách kamennou sůl neb některé železitě rudy chovajících a tu jsou neškodné a i v množství 300 miligr. chuť vody nekazí. Jsou-li ale původu ústrojného z rozpadu živočišných hmot, z moče, foekalií a pod., jsou zdraví škodlivé.

Čpavek (amoniak) ve vodě jest obyčejně důkazem, že voda napojila se rozkladnými látkami ústrojnými. Výjimkou pochází čpavek z látek nerostných a ten mnohem méně škodí. Zvláště nebezpečným jest bílkovinný čpavek (albuminoid amoniak), který vzniká rozpadem látek bílkových. Ve zdravé pitné vodě nemá býti čpavku více než 0·1 miligr.

Kyselina dusičitá jest ještě nebezpečnější a dostává se do vody rozpadem látek organických, hlavně foekalií.

Kyselina dusičná, vznikla-li ze čpavku neb z kyseliny dusičité, jest rovněž škodlivá a nemá

jí ve vodě býti více než asi 20 miligr. Pochází-li ale z nerostů, méně škodí.

Sloučeniny *manganu* ve vodě jsou řídkým a neškodným zjevem.

Sloučeniny *olova*, *mědi* a *zinku* vyskytují se jen ve vodách, které protékají doly těchto kovů. Jsou zdraví škodlivé a mívají v zápětí otravy. Někdy vznikají v rourách vodovodů, je-li voda bohatá na kyselinu uhličitou.

Kyselina sírová zřídka jest ve vodě volná, nýbrž bývá obyčejně vázaná v síranech. Větší množství (přes 100 miligr.) činí vodu tvrdou a nepotřebnou.

Jiné přímíšeniny ve vodě jsou *látky ústrojné*, které mohou býti ve vodě rozpuštěny aneb v ní volně plovou (jsou suspendovány). Všeobecně řečeno nemá množství látek ústrojných přesahovati v dobré vodě 60 miligr.

Nejdůležitější jsou *bakterie*, které v každé vodě jsou suspendovány. Jest dlužno činiti rozdíl mezi bakteriemi neškodnými a choroboplodnými (pathogenními), které mohou přenášeti některé nemoci jako cholera, tyfus, úplavici a j. Voda na povrchu zemském chová nesmírné množství bakterií, ale voda spodní, z níž pitná voda se čerpá, jest sypkými nánosy svrchními tak značně pročištěna, filtrována, že obsah její na bakterie velmi značně se umenšuje. Dobrá pitná voda nemá chovati bakterie choroboplodné žádné, neškodných pak asi na-

nejvýš 200 v litru a to náležejících jen několika málo druhům.

Pokud se týče chemického rozboru vody, tu dlužno upozorniti na to, že soli ve vodě jsou rozpoutány, a chemická analýsa nám proto nepraví, kolik částí soli voda v sobě chová, nýbrž jen kolik jednotlivých chemických prvků v podobě iontů ve vodě jest obsaženo. Analýsou dovídáme se na př., kolik jest ve vodě chloru a kolik sodíku a z toho teprve a ovšem nikoli zcela bezpečně, můžeme vypočítati, kolik jest ve vodě chlorečnanu sodnatého čili soli kuchyňské.

Chemický rozbor vody z jedné studně v Radotíně, odkud byl projektován r. 1888 vodovod pro Prahu, udával v 1 litru miligramů

kysličníku vápenatého CaO	88.45
kysličníku hořečnatého MgO	17.83
kysličníku draselnatého K_2O	8.71
kysličníku sodnatého Na_2O	9.29
čpavku	sledy
kysličníku železitého Fe_2O_3	0.4
kyseliny dusičné N_2O_5	2.82
kyseliny sírové SO_3	24.50
chloru Cl	9.25
kyseliny křemičité SiO_2	9.6
organ. látek	4.87
kysličníku uhličitého CO_2 volného	27
v dvojuhličitanech	158.36
v uhličitanech	79.18

Tvrdost této dobré pitné vody byla dle toho 11.32^0 něm.

Voda, která z Káraného přivádí se do Prahy, dle různého původu svého má různé chemické vlastnosti. Voda, která z opuk křídového útvaru pod zemí vlévá se do okrsku, z něhož u Káraného voda se čerpá, jest železem bohatá, má až 12 miligr. Studny v této vodě založené bylo třeba vyloučiti a smíšená voda bude míti jen 0.08 železa.

Také i artéská voda v Káraném má značnou součástku železa na 6 miligr. a je třeba ji cđ-železňovati. Ve zvláštní komoře, tak zv. risleru, přivádí se v hojný styk se vzduchem a vločky hydrátu kysličníku železitého se při tom srážejí.

Smíšená voda káranská obsahuje 9.5 miligr. chloru, který jest původu nerostného a pochází z přechodní vrstvy na železo bohaté mezi korycanským pískovcem a bělohorskou opukou. Jest ve vodě artéské na 50 m hluboké a nemůže tudíž býti původu ústrojného.

Smíšená voda káranská má dále kyseliny sírové 29.5 a kyseliny dusičné 5.1 až 8.1 miligr. Voda artéská vykazuje stopy sirovodíku.

Pokud tvrdosti se týče, tu budou u Káraného míšeny 4 různé druhy vod. Voda měkká poblíže řek Jizery a Labe má 5^0 , jiné pásmo vod vykazuje 5—10 0 a nejtvrdší druh 10—15 0 , artéská voda pak jest tvrdosti asi 6 0 , smíše-

nina všech těchto vod bude míti celkovou tvrdost 13.4^0 .

Z theoretických úvah dříve uvedených jest zřejmo, že dobrá pitná voda má tudíž míti tyto vlastnosti:

1. musí býti čirá, bezbarvá, bez zakalení a bez zápachu a nesmí míti zvláštní příchuti;

2. teplota její v různých počasích smí kolísati nanejvýše mezi $6-12^0$ C a rovněž i chemické složení smí se jen velmi nepatrně měniti;

3. nesmí býti příliš tvrdá, kolem 20^0 něm. a zvlášť nemá obsahovati mnoho solí hořečnatých. Zbytek po vypaření 1 litru nemá býti větší než 500 miligr.;

4. nemá obsahovati čpavek a kyselinu dusičitou vůbec, kyseliny dusičné nanejvýše 15 miligr., síranů a chloridu málo, nepatrné množství železa, sirovodíku (nerostného) a žiravin sirnatých;

5. smí chovati málo organických látek, nanejvýše 50 miligr., nikoli však takových, které hníti mohou;

6. nesmí obsahovati choroboplodné bakterie a z neškodných asi 150.

To jest ovšem ideál vody pitné; často je nutno spokojiti se s vodou daleko horší. Tu potom odporučuje se z vod, jsou-li všechny poněkud závadné, vybrati nejlepší, zvláště ty, ve kterých původ různých sloučenin jest ne-

rostný. V tom případě ovšem často bude nutno maximální hodnoty zde uvedené přestoupiti.

2. O vodě spodní.

Voda pitná v přírodě nalézá se pod povrchem v různých hloubkách, odkud jest buď čerpána aneb vytéká pramenem.

Na různých místech objevují se vody minerální a také teplé.

Vody minerální jsou daleko bohatší na součástky nerostné než obyčejná voda pitná a užívá se jich jako léčiva. Ostrou hranici mezi vodou minerální a obyčejnou pitnou není možno přesně vésti. V praxi obyčejně rozhoduje chuť vody, neboť voda minerální dle součástí svých mívá typickou, zřejmě patrnou chuť.

O vodách minerálních a teplých v těchto našich rozhovorech se zmiňovati nebudeme.

Voda pod povrchem může vyskytovati se v různém skupenství:

1. ve skupenství pevném jako led, v některých jeskyních;

2. ve skupenství tekutém a to:

a) jako voda kapilární v podobě nesmírně jemného povlaku, který vykládá dutiny v horninách. Jest to tak zv. *skalní*

vlhkost, která vyskytuje se jen ve svrchních polohách kůry zemské a v propustných horninách jde do hloubi 60—70 cm;

b) jako voda kapalinná, která dutiny v horninách zcela vyplňuje.

3. ve skupenství plynném v podobě páry vodní a to buď poblíže povrchu zemského při vypařování vznikající, buď vytvořená v hlubinách značnějších, kde teplota dosahuje vysokých stupňů.

Z těchto nejdůležitější jest voda kapalinná.

Hlubíme-li na některém místě povrchu zemského, tu v jisté hloubce přicházíme na menší či značnější množství vody. Jest to voda *hlubinná* aneb, jak všeobecně se říká, *spodní*. Původ její jest, alespoň z daleka značnější části, povrchový, pochází z vody dešťové na zemi spadlé.

Voda, která deštěm na povrch dopadá, rozděluje se na 3 části:

1. díl stéká po povrchu a napojuje přímo povrchové toky vodní, jako jsou potoky, říčky, řeky, rybníky a jezera;

2. díl proměňuje se v páry, které vnikají do vzduchu; vypařuje se;

3. díl vniká do hloubi, vyplňuje dutiny v horninách, prosakuje; jest to voda *infiltrační*. Část této vody a sice část dosti značnou potřebují rostliny ke své potravě.

Dle názoru všeobecně rozšířeného (theorie infiltrační) pochází všechna spodní voda z vod povrchových, hlavně dešťové a pak ze sněhu roztálé, někdy také i z vod toků povrchových, z potoků a řek, které snad, ovšem v míře nepatrné, prosakují.

V letech sedmdesátých předešlého století byl propagován názor jiný, theorie kondensační (Volger).

Dle učení toho nejsvrchnější polohy kůry zemské napojí se po dešti vodou podobně jako houba. Voda ta do hloubky nevniká a brzy se vypařuje tak, že spodní voda nepochází z vody dešťové. Prolínavost hornin jest ve skutečnosti mnohem menší, než jak obyčejně jest udávána. Neboť, kdyby horniny byly tak dokonale prolínavé, jak se obyčejně uvádí, tu by vůbec nebylo možno, aby potok neb řeka od svého pramene v pohoří tekly na povrchu až do moře. Voda musila by infiltrovati a ztratila by se na cestě. I obyčejná hlína není v takové míře propustna, jak se všeobecně za to má, neboť jinak by hráze rybníčné a podél toků řek postavené ztratily svůj podklad.

Spíše — dle názoru uvedeného — vznikla spodní voda srážením se par vodních, jež ve vzduchu jsou obsaženy. Vzduch obtížený značným množstvím par vodních vniká do skulin skalních, jeskyní a vůbec všech prostor a mezer podzemních již tíhou svou puzen, zde dotýká

se hornin teplejších než povrch zemský a páry, které obsahuje, srážejí se, kondensují a tím vytvářejí vodu spodní.

Četnými zkouškami, které provedeny byly, bylo seznáno, že skutečně jistý, ovšem ale nepatrný, díl spodní vody může povstati tímto kondenzačním pochodem. Malé potůčky horské tekou i v letech na dešť chudých, a voda jejich pochází ze sražených par ve vzduchu. To může se díti jen ve vysokých horách, jinde ale voda hlubinná, čili spodní, vzala původ svůj z vody povrchové, hlavně ovšem dešťové a sněhové, neboť ostatní druhy vody povrchové jako jíní, kroupy a toky vodní jsou významu v tomto směru nepatrného.

Spodní či hlubinná voda jest tudíž ona, která v horninách značně propustných nikoli hluboko pod povrchem se shromažďuje a zde nádrže s hladinou daleko rozšířenou tvoří. Horniny nejlépe propustné jsou štěrk, písek, ssuť horninová a pod., které nejvíce rozšířeny jsou v nejmladších útvarech geologických a proto v nich také nejčastěji spodní voda se objevuje, kdežto ve starších útvarech jest zjevem mimořádným.

