

Sbor. geol. věd	Hydrogeologie, inž. geologie, 19	Str. 65—94	12 obr.	5 tab.	— příl.	Praha 1991 ISSN 0036-5289
--------------------	-------------------------------------	---------------	------------	-----------	------------	------------------------------

## Propustnost a průtočnost předvariských hornin ve středních, v jižních a západních Čechách

### Permeability and transmissivity of pre-Variscan rocks in central, southern, and western Bohemia

František Kolman<sup>1</sup>

Předloženo 25. srpna 1988

1: 50 000  
11-41—44  
12-31—34, 41—44  
13-31—34  
22-11—14, 21—24, 31, 32, 34, 41—43  
23-11—14, 31—34

*Permeability  
Transmissivity  
Pre-Variscan rocks  
Crystalline rocks  
Metamorphic rocks  
Hydraulic parametres  
Aquifers  
Specific capacity  
Ground-water level*

Kolman, F. (1991): Propustnost a průtočnost předvariských hornin ve středních, v jižních a západních Čechách. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. ing. Geol., 19, 65—94. Praha.

**V ý t a h:** V článku jsou hodnoceny hydrogeologické vlastnosti horninových souborů předvariských formací na základě výsledků terénních vrtných prací a čerpacích zkoušek. Krystalinické, proterozoické a staropaleozoické horniny byly považovány z hydrogeologického hlediska za málo významné. Zvláště negativně bylo hodnoceno proterozoikum, které se pokládalo za formaci nejméně propustnou ze všech formací barrandiensko-železnohorské zóny a méně propustnou než archaikum. Základní hydrogeologické a hydraulické parametry, odvozené z výsledků terénních prací, prokazují, že propustnost předvariských formací a vydatnost hydrogeologických vrtů závisí především na typu hornin, jejich petrografickém složení a hloubce jímacích objektů. Uvedené parametry propustnosti horninových souborů reprezentují hodnoty aritmetických průměrů. V hodnotách propustnosti a vydatnosti jednotlivých horninových typů je zřejmá určitá variabilita, způsobená zvláště tektonickou pozicí území, velikostí infiltrační plochy a množstvím atmosférických srážek. Závěry vyplývající z provedeného hodnocení prokazují **nejnižší propustnost a specifické zvodnění ve staropaleozoických břidlicích.** Nejvíce propustné jsou proterozoické horniny, jejichž vydatnost je vyšší než vydatnost krystalinických hornin včetně hlubinných vyvělin.

Podzemní vody předvariských formací se ponejvíce využívají k zásobení menších měst, střediskových obcí, zemědělských závodů, rekreačních středisek apod. Rostoucí požadavky nových zdrojů podzemních vod může uspokojivě řešit progresivní průzkum. Je nezbytné, aby hydrogeologické vrty byly situovány v místech s příznivou tektonickou pozicí a jejich konstrukce byla prováděna se zřetelem k nejnovějším technologickým poznatkům.

<sup>1</sup> Vodní zdroj, n. p., Národní 13, 116 49 Praha 1

Hodnocení hydrogeologických a hydraulických vlastností hornin je základním předpokladem pro oceňování využitelného množství podzemních vod. Výsledky analýz jsou také nezbytné k stanovení optimálních parametrů progresivní konstrukce hydrogeologických objektů a jejich racionálního využití. Z tohoto hlediska se ve svém příspěvku zaměřuji na hodnocení hydrogeologických vlastností horninových souborů krystalinika, svrchního proterozoika a staršího paleozoika (jejich propustnosti a průtočnosti), které jako celek tvoří podstatnou část Českého masívu.

Není třeba zdůrazňovat důležitost vody, která je základní podmínkou života. Její význam si však po dlouhá staletí uvědomovali jen obyvatelé krajin, kde jí byl nedostatek. V současné době se zvyšuje spotřeba vody i v celosvětovém měřítku. Rostoucí spotřebu ovlivňuje řada činitelů, zejména zlepšené sociální podmínky, výstavba sídlišť a obcí, nároky rozvoje průmyslu a zemědělství. Obtížným úkolem je zajišťování vhodných vodních zdrojů. Touto problematikou se zabývá široký okruh odborných pracovníků. I když se poměr podzemních a povrchových vod postupně obrací v převahu vod povrchových, náležejí podzemní vody ke zdrojům s příznivějšími vlastnostmi. Vyplývají jednak z vlastností fyzikálních — barvy, chuti a teploty, jednak z vlastností chemických a bakteriologicko-biologických, zvláště z přiměřené tvrdosti, chemického složení, obsahu minerálních látek a mikroorganismů.

Na geologické stavbě našeho území, jmenovitě území Českého masívu, se podílejí podstatnou měrou vedle hydrogeologicky významných oblastí sedimentárních horniny krystalinika, proterozoika a staršího paleozoika. V minulých letech se věnovala těmto geologickým jednotkám z hlediska vodárenského využití malá pozornost. Příčina spočívala především ve skutečnosti, že přírodní zdroje podzemních vod těchto předvariských formací byly považovány za málo významné. Výsledky hydrogeologického průzkumu docílené hlavně v posledních letech však naznačují, že negativní hodnocení hornin krystalinika, proterozoika a staršího paleozoika není zcela opodstatněné. Význam krystalinických území pro tvorbu přírodních zdrojů podzemní vody ČR zdůraznili také K n ě ž e k a K r á s n ý (1985). Na základě jejich hodnocení se krystalinické oblasti podílejí zhruba 53 % na všech přírodních zdrojích podzemní vody ČR, přičemž zaujímají pouze 44 % plochy ČR. Autoři konstatují, že nemůže být ani dost zdůrazněna potřeba všestranné ochrany těchto prostředí.

Přírodní zdroje podzemní vody nelze však ztotožňovat s využitelným množstvím vody. Ve svém příspěvku proto hodnotím specifické zvodnění, propustnost a průtočnost krystalinických, proterozoických a staropaleozoických hornin na základě výsledků hydrogeologického průzkumu pře-

devším se zřetelem k výsledkům vrtných prací a čerpacích zkoušek. Posuzují závislost vydatností hydrogeologických vrtů na hloubce a konfrontují dřívější názory na hydrogeologické vlastnosti předvariských formací s výsledky provedeného hodnocení.

Za studovanou oblast jsem zvolil území, ve kterém je rozšíření předvariských formací výrazné. Zahrnuje podstatnou část středních, jižních a západních Čech. Z hlediska regionálního začlenění tvoří zájmovou oblast horniny moldanubika, domažlicko-tepelského krystalinika, svrchního proterozoika a staršího paleozoika. Hodnocení je podloženo údaji o základních hydrogeologických parametrech z 933 vrtů, vyhloubených v těchto oblastech v minulých letech.

Regionálně hydrogeologické studium, kterému se věnuji, je zaměřeno na zkoumání hydrogeologických podmínek ve větší části geologického prostoru. Na rozdíl od inženýrsko-hydrogeologického studia má pro regionální hodnocení předmětné oblasti podstatně větší význam počet a hustota hydrogeologických vrtů než absolutní přesnost informace o zkoumaném hydraulickém parametru v jednotlivém bodě zkoumaného prostoru. Relativně přesné údaje o hydraulických parametrech hornin lze v zásadě získat pouze racionálně projektovanými, správně řízenými, kvalitně realizovanými a dostatečně dokumentovanými hydrodynamickými zkouškami ve vrtech za předpokladu správné geohydraulické interpretace výsledků zkoušky. Údaje takového druhu jsou však za současného stavu prozkoumanosti našeho území poměrně řídké a pro regionální hodnocení nedostatečné. Získání ucelené objektivní představy o hydraulických vlastnostech zkoumaného kolektoru se tedy v regionálním měřítku nemůže omezit pouze na zpracování výše charakterizovaných bodových exaktních údajů, a je proto nutné využít veškerých archívních údajů z dosavadních vrtů a vytěžit z nich všechny potřebné informace. Problematika regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin se tedy soustřeďuje do dvou okruhů otázek: jednak je to získání potřebných vstupních údajů a jejich transformace, jednak vlastní postup při zpracování údajů a interpretace výsledků.

Základní hydrogeologické parametry hlavních horninových typů předvariských formací jsou sestaveny do přehledné tabulky (tab. 1). Souhrn systematicky vybraných hydrogeologických vrtů v příslušných horninových typech je rozříděn podle hloubky, mocnosti zvodně, snížení hladiny při čerpací zkoušce a vydatnosti. Hodnoty vyjadřující čerpané množství  $Q$  v l/s jsou podloženy řádnými čerpacími zkouškami, přesahujícími většinou 21 dní. Propustnost a průtočnost horninových souborů charakterizují základní hydraulické parametry — specifická vydatnost  $q$  v l/(s . m), index transmisivity  $Y = \log(10^6 q)$  a index propustnosti  $Z = \log(10^6$

