



Přírodovědecká fakulta
Masarykovy univerzity



**METODY PRAKTICKÉ GEOLOGIE A
GEOLOGICKÉHO MAPOVÁNÍ**

HYDROGEOLOGIE

**UČEBNÍ TEXT K PŘEDMĚTU
G3081**

TOMÁŠ KUCHOVSKÝ

DAVID GRYCZ

BRNO 2007

Text neprošel odbornou ani jazykovou korekturou

SEZNAM KAPITOL

| | |
|---|----|
| 1. KLASIFIKACE HYDROGEOLOGICKÝCH MAP | 2 |
| 1.1 Klasifikace map podle měřítka | 2 |
| 1.2. Klasifikace map podle účelu..... | 3 |
| 1.3. Klasifikace map podle náplně..... | 4 |
| 2. HLAVNÍ ZÁSADY KOMPILACE HYDROGEOLOGICKÝCH MAP..... | 4 |
| 3. METODIKA HYDROGEOLOGICKÉHO MAPOVÁNÍ..... | 6 |
| 3.1. Přípravná etapa | 7 |
| 3.2. Terénní etapa | 7 |
| 4. OBJEKTY SLEDOVANÉ PŘI HYDROGEOLOGICKÉM MAPOVÁNÍ..... | 8 |
| 5. LEGENDA K HYDROGEOLOGICKÉ MAPĚ | 14 |

1. KLASIFIKACE HYDROGEOLOGICKÝCH MAP

Hydrogeologické mapy často zohledňují zcela odlišné charakteristiky zvodněného horninového prostředí, z čehož vyplývá i značná různorodost map v hydrogeologii používaných. Je zcela pochopitelné, že např. základní hydrogeologické mapy se výrazně liší od speciálních map účelových, sestavených například pro případy podrobného průzkumu ložiska nerostných surovin, rozsahu kontaminace podzemních vod nebo mapy hydroizohyps a směrů proudění podzemní vody.

Hydrogeologické mapy můžeme klasifikovat ze 3 základních pohledů: podle měřítka, účelu mapy a podle náplně mapy.

1.1 Klasifikace map podle měřítka

Klasifikace hydrogeologických map podle měřítka nemá v praxi velký význam, je však vhodné se s ní seznámit zejména kvůli používaným základním termínům. K volbě měřítka se většinou přistupuje až druhotně, podle požadovaného účelu mapy. Důležité je uvědomit si zejména skutečnost, že s rostoucí podrobností mapy se zvyšuje podrobnost zobrazovaných prvků, s čímž souvisí i nároky na průzkum hydrogeologické struktury. Podle měřítka mapy dělíme na:

- mapy malých měřítek
- mapy středních měřítek
- mapy velkých měřítek

Mapy malých měřítek jsou mapy s měřítky nejčastěji 1:2 000 000, 1:1 000 000, 1:500 000 a 1:200 000. Mapy těchto měřítek jsou výhradně mapy základní (viz kap. 1.2). Vzhledem k tomu, s jakými formáty tištěných map zpravidla pracujeme, se mapy malých měřítek používají zejména pro zobrazení velkých regionů. Typickými příklady jsou základní mapy celých států nebo jednotlivých krajů. Podobně je možné mapy těchto měřítek použít pro zobrazení rozsáhlých hydrogeologických struktur – např. pánevních struktur (česká křídová pánev, apod.).

Mapy středních měřítek jsou nejčastěji mapy s měřítkem 1:50 000. Zpravidla se jedná o mapy základní, v některých případech již může jít o mapy účelové (viz kap. 1.2). Mapy středních měřítek jsou často mapy, které pokrývají jednotlivými listy rozsáhlejší regiony (např. území celého státu). Měřítko 1:50 000 je již dostatečně přehledné pro zobrazení základních a přitom poměrně podrobných informací o hydrogeologických charakteristikách jakéhokoliv regionu. Proto jsou mapami v měřítku 1:50 000, případně mapami s měřítkem blízkým, často pokryty rozsáhlejší regiony. Vzhledem k používaným formátům tištěných map, se kterými lze pohodlně pracovat, jsou mapy rozsáhlých regionů rozděleny na jednotlivé listy v měřítku 1:50 000.