Mysleme si pánev štěrkem vyplněnou a na nepropustné hornině uloženou (obr. č. 1.). Dešťová voda, která na povrch této pánve padá, a dále snad i voda povrchních potůčků v oblasti té prosakuje štěrkem dokonale pro-

pustným a bude se shromažďovati nad nepropustnou skálou.

Všecka voda infiltrační nedostane se až ke dnu této pánve, jistá část její zůstane v nejvyšších polohách, které dle své kapacity — mohutnost zadržovati vodu — v různém množství ji zadržují a jí se napojují. Tato



Obr. č. 1. Spodní voda, *AB* nádrž, *DAB* spodní proud, *B* pramen.

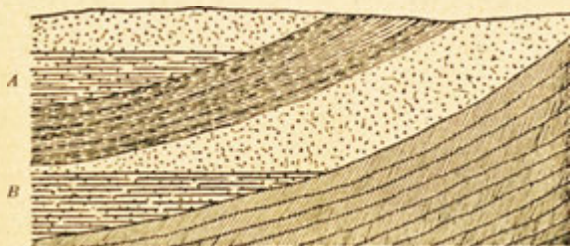
nahore zadržaná voda jest stálým proměnam dle počasí vydána. Za sucha vypařuje se částečně neb docela a novým deštěm bývá nahrazována. Prebytečná voda, která v těchto svrchních polohách se udržeti nemůže, klesá tíží svou až na skálu nepropustnou a vytvoří tak zv. *nádrž spodní vody*, což není nic jiného než rybník ve štěrku uložený. Kdyby nepřicházela nová množství infiltrované vody, tu by nádrž stála nehybně, vypařovala by se znenáhla a hladina její by klesala. Přichází-li ale nová infiltrace, tu hladina nádrže spodní

bude stoupati (až k D) a tam, kde nepropustný podklad celé pánve vychází na povrch (B), může voda vytékati. Takovýto přirozený výtok spodní vody zve se *pramenem*. Vytékati může jen voda ta, která novou infiltrací byla dořána. způsobila stoupání hladiny nádrže a ve štěrku se může pohybovati. Tato část spodní vody (ADB) zve se *spodním proudem*. Dlužno tedy rozeznávati dvojí druh spodní vody. Nádrž spodní, jejíž voda se nepohybuje a která tvoří jakýsi základ neb zásobu vody a spodní proud nad ní, který vzniká novou infiltrací, se pohybuje a může, vychází-li nepropustný podklad na povrch, v prameni vyvěrati. *Vydatností* pramene nazývá se minimum, jež vyteče v dobách nepříznivých, tedy v době sucha neb za mrazů. Vydatnost pramene závisí tudíž jen na spodním proudu, na nové infiltraci a nemá vlastně s nádrží spodní žádného spojení. Pramenem vyteče jen tolik vody, kolik novou infiltrací se nádrží dostává. Tyto poměry v praksi třeba míti na zřeteli. Rozumné zakládání studně děje se jen do spodního proudu a nemá se více čerpati, než nová infiltrace vody přivádí, čili než spodní proud vody chová. Vede-li se studně hloub až do nádrže, tu může se státi, že zásoba v nádrži se vyčerpá. V některých případech, když mocnost spodního proudu jest známa, možno ovšem v dobách sucha i ze zásob spodní nádrže vodu

bráti, neboť úbytek zase v dobách silné infiltrace bývá nahrazen.

Voda spodní pohybuje se, teče v horninách propustných, tedy podobně jako voda na povrchu zemském, někde pomaleji, někde rychleji, ano ona může také, kde sklon podkladu jest náhlý a příkrý, napodobovati i vodopád, ovšem ale vždy jest rychlost její daleko menší než rychlost vody povrchové.

Na mnohých místech jest více spodních nádrží nad sebou, což stává se tím, že pánev skládá se střídavě z vrstev propustných a nepropustných. Mysleme si (obr. 2.) příklad, kde jsou 2 takové horizonty spodní vody oddělené od sebe vrstvou nepropustnou. Oba mohou býti stejně vodou bohaté, ale k čerpání na vodu pitnou lépe doporučuje se horizont spodní, poněvadž jest více vzdálen povrchu zemského, který může škodlivý vliv míti.



Obr. č. 2. Dvě nádrže spodní vody nad sebou.

Na některých místech v Německu byl nalezen větší počet horizontů nad sebou, až 9. V těch případech nezdá se, že by to byly nádrže samostatné, spíše jsou v pánvi menší polohy hornin nepropustných, které na povrch nesahají a kolem nichž spodní voda proudí. V takových případech voda tíží svou působí značně na spodní horizonty, které pak jsou v těchto poměrech jako voda artéská, to jest pod tlakem.

Pramenem neteče stále stejné množství vody, nýbrž vydatnost jeho kolísá, čím méně kolísá, tím stálejší jest pramen.

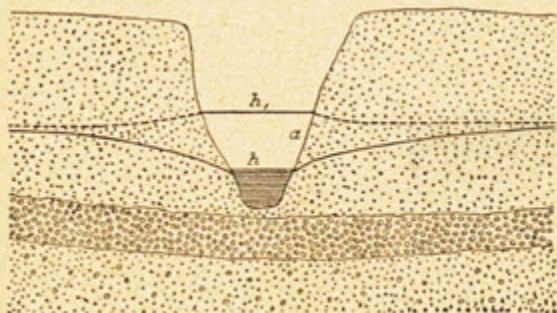
Vydatnost pramene může býti přímo nádobami měřena a odhaduje se dle toho, kolik za vteřinu litrů vyteče. Počtem těchto *sekundových litrů* jest vydatnost pramene dokonale určena, ovšem že ke správnému odhadu dlužno měřiti po dlouhou dobu, aspoň po rok a počítati pak s číslem průměrným.

Výsledek měření takového pak jest základem všech dalších výpočtů. Tak při vodovodu káranském bylo zjištěno, že vydatnost pramenů spodní vody jest v rameni

Káraný-Tuřice	256 sek. litrů
Tuřice-Kochánky	273 " "
Kochánky-Dražice	207 " "
Otradovice-Podhrady	30 " "
celkem . . .	766 sek. litrů

K tomu dlužno přičísti ještě vodu z artéského horizontu 99 sek. l., takže celkem by vydatnost vodovodu káranického byla asi 865 s. l. a s tímto množstvím, velmi značným bylo počítáno. Jest ovšem otázka, která teprve zkušeností bude zodpověděna, neklesne-li vydatnost po delším čerpání, či odbírá-li se skutečně voda jen z proudu spodního a nikoli také z nádrže spodní.

Spodní voda může přijíti i ve styk s povrchními toky a to sice tak, že může vodou z potoků neb řek býti napojována. Představme si průřez nádrže vodní, nad níž v hornině propustné teče řeka (obr. 3). Voda z řeky bude prosakovati a spodní vodu rozmnožovati. Teče-li řeka na značnou vzdálenost v hornině



Obz. č. 3. Řeka a spodní voda, h hladina řeky, h_1 hladina řeky rozvodněné, a vzdutí vody.

dokonale propustné. může vody své úplně pozbyti.

Případy takové jsou sice známy, přece ale nejsou hojné. Že častěji se tak neděje, toho příčinou jest ucpávání pór v hornině kalem a částkami ústrojnými, které říční voda sebou unáší a které mívají za následek, že koryta říčná jsou utěsněna a nepropustnými učiněna.

Vniká-li voda z řeky do propustného podkladu svého, tu bude rozhojňovati vodu v nádrží dokud hladina nádrže jest níže položená než hladina řeky. Až dostoupí hladina nádrže téže výše jako hladina řeky, přestane infiltrace vody říční úplně, neboť nyní teče řeka v hornině vodou zcela nasyceně a tudíž úplně nepropustné. Od tohoto okamžiku budou pak obě hladiny ve stálém a úzkém spojení.

Vystupuje-li po vydatných deštích hladina řeky (h_1), tu bude říční voda tak dlouho do spodní nádrže infiltrovati, dokud hladina nádrže nedostoupí stejné výše. A naopak, klesá-li hladina řeky, bude spodní voda tak dlouho prosakovati do řeky, dokud výše obou hladin se nevyrovnají.

Studně poblíže řeky budou tudíž kolísání hladiny říční pocíťovati a sice čím bližší jsou řece tím více, ale není možno tvrditi, že takové studně jsou řekou napojovány.

Hladina spodní vody jest stále pozvolnou infiltrací doplňována a proto jest stálejší než

hladina řeky. Spodní voda tudíž obyčejně prosakuje do řeky a opak jest řidší.

Jinak může hladina říční na spodní vodu míti vliv, vystupuje-li značněji a trvá-li tento stav déle, to jest, nemůže-li vystouplá řeka rychle odtékati. Tu bude i hladina spodní vody stoupati, nikoli proto, že vniklo množství vody říční, nýbrž, že odtok spodní vody do řeky jest znemožněn vzduutím vody říční (*a*). Stoupání spodní vody tímto způsobem vzniklé děje se obyčejně velmi zvolna, takže ve vzdálenějších studních bývá znatelné často teprvé tehdy, když už hladina řeky klesla.

Je-li v řece větší ostrov, tu bude spodní hladina ostrova toho podobně se chovati, bude se měniti dle kolísání hladiny říční.

Podobný vzájemný vliv možno pozorovati ve studních poblíže pobřeží mořského, někdy zde i příliv a odliv bývá patrný, ale tento pohyb ve studních vzdáleností od pobřeží rychle mizí.

Jeden případ, kdy říční voda napájí nádrž spodní, bývá hojnější. Mysleme si (obr. 4.), že řeka v zátočině, která má dosti značný spád, obíhá kopec z horniny dokonale propustné, tu značná část vody říční zkracuje si jaksi cestu a vniká do kopce a může níže z něho pramenem na den vyvěrati (*p*) aneb zase do řeky se vraceti.

Vnikání spodní vody do řeky pod hladinou její málo jest znatelné. Má-li mělká řeka písčité



Obr. č. 4. Mapka krajiny se zátočinou řeky, p pramen.

duo, tu jeví se vnikání spodní vody často tím, že na místě vtoku písek bývá zvěřen, aneb že z otvoru vycházejí vzduchové bubliny. Silnější pramen v řece poznává se také tím, že řeka v těchto místech nezamrzá.

3. O dešti a sněhu.

Voda spodní daleko značnější částí svou pochází z vody, která deštěm a sněhem na povrch zemský spadla. Bylo již uvedeno, že voda

dešťová rozděluje se na 3 části, jedna stéká po povrchu do potoků, řek a rybníků, druhá se vypařuje do vzduchu a třetí prosakuje, infiltruje do hloubi.

Součet všech těchto tří dílů udává nám množství vody deštěm spadlé a jest patrné, že díly tyto jsou spolu v poměru vzájemném. Jeden díl může zvětšiti se jen na úkor druhého.

V našich krajinách po značnou část roku, ve vysokých horách pak vůbec sněží a voda ze sněhu povstala podobně se rozděluje. Ovšem musí dříve roztáti, buď oteplením se vzduchu, aneb větší teplotou země. Sněží-li na půdu zamrzlou, tu bude třetí díl, který chová vodu prosakující, vyloučen, voda ze sněhu povstala nemůže prosáknouti, nýbrž stéká po povrchu.

Není-li půda zmrzlá, tu působí poněkud větší teplotou svou na sníh, který zase ji kryje a před vychladnutím chrání. V tom případě může voda ze sněhu roztátého prosakovati, infiltrovati, ač ovšem značnější množství vody infiltrování schopné vytvoří se teprve, až sníh úplně roztaje.