Tabulka 1

Základní hydrogeologické parametry hlavních horninových typů předvariských formací

soubor (hydrogeologický celek)	hloubka vrtů [m]	počet vrtů	aritmický průměr					Z	
			hloubka vrtů [m]	mocnost kolektoru M [m]	snížení hladiny [%]	Q	q		Y
horniny metamorfované pararuly, svorové ruly, svory, celkový počet vrtů: 187	do 10	39	7,55	6,53	47	0,20	0,06	4,77	3,96
	10-20	68	14,74	13,70	49	0,32	0,04	4,60	3,46
	20-30	63	25,34	23,77	43	0,42	0,04	4,60	3,20
	30-40	17	36,11	33,77	41	0,36	0,02	4,30	2,70
horniny metamorfované ortoruly, ruly migmatické, migmatity, ruly kvarciticke celkový počet vrtů: 79	do 10	5	8,57	6,76	61	0,21	0,05	4,69	3,86
	10-20	30	17,51	16,49	40	0,57	0,08	4,90	3,68
	20-30	38	24,79	23,47	40	1,28	0,13	5,11	3,74
	30-40	6	32,68	32,28	35	0,82	0,07	4,84	3,32
hlubinné vyvřeliny granodiority, granity celkový počet vrtů: 249	do 10	48	8,45	6,92	49	0,32	0,09	4,95	4,11
	10-20	91	15,74	14,35	42	0,82	0,13	5,11	3,95
	20-30	93	24,86	23,22	44	0,90	0,08	4,90	3,53
	30-40	17	33,0	31,03	36	1,23	0,10	5,0	3,50
hlubinné vyvřeliny gabrodiority, diority, syenity celkový počet vrtů: 17	do 10	6	8,65	6,45	40	0,37	0,14	5,14	4,32
	10-20	6	17,33	13,69	40	0,59	0,11	5,05	3,90
	20-30	5	26,58	24,18	38	0,83	0,09	4,95	3,56
proterozoikum nepřeměněné břidlice, drobové břidlice, droby celkový počet vrtů: 192	do 10	29	8,37	6,77	50	0,28	0,08	4,90	4,07
	10-20	58	16,25	14,28	41	0,67	0,11	5,01	3,88
	20-30	72	24,40	22,03	39	1,08	0,12	5,07	3,73
	30-40	17	33,67	31,22	33	1,47	0,14	5,14	3,65
	40-50	16	46,35	41,10	33	1,85	0,13	5,11	3,46
proterozoikum přeměněné fylity, fylitické břidlice celkový počet vrtů: 70	do 10	6	9,41	8,77	54	0,24	0,05	4,96	3,75
	10-20	28	16,52	14,73	45	0,27	0,04	4,60	3,43
	20-30	30	25,27	23,67	39	0,78	0,08	4,90	3,51
	30-40	6	32,61	31,30	34	0,85	0,08	4,90	3,43
starší paleozoikum břidlice celkový počet vrtů: 80	do 10	23	9,06	7,19	49	0,25	0,07	4,84	3,98
	10-20	30	14,99	12,08	42	0,25	0,05	4,69	3,60
	20-30	20	25,65	21,08	44	0,22	0,02	4,30	2,99
	30-40	7	39,71	33,19	33	0,21	0,02	4,30	2,77

$q/M$ );  $M$  = mocnost zvodnělého kolektoru v metrech,  $H$  = hloubka vrtů v metrech.

Srovnávací hydraulické parametry je možno stanovit v daných případech, neboť jsou k dispozici dostatečné údaje. Bylo by je možno určit i v takových případech, kdy nejsou splněny přírodní podmínky pro stanovení striktně hydraulicky definovaných parametrů (koeficientu průtočnosti, koeficientu filtrace), tj. ve výrazně nehomogenních horninách. Samotné vyjádření hydraulických vlastností formou srovnávacích parametrů vylučuje záměnu exaktně stanovených hodnot s jejich nepřesnými odhady.

V souhlase se základním stratigrafickým dělením horninových souborů předvariských formací budou nejprve hodnoceny horniny krystalinika, poté svrchního proterozoika a staršího paleozoika barrandienské oblasti.

## 1. Horniny krystalinické

Ve studovaném území náleží krystalinické horniny z největší části moldanubiku. Je považováno za prekambrickou jednotku, která byla postižena intenzívní předpaleozoickou metamorfózou a prostoupena magmatity pravděpodobně variského stáří. V metamorfitech moldanubické oblasti lze vyčlenit dvě série hornin, označované jako skupiny, které se vzájemně liší svým horninovým obsahem. Je to tzv. jednotvárná skupina a pestrá skupina. Značnou část území zaujímají vyvřeliny, náležející moldanubickému a středočeskému plutonu.

Severozápadní část zájmové oblasti zaujímá domažlicko-tepelské krystalinikum, označované jako zvrásněný a metamorfovaný komplex vulkanosedimentárních hornin. Je hlouběji metamorfovaným ekvivalentem svrchně proterozoických hornin, proniknutým tělesy variských intruzív.

Ze základního pohledu na geomechanickou povahu krystalinických hornin lze soudit, že krystalické břidlice a hlubinné vyvřeliny mají ve vztahu ke vzniku a oběhu podzemních vod obdobné vlastnosti. Přírodními cestami pro oběh a akumulaci podzemních vod je především soustava puklin. V hodnotách jejich propustnosti jsou však značné rozdíly. Podobně jako závisí u souvrství zrnitých hornin propustnost a zvláště možnost oběhu vod spíše než na četnosti průlin na jejich velikosti a spojitosti, tak i u hornin krystalinika rozhodujícím činitelem je velikost a rozevření puklin.

Pro účely hydrogeologického zpracování je možné rozdělit krystalinické horniny na dva základní horninové komplexy: horniny metamorfované a hlubinné vyvřeliny.

## 2. Horniny metamorfované

V horninách metamorfovaných se uplatňuje propustnost puklinová. Ztráta průlinové propustnosti krystalických břidlic souvisí s metamorfními pochody, které se na jejich vzniku bezprostředně podílely. Při regionální přeměně sedimentů ztrácejí úlomkovité horniny postupně svoji pórovitost. Regionální přeměna je vázána na horotvorné pochody a probíhá ve značných hloubkách zemské kůry za společného účinku tlaků, teplot a přínosu látek z hlubin. Původní objem hornin se zmenšuje a při rostoucí teplotě a tlaku dochází k rekrystalizaci. Metamorfované horniny nenávratně pozbývají při tomto pochodu průlinovou propustnost. Z hlediska hydrogeologického náhradou za ztrátu průlinové propustnosti se vytváří u nich propustnost puklinová. Pukliny jsou utvářeny týmiž regionálními pochody a silami, kterými došlo k přeměně hornin. Hlavním obdobím vzniku puklinového systému krystalinika je závěrečná fáze metamorfně strukturního vývoje, v které tříštivá tektonika převážila plasticou deformaci hornin.

V metamorfitech dochází k akumulaci a oběhu podzemní vody v připovrchové zóně sekundárního rozpojení hornin a ve zvětralinovém plášti. Toto připovrchové pásmo, nazývané též připovrchovým pásmem zvýšené propustnosti, zasahuje do hloubky několika desítek metrů. Vytváří se v něm přímou infiltrací srážkových vod souvislá zvođeň s volnou nebo mírně napjatou hladinou, konformní s morfologií terénu. Výška hladiny podzemní vody závisí na intenzitě srážkové činnosti a v průběhu roku má převážně cyklický průběh. K drenáži podzemní vody dochází v úrovni erozních bází pramenními vývěry, vázanými na dna terénních sníženin, nebo skrytými výrony do údolních náplavů a povrchových toků. Část proudu podzemní vody sestupuje pod bázi připovrchové zóny hlouběji zasahujícími puklinami nebo podél žilných struktur a zapojuje se do hlubšího proudění podzemní vody.

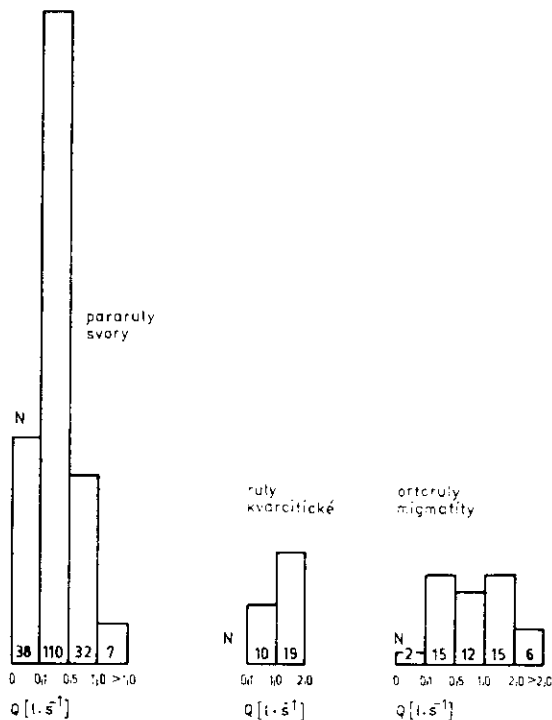
Z uvedených sestav souborů základních hydrogeologických a hydraulických parametrů hlavních horninových typů předvariských formací je zřejmé, že v metamorfitech je nejnižší propustnost v souborech pararul, svorových rul a svorů. Průměrná hodnota indexu propustnosti  $Z = 3,32$ , indexu transmisivity  $Y = 4,57$ . Podstatně se zvyšuje v souborech ortorul a migmatitů —  $Z = 3,65$ ,  $Y = 4,88$ . Z posuzovaných souborů metamorfovaných hornin jsou nejvíce propustné kvarcitické ruly. Celkem bylo hodnoceno 29 hydrogeologických vrtů s hloubkou 10—30 m. Index propustnosti charakterizuje průměrná hodnota  $Z = 4,09$ , index transmisivity  $Y = 5,03$ .