Mapy velkých měřítek jsou velmi podrobné, proto se zpravidla jedná o mapy analytické a často i dokumentované (kap. 1.2 a 1.3). Běžně používaná měřítka jsou 1:10 000, 1:5 000 a ještě větší měřítka, která jsou často podřízena cílům mapy. Proto se můžeme setkat i s měřítky, která jsou přizpůsobena tištěnému formátu mapy a analyzovaným prvkům, výsledkem může být libovolné měřítko, např. 1:3 333. Zejména v těchto případech, kdy měřítka zobrazení nejsou zaokrouhlená, je vhodné mapu doplnit i měřítkem grafickým.

1.2. Klasifikace map podle účelu

Podle účelu můžeme všechny hydrogeologické mapy dělit na základní a účelové. Základní mapy zpravidla pokrývají velké regionální oblasti. Jedná se o mapy malých nebo středních měřítek, kdy oblasti mohou být rozděleny na jednotlivé mapové listy. Zpravidla se vydává série základních map, která pokrývá celé mapované území. Pro tyto série map je typické použití jednotné legendy a měřítka pro všechny mapové listy. Příkladem takových map jsou níže uvedené mapy v měřítku 1:50 000:

- Hydrogeologická mapa ČR
- Mapa geofaktorů životního prostředí ČR
- Mapa ložisek nerostných surovin ČR
- Mapa geochemie povrchových vod ČR
- Geologická mapa ČR
- Mapa inženýrskogeologického rajónování

Podobně patří mezi základní mapy poskytující hydrogeologické informace i některé mapy v měřítku 1:200 000. Příkladem jsou:

- Hydrogeologická mapa směrného vodohospodářského plánu
- Ochrana podzemních vod
- Bilanční příloha
- Mapa jakosti zdrojů podzemních vod

Mapy účelové jsou takové, které jsou vydávány nebo tištěny ke konkrétnímu specifickému účelu. Jejich náplň, použitá legenda i měřítka jsou vždy podřízeny účelu mapy, pro který se mapa konstruuje. Účelové mapy, na rozdíl od map základních, nemusí pokrývat celé území státu nebo rozsáhlejšího regionu. Mohou být například výsledkem podrobného hydrogeologického průzkumu menších oblastí, nebo sloužit jako doplňkový materiál pro řešení komplexní geologické problematiky. Vzhledem k úzké specifikaci účelových map jsou používána měřítka nejčastěji 1:50 000 a větší. Příklady těchto map v měřítku 1:50 000, které byly vydány a jsou dostupné, jsou uvedeny níže:

- Účelová hydrogeologická mapa - Projekt Labe
- Mapa zranitelnosti podzemních vod
- Mapa geofaktorů životního prostředí - signální mapa střetu zájmů
- Mapa geofaktorů životního prostředí - mapa významných krajinných jevů
- Mapa geochemické reaktivity hornin
- Mapa vodohospodářských zájmů
- Mapa geochemie povrchových vod

Současně může do kategorie účelových map spadat jakákoliv jiná hydrogeologická mapa, která byla sestavena ke konkrétnímu účelu. V práci se může jednat např. o mapy zobrazující zjednodušenou litologii hornin s ohledem na jejich propustnosti doplněné hydroizohypsami a

směry proudění podzemních vod, mapy rozsahu kontaminace podzemních vod na konkrétní lokalitě, mapy chemizmu podzemních vod, ale i mapy dokumentačních bodů, apod. K účelovým mapám můžeme zařadit i mapy, které sestavují studenti v přílohách bakalářských a diplomových prací.

1.3. Klasifikace map podle náplně

Další možnou klasifikací hydrogeologických map je jejich dělení podle náplně. Z tohoto pohledu vyčleňujeme 2 základní skupiny map – mapy analytické a syntetické. Mapy analytické analyzují jen jeden prvek, ale velmi podrobně. Typickým příkladem mohou být mapy hydroizohyps, chemizmu podzemních vod, apod. Typické pro analytické mapy je také to, že jsou mapami dokumentovanými. To znamená, že v mapě jsou uvedeny hodnoty změřených parametrů, které jsou v mapě vyznačeny. V mapách hydroizohyps jsou to například hodnoty úrovní hladin podzemních vod ve všech měřených objektech, v mapě chemizmu podzemních vod například koncentrace sledovaných ukazatelů v jednotlivých objektech. Analytické mapy jsou zpravidla velmi podrobné a nepatří mezi mapy základní. Naopak syntetické mapy zobrazují více mapovaných prvků. Pro jejich sestavení se zpravidla používá více map analytických. Vzhledem k tomu, že zobrazují více mapovaných prvků, není možné při zachování dostatečné přehlednosti zobrazit mapované prvky detailně a proto jsou mapy syntetické zpravidla nedokumentované. Syntetické mapy mohou být různých měřítek, a mohou být mapami základními i účelovými. Příkladů syntetických map je celá řada – např. Hydrogeologická mapa ČR 1:50 000, mapy ochrany podzemních vod, atd.