Z toho již jest patrné, že množství vody infiltrace schopné kolísá dle počasí ročních, v zimě prosakování není buď žádné, aneb jest nepatrné, na jare, kdy sníh taje a kdy ještě i vody dešťové přistupují, bude značné.

Pokud se týče množství vody, která infiltruje, tedy onoho dílu, který vsakuje do půdy, tu byla

dříve celá suma vody deštěm spadlé přibližně rozdělována na 3 stejné díly. Jeden díl, to jest 33%, pravilo se, zůstává na povrchu a po jisté době se vypařuje, jiný, rovněž 33%, na povrchu stéká do míst hlubších a konečně posledních 33% se vsakuje, infiltruje. V rozpočtech na zařízení zvláště nákladná býval z opatrnosti, aby výsledek nezklamal, pro množství vody infiltrující, které tvoří základ celého výpočtu, brán menší díl, obyčejně 25%. Zkouškami bylo ale seznáno, že množství vody, které se na povrchu vypařuje, jest daleko nad polovinou celého množství deštěm spadlého. Jest nutno proto počítati, že 70, ano až na 75% vody deštěm spadlé se vypaří a rostlinami upotřebí a jen 15% po povrchu stéká a rovněž 15% infiltruje. Tuto opravu zkušenostmi doloženou nutno zavést do předběžných výpočtů vydatnosti spodních vod.

V Čechách na ploše 51'967 km^2 dopadá ročně přibližně 35'350 milionů m^3 vody; toto množství by bylo dlužno rozdělit, dle toho, co bylo řečeno, na tři díly nestejně: 70% se vypaří, to jest 24'745 milionů, 15% na povrchu steče, 5'302 mill.*) a rovněž 15% infiltruje 5'302 mil. m^3 .

*) Dlužno ovšem podotknouti, že theoreticky bylo vypočteno množství vody Labem ze země ročně vytékající na 10.000 mil. m^3 , což by s uvedeným rozdělením nesouhlasilo.

Zajímavo jest pozorovati, jak opravami, jichž poslední dobou všeobecně se užívá, předpokládané množství spodní vody se redukuje.

Při projektu pražského vodovodu z údolí radotínského bylo r. 1888 počítáno: Průměr výše dešťové v údolí tom za rok spadlé jest 520 *mm* a oblast dešťová v úvodí potoka rado-tínského čítá 90 *km*². Násobením získáno číslo 46,800.000 *m*³ jakožto množství vody za rok deštěm v oblasti spadající. Z toho pro bezpečnost vzat jen čtvrtý díl 11,700.000 *m*³ za množství infiltrující spodní vody ročně. Dnes by se počítalo takto: za základ vzalo by se minimum výše dešťové pozorované v krajině 384 *mm*, to by násobilo se rozlohou oblasti 90 *km*² a vyšlo by číslo 34,560.000 *m*³ vody v oblasti deštěm spadlé. Z toho by jen 15% tudíž 5,184.000 *m*³ mohlo přičísti se vodě spodní v předpokladu, že celý silný a velmi příkrý spodní proud jediným směrem teče. Později se ukázalo, že proud nemá jediný směr, nýbrž že se roztríšťuje, a tím by předběžně vypočítané číslo ještě a to snad o polovinu by se musilo zmenšiti.

Podobně bylo počítáno na vydatnost studní při zakládání vodovodu káranského (prof. Slavík). Oblast dešťová dříve na 1200 *km*² počítaná byla správně zmenšena na 976 *km*² a průměrná výše dešťová přijata číslem 400 *mm* ročně. Z toho vychází roční množství spadlé

vody přibližně $39,004.000\text{ m}^3$; dále bylo počítáno, že 25% do půdy infiltruje a spodní vodu napájí, takže výsledek byl přibližně $9,800.000\text{ m}^3$ spodní vody ročně, čili asi 2020 m^3 denně, což rovná se asi 560 vteř. litrům. Mimo to v rozpočtu přibírala se voda z artéských studní, celkem asi 120 vteř. litrů, dohromady tudíž udáno množství vody, s kterým bezpečně lze počítati na 680 vteř. litrů. Navrhovatel vodu A. Thiem bral za základ denní potřebu vody obyvatele 100 až 120 litrů (v cizině bere se obyčejně 150 l.) a vypočetl z počtu obyvatelstva, že třeba jest 800 vteř. litrů. V předběžných úvahách o tomto projektu jest vyslovena domněnka, že ostatní potřebná voda (120 vteř. litrů) přiteče jistě ze sousedních částí oblastí vodních, poněvadž čerpáním sníží se hladina a vznikne spád spodních vod a vynahradí se přítokem vod ze sousedního křídového útvaru.

Navrhovatel Thiem sám zavrhoval všechny takové theoretické výpočty a zakládal odhad svůj na onom množství vody, které četnými pokusnými studnicemi zjistil.

Důležitým činitelem infiltrace jest tudíž množství vody spadlé deštěm nebo sněhem a toto množství dlužno bráti do předběžného výpočtu, kterým množství spodní vody přibližně odhadnouti se snažíme. Množství dešťové vody v jistých krajinách měří se *dešťo-*

měrem, ombrometrem a strojem tímto udává se, kolik milimetrů vody spadlo na plochu čtverečného metru. Ze záznamů dešťoměr-
ných seznalo se pak jednak, že množství spadlé vody v různých krajinách povrchu zemského se značně různí, jednak že i množství vody za rok spadlé v těchže krajinách značně se mění. Tak v Cherrapoonje v Indii bylo naměřeno za rok 14.200 mm, v pouštích afrických méně než 250 mm.

V Sudetách v některých letech naprší 354 mm, v jiných 1753 mm. Z toho jest patrné, že střední číslo, které se pro jisté krajiny na základě dlouholetých záznamů uvádí — na př. pro Sudety 750 mm — má vlastně malého praktického významu. Pro střední Čechy uvádí se číslo 400—450 mm. Jest příkazem opatrnosti bráti při odhadování množství spodní vody za základ výpočtu raději číslo spadlé vody označující minimum než hypotetický průměr.

Na témže místě jest výše vody deštěm spadlé během několika roků různá. Průměrná hodnota nazývá se *výší normální*. Naprší-li nad tuto výši, nazývá se rok mokrým, je-li množství deště pod normálem, jmenuje se rok suchým.

I pokud ročních počasí v různých krajinách se týče, mění se největší výše dešťové. Jižní Evropa má největší výše v zimě, střední v létě a západní na podzim.

Hojnost dešťů vyjadřuje se počtem dešťových dnů za měsíc nebo za rok. *Dešťovým dnem* dlužno dle ujednání meteorologických centrál označiti den ten, na kterém výše spadlé vody obnáší aspoň 0.1 mm .

Vydatností deště nazývá se pak ono množství vody nebo sněhu, které spadlo na př. za měsíc.

Vydatnost jistě určité, kratší jednotky časové jako na př. za den, hodinu neb minutu zove se *hustotou* deště a vypočítává se obyčejně tím, že se vydatnost vody v měsíci spadlé dělí počtem dnů dešťových.

Na vsakování vody má hustota deště podstatný vliv a proto způsob vypočítávání její dělením vydatnosti měsíční není možno nazvati správným.

Jest zřejmo, že čím menší jest hustota dešťová v minutě, tím dokonalejší jest infiltrace. Za hustoty značné, větší než 0.3 mm v minutě, jak tomu bývá při lijácích, průtrži mračen a pod. — vnikne do půdy mnohem méně procent spadlé vody než obyčejně. V půdě jest tak zv. spodní vzduch, ten musí kapka vody dříve vypudit, aby místo jeho zaujala, každá kapka potřebuje jistého, byť i nepatrného času, aby do póru půdy vnikla a po tu dobu uzavírá pór. Je-li vody příliš mnoho najednou, tu vsakování je ztíženo, unikání vzduchu znesnadněno a velmi značná procenta vody po povrchu

odtékají. Podobné poměry jsou, pokud sněhu se týče.

U nás tání sněhu obyčejně děje se zvolna a proto voda táním vzniklá značnými procenty infiltruje. Proto v kopčinaté krajině spodní vody, které napojovány jsou vodou z úbočí stinných, na kterých sníh pomaleji taje, mají vydatnost jednak značnější, jednak stejnoměrnější než ony, které sbírají vodu z úbočí na výsluní, kde i vypařování do vzduchu jest větší.

Ještě příznivější jsou poměry při pramenech, které vodu sbírají v horách vysokých (jako Vídeň), kde po dlouhou dobu sníh znenáhla taje.

Při předběžném posuzování vydatnosti spodní vody a pramenu z ní vyvěrajících nedostačí bráti do počtu jen výši dešťovou, nýbrž jest třeba míti zřetel k hustotě dešťové a k poměru mezi deštěm a sněhem. Dále i porost povodí, to jest oné krajiny, ve které dešť spadlý napojuje spodní vodu, jest činitelem důležitým. V lese slabší deště nemají pro spodní vodu významu. Všecka, aneb největší část vody zůstává v listech stromů a nedopadá ani k zemi. Teprve při deštích vydatnějších, aneb déle trvajících propouštějí koruny stromové vodu k půdě. Bylo vypočteno, že stromy listnaté v tom směru jsou příhodnější, propouštějíce 55—65% vody, než jehličnaté, u nichž procento propu-

štěné vody jest jen asi 30. Mimo to lesy listnaté v zimě jsou u nás bez listů a nezadržují tudíž vodu téměř žádnou.

I půda lesní není nikterak přízniva pro infiltraci. Je-li pokryta podrostem, tu opakuje se pochod zadržování kapek dešťových jako v korunách stromů; je-li pokryta mechem neb suchým listím, tu zadržuje tato pokrývka velké množství vody.

Zkouškou seznalo se, že mechový porost na 9 cm silný na čtvereč. metru zadržuje 14 litrů vody: tím tedy z výše dešťové ubývá 14 mm.

Proto les není příznivý pro poměry spodní vody, on zadržuje vodu a propouští ji teprve tehdy, až sám jest vodou nasycen. Za sucha ale spodnějším vrstvám půdy vody značně ubírá, takže hladina spodní vody pod lesem vždy jest nižší než v krajině lesem nepokryté. Rovněž i louka zadržuje mnoho vody a jest tudíž podobně méně výhodná. Nejprůhodnější jsou role, zvláště dokud nejsou vysokým obilím pokryta.

4. O horninách propustných.

V uložení spodní vody můžeme tudíž rozeznati dvojí druh hornin. Na spodu jest hornina nepropustná (technikové nazývají ji vodoněsná, že *nad* sebou vodu nese), na které se

voda zadržuje. Vlastnosti této horniny a zvláště stupeň nepropustnosti její jsou důležitým činitelem při posuzování množství spodní vody. Není-li nepropustnost úplná, tu klesá spodní voda do hloubi v množství, které nemůže býti ani přibližně vypočteno. Nad touto horninou jest jiná propustná (technikové nazývají ji vodovodná), kterou voda prosakuje a v jejíchž spodních polohách na hranicích k hornině nepropustné se voda shromažďuje. Z toho vysvítá, že spodní voda může objeviti se jen v ploše, ve které změna v uložení hornin nastala. Hornina vodovodná nazývá se také *nosič m vody* a petrografické složení její a hlavně stupeň propustnosti má značný vliv na poměry spodní vody.