V rámci hodnocení hydraulických vlastností hornin je nutno zdůraznit, že často nejde jen o propustnost a transmisivitu rozpukaného skalního

Tabulka 2

Četnost hydrogeologických vrtů podle výdatnosti (v l/s)

[hydrogeologický celek]	hloubka [m]	<0,1 %	0,1-0,5 %	0,5-1,0 %	1,0-2,0 %	> 2,0 %	min	max
soubor [hydrogeologický celek] horniny metamorfované pararuly, svorové ruly, svory celkový počet vrtů: 187	do 10	17	19	2	1	0	0,02	1,04
	10-20	10	44	12	2	0	0,03	1,25
	20-30	11	34	14	4	0	0,02	1,57
	30-40	0	13	4	0	0	0,12	0,71
horniny metamorfované ortoruly, migmatity celkový počet vrtů: 79	do 10	1	4	0	0	0	0,06	0,21
	10-20	1	11	7	9	2	0,06	2,08
	20-30	0	3	8	10	5	0,13	2,99
	30-40	0	2	1	1	0	0,19	1,25
hiubinné vyvěřeliny granodiority, granity celkový počet vrtů: 249	do 10	9	32	4	2	0	0,06	1,78
	10-20	8	46	20	8	6	0,05	3,30
	20-30	0	37	31	12	14	0,11	3,13
	30-40	0	5	6	3	3	0,17	4,80
hiubinné vyvěřeliny gabrodiority, diority, syenity celkový počet vrtů: 17	do 10	1	4	1	5	0	0,05	0,67
	10-20	0	4	2	12	0	0,15	1,14
	20-30	0	2	1	5	0	0,14	1,52
proterozoické horniny nepreměněné celkový počet vrtů: 192	do 10	4	19	6	3	0	0,05	0,66
	10-20	2	26	19	10	1	0,06	3,50
	20-30	0	17	28	15	9	0,11	3,50
	30-40	0	2	3	2	2	0,18	3,84
proterozoické horniny přeměněné celkový počet vrtů: 70	do 10	2	3	1	1	0	0,41	5,27
	10-20	6	20	2	3	0	0,04	0,73
	20-30	4	9	8	11	0	0,03	0,83
	30-40	0	2	2	3	0	0,05	2,0
staropaleozoické břidlice celkový počet vrtů: 80	do 10	7	14	2	2	0	0,03	0,57
	10-20	10	15	5	6	0	0,01	0,65
	20-30	8	11	1	1	0	0,03	0,95
	30-40	2	4	1	1	0	0,10	0,57



1. Histogram četnosti vrtů v metamorfovaných horninách podle vydatností

podkladu, ale současně i o zvětralínovou zónu, která bývá ověřována hydrogeologickými vrty společně se skalním podložím.

V celkovém souhrnu hydrogeologických prací v oblasti metamorfovaných hornin (266 vrtů) lze pozorovat určité rozdíly a variabilitu v jejich propustnosti a vydatnosti, a to v souborech parabrídlic i ortobrídlic (tab. 2, obr. 1). Tak např. vydatnost v setinách nebo desetínách l/s prokazují v některých případech vrty s větší hloubkou v oblasti ortobrídlic a naopak není zcela výjimečná vydatnost s hodnotou řádově v l/s, jíž dosahují vrty s menší konečnou hloubkou (10—20 m) v území budovaném parabrídlicemi. Je zřejmé, že specifické zvodnění metamorfovaných hornin závisí bezprostředně na stupni rozpukání horninového komplexu v nejbližším okolí zdrojů a na tektonické pozici území, která v některých případech převažuje nad vlivem hloubky jímacích objektů a petrografického složení hornin. Sníženou vydatnost zdrojů podzemních vod naopak ovlivňuje omezená plocha infiltračního území příslušného jímacího objektu, případně podprůměrné množství srážek v období, které se hydrologicky bezprostředně vztahuje k průběhu čerpací zkoušky, jenž poskytuje základní parametry pro hodnocení využitelného množství podzemní vody.



Souhrnně lze vyvodit, že specifické zvodnění parabřidlic je výrazně nižší než ortobřidlic, jelikož puklinová propustnost hornin klesá s přechodem do plastických deformací.

### 3. Hlubinné vyvěřliny

Hlubinná eruptiva jsou obdobně jako metamorfované horniny téměř výhradně puklinově propustná. Propustnost a specifické zvodnění se snižují s přechodem do drobnozrnných typů a s poklesávajícím obsahem křemene. Ve smyslu typizace zvodněných systémů lze považovat hlubinné vyvěřliny za jednokolektorový zvodněný systém, kde se regionálně rozšířený kolektor nachází v zóně zvětralin a připovrchového rozpojení puklin. Mocnost tohoto kolektoru nepřesahuje obvykle několik desítek metrů. Zvodněný systém je příznačný víceméně lokálním prouděním podzemních vod s infiltrací převážně v celé ploše rozšíření kolektorů a s drenáží v úrovni nebo nad úrovní místních erozních bází. Pro kolísání hladin podzemních vod a vydatností pramenů je charakteristický vcelku se opakující roční cyklus s maximy v jarních, popř. letních měsících a s minimy v kratších obdobích.

Největší počet hydrogeologických vrtů je vyhlouben v oblasti granodioritů a granitů, které jsou z hlubinných eruptiv nejvíce rozšířené. Z analyzovaných výsledků je zřejmé, že vydatnost vrtů se celkově zvyšuje s přibývajícím hloubkou v důsledku puklinové propustnosti hlubších partií. Index propustnosti charakterizuje průměrná hodnota  $Z = 3,77$ , index transmisivity  $Y = 4,99$ .

Jako další skupinu lze posoudit na základě srovnávacích hydrogeologických a hydraulických parametrů soubory gabrodioritů a dioritů. Parametry propustnosti těchto hornin v podstatě odpovídají hodnotám, charakterizujícím propustnost souborů granodioritů a granitů. (Aritmetický průměr indexu propustnosti  $Z = 3,92$ , indexu transmisivity  $Y = 5,04$ .) Z důvodu mnohem omezenějšího rozšíření gabrodioritů a dioritů je však počet dokumentovaných hydrogeologických objektů podstatně menší.

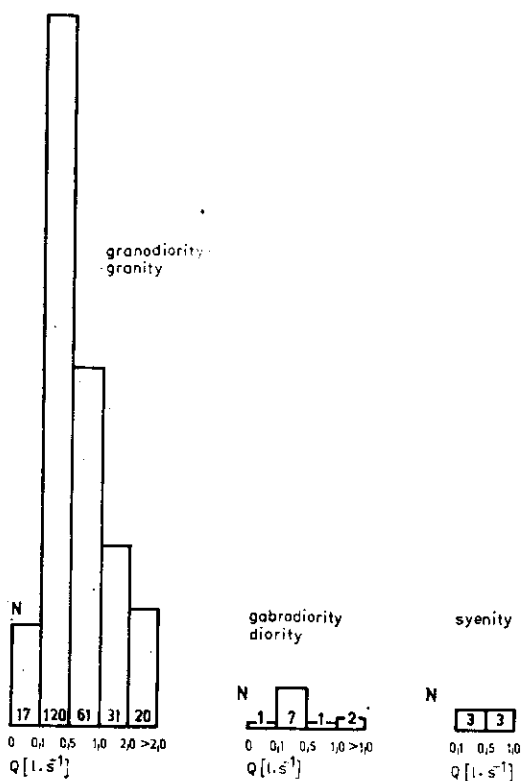
Řádově nižší propustnost prokazují granity s poklesávajícím obsahem křemene a plošně omezené granodioritové masívky. Jako příklad lze uvést granit Čertova břemene a masív borský, stodský a štěnovický. Zhodnocením výsledků hydrogeologických prací byly stanoveny tyto průměrné hodnoty: granit Čertova břemene — počet vrtů 6,  $H = 32,75$ ,  $Z = 2,50$ ,  $Y = 4,04$ ; masív borský, stodský a štěnovický — počet vrtů 9,  $H = 34,30$ ,  $Z = 3,20$ ,  $Y = 4,43$ .

Dále byly posouzeny hydrogeologické a hydraulické vlastnosti hornin jilovského pásma, které reprezentují magmatické horniny vesměs dyna-

micky postižené, přičemž došlo k regionální metamorfóze. Pásmo je příkladem snížené puklinové propustnosti vyvělin tektonicky přeexponovaných. Výsledky hodnocení jsou následující: počet vrtů 7,  $H = 35,10$ ,  $Z = 2,53$ ,  $Y = 4,25$ .

Nižší propustnosti jsou také charakteristická hlubinná eruptiva, v jejichž petrografickém složení není zastoupen křemen nebo obsahují pouze křemen akcesorický. Tento horninový typ reprezentují syenity. K dispozici jsou údaje ze šesti vrtů vyhloubených v oblastech syenitů s omezeným rozšířením. Jejich průměrná hloubka dosahuje 24 m, aritmetický průměr indexu propustnosti reprezentuje hodnota  $Z = 3,47$  a indexu transmisivity  $Y = 4,79$ .

Z činitelů, které ovlivňují specifické zvodnění hlubinných eruptiv, se nejvíce uplatňuje vliv petrografického složení a hloubky. Z posuzovaných horninových typů dosahují nejvyšší propustnosti a vydatnosti soubory granodioritů, granitů, gabrodioritů a dioritů. V souhrnném počtu hydrogeologických vrtů je zřejmá určitá variabilita v jejich vydatnostech, způsobená zejména stupněm propustnosti horninového prostředí v nejbližším okolí jímacích objektů (obr. 2). Zvýšení vydatnosti s přibývajícím hloubkou



2. Histogram četnosti vrtů v hlubinných vyvělinách podle vydatnosti

je však patrné z rozřídění vrtů podle hloubky, které dosáhly. Hydrogeologické vrty s hloubkou do 20 m prokazují v některých případech vydatnost nižší než 0,10 l/s, zatímco vydatnost hodnocených vrtů s hloubkou 20—40 m není v žádném případě nižší než 0,10 l/s a naopak se zvyšuje počet objektů s vydatností vyšší než 1—2 l/s. Celkově se tedy vydatnost hydrogeologických vrtů v uvedených horninových souborech zvyšuje s přibývajícím hloubkou v důsledku puklinové propustnosti hlubších partií.