2. HLAVNÍ ZÁSADY KOMPILACE HYDROGEOLOGICKÝCH MAP

Obecné zásady při kompilaci libovolné hydrogeologické mapy nejsou celosvětově normalizovány, což je způsobeno značnou různorodostí mapovaných regionů a také účelem a měřítkem sestavovaných map.

V případě základních map (kap. 1.2) je doporučený následující obecný postup:

1. koncepce legendy musí být platná pro celé mapované území i s ohledem na jeho možné rozšíření
2. navržená legenda musí být principiálně shodná s hlavními zásadami používanými pro legendy mezinárodně
3. legendou by vždy mělo být možné vyjádřit topografii, geologii, litologii, hydrografii, a vlastnosti podzemních vod
4. mapy se sestavují na jednom listu, v případě nutnosti se detailní mapky zobrazují po stranách hlavní mapy
5. hydrogeochemie se znázorňuje plošně nebo bodově a bez zonálnosti
6. legenda musí být shodná pro mapy různých měřítek i účelu

Hydrogeologické mapy v měřítku 1:1 000 000 a menší

Pro základní mapy v těchto měřítcích vždy platí, že se jedná o mapy syntetické a zpravidla nedokumentované. Jejich náplň lze vzhledem k měřítku zpravidla sjednotit i mezi jednotlivými regiony nebo státy, měla by být v souladu se zásadami přijatými IAH (International Association of Hydrogeologists) používanými v Hydrogeologické mapě Evropy v měřítku 1:1 500 000. Vzhledem k použitému měřítku jsou tyto mapy málo podrobné a hlavním zobrazovaným prvkem tak zůstává geologie a její vliv na hydrogeologicky významné struktury. Barva se používá k vyjádření stratigrafické příslušnosti hornin (bez indexu), sytost barvy vyjadřuje hydrogeologický význam formace (např. pro rozlišení litologicky odlišného vývoje sedimentů v pánevních strukturách – kolektory X izolátory). Ke zvýraznění propustnosti hornin lze použít šrafu, která by měla být tím výraznější, čím je vyšší propustnost formace. V mapách se nevyjadřují hydrogeochemické vlastnosti zvodní ani hydraulické parametry zvodněných hornin. Jen ve specifických případech se mohou používat jednoduché klasifikace prostých podzemních vod (např. jednoduché rozlišení vydatností pramenů do třech kategorií) a minerálních vod (použití bodových značek se základními číselnými údaji o teplotě, proplynění, mineralizaci, apod.). Tyto mapy jsou obvykle součástí atlasu a nebývají doplněné řezy. Vzhledem k jejich malé podrobnosti mohou být součástí atlasu podrobnější syntetické mapy hydrogeologicky významných oblastí. Pro mapy dále platí zásada, že jsou sestavovány tak, aby potřebovaly jen minimum vysvětlujícího textu – jsou tedy vhodné pro obecný přehled o rozsáhlých oblastech a nejsou vhodné pro získání podrobných informací. Legenda je umístěna jen na jednom místě atlasu.