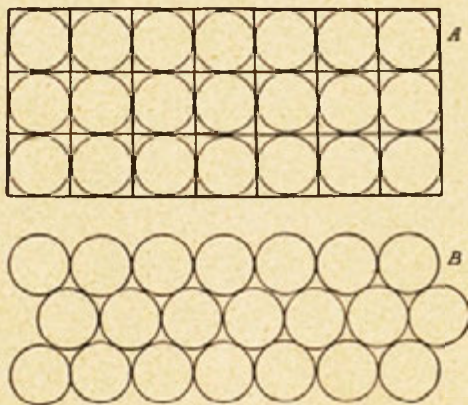
Nejvýhodnějším nosičem jest šterk aneb hrubý písek a zvláště případ, když šterk na velká prostranství povahu svoji nemění a nechová vložek jílovitých, aneb poloh jemného písku, jest pro vznik rozsáhlých nádrží spodních příhodným.

Z toho již jest patrné, že krajina, ve které studně založena býti má, musí dříve vrtáním aneb šachticemi pokusnými býti prozkoumána a povaha nosiče i podkladu nepropustného musí býti seznána.

Že voda může do pudy infiltrovati, toho příčinou jest pórovitost všech hornin. Voda vyplní póry horninové a tíží svou teče póry dolů.

Tato mohutnost propouštění vodu v kapkách velmi malých nazývá se *prolínavostí* čili *propustností* hornin.

Mysleme si horninu rozdělenou ve stejné minimální krychle (obr. 5A); jsou-li celistvé, jest hornina nepropustná a prolínavost není žádná. Mysleme si místo krychlí minimální koule, které se sousedními jen v bodě se dotýkají. Kolem koulí bude prázdný prostor, póry, hornina jest prolínavá a sice v tomto sestavení, když jedna koule dotýká se 4 sousedních, pokud možno nejvíce propustná. Při tom nemáme nyní na zřeteli pukliny, trhliny



Obr. č. 5. Schema částek horninových.

a jiné mimořádné mezery v hornině, kterými prolínávanost se jen zvyšuje a obsah pórů se zvětšuje. Dá se vypočítati, že v případě normálním při postavení koulí, jak bylo uvedeno, obsah pórů, tedy prázdného prostoru v hornině, obnáší 47.54% obsahu celé horniny. Toto číslo nazývá se *kvotientem pórovým* a jest pro různé horniny různé.

Myslíme-li si kuličky do střídavých řad sešinuté (obr. 5 B), takže každá nedotýká se jen 4, nýbrž 6 sousedních, bude pórový kvotient menší a sice, jak rovněž možno vypočísti, jen 25.95% .

Různé horniny tudíž jsou různě prolínavé dle mikroskopického slohu svého a tato vlastnost jest pro shromažďování se spodní vody velmi důležitá. Póry v horninách vyplní se vodou a ta tíží svou opouští póry, klesá do hlubších vrstev horniny a vyplňuje póry vrstev těchto. Tento pochod nazýváme propustností a z praktického stanoviska dělíme horniny vůbec na propustné, kde tento pochod se děje, a nepropustné, u kterých buď není dostatečných pórů, aneb z jiných důvodů voda póry vyplnivší v nich trvá, do spodních vrstev neklesá.

Mezi oběma extrémami jsou pak stupně jiné, jako dokonale propustné, slabě propustné a téměř nepropustné horniny. Dokonale propustné jsou písek, štěrk, ssuf horninová, ně-

které hrubozrnné pískovce, tuf sopečný a pod. Nepropustný jest jíl, hlinité břidlice a j.

Ornice, která pokrývá větší část rozlohy Čech, jest pro své hojné zbytky ústrojně nikoli dokonale propustná; při hustém a dlouho trvajícím dešti propouští $\frac{1}{6}$ až $\frac{1}{5}$ vody deštěm na ni spadlé do poloh hlubších. Pod ornici u nás obyčejně (také u Káraného) jsou vrstvy písčité, hlinito-písčité a písčito-hlinité. Rozdíly mezi těmito druhy hornin v pedologii užívanými nezdaří se býti přesně určeny. Ze zkušeností jest známo, že písek, jemuž hlína v menším množství jest přimíšena (tedy snad vrstva hlinito-písčitá) jest velmi dokonalým filtrem, který vodu znamenitě čistí.

Vodu obsahují ovšem horniny všechny a lze ji snadno dokázati, zahřejeme-li horninu přes 100°. Nepropustnost hornin vysvětluje se takto:

Některé horniny mají vysoký kvotient pórový (na př. jíl 47%), ale vodu nepropouštějí, nýbrž ji zadržují. Póry v horninách takových jsou tak malé, že zde vládne z fyziky dobře známý zákon o kapilárách. Dle toho zákona částčky vody ve velmi malých dutinkách přilnavostí se udržují a se nepohybují. Kdyby horniny takové vydány byly tlaku tak silnému, aby přemožena byla síla kapilární, voda z nich by vytekla. Z toho následuje, že theoreticky není vlastně hornin nepropustných a že roz-

dělování hornin v tom směru má jen význam v praksi. Dále z toho, co bylo pověděno, vysvítá, že, odvádíme-li vodu, která prošla horninou propustnou, k účelům praktickým, nikdy nepodaří se nám vybrati vodu všechnu; část její v hornině zůstává vázaná buď přilnavostí neb kapilaritou.

Ve vyšších polohách kůry zemské jest v horninách tak zv. *spodní vzduch*, který vyplňuje póry hornin. Sestupuje v horninách propustných do hloubi as 70 *cm*, v horninách dokonale propustných, jako v hrubším písku, až do 80 *cm*. V polohách nad spodní vodou jest následkem vzlínavosti hornin vlhko, z něhož stále se voda vypařuje. Páry tuto vznikající naplňují spodní vzduch, z něhož i do vzduchu nad povrchem zemským vycházejí. V létě je toto vypařování značnější, v zimě jest slabší, ano páry srážejí se a rozhojňují spodní vodu.

Stoupáním hladiny spodní jest vzduch spodní vyháněn z pudy do vzduchu povrchového, klesáním hladiny spodní jest zase do pudy vsáván.

Spodní vzduch může chovati jakožto přímíšeniny různé plyny, tak na př. kyselinu uhličitou, která vzniká zde jednak okysličováním látek ústrojných, jednak tím, že kyselina dusičná a sírová rozrušují uhličitany. Spodní vzduch kyselinou uhličitou napojený může v kraji obydleném vystupovati do sklepů i do

přízemních místností a býti takto velmi na závadu.

Poměry spodních nádržek jsou tudíž tyto. nad nádrží spodní jsou vrstvy vlhké následkem vzlínivosti své, nad nimi jsou vrstvy se vzduchem spodním a parami a poblíže povrchu jest poloha, kde děje se největší vypařování.

Mikroorganismy jsou rozšířeny v oné vrstvě, kde děje se vypařování, nejvíce a to často v množství nesmírném. Čistící síla hornin propustných jest ale velmi značná a počet a rozvoj mikroorganismů směrem do hloubi rychle klesá, takže ve hloubce 3—4 m jest půda sterilní, není-li ovšem popraskána hlubokými trhlinami, aneb protkána stavbami některých ssavců, jako krtinami a pod.

Z umělého filtrování říčné vody pískem bylo seznáno, že v nejsvrchnější poloze písku vytvoří se tenký povlak, tak zv. *membrána* z vláken rostlinných a zbytků organických vůbec, která jest přeplněna bakteriemi. Voda prochází touto membránou, jde do písku a šterku umělého filtru a zde se dokonale vyčišťuje.

Bylo v tom směru vykonáno mnoho pokusů, které vesměs dokázaly mimořádnou schopnost čistící hornin prolínavých. Voda plná bakterií, když byla prošla vrstvou písku 50—60 cm mocnou, úplně se vyčistila, gram hnojivky čítající 10 až 12 milionů bakterií proměnil se

prosáknutím vrstvou 70 *cm* mocnou ve vodu čistou, asi se 100 koloniemi bakterií.

Ovšem ale bylo pozorováno, že po velkých a vydatných deštích počet bakterií se zvětšuje a zároveň spodní hranice jejich se snižuje.

Na základě filtrace vody mnohá velká města pořizují si pitnou vodu z říčné, tak na př. Berlín, Paříž, Královec a j. V Paříži voda ze Seiny, když byla výkaly z města odplavila, filtruje se vrstvou písku as 1'2 *m* mocnou a výsledek jest bezvadná, čistá voda pitná.

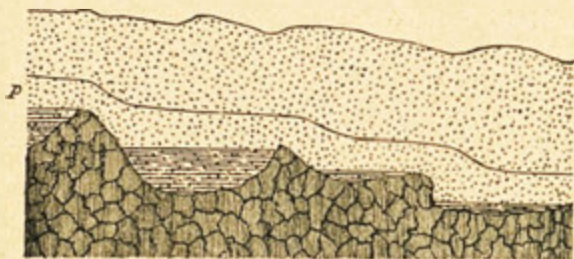
Jest patrné, že týž výsledek, jaký jest obyčejný při tomto umělém filtrování, objevuje se i v přírodě při prosakování vody dešťové, poměrně čistší než vody výkaly obsahující a ve vrstvách daleko mocnějších.

Jiná města, která jsou odkázána na vodu říční, jiným způsobem ji čistí a bakterií zbavují, na př. ozonováním jako Lille ve Francii.

5 Hladina spodní vody a pohyb její.

Hladina spodního proudu, to jest spodní vody se pohybující, není vodorovná, směrem k výtoku ku prameni jest skloněná. Sklonění to vysvětluje se tím, že pohyb vody ve štěrku děje se zvolna, voda musí překonávati četné překážky a jest zdržována třením, takže pohyb jest daleko volnější než pohyb vody na po-

vrchu zemském. Také i nestejnost a zvlnění podkladu pánve jsou toho příčinou, že hladina spodního proudu není vodorovná. Na těch místech, kde podklad nepropustný do výše vyniká, může býti jen spodní proud, spodní voda tekutá, tam kde v nepropustném podkladě vytvořena jest dolina, tam nashromáždí se i voda nehybná, spodní nádrž (obr. 6.).



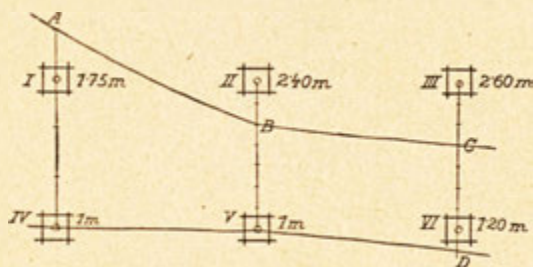
Obr. č. 6. Spodní voda na podkladu nerovném,
p spodní proud.

Nerovnosti povrchu zemského měří se, jak známo, a na mapách označují se *vrstevnicemi*, isohypsami. Podobně jest důležité měřiti a na mapách čarami označiti zvlnění povrchu spodní vody. Čáry, které na mapách spojují body stejné výše hladiny spodní vody, zovou se *hydroisohypsy* (často užívá se nesprávné zkráceniny *hydrohypsy*).

Na mapách přehledných bývají udávány rozdíly $0\ 1$ neb $0\ 5\ m$, na mapách podrobných i jen $0\ 1\ m$. Podkladem hydroisohyps jest měření, nivelování hlavně ve studních již porízených.

Mysleme si, že máme 6 pravidelně seskupených studní (obr. č. 7.). I byla naměřena ve

- | | | | | |
|------|------|----|------|--------------|
| I. | voda | ve | výši | $1\ 75\ m$ |
| II. | „ | „ | „ | $2\ 40\ m$ |
| III. | „ | „ | „ | $2\ 60\ m$ |
| IV. | „ | „ | „ | $1\ m$ |
| V. | „ | „ | „ | $1\ m$ |
| VI. | „ | „ | „ | $1\ 20\ m$. |



Obr. č. 7. Měření hydroisohyps. I—VI. studny.