#### 4. Horniny proterozoické

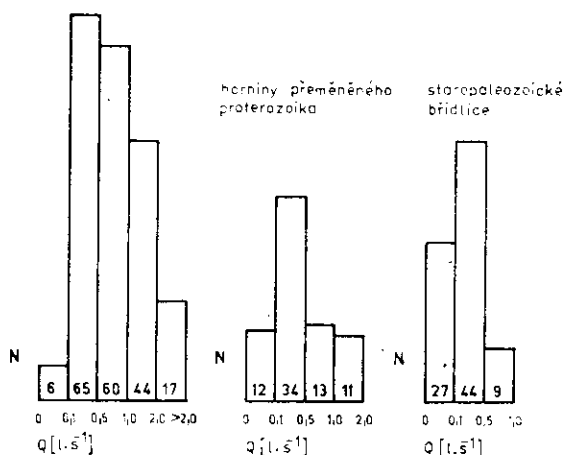
Proterozoikum Barrandienu stratigraficky náleží svrchnímu proterozoikumu, které je ve vývoji metamorfovaném i nemetamorfovaném; mezi oběma je pozvolný přechod. Ve studované oblasti je zastoupeno proterozoikum starší (předspilitové), mladší (spilitové) a eokambrium (pospilitové). Starší proterozoikum je budováno monotónní sérií nepřeměněných nebo slabě přeměněných břidlic, podřadně drob. Mladší proterozoikum — spilitové — je zastoupeno komplexem břidlic a drob, tufy a tufity s polohami spilitů. Fylitické břidlice přecházejí do chloriticko-sericitických fylitů. Pospilitové proterozoikum — eokambrium — je tvořeno mocným komplexem břidlic, prachovců a drob se zcela podřízenými vložkami drobových slepenců.

V oblasti svrchního proterozoika byly v minulých letech realizovány četné hydrogeologické práce, zaměřené k zajištění podzemní vody k vodovodnímu zásobení obcí, sídlišť, rekreačních oblastí, zemědělských středisek i menších městských aglomerací. Z území západočeského a středočeského proterozoika jsem nashromáždil ze značného počtu vrtů údaje, poskytující možnost odvodit kritéria pro posouzení hydrogeologických vlastností proterozoických hornin.

Z hydrogeologického hlediska je možno rozdělit svrchní proterozoikum na dvě základní pásma: proterozoikum nepřeměněné nebo slabě přeměněné a proterozoikum přeměněné. Proterozoikum nepřeměněné tvoří břidlice, drobové břidlice a droby, proterozoikum přeměněné chloriticko-sericitické fylity a fylitické břidlice, které jsou v podstatě přechodným členem mezi přeměněnými a nepřeměněnými sedimenty proterozoika. V těchto horninových komplexech se vytvářejí podzemní vody puklinového typu s volnou nebo mírně napjatou hladinou. Na tvorbu, pohyb a odvodnění podzemních vod mají vedle morfologických činitelů významný vliv strukturně-geologické faktory, což dokládají variabilní hodnoty vydatností hydrogeologických vrtů. Z příslušného porovnání základních srovnávacích parametrů je zřejmá větší propustnost hornin nepřeměněného proterozoika (obr. 3). Výpočtem aritmetických průměrů jednotlivých hloubkových

intervalů byla stanovena průměrná hodnota indexu propustnosti  $Z = 3,76$  a indexu transmisivity  $Y = 5,05$ . Horniny přeměněného proterozoika reprezentují průměrné hodnoty  $Z = 3,53$ ,  $Y = 4,77$ . Vydatnost hydrogeologických vrtů se zvyšuje s přibývajícím hloubkou, což svědčí o hlubším oběhu podzemních vod pod erozivní bází. Roztříděním vrtů do skupin v závislosti na hloubce je patrné, že není výjimkou vydatnost převyšující hodnotu 2–3 l/s, jmenovitě v horninách nepřeměněného proterozoika. Podle výsledků rezistivimetrie se aktivní puklinová propustnost proterozoika uplatňuje přibližně do hloubky 50 m. Mimo jiné to dosvědčují měření provedená na průzkumném vrtu v Konstantinových Lázních, který dosáhl celkové hloubky 200 m. Přítoková pásma byla zjištěna v hloubkovém intervalu 24, 26, 31, 35, 39, 40 a 48 m a poslední přítokové pásmo v hloubce 88 m. Vrt byl vyhlouben v oblasti přeměněného proterozoika a jeho vydatnost dosahovala 0,70 l/s při snížení hladiny o 10 m.

horniny nepřeměněného  
proterozoika



3. Histogram četnosti vrtů v proterozoických horninách a staropaleozoických břidlicích podle vydatností

## Spility

Bazická efuziva svrchnoproterozoického stáří reprezentují spility. Jejich propustnost dokumentují ve studované oblasti tyto ověřené výsledky: počet hodnocených vrtů 8,  $H = 26,50$  m, aritmetický průměr koeficientu propustnosti  $Z = 3,71$ , koeficientu transmisivity  $Y = 5,04$ . Vzhledem k omezenému rozsahu hydrogeologických prací nelze považovat uváděné hodnoty za zcela reprezentativní; celkově však potvrzují dobrou puklinovou propustnost spilitů.

## 5. Horniny staršího paleozoika

V barrandienské oblasti nasedá starší paleozoikum bezprostředně na svrchní proterozoikum. Sedimenty i vulkanity jsou zachovány v rozsáhlém synklinoriu, kde s úhlovou diskordancí spočívají na zvrásněném podkladu. Staropaleozoický komplex tvoří různé horniny, lišící se vzájemně stratigrafickým zařazením, litologickým vývojem a petrografickým složením. Nejrozšířenější jsou břidlice, v menší míře droby, pískovce, křemence, slepence, vápence, z vyvřelin porfyry a diabasy. Horninový komplex se vyznačuje komplikovanějšími hydrogeologickými poměry, které odrážejí složitost geologické stavby i pestré petrografické složení. Oběh podzemních vod je vázán téměř výhradně na pukliny. Výrazný rozdíl v propustnosti je patrný mezi břidlicemi a ostatními horninovými typy. Přehledná tabulka [tab. 1] charakterizuje vydatnost a propustnost staropaleozoických břidlic v hloubkovém rozmezí 10–40 m. Průměrný index propustnosti charakterizuje hodnota  $Z = 3,33$  a aritmetický průměr transmisivity  $Y = 4,53$ . Propustnost břidlic se projevuje pouze v povrchové zóně rozpuštění puklin, zasahující zhruba do 20 m. Ve větších hloubkách propustnost vyznívá a vydatnost hydrogeologických vrtů se nezvyšuje. Nepropustnost staropaleozoických břidlic v hlubších polohách prokázal kromě jiných hydrogeologických objektů průzkumný vrt v Rokycanech. Dosáhl konečné hloubky 152 m, přítoky podzemní vody byly však ověřeny pouze do hloubky 20 m. Vydatnost vrtu reprezentovalo množství 0,18 l/s při snížení hladiny o 20 m.

Povšimněme si dále hydrogeologických vlastností ostatních významnějších horninových typů staršího paleozoika. Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že území tvořené drobami, pískovci, křemenci, slepenci, porfyry a diabasy je nepoměrně bohatší na podzemní vody než oblasti budované břidlicemi. Výsledkem dobré puklinové propustnosti hornin jsou četné prameny v území jejich rozšíření. Oběh podzemních vod je však omezen malou plošnou rozlohou těchto hornin a střídáním s nepropustnými břidlicemi, které znemožňují vytvoření větších nádrží podzemních vod ve zvrásněném staropaleozoickém komplexu. Základní hydrogeologické a hydraulické parametry uvedených hornin obsahuje tabulka 3.

Hodnoty specifického zvodnění, koeficienty propustnosti a transmisivity prokazují vcelku dobrou propustnost těchto horninových typů. Z porovnání vydatností vrtů v různých hloubkových intervalech je zřejmé, že množství jímané vody se zvyšuje s přibývajícím hloubkou. Jsou tu ovšem k dispozici jen nepočetné soubory posuzovaných hydrogeologických objektů. Není proto možné se u jednotlivých typů zatím vyjádřit zcela jednoznačně.

Tabulka 3

Základní hydrogeologické parametry staropaleozoických hornin

horninový typ	hloubka vrtů [m]	počet vrtů	aritmetický průměr					Z	
			hloubka vrtů [m]	mocnost kolektoru [m]	snížení hladiny [%]	Q	q		Y
droby	do 10	1	7,50	6,30	40	0,90	0,30	5,47	4,60
	10—20	1	20	17,50	30	0,88	0,17	5,23	3,99
	20—30	1	24,50	22,0	44	2,50	0,10	5,0	3,61
pískovce	10—20	3	15,40	14,40	66	0,72	0,07	4,84	3,68
	20—30	2	28,50	27,35	28	1,22	0,15	5,17	3,73
	30—45	1	44,30	41,70	6	1,0	0,33	5,51	3,87
křemence	20—30	5	26,10	24,30	37	0,96	0,10	5,0	3,59
	30—40	3	36,10	31,70	28	1,55	0,17	5,23	3,72
slépence	10—20	1	20	18,40	25	2,0	0,40	5,60	4,30
	20—30	1	25,0	23,60	51	0,90	0,07	4,84	3,44
	30—40	3	34	31,60	26	1,63	0,20	5,30	3,79
porfyry	do 10	1	9,50	8,80	51	0,40	0,09	4,95	4,0
	10—20	1	20	16,50	39	1,01	0,15	5,17	3,95
	20—30	2	30	29,25	45	0,70	0,05	4,69	3,23
	30—40	2	35,75	25,75	33	1,81	0,21	5,32	3,90
diabasy	do 10	3	8,83	6,86	59	0,28	0,07	4,84	4,0
	10—20	3	17,33	15,75	40	0,57	0,09	4,95	3,75
	20—30	5	25,48	22,84	24	2,11	0,37	5,56	4,20

## 6. Posouzení vlivu hloubky na vydatnost hydrogeologických vrtů

V předcházející části článku jsou zhodnoceny se zřetelem k petrografickému charakteru a litologickému vývoji hornin jejich hydrogeologické vlastnosti. Je zřejmé, že propustnost hornin a vydatnost hydrogeologických objektů závisí na petrografickém složení příslušných horninových typů. Dalším důležitým činitelem, ovlivňujícím využitelné množství podzemní vody jímacích zdrojů, je jejich hloubka. S tímto faktorem je nutno počítat již v předběžném návrhu a projektu hydrogeologických prací. V současné době se stále zřetelněji uplatňuje požadavek racionálního a ekonomického průzkumu. Z tohoto hlediska se jeví jako podstatné, aby konečná navrhovaná hloubka hydrogeologických vrtů byla účelná.