Hydrogeologické mapy v měřítku 1:200 000

Hydrogeologické mapy v měřítku 1:200 000 jsou velmi často konstruovanými základními mapami. Použití měřítkou umožňuje pokrýt více listy rozsáhlá území při současné podrobnosti mapovaných údajů. Mapy jsou převážně syntetické, a na rozdíl od předchozí skupiny map bývají často dokumentované. Uspořádání mapy je shodné s mapami s dalším často používaným měřítkem 1:50 000. Mapu tvoří zásadně jen jeden list. Ve spodní části mapy jsou umístěny řezy přes celé území, nebo řezy detailní. V levé části mapy se umísťují zjednodušené mapky malých měřítek, které často zobrazují jeden specifický prvek a proto bývají analytické. V pravé části mapy je umístěna legenda. V mapě již jsou zobrazeny významné hydrogeologické objekty (prameny, vrty, apod.) nejčastěji v podobě bodových značek s vyjádřením kvantitativních nebo kvalitativních ukazatelů. Jelikož mapa již musí vzhledem k podrobnosti zobrazení informovat i o dynamice zvodněného prostředí, zobrazeny jsou jevy pozorované v síti režimně sledovaných objektů a jevy vyhodnocené na základě dlouhodobých pozorování. Plošně a hloubkově rozšířené hydrogeologické celky (např. kolektory, izolátory, části kolektorů se samostatným režimem podzemních vod, apod.) jsou zobrazeny při rozsahu převyšujícím 1 km^2 . Jednotlivé zvodně jsou zobrazeny v případě jejich plošného výskytu převyšujícího 2 km^2 . Vzhledem k měřítku mapy se však v mapě zobrazuje jen hlavní regionálně významné zvodně. Dalšími významnými informacemi jsou údaje o hydraulickém charakteru zvodněných hornin (propustnosti) a o hydrodynamickém režimu zvodní (volná X napjatá hladina), v případě významného zvodnění formací je možné zobrazit informace o sklonu hladiny a směru sklonu (nejčastěji pomocí hydroizohyps). Z významných geologických prvků mapy obsahují informace o hydrogeologickém charakteru významných tektonických pásem. Zobrazeny (alespoň schematicky) jsou základní informace o chemizmu podzemních vod. Vzhledem k tomu, že antropogenní zásahy do značné míry ovlivňují režim podzemních vod ve strukturách, jsou v mapách často vynášeny i údaje o trvalých zásazích do

režimu podzemních vod (vodárenská exploatace, apod.) a ochranná pásma jímacích území, ve významných případech i o trvalých ohniscích kontaminace podzemních vod.

Hydrogeologické řezy, které jsou součástí každého mapového listu, jsou vždy vedeny přes významné celky a zásadně se konstruuují jako převýšené, přičemž základní řezy mají délková měřítka shodná s měřítkem mapy. Pouze v případě detailních řezů lze použít měřítko jiné. Ve vertikální projekci vykreslujeme zejména ty jevy, které nelze znázornit plošně – řezy jsou tedy nezbytnými doplňky každé hydrogeologické mapy od určitého měřítka podrobnostim protože znázornění proměnlivosti zvodněného prostředí je často možné jen při současném použití mapy a řezu. V řezech na rozdíl od map navíc znázorňujeme např. mocnosti kolektorů nebo izolátorů a změny jejich litologie významné z hydrogeologického hlediska, hydrogeochemickou zonálnost, změny hydraulických parametrů, apod.). Na rozdíl od map je v řezech zpravidla větší množství číselných údajů.

Schematické mapky, které mohou být součástí mapového listu, mají jen zjednodušený topografický podklad a dále znázornění různých významných prvků, které jsou v syntetické hlavní mapě zjednodušeny. Příkladem může být dělení regionu na hydrogeologické rajony nebo hydrologicky uzavřená povodí, podrobný chemismus jedné nebo více složek podzemních vod, apod.

Legenda těchto základních map je velmi rozsáhlá a podrobná, protože musí popsat a vysvětlit všechny výše uvedené v mapě zobrazené prvky. Při volbě barev, které respektují geologickou stavbu (barvy neodpovídají geologické mapě, respektují však hranice významných horninových typů), se hydrogeologicky nejméně významné formace vykreslují bílou barvou nebo barvami velmi světlými. S rostoucím hydrogeologickým významem formací se zvyšuje sytost barev a intenzita šrafy. Pro bodové značky platí zásada, že přírodní prvky jsou vykresleny modře (např. prameny) a umělé prvky červeně (např. významné vrty).