Základná hydroisohypsa bude $1\ m$, spojíme IV. a V. bod a obdržíme kus hydroisohypsy $1\ m$. Ostatní průběh této hydroisohypsy a potom druhé 2 metrové graficky si vypočteme. Vzdálenost I. IV. rozdělíme na 3 díly, na pro-

dlouženou čáru I. *A* nanese se 1 takový díl a bod *A* nám bude značiti místo, kde probíhá hydroisohypsa 2metrová. Přímkou II. *V.* rozdělíme na 7 dílů, a na druhém dílci shora nalezneme jiný bod *B* isohypsy 2metrové. Přímkou III. *VI.* rozdělíme rovněž na 7 dílů, jeden dílec nanese se na čáru pod *VI.* prodlouženou do bodu *D*, ten nám bude značit místo hydroisohypsy 1metrové. V dílci třetím shora bude dále bod *C* hydroisohypsy 2metrové. Máme tudíž zjištěnou hydroisohypsu 1metrovou body IV., *V.* *D* a hydroisohypsu 2metrovou body *A B C*.

Měření hladiny spodní vody ve studních děje se obvykle jednoduchou latí na *cm* rozdělenou. Výše obruby studně se nivelisováním zjistí a poloha hladiny na lati odečte. Přesněji může prováděno býti měření plovacem, který na šňůře jest připevněn. Šňůra nad studní běží přes kladku a může rovněž býti rozměřena. Ovšem, že měření vody ve studních, ze kterých se čerpá, nemůže býti nikdy zcela přesné.

V krajinách, kde studní ještě není a kde půda jest příhodná, zavádějí se pokusné roury zvláště Nortonovy. Jsou to železné roury dole přispičaté aneb v podobě vrtáku vytvořené, které jsou na spodním konci otvory opatřeny. Ty vráží se, aneb zavrtávají se do půdy tak hluboko, pokud možno. Když roura očistí se od

horniny, která otvory vnikla, ukáže nám výši hladiny spodní vody.

Hydroisohypsy takovým způsobem získané poučují nás o poměrech spodní vody. Jsou-li zaneseny na mapách, na kterých obyčejné vrstevnice povrchové, isohypsy, zakresleny jsou, můžeme pozorovati, že oba druhy čar do jisté míry jsou v souhlase, probíhají přibližně rovnoběžně. Terén povrchový poněkud se podobá zvlnění spodních hladin, ovšem, jsou-li poměry geologické v celém kraji stejné. Změna hornin má za výsledek velmi patrnou změnu v rozložení spodních vod.

Spojíme-li na mapách 2 sousední hydroisohypsy, tu tato čára, která značí nám vzdálenost jedné hydroisohypsy od druhé, zove se *místním spádem* (speciální spád).

Na mapách jest ovšem kreslena projekce, z čehož následuje, že skutečný spád, skutečná vzdálenost, kterou voda spodní od jedné hydroisohypsy ke druhé vykoná, jest poměrně větší, než na mapách jest vyznačeno.

Místní spády jsou různé délky. V planinách, pod kterými jsou rozsáhlé nádrže spodní, jsou místní spády velmi značné délky. Tak na př. v severoněmecké rovině šterkové měří 1350 až 1700 m. Na hranicích nádrže jsou kratší než uprostřed a zvláště zkracují se k bodům, ve kterých spodní voda vyvěrá pramenem.

Opatrnost velí pro vydatné čerpání vody a porizení studně vyhledati místa taková, kde místní spády jsou kratší a kde možno dosíci spodní proud.

Čára, která naznačuje směr proudu, tak zv. *proudnic*, rovněž jest důležitým činitelem při posuzování poměrů spodních vod. Průběh proudnic zjistiti možno různým způsobem. V praxi užívá se různých method, z nichž některé nejsou přesné a spolehlivé.

Nejlépe děje se tak pomocí hydroisohyps. Na povrchu zemském teče voda směrem, který je kolmo na vrstevnice, isohypsy a můžeme všim právem usuzovati, že podobně se děje i pod zemí, že spodní proud teče směrem kolmým na hydroisohypsy. Tento způsob jest spolehlivý a v praxi nikdy nezklamal.

Méně přesně bývají vyhledávány proudnic různými roztoky buď barviv (fluorescein neb uranin), buď chemických sloučenin (solí), které se hodí do studně uprostřed položené a jichž stopy se hledají ve studních sousedních.

Jiný primitivní způsob používá plováče, který položí se na hladinu v širší studni a pozoruje se ona strana, ke které plováč po jisté době přirazí.

Všeobecně možno usuzovati, že hladina spodní vody přibližně podobá se, jsou-li geologické poměry krajiny stejné, povrchu zemskému.

Proto sklon povrchu zemského bude asi se jeviti také na hladině spodní spádem.

Jiný způsob zjistiti proudnice má za základ vlnění spodní vody. Hladina spodní vody vlní se v dlouhých vlnách. Pozorováním v několika studních, při němž dlužno míti zřetel na dobu, bude možno zjistiti maximum a minimum vlnění.

Vystoupnutí hladiny pokračuje v dlouhých sedlech vln a za nimi jdou pánve vln. Spojí-li se studně, ve kterých stejnou dobu jsou sedla, čili vypětí vln, aneb ve kterých stejnou dobu jsou pánve, čili vydutí vln, vzniknou čáry vlnění a kolmice na ně vedená jest proudnice.

Důležitým činitelem jest také *rychlost* proudu, která jest závislá jednak na tvaru nepropustného podkladu a na skladbě nosiče vodního. Tyto vlastnosti i na místech ne příliš rozsáhlých značně se mohou měniti a proto i rychlosti mohou býti značně různé.

Rychlost toku spodní vody měří se v praksi podobnými způsoby, jako se zjišťuje směr spodní vody.

Tedy předně pomocí různých roztoků, které vlijí se do jedné studně, a hledí se zjistiti doba, za kterou stopy po těchto roztocích se objeví ve studni sousední. Rozdíl dob mezi dobou vlití roztoku a dobou nalezení stopy ve studni sousední naznačuje nám čas, kterého bylo zapotřebí, aby roztok z jedné studny dostal se

do druhé. Budiž délka cesty vykonané d a rozdíl dob t tu bude rychlost $r = \frac{d}{t}$. Je-li vzdálenost studní 11·8 metrů a rozdíl dob 45 minut, bude rychlost $= \frac{11\cdot8}{45} = 0\cdot26$ m. Při přesnějším počtu je třeba mít na mysli, že vzdálenost dvou studní na povrchu jest projekcí cesty vodou vykonané a jest tudíž o něco menší než tato.

Použití roztoků spojuje se někdy s methodou elektrickou. Do studně výše položené vleje se roztok soli salmiakové (chloridu amonatého), do jiné ve směru proudu lžící vloží se mosazný válec kaučukem obdaný, který nahoře spojí se s galvanickým článkem a amperometrem. Roztok chloridu amonatého má značnou elektrolytickou vodivost a jakmile se dostane do vody studně, jeví se ihned uzavření proudu a na amperometru bude to znáti intensitou znenáhla stoupající a pak zase klesající.

Nepřesnost měření rychlosti pomoci roztoků solných v poslední době často byla seznána. Sehnáný roztok solný, do vody vlit, nerozšiřuje se jen ve směru proudu, nýbrž difusí na všechny strany, tedy i na ty, ve které proud nesměruje. Jest třeba ve studnici, kam roztok dojíti má, nestanoviti čas, kdy první stopy soli se objevily, neboť ty pokračovaly rychleji, nejen proudem,

nýbrž i difusí. Směrodatným jest čas, kdy slanost vody dosáhla nejvyššího stupně. V hydrotechnice jsou ustáleny vzorce, jimiž rychlost proudu mnohem dokonaleji měřiti možno (Darci-Dupuit, Smreker, Thiem a j.), ty ale předpokládají stejnoměrně a pravidelně uloženého nosiče.

Rychlosti toků spodních jsou poměrně nepatrné a obnáší obyčejně za den jen asi 3—5 *m*, výjimkou při značnějším spádu až 40 *m*. Pro písek hrubozrnný byla určena rychlost na 4·5 *m* za den.

Výjimkou jsou rychlosti spodních proudů značné, takže až jakýmsi vodopádům podzemním se toky ty podobají. Tak v opuštěném projektu vodovodu pro město Prahu u Radotína byly naměřeny rychlosti velmi značné. I po opravě měření bylo známo, že proud spodní teče 2 až 5·34 *m* za hod. čili 48 až 128·2 *m* za den!

Nepatrné rychlosti se stanoviska praktického jsou důležitým momentem, jsou toho příčinou, že vlnění spodní vody se vyrovnávají a že rychlé, dalekosáhlejší změny ve vydatnosti pramenů jsou nemožny.

Hladina spodní vody dle množství infiltrace a dle vypařování stále kolísá. Mimo to i čerpání vody má vliv na stav spodní vody. Čerpání nejvíce působí ve dne, v noci se poklesy zase vyrovnávají.

Čerpáním ovšem mění se hladina spodní, která v bodě, kde se čerpá, rychle klesá. Kol studně, kde se čerpá, vytvoří se kužel depresní, který, poněvadž přítok vody děje se pomalu, po jistou dobu trvá. Je-li hladina vodorovná, má kužel depresní základnou kruhovitou, je-li poněkud nakloněna, má základnou elipsovitou. Tvar kužele a změny, jímž čerpáním a přítokem vody podléhá, jsou důležitými při posuzování trvalé vydatnosti studny.

I vlhkost vzduchu a svrchních poloh půdy působí na spodní vodu, zvláště není-li vzduch nasycen parami vodními. Dále i hloubka spodní vody padá zde na váhu, neboť jest přirozeno, že za sucha nádrž spodní, která není hluboko pod povrchem více bude trpěti než jiná, hlouběji položená.

Kolísání hladiny spodní možno měřením sledovati a z údajů těch možno vypočísti průměr měsíční a roční. Měření provádí se buď latí, buď plovacem na šňůře zavěšeným, jest však zřejmo, že měření ve studních, ze kterých se čerpá, nepodá nikdy výsledků přesných.

Kolísáním hladiny možno vysvětliti některé na první pohled podivné zjevy. Tak na pr. potoky za dob sucha na některém určitém místě mizejí a kus dále se zase objevují. Některé rybníky, ano i jezera vysychají a zase se naplňují. V obou případech prosakuje voda a rozmnožuje vyschlou zásobu vody spodní.

Kolísání hladiny za obyčejných poměrů není značné, obsahuje asi kolem 1 m. V některých případech, za okolností zvlášť nepříznivých jsou ale poklesy hladiny spodní daleko značnější a tyto úbytky vody spodní, je-li používána za pitnou, mají velmi neblahý vliv na zdravotní poměry obyvatelstva.

Jest dlužno přiznati, že příčina škodlivosti pitné vody z takových pokleslých nádrží není dosud s určitostí známa. Zdá se, že škodlivé látky organické a zvláště některé zhoubné bakterie znečišťují vodu spodní více, poklesla-li hladina její, takže asi roztok těchto škodlivin v menším množství spodní vody jest sehnanejší.

V tom směru pracoval hlavně mnichovský hygienik Pettenkoffer, který seznal, že poklesem hladiny spodní počínají se objevovati tyfósní zimnice. Nejnepříznivějším momentem jest, klesne-li hladina dříve vysoká značně a náhle. Tu vzniká pitím vody z takových nádrží endemický abdominální tyfus.