Porovnejme proto vliv hloubky vrtů na jejich vydatnost a na propustnost nejrozšířenějších horninových typů předvariských formací, což přehledně dokumentuje tabulka 4. Hodnoty uvedených parametrů představují hodnoty aritmetických průměrů, odvozené z analyzovaných výsledků hydrogeologických prací.

Hydrogeologické vrty o hloubce 10—20 m prokazují nejnižší zvodnění v oblastech přeměněného proterozoika, pararul, svorů a staropaleozoických břidlic [ $q = 0,04—0,05$  l/(s . m)]. Specifická vydatnost ortorul, migmatitických rul a migmatitů se zvyšuje na hodnotu  $q = 0,08$  l/(s . m). Soubory hornin nepřeměněného proterozoika, granodiority, granity, gabrodiority a diority dosahují nejvyšší specifické vydatnosti —  $q = 0,11—0,13$  l/(s . m).

Hydrogeologické objekty s hloubkovým intervalem 20—30 m prokazují nejnižší specifickou vydatnost v území rozšíření staropaleozoických břidlic —  $q = 0,02$  l/(s . m). Pararuly a svory jsou reprezentovány hodnotou  $q = 0,04$  l/(s . m). V dalších horninových typech je patrné zvýšení vydatnosti s přibývajícím hloubkou vrtů. Posuzujeme-li horninové typy v posloupnosti, pak specifická vydatnost jímacích zdrojů v horninách nepřeměněného proterozoika, v granodioritech, granitech, gabrodioritech a dioritech dosahuje  $q = 0,08—0,09$  l/(s . m). K výraznému zvýšení vydatnosti dochází v souborech hornin nepřeměněného proterozoika, ortorulách a migmatitech —  $q = 0,12—0,13$  l/(s . m). Rovněž v rulách kvarcitických dosahuje v tomto hloubkovém intervalu aritmetický průměr  $q = 0,12$  l/(s . m).

Z přehledného porovnání vydatností vrtů o hloubce 30—40 m a jejich hydraulických parametrů vyplývá, že nejnižší zvodnění prokazují opět hydrogeologické objekty v oblasti staropaleozoických břidlic. Množství jímané vody se nezvyšuje a vydatnost tedy není úměrná větší hloubce vrtů a většímu snížení hladiny podzemní vody [ $q = 0,01$  l/(s . m)]. V soubor-

Tabulka 4

Přehledné porovnání vlivu hloubky na vydatnost hydrogeologických vrtů

aritmētický průměr							
horninový typ	počet vrtů	hloubka vrtů [m]	mocnost kolektoru [m]	snížení hladiny [%]	Q	q	Z
10—20 m							
proterozoické hor. přem. pararuly, svory	28	16,52	14,73	45	0,27	0,04	3,43
staropaleozoické břidlice	68	14,74	13,70	49	0,32	0,04	3,49
ortoruly, migmatity	30	14,99	12,08	42	0,25	0,05	3,60
proterozoické hor. nepřem.	30	17,51	16,59	40	0,57	0,08	3,68
gabrodiority, diority	58	16,25	14,28	41	0,67	0,11	3,88
granodiority, granity	6	17,33	13,69	40	0,59	0,11	3,90
	91	15,74	14,35	42	0,82	0,13	3,95
20—30 m							
staropaleozoické břidlice	20	25,65	21,08	44	0,22	0,02	2,99
pararuly, svory	63	25,34	23,77	43	0,42	0,04	3,20
proterozoické hor. přem.	30	25,27	23,67	39	0,78	0,08	3,51
granodiority, granity	93	24,86	23,12	44	0,90	0,08	3,53
gabrodiority, diority	5	26,58	24,18	38	0,83	0,09	3,56
proterozoické hor. nepřem.	72	24,40	22,03	39	1,08	0,12	3,73
ortoruly, migmatity	38	24,79	23,47	40	1,28	0,13	3,74
30—40 m							
staropaleozoické břidlice	7	39,71	33,19	33	0,21	0,01	2,77
pararuly, svory	17	36,11	33,77	41	0,36	0,02	2,70
ortoruly, migmatity	6	32,68	32,28	35	0,82	0,07	3,32
proterozoické hor. přem.	6	32,61	29,30	34	0,85	0,08	3,43
granodiority, granity	17	33,0	31,03	36	1,23	0,10	3,50
proterozoické hor. nepřem.	17	33,67	31,22	33	1,47	0,14	3,65



rech granodioritů, granitů a proterozoických hornin se zvyšuje celkové množství čerpané vody. K poklesu vydatnosti vrtů však dochází podle analyzovaných výsledků hydrogeologických prací a odvozených aritmetických průměrů v souborech pararul, svorových rul, ortorul a migmatitů. Jejich vydatnost je nižší než v objektech dosahujících hloubky 20 až 30 m. Není možné zatím vyjádřit se k těmto zjištěným výsledkům jednoznačně, nelze však vyloučit, že ve větších hloubkách dochází v těchto horninách ke změně režimu podzemních vod.

Specifickou vydatnost vrtů o hloubce 30–40 m v oblasti granodioritů a granitů reprezentuje hodnota  $q = 0,10 \text{ l/(s.m)}$ , v oblasti přeměněného proterozoika  $q = 0,08 \text{ l/(s.m)}$  a v oblasti nepřeměněného proterozoika  $q = 0,14 \text{ l/(s.m)}$ . Hydrogeologické objekty, které byly vyhloubeny v nepřeměněném proterozoiku v rozmezí 40–50 m, prokázaly, že se vydatnost v tomto hloubkovém intervalu ještě dále zvyšuje [aritmetický průměr  $Q = 1,85 \text{ l/s}$ ,  $q = 0,13 \text{ l/(s.m)}$ ].

Je tedy zřejmé, že hloubka hydrogeologických vrtů v uvedených horninových typech je jedním z hlavních činitelů, které ovlivňují jejich vydatnost. V některých případech může být vliv hloubky převážen tektonickou pozicí území nebo naopak snížen omezenou infiltrační plochou. Zvodnění svrchních partií souborů hornin předvariských formací, porušených soustavou puklin, se však zpravidla zvyšuje s přibývajícím hloubkou. Nejméně příznivé jsou hydrogeologické vlastnosti staropaleozoických břidlic. Vydatnost jímacích zdrojů se v hloubkách přesahujících 20 m nezvyšuje v důsledku nepropustnosti horninového komplexu. Oblasti tvořené staropaleozoickými břidlicemi patří mezi nejchudší přírodní zdroje podzemních vod.

Na základě objektivního zhodnocení a posouzení vlivu hloubky na vydatnost hydrogeologických vrtů lze doporučit tyto optimální hloubky vrtů pro zachycení a jímání zdrojů podzemních vod:

horniny krystalinika

a) horniny metamorfované 25–30 m

b) hlubinné vyvřeliny 30–40 m

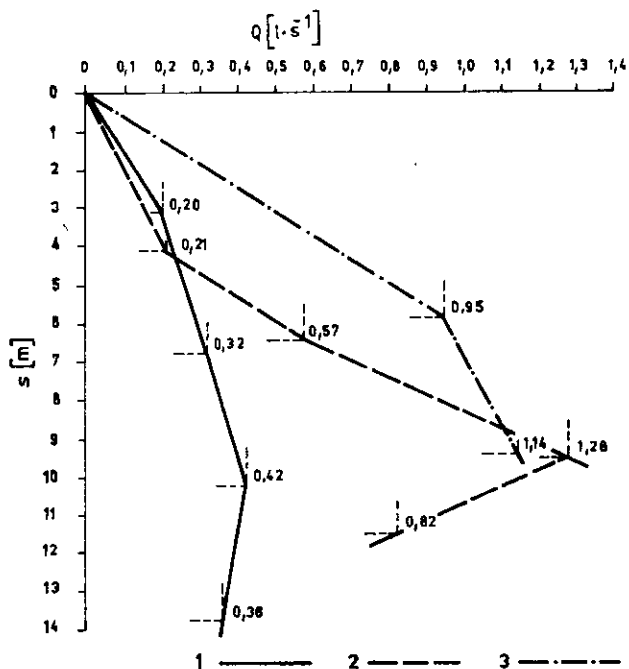
horniny proterozoické 40–50 m

horniny staršího paleozoika

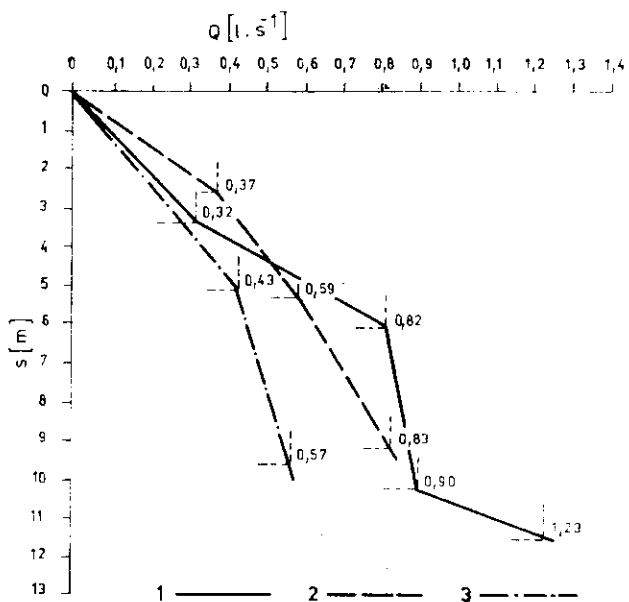
a) staropaleozoické břidlice 20 m

b) droby, pískovce, křemence, slepence, porfyry, diabasy 30–40 m.