Hydrogeologické mapy v měřítku 1:50 000

Hlavní zásady tvorby i náplň základních map v měřítku 1:50 000 jsou prakticky shodné s mapou v měřítku 1:200 000. Rozdíly pochopitelně vyplývají z větší podrobnosti mapy, takže se běžně zobrazuje nejen hlavní regionálně významná zvědeň, ale úplná hydrogeologická zonálnost (v mapě je často použita proužková metoda). Rovněž ostatní mapované prvky jsou popisovány podrobněji a s tím souvisí i podstatně hustší síť dokumentačních bodů. Důležitým doplňkem mapy jsou potom velmi podrobné textové vysvětlivky, které obsahují slovní, tabelární a grafický popis zobrazovaných prvků (např. statistické zhodnocení vydatností pramenů, informace o chemizmu podzemních vod, apod.). Pomocí textových vysvětlivek tak mohou být kvantitativně vyjádřeny všechny dynamické prvky a jejich variabilita.

3. METODIKA HYDROGEOLOGICKÉHO MAPOVÁNÍ

V úvodní kapitole jsme si vysvětlili, že existuje celá řada typů hydrogeologických map které se podstatně liší náplní a měřítkem, které by vždy měly vyplývat z požadovaného účelu mapy. V předchozí kapitole jsme se seznámili s hlavními zásadami sestavení mapy. Zbývající problematiku, která souvisí s vlastním terénním mapováním a souvisejícími pracemi probereme nyní. Důležité je si uvědomit, že metodiku vlastního mapování musíme striktně přizpůsobit požadovanému účelu mapy – např. u map velkých měřítek potřebujeme hustší síť dokumentačních a dlouhodobě pozorovaných bodů, u hydrochemických map věnujeme

prvořadou pozornost vyhledání dostatečného množství objektů ve kterých můžeme odebírat vzorky podzemních vod, při mapování výskytu minerálních vod mapujeme především prvky významné pro formování a výskyt minerálních vod (větší důraz na tektonické prvky, atd.). V případě hydrogeologického mapování pro jakýkoliv účel můžeme vyčlenit etapu přípravných prací, které předcházejí terénnímu mapování, vlastní terénní práce, zpracování naměřených dat a materiálů a nakonec vlastní sestavení mapy a sepsání mapovací zprávy.

3.1. Přípravná etapa

V přípravné etapě prací věnujeme pozornost všem činnostem, které umožní usnadnit a zpřesnit vlastní terénní práce. V první řadě se jedná o studium archivních materiálů. Dnes je již možné říci, že na území ČR neexistuje oblast, ke které by nebylo možné získat informace o výsledcích starších průzkumných prací, které můžeme při hydrogeologickém mapování využít (vrtné práce, geologické mapování, průzkumy pro těžbu nerostných surovin, starší hydrogeologické mapy, posudky, atd.). Kromě studia archivních materiálů je potřeba věnovat pozornost i přípravě podkladů pro mapování, což jsou především topografické a případně i geologické mapy. I z těchto map můžeme vyčíst důležité informace např. o pozici drenážních struktur zvodní, výchozech hornin nebo o pozicích pramenů nebo míst vhodných ke sledování povrchových toků. V neposlední řadě je důležité zajistit topografickou mapu v potřebném měřítku zobrazení, které bude při terénním mapování použita jako mapa dokumentačních bodů. Kromě přípravy topografické mapy můžeme připravovat i další pomůcky, které nám usnadní zápis údajů naměřených v terénu. Zejména v případech, kdy účel mapy vyžaduje měření na síti pozorovacích bodů, mohou být vhodnou pomůckou formuláře pro mapování. V těch jsou připravena jednotlivá prázdná pole, do kterých vpisujeme v terénu zjištěné údaje. Volba náplně jednotlivých polí ve formuláři závisí na účelu mapování. Použití formulářů má oproti běžnému terénnímu deníku hlavní výhodu v tom, že předepsání polí o sledovaných údajích omezuje riziko, že některý z údajů zapomeneme v terénu zjistit. V přípravné etapě prací musíme i zvolit a připravit vhodné přístrojové vybavení, se kterým budeme při mapování pracovat. Rovněž volba přístrojového vybavení závisí na účelu mapy.