Kolísání hladiny spodní má také velký význam pro rostlinstvo. Trvalý pokles hladiny může vysušiti louky močálovité, za to ale poškoditi stromoví. Stoupnutím hladiny vznikají výhodnější poměry pro rostlinstvo, tak na př. může se jím množství dřeva stromového až zdvojnásobiti.

Dlužno míti na paměti, že kolísání hladiny spodní není se současnými srážkami dešťovými v žádném spojení. Dešťová voda potřebuje značný čas, několik neděl, ba i měsíců, než prosákne do spodního proudu, a účinek dešťů může se tudíž jeviti na spodní hladině teprve po době dosti značné.

6. O pramenech.

Výtok spodní vody na povrch nazývá se *pramenem*. Jest v bodě, kde hladina spodní řeže povrch zemský. V širším slova smyslu, nazývají se pramenem i výtoky vody jiné než spodní.

Tak na př. *Suess* rozeznává v kůře zemské vodu dvojí:

1. *vadosní*, která pochází ze zevnějšku, tedy z deště a sněhu a vnikla infiltrací, neb jinak do hlubin. Sem náleží i voda spodní;
2. *juvenilní*, která jest původu vnitrozemského a pochází z magmatu žhavého, jež vyplňuje hnízda sopečná. I ta může různým způsobem na povrch vynikati. Není to ale voda pitná a proto se o ní blíže zmiňovati nebudeme.

Také se mluví o ledovcovém prameni, který vzniká pod tajícím ledovcem a bývá původcem potoků horských. I zde nejedná se o vodu pitnou a výtok ten náleží do zjevů ledovcových.

Prameny, které vznikají výtokem vody spodní, tedy prameny v užším toho slova smyslu, možno dle toku vody rozeznati hlavně dvojce:

1. *sestupné*, ve kterých voda stéká shora dolů;
2. *vzestupné*, ve kterých voda s počátku rovněž do hloubi klesá, později však k prameni vystupuje.

Prameny sestupné jsou ony, ve kterých voda spodní tíží svou stéká k prameni hlouběji, než jest hladina spodního toku, položenému. Nevniká nikdy hluboko do kůry zemské, nepřichází ve styk s teplejšími hlubšími vrstvami a neotepluje se tudíž. Teplota vody přibližuje se obvykle střední roční teplotě vzduchu, která na místě pramene jest a také podobně, ovšem ale méně, kolísá. Poněkud značnější hloubkou, as 20 m, ustává kolísání a prameny z této hloubi pocházející mají po celý rok téměř stejnou teplotu. Dále voda sestupných pramenů vytéká volně a není nikdy tlakem vyháněna.

Jsou různé druhy sestupných pramenů; možno hlavně rozeznávat:

1. prameny spodní vody,
2. vrcholové prameny,
3. vrstevné prameny,
4. jeskynní prameny.

1. prameny spodní vody.

Proud spodní teče po nepropustném podkladě svém, vyniká-li tento na nejnižším bodě,

na povrch, aneb blíží-li se značně povrchu, vyvěrá voda spodní v prameni. Výtok může ovšem povstati také tím, že proud spodní přirozenou trhlinou aneb umělým způsobem jest naříznut.

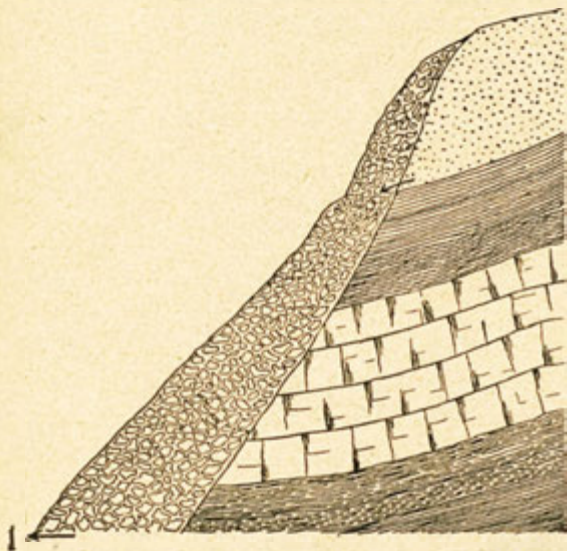
Pokud mocnosti pramene se týče, tu jest patrno, že čím mocnější jest spodní proud, čím méně jest výtoků a čím hlouběji jsou položeny, tím mocnější jest pramen.

Zapadá-li nepropustná vrstva směrem do údolí, tu pak nad ní vyvěrá celá řada pramenů (horizont pramenný). Zjev ten již na první pohled bývá patrný tím, že i v dobách sucha zelená se po bocích údolních pruh travin neb křovin, kdežto okolní porost jest uschlý. Jedná-li se o to, využití některý pramen prakticky, tu doporučuje se vybrati a zachytiti nejspodnější, ježto ty mají napájecí okres největší.

Zvláštní případ jsou *prameny ssutinové*, které často ve vysokých horách se objevují.

Ssutí horninová a haldy štěrkové pokrývají boky úbočí (obr. 8.) a mohou také zakrýti výtok spodní vody, takže pramen zde jest ukryt pod štěrkem a doň vodu svou vylévá. Dále i voda dešťová na haldy dopadající prosakuje, spojuje se s pramenem a vytéká na spodu ssuti v údolí jako pramen zesílený. Čím příkřejší jest úbočí, tím rychlejší jest odtok vody a proto nemůže se zde tvořiti nádrž spodní se zásobou vody. Proto prameny ssutinové často v době

sucha zanikají a nazývají se také „prameny hladovými“. Na povrchu ssuti vypařuje se voda značně, odnímá teplotu vodě ostatní



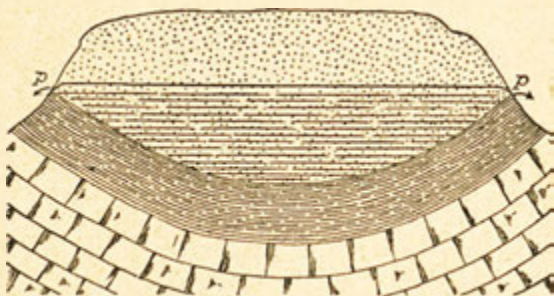
Obr. č. 8. Pramen ssutinový.

a proto jest voda pramenů ssutinových obvykle značně studená.

Podobné jsou prameny v rašelinistích úbočích. V horách rozkládají se někdy rašelinistě menších rozsahů na úbočích údolních. Voda,

kteřá jest hlavní podmínkou vzniku a trvání všech rašelinišť, nemůže zde pocházeti z deště, nýbrž bývá dodávána pramenem, který rašelinou jest zakryt a který byl právě příčinou, že rašeliniště se vytvořilo. Kdyby pramene takového mělo býti použito, tu by bylo dlužno hledati jej poblíže svrchního okraje rašeliniště, ježto voda kapilaritou mechu jen do nepatrné výše může býti vzlínána. Jindy na úbočích údolních bývají uloženy náteky vápenného (tufu), které zcela podobně vytvořovány jsou pramenem. Voda pramene jest napojena uhlíčanem vápenatým a usazuje jej poblíže výtoku.

Jiným druhem obyčejných pramenů spodní vody jsou tak zv. *přepadající prameny* (obr. 9.). Nádrž spodní vody jest jakoby v nádobě na spo-



Obr. č. 9. Prameny *p* přepadající.

du kol dokola uzavřené, a je-li infiltrující vody více, přetéká tato nádoba na obvodu, když hladina vodní se byla zvýšila. Zjev ten jest dosti častý v jícnech vyhaslých sopek, později štěrkem vyplněných; zde pánev, ve které spodní voda jako v kotli se shromažďuje, jest zvlášť pravidelně vytvořena.

2. prameny vrcholové.

Vrcholy hor jsou vždy a to hlavně působením mrazů a tepla slunečního četnými trhlinami rozpraskány. Trhliny jemnou drtí, povstalou z rozrušování horniny vyplněné, jdou až do jisté hloubky, kam už působení mrazů a tepla slunečního nezasahá a kde hornina jest již celistvá, nepopraskaná. Z deště a pak i srážením se par ze vzduchu vzniká voda, která prosakuje trhlinami až na místa nejhlubší a může zde naléztí odtok na povrch, vyvěrati pramenem. Horninou nepropustnou jest zde neporušená skála, horninou vodonosnou skála trhlinami rozpraskaná. Plocha, ze které vody se zde sbírají, jest obyčejně omezená, takže vydatnost takovýchto pramenů vrcholových nebývá značná, ač v některých případech zvláště kondensace par pramenům značné množství vody dodává.

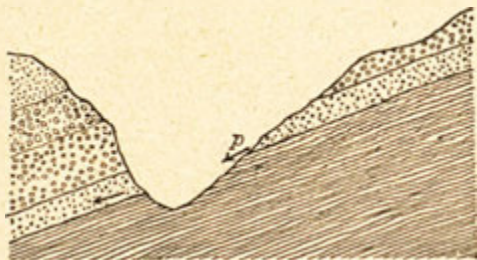
3. prameny vrstevné.

Jsou v přírodě nejčastější a vyskytují se v různých tvarech, které všechny na typus těchto

pramenů uvéstí se dají. Základ pramenů těch jest tento:

Pod polohou vodovodnou jest vrstva horniny nepropustné. Na hranicích těchto hornin shromažďuje se voda horninou vodovodnou infiltrovaná, dle úklonu vrstvy nepropustné stéká do hloubi a tam, kde tato vrstva vychází na povrch, vyvěrá pramenem. Proudnice pramenů takových jest dána úklonem vrstvy nepropustné a zovou se také prameny ty *dotekovými*, kontaktními, poněvadž vyvěrají na doteku dvou různých hornin.

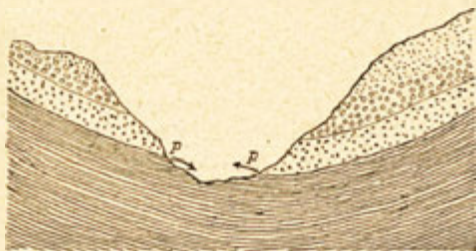
Prameny budou tím vydatnější a zároveň i tím stářejší, čím rovnější jest hranice doteková. Zvlnění nepropustné horniny může mít za následek, že značná část spodní vody odteká v pávních vln jinam; tu pak, ač okres napájecí jest rozsáhlý, bude vydatnost pramenů malá.



Obr. č. 10. Pramen v údolí stejnakloném.

Vrstevné prameny jsou nejčastějším zjevem a jsou na př. podkladem vodovodu vídeňského. V Alpách jsou vápence a také pískovce uloženy na nepropustném jílu písčnatém, který nadržuje četné a vydatné prameny.

Vrstevné prameny jeví se v četných a různě



Obr. č. 11. Pramen v údolí souklonném.

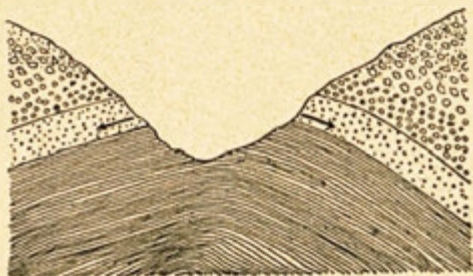
ných variantech, které zvláště v údolích se vyskytují.

Je-li na př. nepropustná vrstva údolím stejno-klonným přerušena (obr. 10.), tu budou vyvěrati prameny po té straně, kde nepropustná vrstva do údolí zapadá. Na druhé straně nebude pramenů a voda vniká hloub do úbočí. Někdy ovšem může i zde vytékat pramen, který pak jest přepadající.

V údolí souklonném (obr. 11.) zapadají po obou stranách vrstvy nepropustné do údolí a mohou tudíž po obou vyvěrati prameny.