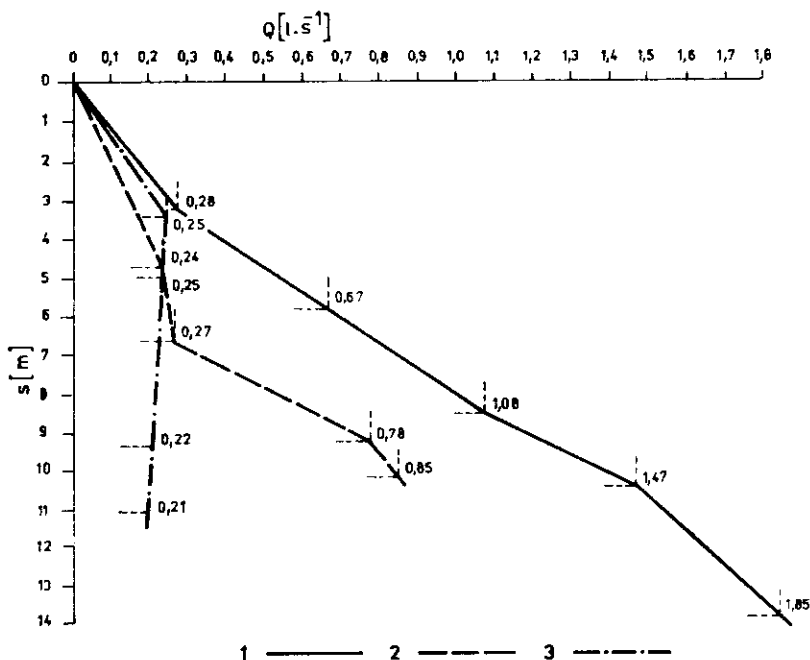
Podotýkám, že zhodnocení hydrogeologických vlastností uvedených hornin a návrh optimálních hloubek jímacích objektů vycházejí z dosavadních ověřených výsledků. Zjištěné parametry mohou být upřesněny dalším průzkumem. Závislost vydatností na hloubce hydrogeologických vrtů v metamorfovaných horninách, hlubinných vyvřelinách, proterozoických horninách a ve staropaleozoických břidlicích znázorňují obrázky 4–6.



4. Grafické znázornění závislosti vydatnosti na hloubce hydrogeologických vrtů v metamorfovaných horninách  
 1 — pararuly, svory; 2 — ortoruly, migmatity; 3 — ruly kvarcitické



5. Grafické znázornění závislosti vydatnosti na hloubce hydrogeologických vrtů v hlubinných vyvřelinách  
 1 — granodiority, granity; 2 — gabrodiority, diority; 3 — syenity



6. Grafické znázornění závislosti vydatností na hloubce hydrogeologických vrtů v proterozoických horninách a staropaleozoických břidlicích  
 1 — proterozoikum nepřeměněné; 2 — proterozoikum přeměněné; 3 — staropaleozoické břidlice

### Zvýraznění vlivu hloubky na vydatnost hydrogeologických vrtů v území s obdobnou geologickou stavbou a infiltrační plochou

Se zřetelem k hodnověrnému posouzení vlivu hloubky na vydatnost vrtů uvádím lokality, ve kterých lze dokumentovat větší počet objektů o různých hloubkách. Vycházím z předpokladu obdobné geologické stavby příslušných lokalit a petrografického složení hornin, obdobné plochy infiltračního území a stejné srážkové činnosti, tj. činitelů, jež jsou společné pro studované území. Pokládám to za nutnou podmínku pro objektivní posouzení a hodnocení vlivu hloubky na vydatnost jednotlivých jímacích zdrojů. Z tohoto hlediska dokumentuji některé výsledky hydrogeologických prací z oblasti krystalinika, proterozoika a staršího paleozoika, a sice na lokalitách Miličín, Zbraslavice, Čerčany, Říčany, Žebrák a Hořovice (viz tab. 5). Topografickou situaci příslušného území a hydrogeologických vrtů znázorňují situační mapy (obr. 7—12).

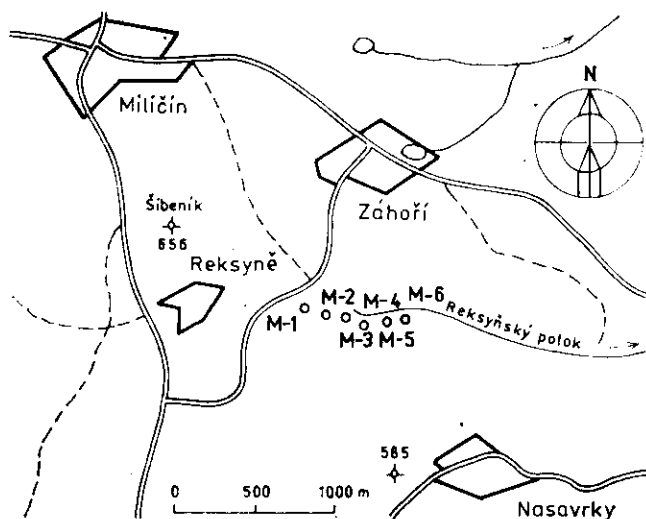
Tabulka 5

Zvýraznění vlivu hloubky na vydatnost hydrogeologických vrtů v území s obdobnou geologickou stavbou a infiltrační plochou

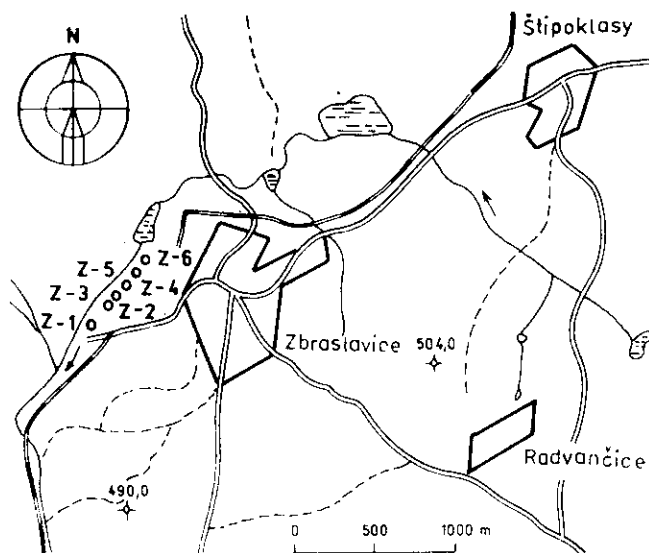
lokalita	vrt	hloubka vrtu [m]	mocnost kolektoru [m]	snížení hladiny [m]	vydatnost Q [l/s]	specifická vydatnost q [l/(s.m)]
Miličín	M-1	15,0	14,20	7,50	0,20	0,03
	M-2	15,0	14,70	7,50	0,11	0,01
	M-3	15,0	13,75	7,50	0,32	0,04
	M-4	24,0	21,55	9,0	1,56	0,17
	M-5	25,50	23,60	9,0	1,13	0,12
	M-6	21,0	20,30	9,0	1,13	0,12
Zbraslavice	Z-1	18,50	17,70	7,50	0,13	0,01
	Z-2	31,50	29,60	12,0	1,04	0,08
	Z-3	28,30	27,20	12,0	1,08	0,09
	Z-4	27,50	26,60	12,0	0,13	0,01
	Z-5	26,60	24,80	12,0	1,14	0,09
	Z-6	27,0	25,50	12,0	1,56	0,13
Čerčany	Č-1	8,0	4,50	2,0	0,90	0,45
	Č-2	11,30	6,35	3,0	1,13	0,38
	Č-3	8,95	5,80	3,0	1,08	0,36
	Č-4	15,0	12,30	3,0	1,65	0,53
Říčany	Ř-1	8,0	6,20	4,0	0,54	0,14
	Ř-2	11,0	8,70	6,0	0,32	0,05
	Ř-3	12,0	10,15	7,0	0,64	0,09
	Ř-4	9,0	7,54	4,0	0,54	0,14
	Ř-5	12,0	11,50	7,0	1,60	0,23
	Ř-6	13,0	12,40	8,0	1,28	0,16
	Ř-7	14,50	13,80	3,50	0,80	0,22
	Ř-8	15,0	14,10	3,0	0,50	0,16
	Ř-9	15,0	13,90	3,30	1,80	0,54
	Ř-10	40,0	36,80	15,0	5,27	0,35
Žebrák	Ž-1	36,20	33,50	10,40	2,30	0,22
	Ž-2	25,80	24,60	9,90	1,10	0,11
	Ž-3	16,50	15,70	8,0	0,98	0,12
Hořovice	H-1	21,50	20,40	9,0	0,26	0,02
	H-2	24,50	22,50	9,0	0,32	0,03
	H-3	42,0	40,20	9,0	0,23	0,02
	H-4	22,50	21,40	9,0	0,26	0,02

## Lokalita Miličín

Zájmové území tvoří horniny pestré skupiny moldanubika, zastoupené kvarcitickými rulami. Základní hydrogeologické parametry vrtů dokumentuje přehledná tabulka 5 a topografickou situaci objektů obrázek 7.



7. Situační mapa hydrogeologických vrtů v Miličíně



8. Situační mapa hydrogeologických vrtů ve Zbraslavicích

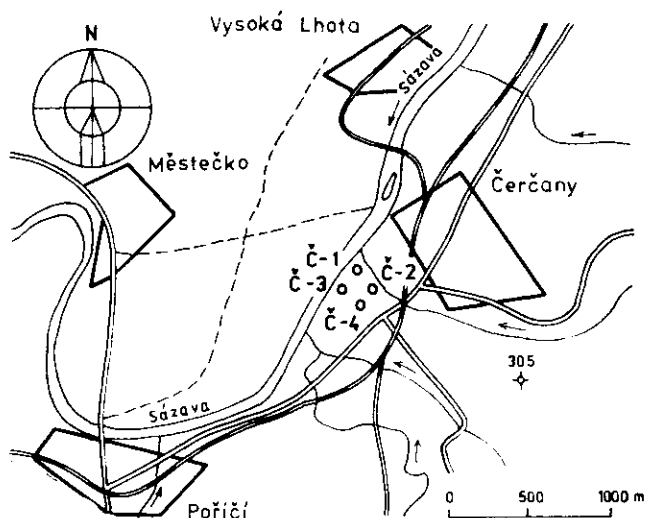
## Lokalita Zbraslavice

Hydrogeologické vrtý Z-1 až Z-6 (obr. 8) byly vyhloubeny v oblasti kouřimských ortorul. Průzkumné práce prokázaly zřejmý vliv hloubky na vy-

datnost jímacích zdrojů. Specifické zvodnění se však výrazně snižuje v případě nepropustnosti hornin v místě vrtů a jejich nejbližším okolí.