Výsledkem připravené etapy prací by měl být projekt mapovacích prací. Podle potřeby a zejména rozsahu mapovacích prací musí být kromě zajištění výše uvedených podkladů a přístrojového vybavení určeny i mapovací skupiny, náplň jejich práce a časový rozvrh terénních prací. Určení doby mapování je opět podřízeno účelu mapování – například rekognoskace terénu je vhodná v obdobích bez vzrostlé vegetace a přitom s vysokými vodními stavy podzemních i povrchových vod (snazší vyhledání oblastí drenáže podzemních vod). Naopak termometrická měření, kterými můžeme detekovat oblasti drenáže podzemních vod, je vhodné realizovat v zimním období, kdy se tepelné anomálie podzemních vod projeví i v drobných povrchových tocích. V případě opakovaných režimních měření na dlouhodobě sledovaných objektech opakujeme měření v pravidelných intervalech a snažíme se zachytit typické změny v režimu zvodní a její reakce na přírodní nebo antropogenní vlivy.

3.2. Terénní etapa

V rámci terénní etapy prací procházíme území jednotlivými mapovacími túrami. Na rozdíl od geologického mapování však odlišujeme 2 základní typy mapovacích túr – rekognoskační (případně detailní) a jednorázové (účelové). Toto dělení platí pro případy, kdy mapujeme pro účely sestavení základní mapy a skutečně musíme vyhledat v terénu všechny objekty vhodné

k dlouhodobému sledování kvantitativních a kvalitativních ukazatelů zvodněného prostředí. Jak uvidíme v následujícím textu, v případě účelového mapování můžeme volit jen detailní túry.

Rekognoskační (orientační túry) slouží k prvotnímu „osahání“ mapovaného území. Jejich cílem je především vyhledat vhodné objekty, na kterých budou následně probíhat opakovaná měření. Rekognoskační túry se volí tak, aby rovnoměrně pokryly celé mapované území. Logika volby rekognoskačních túr může respektovat topografickou situaci, nebo může vycházet i z geologické mapy zejména v případech, kdy mapujeme v litologicky zcela odlišných formacích. Při volbě túr podle morfologie terénu se mapuje proti proudu vodních toků až k pramenům, tedy z údolí vzhůru. Protože oběh podzemních vod je z regionálního hlediska výrazně ovlivněn i morfologií terénu, je vždy vhodné při jedné z prvních túr sledovat a všimnout si i celkové geomorfologické situace, což nám pomůže chápat zákonitosti oběhu podzemních vod v mapované oblasti.

Detailní túry volíme v oblastech, které se po prvotní rekognoskaci terénu jeví jako významné. Typicky jsou to oblasti, kde dochází vlivem kombinace vhodných podmínek k vývěrům podzemních vod na povrch v podobě pramenů nebo intenzivních příronů do povrchových toků, kde vychází na povrch z hydrogeologického hlediska významné tektonické struktury, apod. Detailní túry mohou sloužit například i k výškovému zaměření odměrných bodů ze kterých následně při účelových túrách odečítáme hloubky hladin podzemních vod, podobně mohou být využity například k instalaci měrných přelivů, úpravám pravidelně sledovaných objektů, apod.

Základní metodický rozdíl mezi geologickým a hydrogeologickým mapováním spočívá v tom, že při hydrogeologickém mapování musíme zachytit i variabilitu zvodnění. Proto musíme při mapování opakovaně měřit údaje, na základě jejichž vyhodnocení můžeme usuzovat na základní kvantitativní a kvalitativní charakteristiky zvodnění a jejich změny v čase (vydatnosti pramenů, průtoky v drobných vodních tocích odvodňujících mělké zvodně, mineralizace a teplota podzemních vod, apod.). K těmto účelům slouží jednorázové (účelové túry), při kterých realizujeme jednorázová ale opakovaná měření v síti pozorovacích bodů. Pravidelně měřené body mohou být zahrnuty v základní nebo účelové síti. Body v základní síti měříme v pravidelných časových intervalech tak, abychom získali informace o celkovém režimu podzemních vod (body rovnoměrně pokrývají území, měření zpravidla postačuje s měsíční četností). Body v účelové síti naopak měříme častěji, přičemž sledujeme podrobnější reakce částí struktury na různé přírodní nebo umělé vlivy. V rámci jednorázových (účelových) túr provádíme např. měření stavů podzemních a povrchových vod, stopovací zkoušky, odebíráme vzorky pro laboratorní analýzy, měříme základní elektrochemické vlastnosti vod (pH, Eh, konduktivita, teplota), apod., v závislosti na účelu mapy.