V údolí protiklonném (obr. 12.) odchází voda po obou stranách hloub do úbočí a nemůže tudíž zde pramen vytékati, ledaže by to byl pramen přepadající.

To jsou obyčejné případy pramenů vrstevných: někdy jsou poměry složitější tím, že vrstvy jsou porušeny zlomy a přesuny,



Obr. č. 12. Pramen v údolí protiklonném.

4. jeskynní prameny.

Náležejí vlastně do zjevů, jež souborným jménem označujeme jako krasové. U nich voda neprosakuje horninou propustnou, nýbrž toky povrchové jako potoky a řeky mizejí v chodbách, které si voda ve vápenných horninách vodou poněkud rozpustných vytvořila, aneb z úzkých trhlin rozšířila. Voda jejich není v pravém slova smyslu spodní vodou, není vyčištěna, což se může státi jen filtrováním v hornině

propustné a není tudíž také pitnou. Větve této krasové vody, ano i celé mohutné proudy říční objevují se na dnu jeskyní a vytékají na povrch, aby, jak často se stává, dále zase v trhlině zmizely.

V krasovém území jsou zjevy takové hojné a zvláště moravský kras jest protčen podzemními toky (Punkva), které na mnohých místech v jezírka podzemní se rozšiřují.

Podobně jest to v krasu istrijském, ve kterém poblíže pobřeží mizejí toky povrchní a teprve v moři ve vzdálenosti dosti značné vytékají.

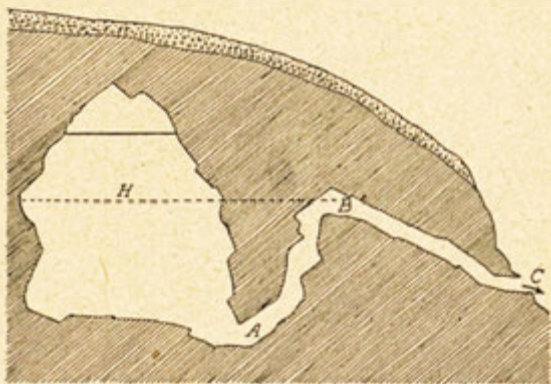
Někdy ovšem může i pravá spodní voda filtrovaná do jeskyní se dostat a jeví se pak nádrž spodní jako reservoir v jeskyni. Nemají-li reservoiry takové stálý přítok infiltrací a scházeli jim spodní proud, tu nemohou býti vydatnou zásobárnou vody pro čerpání. S počátku bývá nadbytek vody, která za dlouhou dobu se nashromačovala, brzy však zásoba se vyčerpá a jeskyně jest vší vody zbavená.

V krasovém území a pak i jinde ve skalách objevují se občasné (intermitentní) prameny, které jen občas vodu mají. Některé tekou jen několik dní neb týdnů a pak na delší dobu ustávají, jiné ukazují dosti značnou pravidelnost. Obvykle jsou činnými na počátku léta, na podzim již ve vyvěrání se objevují mezery a v zimě ustávají docela.

Podklad těchto pramenů jest známý zákon fysikální o násosce. Ve skále jest prostor, či jeskyně nádrží spodní vyplněná a s povrchem klikatou chodbou spojená. Tato chodba tvoří přirozenou násosku (obr. 13.), ze které voda tak dlouho bude vytékati, pokud hladina nádrže *H* neklesne pod nejnižší bod násosky *A*. Vystoupne-li po novém rozmnožení vody nádrže hladina nad nejvyšší bod násosky *B*, počne výtok znova.

Vzestupné prameny

liši se od sestupných tím, že voda nevytéká tíží svou na místech nejnižších, nýbrž jest pu-



Obr. č. 13. Pramen občasný. *A* nejnižší, *B* nejvyšší bod násosné roury, *C* výtok.

zena tlakem do výše, často dosti značné. Jest to voda spodní vzniklá deštěm a obvykle filtrovaná horninou propustnou. Klesá do hloubek značnějších a může proto nabýti zde teploty značnější, než měla dříve. Podklad zjevu toho můžeme si vysvětliti známým fysikálním zákonem o nádobách spojených. Je-li jedno rameno dvou nádob spolu spojených a vodou naplněných kratší, tu bude z něho voda vytlačována do výše. Jest ovšem dlužno míti na zřeteli, že poměry v přírodě jsou složitější, stěny chodeb vodovodných nejsou hladké a odporují více toku vody než hladké stěny nádoby.

Proto značná část tlaku v přírodě se ztrácí a voda nebude do tak značné výše vytlačována, jako při pokuse fysikálním.

Možno rozeznati hlavně dva druhy pramenů vzestupujících, jichž vyvěrání děje se za tlaku:

1. voda jest v jediné vrstvě vodovodné — pramen *artéský*,
2. voda jest v trhlinách horninových — pramen *trhlinový*.

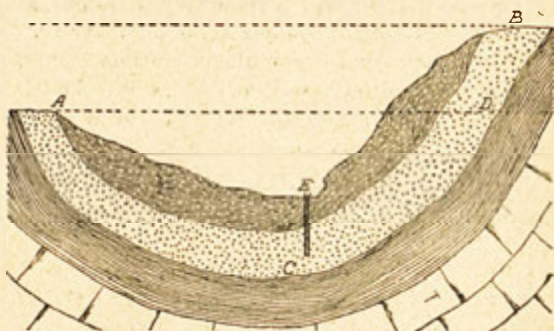
Mimo tyto dva druhy vyskytují se případy složitější, ve kterých oba typy jsou spojeny — artéský pramen trhlinový.

Artéský pramen.

Jméno pochodí z hrabství Artois ve Francii, kde po prvé r. 1126 mnichy kartouzskými pramen toho druhu byl pořízen. Ale původ jeho

jest daleko starší, již staří Číňané i staří Egypťané před několika tisíci lety znali tento přírodní zjev.

Základ zjevu jest tento: Vrstva horniny vodovodné, štěrkové aneb z hrubého písku, jest uložena mezi vrstvami nepropustnými. Infiltrace děje se na výchoze vrstvy této (obr. 14.



Obr. č. 14. Pramen artéský.

kol bodu *A* a *B*) a voda prosakující bude se shromažďovati tíží svou na nejhlubším místě vrstvy v bodě *C*. Přistupuje-li další infiltrace, bude voda ve vrstvě znenáhla stoupati, až dosáhne bodu *A* po jedné a bodu *D* po druhé straně. Další infiltrace nemůže se díti kol bodu *A*, poněvadž zde hornina již zcela vodou napojena jest, zato ale může voda prosakovati

u bodu B . Tím pořízena jest spojitá nádoba s jedním ramenem (AC) kratším ramene druhého (BC) a voda bude u A tlakem vyražena do výše, která (theoreticky) se rovná vodnímu sloupci BD . Vydatnost pramene bude záviseti na propustnosti nosiče a na poměrech kol bodu B , jak rozsáhlý jest zde okres a jaká jest zde mohutnost nosiče. Je-li nová infiltrace nepatrná, zkracuje se sloupec BD a tlak bude menší.

V tomto druhu pramene může voda prosakovati do značné hloubky a může se zde ohřívati. Zvýšená teplota může působiti při vyvěráni, neboť teplá voda jest specificky lehčí než studená. V poměrech, které byly popsány, jest možno pořídití samočinnou studni artéskou. Provrtá-li se uprostřed pánve otvor až do vrstvy vodovodné, bude jím voda vystupovati a vystřikovati, je-li bod na povrchu E , kde počalo se s vrtáním, hlouběji položen než výtok pramene A . Je-li bod E výše položen než A , tu nebude voda vystřikovati, nýbrž stoupne v rouře studniční EC až do výše A . I to jest artéská studně, třeba by voda samočinně nevytryskovala. Ona výše, do které voda v rouře vystoupí, nazývá se *piezometrické niveau*. Provrtá-li se otvor do vodovodné vrstvy nad touto piezometrickou úrovní, tu nebude voda vyvěrati, nýbrž naopak otvor bude vodu ssáti a nazývá se proto také *negativní studni artéská*.

Artéská voda jest velmi vítaná jako voda pitná, zvláště proto, že krajiny, ve kterých se vyskytuje, bývají jinak na obyčejnou vodu spodní chudé. Vlastnosti vody artéské nejlépe se posuzují z pramene artéského, který mívá vodu poněkud tvrdší, než jest voda vrtané studně artéské.

Druhů artéských pramenů jest více, všechny ale dají se odvoditi z typické pánve, v níž uložena mezi vrstvami nepropustnými vrstva vodovodná. Často v přírodě jest jen část pánve, buďto proto, že vodovodná vrstva v hloubce se pojednou vyklínuje, končí, aneb že jiná hornina, obyčejně vyvřelina úplně nepropustná, jednu část pánve nahrazuje.

Puklinové prameny.

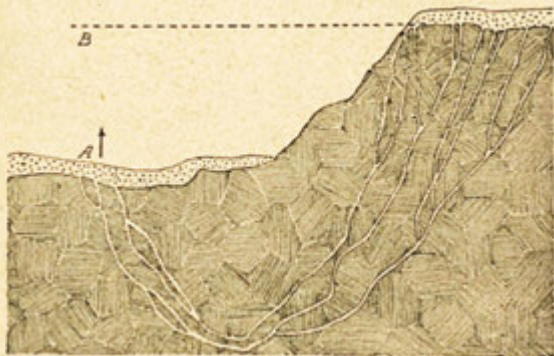
Dají se vysvětliti rovněž principem spojených nádob, jenže místo jednoduché nádoby jest zde celá soustava trhlinek a puklin, které spolu souvisí (obr. č. 15.). Aby voda sama vytryskovala, jest ovšem třeba, aby jedna část spojených nádob byla kratší než druhá, ve které voda výše stojí a tlak vykonává.

Ze schematického profilu vysvítá, že v bodě *A* bude voda tryskati do výše, ježto zde působí tlak sloupce *A B*.

Puklinové prameny dosahují často značných hloubek, takže se voda otepluje. O přibývání teploty směrem do hloubi poučuje nás

geologie, že za každých 33 *m* stoupne teplota o 1°.

Je-li tudíž teplota vody v *A* vytryskující známa, tu možno největší hloubku, až kam voda se dostala *C*, odhadnouti. Je-li tudíž



Obr. č. 15. Prameny puklinové.

na př. teplota pramene 18°, střední roční teplota místa 9°, tu odpovídá rozdíl 9° hloubce přibližně asi 300 *m*. Často ale mísí se v hořejších polohách u pramene voda artéská s jinou, obyčejnou infiltrační a studenější, která pak teplotu snižuje. Je-li důležité vyšší teplotu vody zachovati, tu je třeba míšení zabrániti a studenou vodu zachytiti.

Místo v trhlinách nepravidelných a úzkých

může voda prouditi také v tektonických rozsedlinách a puklinách. Jest známo, že poruchy ve vrstvách zemských hlavně zlomy a poklesy vrstev přivoděné jsou ohrazeny pravidelnějšími rozsedlinami, které ale vyplněny bývají jílem, třením krajů vrstevních o sebe povstalým. Takový jíl jest úplně nepropustný a jím voda ovšem prosakovati nemůže. Někdy ale, ač vzácně, taková rozsedlina jest buď prázdná, aneb propustným materiálem jako hrubozrnnou drtí vyplněna. V tom případě může povstati puklinový pramen a voda může tryskati rozsedlinou. Někdy rozsedlina postihla v pánvi artéské vodovodnou vrstvu a tu může puklinou voda tryskati, aneb umělým otvorem vodě artéské vytvořena býti cesta na povrch.