### Lokalita Čerčany

Nachází se v oblasti středočeského plutonu. Výsledky hydrogeologických prací dokumentují zvodnění amfibolicko-biotitického granodioritu. Umístění vrtů znázorňuje obrázek 9.



9. Situční mapa hydrogeologických vrtů v Čerčanech

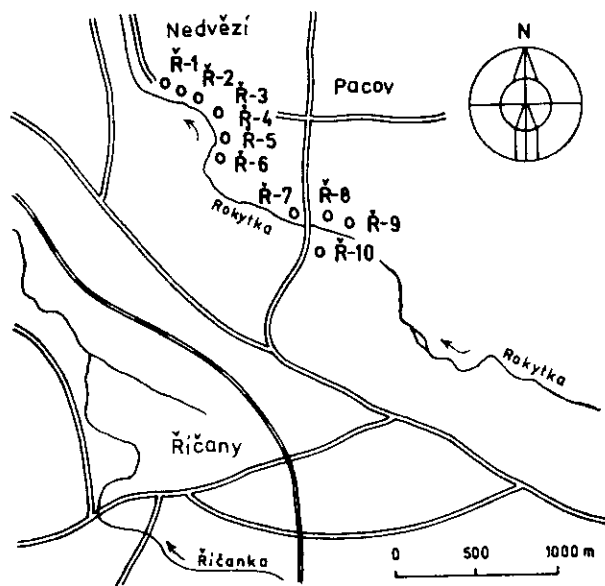
### Lokalita Říčany

Hydrogeologický průzkum na této lokalitě probíhal v několika etapách. V současné době zásobují Říčany jímací objekty, exploatující podzemní vodu nepřeměněného proterozoika, jež postačují pokrýt potřebu vody pro více než 8 000 obyvatel a místní průmyslové závody. Území, ve kterém jsou situovány vrty Ř-1 až Ř-10 (obr. 10), má společné základní charakteristické činitele.

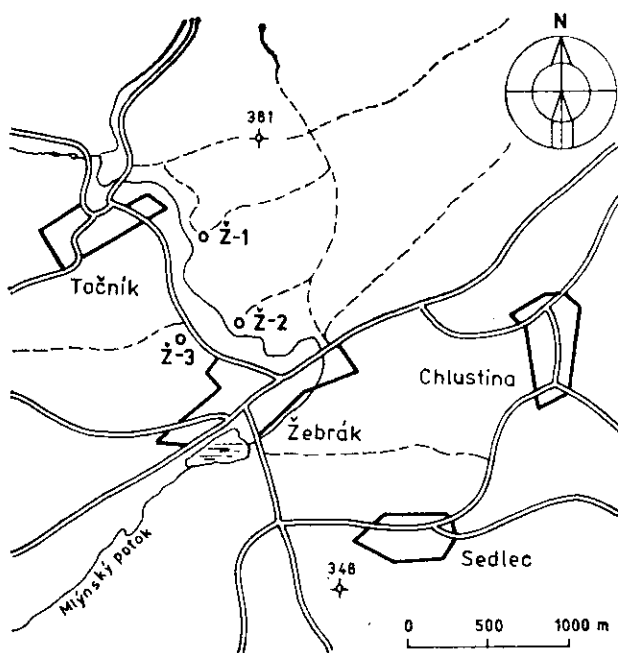
### Lokalita Žebrák

Na geologické stavbě zájmového území se podílí vulkanická série spodního a středního ordoviku, reprezentovaná diabasy, které hydrogeologické

vrty zastihly. Výsledné parametry uvádí tabulka 5, situaci hydrogeologických vrtů obrázek 11.



10. Situační mapa hydrogeologických vrtů v Říčanech

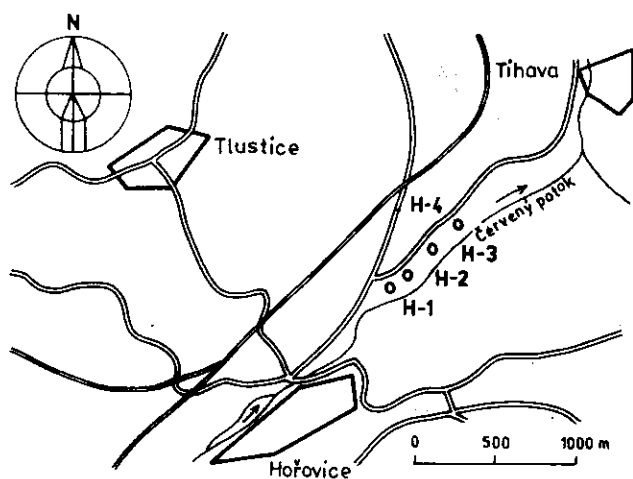


11. Situační mapa hydrogeologických vrtů v Žebráku

## Lokalita Hořovice

Území průzkumu tvoří staropaleozoické břidlice; výsledky hydrogeologických prací jsou v podstatě charakteristické pro posuzování propustnosti a vydatnosti těchto uloženin ve svrchních i hlubších polohách, což dokumentují hydrogeologické vrty H-1 až H-4, jejichž topografickou situaci znázorňuje obrázek 12.

Hodnoty reprezentující vydatnost vrtů v příslušných horninových typech jsou podloženy čerpacími zkouškami, trvající minimálně 21 dní a v některých případech i delší dobu. Představují vydatnost jímacích zdrojů v úrovni 3. snížení, kdy bylo v podstatě dosaženo rovnovážného stavu mezi jímaným množstvím a přirozeným přítokem podzemní vody. Se zřetelem k zjištěným výsledkům lze vyvodit závěr, že specifické zvodnění svrchních partií předvariských formací, porušených soustavou puklin, se zpravidla zvyšuje s přibývajícím hloubkou. Z posuzovaných horninových typů jsou nejméně příznivé hydrogeologické vlastnosti staropaleozoických břidlic. Vydatnost zdrojů se s přibývajícím hloubkou nezvyšuje, a to pro nepropustnost horninového komplexu v jeho hlubších partiích. Z toho plyne, že oblasti tvořené staropaleozoickými břidlicemi patří k nejněchudším oblastem přírodních zdrojů podzemních vod.



12. Situační mapa hydrogeologických vrtů v Hořovicích

### 7. Konfrontace výsledků z provedeného hodnocení s předchozími názory na propustnost předvariských formací

Dřívější hodnocení hydrogeologických vlastností předvariských hornin a možností jejich využití pro vodovodní zásobení bylo značně negativní.



Tyto geologické jednotky se považovaly za vhodné nejspíše k domovnímu zásobení. Lokálně se jímaly pramenní vývěry a mělké podzemní vody, podchycené nejčastěji jímkami a kopanými studnami. Tyto objekty se dosud využívají v četných případech k domovnímu a místnímu zásobení. Zájem vodohospodářů a pracovníků hydrogeologického průzkumu se však soustřeďoval hlavně na sedimentární oblasti s bohatšími zásobami podzemních vod.

Z posuzovaných horninových typů bylo zvláště nepříznivě hodnoceno svrchní proterozoikum, které se pokládalo za formaci nejméně propustnou a nejchudší na podzemní vodu ze všech formací barrandiensko-železnohorské zóny; i archaikum se považovalo za propustnější než proterozoikum. Toto hodnocení nejspíše zavínil nedostatek konkrétních a přímých důkazů o propustnosti předvariských hornin, zvláště ve větších hloubkách.

V předchozím období zhodnotili hydrogeologické vlastnosti krystalinických hornin Jetel (1972), Krásný (1975) a Michlíček (1982). Jejich hodnocení se v podstatě ztotožňuje s výsledky, které ve své práci v oblasti krystalinika předkládám.

Závěry vyplývající z rozboru hydrogeologických prací prokazují nejnižší propustnost a specifické zvodnění ve staropaleozoických břidlicích. Průměrná propustnost pararul, svorových rul a svorů je nižší než hornin přeměněného proterozoika, které v hloubkovém intervalu 30–40 m dokonce převyšují propustnost ortorul a migmatitů. Propustnost proterozoických hornin a vydatnost hydrogeologických vrtů se zvyšuje s přibývajícím hloubkou. Platí to zvláště o horninách nepřeměněného proterozoika, které vůbec dosahují vyšší průměrné propustnosti než soubory krystalinických hornin včetně hlubinných vyvřelin.

Z provedeného hodnocení hydrogeologických vlastností předvariských hornin je třeba zvláště zdůraznit výsledky dokumentující propustnost proterozoických hornin a jejich specifické zvodnění na podkladě analýz značného počtu hydrogeologických prací. Propustnost svrchního proterozoika zasahuje do větších hloubek pod erozivní bázi, než se dříve předpokládalo. Vydatnost se celkově zvyšuje s přibývajícím hloubkou vrtů, tj. exploatací hlubších zvodní.