Takové případy shrnujeme pod názvem *artéský pramen puklinový*.

V přírodě ovšem často setkáváme se se složitějšími poměry a s případy, ve kterých jest několik vzorů pramenů zde ve stručnosti uvedených. Vždy ale jest možno je na základní typy uvést a tak je vysvětliti.

7. Geologická stavba území a spodní voda.

Na spodní vodu a prameny má geologická stavba území velmi značný vliv. V přední řadě jsou to vlivy chemické. V hornině, která chová

mnoho látek rozpustných, bude protékající voda součástky vyluhovati a jimi se napojovati. Některé z těchto součástí ve vodě pitné neškodí, jiné ji ale kazí, takže se stává nepotřebnou.

Petrografická povaha nosiče vody rovněž jest velmi důležitá. Dokonale propustný nosič bude na hranici k vrstvě úplně nepropustné shromažďovati značná množství spodní vody a zároveň ji důkladně filtrovati, čistiti. Nejprůhodnější jsou proto vody z nosiče sypkého, který jest dobrým filtrem, jako štěrk, hrubý písek, tuť a j.

Aby značnější zásoby spodní vody v takových příznivých nosičích shromáždit se mohly, k tomu jest třeba zvláštního tvaru a výhodné polohy vrstvy nepropustné, která vodu nadržuje. Ideální poloha podkladové vrstvy jest ta, když na velké rozloze jest plochá, rovná a sklání se mírně k jedné straně. Tu potom voda na značném prostranství deštěm spadlá, bude prosakovati a mírně, za to ale stále, pramenem aneb více prameny vyvěrati v bodech, kde podklad nejvíce se níží a na povrch vychází.

Není-li nepropustná vrstva nakloněna, nýbrž vodorovná aneb docela v podobě pánve uprostřed snížená, tu mohou vytvořiti se velmi rozsáhlé nádrže spodní vody, ze kterých jest možno na četných místech čerpati.

Takové poměry jsou možny tam, kde široká prostranství jsou budována nosičem výhod-

ným a stejnoměrně pravidelně rozloženým, jak tomu jest v Německu, v okolí Paříže, Londýna a j.

V územích ale, která geologickými poruchami utrpěla, často není nepropustná vrstva rovná a plochá, nýbrž bývá naopak nepravidelně zohybána, ano i ve kry do různé hloubky pokleslé roztržena. Tu ovšem voda spodní v nosiči třeba i ve značném množství nahromaděná, nepoteče jedním směrem a nevyvěrá jedním neb několika nečetnými prameny, nýbrž použije všech prohlubin a rýh v podkladné vrstvě vytvořených a rozteče se v různé strany, takže zásoba její se roztržítí.

Taková území jsou odsouzena k tomu, že nikdy nenajdou značnější množství spodní vody v bližším okolí svém. Pohled na takovou rozlehlou krajinu šterkem a pískem pokrytou mohl by nás svést k úsudku, že spodní vody bude asi hojnost. Nepravidelnosti v podkladě mohou ale býti toho příčinou, že odhad náš jest mylný. Proto právě v těchto případech jest nutno podrobně tvar podkladu vyšetřiti. Země česká jest z oněch území, která v Evropě nejvíce poruchám byla vydána a proto i značné množství vody spodní na jednom místě jest zjevem velmi vzácným. Také i horniny balvanité, jako žula, mohou shromažďovati hojné zásoby vody a to obvykle velmi čisté, ježto horniny ty chovají látky rozpustné jen velice

nepatrně. Ale okolnost nutná pro vyskytnutí se vod spodních v horninách balvanitých jest, že na povrchu svém musí horniny ty býti rozpukány trhlinkami, které vyplněny jsou drtí horniny rozrušené.

Tato výplň působí jako dokonalý filtr a vodu prosakující velmi dokonale čistí. Jenže takové případy v přírodě jsou velmi vzácné a objevují se ponejvíce jen ve vysokých horách, kde vrcholy výšin mrazem a slunečním teplem jsou do dostatečných hloubek rozpukány.

V nižších polohách jsou balvanité horniny nevýhodné pro shromažďování se spodní vody a obyčejně ji také nechovají.

Jinou horninou, která vodu často chová, jest hrubozrnný pískovec. Tento nosič jest velmi výhodný; v Čechách jsou to hlavně pískovce nejspodnějších poloh našeho křídového útvaru, tedy perucký a korycanský pískovec. Ty nadržují s dostatek vody, čistí ji znamenitě a svádí ji na hranici k podkladu, který bývá kolem Prahy ze silurských břidlic. Tak jest tomu na Nebozízku, v Jinonicích pod Vidrholcem a všude na okrajích křídového pískovce vyvěrají prameny výborné a čisté vody pitné.

Tam, kde pískovec křídový hluboko zapadá, může vytvořiti se tlak artéský. Takové zjevy v Čechách jsou hojné, jako na př. v Toušeni, u Káraného (4 studny), u Hořic, Jaroměře, Chrasti u Chrudimě, České Třebové a zvláště

v Poděbradech, kde ovšem chová vodu minerálnou a léčivou. U Vrutic artézská voda vy-
ráží tlakem z rozsedlin. Nepříznivé vlastnosti
vod artéských jsou pak jednak vyšší teplota,
neboť voda v hloubkách se otepluje a pak znač-
nější množství součástí minerálních a to
zvláště železa, které bývá na závalu.

I v jiných horninách může někdy shromažďo-
vati se spodní voda, tak na př. v břidlicích.
Ty jsou vlastně nepropustné, ale ve vrstevních
spárách a někdy také v trhlinkách protéká
voda do spodních poloh. Voda ta ale obvyčejně
nehodí se za vodu pitnou. Jednak jest nedo-
statečně filtrována, jednak rozpouští různé
nerosty, jež vždy v břidlicích jsou obsaženy, a na-
pojuje se jimi. Tak na př. obecnou součástí
břidlic jest pyrit, z něj a z jiných ještě nerostů
voda vyluhuje sírany. Z břidlic pocházejí vody
nejtvrďší, tak na př. v Brdatkách u Berouna
v křemenitých břidlicích silurských tekla kdysi
voda mimořádně tvrdá až přes 130° něm.
tvrdosti. I také v Praze vyskytly se vody
120° něm. tvrd.

Praha uložena jsouc na břidlicích silurských
jen na některých místech sypkými horninami
pokrytých, byla odkázána na studně, které
vodu z břidlic čerpaly.

Pokud se týče hledání spodní vody a zaklá-
dání studní, tu z toho co bylo pověděno. vy-
svítá, že vrtání a hloubení studní nazdařbůh

zřídka asi bude následováno výsledkem příznivým. Jest sice ovšem pravda, že pod rozsáhlejšími uloženinami šterkovými a písčivými všude jest voda, ale pouhým prohlížením povrchu krajiny není možno poznati, jednak, je-li tato voda v dostatečném množství, jednak, je-li takových vlastností, aby ke kýženému účelu se hodila. Jest zde v první řadě třeba studia tvaru povrchových, neboť hladina spodní vody v půdě stejnoměrné a neporušené přibližuje se poněkud povrchovému tvaru, dále však třeba seznati poměry v hloubi kůry zemské. Hlavně záleží na nosiči vody, mocnosti a petrografickém slohu jeho a dále na tvaru vrstvy nepropustné. Teprve, když zjistí se přibližně mocnost nádrže, směr a mohutnost toku spodního a roční přírůstek infiltrované vody, teprve pak možno říci, že poměry spodní vody jsou prozkoumány na místě, o něž jde.

Nedostatek pitné vody v místech silněji obydlených jest ovšem kalamitou dalekosáhlou a jest proto pochopitelné, že již odedávna vyskytovalo se množství lidí, kteří o sobě tvrdili, že mají individuální schopnost, ano často i nadpřirozený dar spodní vodu nalézati.

Již v 11. století dala se taková proroctví na základě tak zv. kouzelného proutku, který držán v ruce citlivého media vodu pod povrchem ohlašuje. Tento kouzelný způsob až do dnešní doby se udržuje a výsledky čarovného hádání

toho, jsou-li náhodou příznivé, se nesprávně zveličují a do celého světa roznášejí, ale jsou-li mylné, blahosklonným mlčením přecházejí. Aby bylo možno posouditi význam a cenu kouzelného proutku jest třeba připamatovati si okolnosti, za jakých uložena jest spodní voda, a ony činitele, na kterých při tom nejvíce záleží.

Ohlašuje-li proutek prostě jen vodu, aniž by na ostatní okolnosti, jako jsou jakost a množství její, reagoval, tu by musil vlastně na všech místech vodu tušiti, neboť bodů, kde by v dostatečné hloubi vůbec žádné vody nebylo, těch snad ani není, leda někde ve skalách, kde ovšem nikdo vodu hledati nebude. Voda spodní v poněkud nižších polohách jest všude, aspoň jako vlhkost podzemní, v praksi přijde ovšem na to, v jakém je množství a jakých vlastností. Neví-li to proutek, nemůže býti k prospěchu.

Velmi záleží na geologické skladbě krajiny, ve které se voda hledá. Na pláních severního Německa budovaných mocnými uloženinami šterku a písku v každé i nepatrné nížině i bez proutku voda může se nalézt. Jinak jest to ale v krajině, jejíž podklad geologický není stejnoměrně jednoduchý, nýbrž poruchami přeměněný, jako na př. v Čechách.

Geologické ústavy v Německu a také geologové v Rakousku pilně sledují nyní výkony kouzelného proutku a docházejí toho názoru, že procento mylných výsledků jím dosažených

neustále se zvyšuje. Používání kouzelného proutku při hledání vody se tudíž nedoporučuje, nejen proto, že celý kouzelný hokus pokus nemá prázdného podkladu vědeckého, nýbrž i proto, že výsledky jeho velkou většinou jsou mylné.

Spolehlivější základ metodě k hledání spodní vody vyvolil si abbé *Paramelle*, který působil v první polovině 19. století ve Francii. Pozoroval bedlivě povrchové tvary krajiny, porost její, jsou-li někde pruhy zelené v uschlé trávě vúkolní, nížiny, kotle a pod., a dle těchto znaků na základě velmi bohaté zkušenosti své označoval místa vhodná pro čerpání vody s pravděpodobností značnou. Vykonal takových odhadů na 10,300 a asi 90%, vedlo k výsledkům příznivým. Působil ovšem velkou většinou ve střední Francii, tedy v krajině pro příznivé poměry spodní vody velmi vhodné.

Dostatečné a stále množství dobré vody pitné jest velikým a lidstvu vítaným pokladem přírodním. Zmocniti se tohoto vzácného daru přírodního zřídka kdy podaří se pokusy náhodnými nazdarbůh provedenými, tím méně pak různými kejklý mystickými, nýbrž spíše důkladným prostudováním poměrů geologických a hydrografických.

Účelem spisku bylo upozorniti na složité poměry, ve kterých voda pitná v přírodě se vyskytuje a přispěti tak snaze, která také v tomto

směru klade hlavní váhu na rozumné a odborné posouzení.

Ve středověku i při hledání jiných pokladů přírodních jako kovů, uhlí a j. v první řadě uplatňovány byly tajemné čáry a kejkle, to však nyní většinou již pominulo, kéž stane se podobně, i pokud hledání pitné vody se týče!

Poznámka ke str. 26 a 27 Při vodovodu káranském byly později výpočty změněny tím směrem, že zjištěno v tratích:

Káraný—Dražice	766	sek.	litrů
Káraný—Ostrá	115	„	„
Káraný—Nedomice	320	„	„
artéská voda	160	„	„

celkem tedy 1361 s. l. Prozatím (v květnu 1914) odebírá se jen 790 s. l.