## 8. Závěr

Hodnocení hydrogeologických vlastností předvariských hornin vychází z výsledků hydrogeologického průzkumu, zejména z výsledků vrtných prací a čerpacích zkoušek. Základní hydrogeologické a hydraulické parametry prokazují, že propustnost předvariských formací a vydatnost hy-

drogeologických vrtů závisí především na typu hornin, petrografickém složení a hloubce jímacích objektů. Připomínám, že parametry propustnosti horninových souborů reprezentují hodnoty aritmetických průměrů. V hodnotách propustnosti a vydatnosti jednotlivých horninových typů je však zřejmá určitá variabilita, zejména tektonickou pozicí území, velikostí infiltrační plochy, případně množstvím atmosférických srážek (četnost hydrogeologických vrtů podle vydatností dokumentuje ve studované oblasti tab. 2).

Při posuzování možností využití podzemní vody krystalinika, svrchního proterozoika a staršího paleozoika je nutno vycházet ze skutečnosti, že spotřebu vody v těchto rozsáhlých oblastech nelze v současné době a patrně ani v budoucnu pokrýt v dostatečné míře centrálním zásobením, ať již z povrchových nádrží nebo ze zdrojů podzemních vod z oblastí s bohatšími zásobami. Je proto žádoucí využít podzemní vody těchto geologických formací, i když s omezenějšími zásobami. Již v současné době by bylo možné uvést řadu lokalit, kde se podzemní vody předvariských formací využívají k vodovodnímu zásobení menších měst, střediskových obcí i venkovských sídel, zemědělských závodů, průmyslových objektů, rekreačních středisek apod. Výhledově se bude spotřeba vody zvyšovat hlavně ve střediskových obcích. Zvýšené požadavky může uspokojivě řešit progresivní a racionální průzkum. Souhrnné využitelné množství podzemní vody lze zvýšit větším počtem jímacích objektů. Jelikož krystalinické, proterozoické a staropaleozoické horniny jsou charakteristické pulkinovou propustností, je důležité, aby hydrogeologické vrty byly lokalizovány v místech s příznivou tektonickou pozicí. K docílení optimálních výsledků hydrogeologických prací by měla proto přispět ve větší míře interpretace geofyzikálního průzkumu, což se v mnoha zahraničních zemích běžně provádí. Je také důležité, aby hloubka jímacích zdrojů byla účelná, ekonomická a aby byly aplikovány nejnovější poznatky a moderní metody při vypracování projektové dokumentace a konstrukci hydrogeologických objektů.

*K tisku doporučil E. Michlíček*

### Literatura

- H a z d r o v á, M. et al. (1983): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1:200 000, list 12 Praha. — MS Ústř. úst. geol. Praha.
- J e t e l, J. (1964): Použití hodnot specifické vydatnosti a nových odvozených parametrů v hydrogeologii. — Geol. Průzk., 6, 5, 144—145. Praha.
- (1972): Hydrogeology of the Sokolov Basin. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol., 9, 7—146. Praha.
- K o l m a n, F. (1970): Zhodnocení hydrogeologického průzkumu v Miličíně. — MS Vodní zdroje a Geofond. Praha.

- (1971): Režim pdzemních vod v horninách krystalinika. — Vod. Hospod., Ř. B., 8, 215—216. Praha.
  - (1976): Závěrečná zpráva o hydrogeologických pracích v Říčanech. — MS Vodní zdroje a Geofond. Praha.
  - (1987): Kvantitativní hydrogeologická charakteristika předvariských hornin středních, jižních a západních Čech. — Geol. Průzk., 29, 11, 326—329. Praha.
- Kněžek, M. - Krásný, J. (1985): Význam krystalinika pro tvorbu přírodních zdrojů podzemní vody ČSR. — Geol. Průzk., 27, 6, 161—164. Praha.
- Krásný, J. (1975): Variation in transmissivity of crystalline rocks in southern Bohemia. — Věst. Ústř. Úst. geol., 50, 4, 207—216. Praha.
- (1976): Vysvětlivky k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1:200 000, list 32 České Budějovice. — MS Ústř. úst. geol. Praha.
- Michlíček, E. (1982): Statistická analýza transmissivity hornin východní části Českomoravské vrchoviny. — Sbor. geol. Věd, Hydrogeol., inž. Geol., 16, 91—120. Praha.

## **Permeability and transmissivity of pre-Variscan rocks in central, southern, and western Bohemia**

*(Summary of the Czech text)*

František Kolman

Received August 25, 1988

Natural ground-water reserves in regions composed of crystalline, Proterozoic, and Early Paleozoic rocks are mainly controlled by the permeability and transmissivity of these rock complexes. They form a substantial part of the Bohemian Massif and participate decisively in the forming and accumulation of all natural ground-water resources of the Czech Republic. Even though the relationship of ground water to surface water is gradually changing in favour of a surface water prevalence, ground water is a resource which has more favourable qualities. Until recently, little attention has been paid to pre-Variscan rocks, because the ground-water resources in these formations were considered to be of minor significance. Especially negative in this respect was the opinion on the Proterozoic. Intensive hydrogeological exploration has shown that the ground water from crystalline, Proterozoic and Early Paleozoic rocks can be rationally developed for local supply.

In this article, my opinions on the hydrogeological properties of the pre-Variscan rocks are based on the results obtained from boreholes and pumping tests. For this purpose, the basic parameters of 933 boreholes, drilled in these regions in the past years, have been used. I have assessed the specific water storage of the most frequently established rock types, their permeability and transmissivity and depth-related yield. Taking account of the verified results I report the optimum depths of the wells for the catchment of ground-water resources. The assessment has shown that the permeability of crystalline, Proterozoic, and Early Paleozoic rocks and the yield of the hydrogeological wells depend notably on the rock type, petrographic composition and depth of the wells. The most permeable are Proterozoic rocks yielding more than the crystalline ones. The least permeable are the Early Paleozoic shales. The permeability and transmissivity parameters of the rock complexes are represented by the

values of arithmetic means. These values display a certain variability depending mainly on the degree of fissuring of the rock complex.

When assessing the potentials of the development of ground water in pre-Variscan formations it is necessary to bear in mind that the water consumption in such extensive regions can neither now, nor in the future, be satisfied by a central supply, be it from surface reservoirs or from resources of ground water located in regions having ampler reserves. It is therefore desirable to develop the ground water in these formations, irrespective of the fact that the reserves are limited there. Because crystalline, Proterozoic, and Early Paleozoic rocks are characterized by fissure permeability it is important that the hydrogeological wells be located with the aid of geophysical measurements. This will contribute to optimum hydrogeological exploration results. A successful and rational exploration also requires the application of the latest developments and modern methods in the technological process and in the construction of the wells.

*Přeložila H. Šilarová*

#### **Explanation of tables**

- Table 1. Basic hydrogeological parameters of the main rock types of pre-Variscan formations.
- Table 2. Frequency of hydrogeological wells according to yield.
- Table 3. Basic hydrogeological parameters of Early Paleozoic rocks.
- Table 4. The influence of depth on the yield of hydrogeological wells.
- Table 5. Accentuation of the influence of depth on the yield of hydrogeological wells in a territory having an analogous geological structure and infiltration area.

#### **Explanation of text-figures**

1. Histogram of the frequency of wells in metamorphic rocks according to yields.
2. Histogram of the frequency of wells in abyssal rocks according to yields.
3. Histogram of the frequency of wells in Proterozoic rocks and Early Paleozoic shales according to yields.
4. Graphical representation of the dependence of yields on the depths of hydrogeological wells in metamorphic rocks.  
1 — paragneisses, mica schists; 2 — orthogneisses, migmatites; 3 — quartzitic gneisses.
5. Graphical representation of the dependence of yields, on the depths of hydrogeological wells in abyssal rocks.  
1 — granodiorites, granites; 2 — gabbrodiorites, diorites; 3 — syenites.
6. Graphical representation of the dependence of yields on the depths of hydrogeological wells in Proterozoic rocks and Early Paleozoic shales.  
1 — unmetamorphosed Proterozoic; 2 — metamorphosed Proterozoic; 3 — Early Paleozoic shales.

7. Location map representing the hydrogeological wells in Miličín.
8. Location map representing the hydrogeological wells in Zbraslavice.
9. Location map representing the hydrogeological wells in Čerčany.
10. Location map representing the hydrogeological wells in Říčany.
11. Location map representing the hydrogeological wells in Žebrák.
12. Location map representing the hydrogeological wells in Hořovice.

#### **Водопроницаемость и водопроницаемость доварисских горных пород в средней, южной и западной Чехии**

В представленной статье дается оценка гидрогеологических свойств комплексов горных пород доварисских формаций на основе результатов полевых буровых работ и опытных откачек. Кристаллические, протерозойские и нижнепалеозойские породы с гидрогеологической точки зрения считались малозначащими. Особенно отрицательно оценивался протерозой, считающийся наименее проницаемой из всех формаций баррандиенско-железногорской зоны и менее проницаемой, чем архейская группа. Основными гидрогеологическими и гидравлическими параметрами, выведенными из результатов полевых работ, доказывающаяся зависимость водопроницаемости доварисских формаций и дебита гидрогеологических скважин, прежде всего, от типа горных пород, петрографического состава и глубины водозаборных сооружений. Приведенные параметры водопроницаемости комплексов горных пород представляют собой арифметические средние величины. Величины водопроницаемости и дебита отдельных типов горных пород показывают определенную изменчивость обусловленную, в особенности тектоническим положением местности, величиной площади инфильтрации и количеством атмосферных осадков. Выводениями, вытекающими из проведенной оценки, доказывающаяся наименьшая водопроницаемость и удельная водоносность нижнепалеозойских сланцев. Наиболее проницаемыми являются протерозойские породы, дебит которых выше дебита кристаллических, в том числе тоже глубинных магматических горных пород.

Подземные воды доварисских формаций используются, главным образом, для водоснабжения меньших городов, поселков городского типа, сельскохозяйственных заводов, курортных баз и т. п. Увеличивающемуся потреблению подземной воды из новых источников можно удовлетворить с помощью прогрессивной разведки. Необходимо определять расположение гидрогеологических буровых скважин на местах с благоприятными тектоническими условиями и сооружать скважины с учетом новейших технологических знаний.

*Přeložil A. Kříž*