4. OBJEKTY SLEDOVANÉ PŘI HYDROGEOLOGICKÉM MAPOVÁNÍ

Prameny

Prameny jsou místa soustředěného vývěru podzemní vody na zemský povrch, je to tedy místo, kde hladina podzemní vody protíná povrch terénu. Prameny patří k základním sledovaným objektům při hydrogeologickém mapování. Ze změn jejich vydatnosti v čase vyhodnocujeme kvantitativní charakteristiky zvodnění (např. objemy vod v kolektorech, hydraulickou vodivost a pórovitost kolektoru, doby zdržení vod v horninách, atd.), na základě měření teplot můžeme při srovnání s chodem teplot v atmosféře usuzovat na typ pramene a dobu oběhu (zdržení) vody ve struktuře. Řadu významných informací můžeme zjistit na

základě režimních měření kvalitativních charakteristik vyvěrající vody (doba zdržení v hornině, geochemické procesy formující látkové složení vod, atd.). Na pramenech sledujeme nebo měříme především následující informace:

- pozice pramenu – místo vývěru vody zakreslíme do mapy vhodnou značkou a doplníme číselným označením, prameny vždy musí být dokumentačním bodem
- popis vývěru – rozlišujeme zejména to, zda se jedná o přírodní (neupravený) vývěr nebo pramen zachycený, případně může jít o skrytý vývěr (např. pod kvartérními sedimenty)
- využití pramene – zjišťujeme především to, k jakým účelům je pramen využíván (např. je součástí sítě pozorovacích objektů ČHMÚ, je využíván jako zdroj pitné vody k hromadnému nebo individuálnímu zásobování, apod.)
- horniny ze kterých voda vyvěrá
- druh pramene – pokud je to již v terénu možné, určíme druh pramene (např. puklinový, zlomový, vrstevní, suťový, apod.), ve většině případů je však možné určit druh pramen až na základě vyhodnocení dlouhodobých režimních měření
- vydatnost pramene – zjištění vydatnosti pramene patří mezi základní měřené parametry a nesmíme je opomenout, k měření používáme např. kalibrovaných nádob o známém objemu, měrných přelivů nebo zjišťujeme průtok pomocí stopovače (nemáme-li jinou možnost a vydatnost nelze změřit, musíme ji alespoň odhadnout a v příští detailní tůře zvolíme metodu vhodnou k určení vydatnosti a změříme ji)
- teplotu vyvěrající vody a základní elektrochemické vlastnosti (pH, Eh, konduktivita nebo salinita) – tyto parametry je nezbytně nutné měřit přímo v místech vývěru podzemní vody, protože mohou být zkresleny kontaktem vody s atmosférou; pouze v případě, kdy vydatnost pramene je vyšší než 1 l/s, můžeme parametry měřit v proudu vytékající vody pod pramenním vývěrem nebo v místě odtoku z pramenní jímky v případě pramene zachyceného
- sledujeme i organoleptické vlastnosti vyvěrající vody (barva, zápach, sediment) a přítomnost chemogenního sedimentu v místě vývěru (např. karbonáty, hydroxidy Fe, apod.)

Ostatní vývěry podzemní vody

Podobně jako prameny mají význam i ostatní vývěry podzemní vody, které se však od pramenů zpravidla liší tím, že nejsou soustředěné a vyvěrají na velké ploše, nebo se nacházejí těsně nad erozními bázemi. Nejčastěji se jedná o vývěry (přírony) do povrchových toků, vývěry na březích vodních toků, mokřiny, skryté vývěry, apod. V případě těchto prvků je popis podobný pramenům a popisujeme zejména:

- pozici vývěru – místo vývěru zakreslíme do mapy vhodnou značkou a doplníme číselným označením, vývěry podzemní vody by vždy měly být dokumentačními body
- popis vývěru – tzn. o jaký druh vývěru se jedná
- horniny ze kterých voda vyvěrá
- vydatnost vývěru – určení vydatnosti ostatních vývěrů podzemní vody bývá komplikované především u mokřin nebo plošně rozsáhlejších vývěrů projevujících se

jako podmáčená území – v těchto případech je nutné sledovat odtok vody z celkové plochy vývěru a vydatnost alespoň orientačně odhadnout

- teplotu vyvěrající vody a základní kvalitativní ukazatele – podobně jako u pramenů (elektrochemická měření, organoleptické vlastnosti, přítomnost chemogenních sedimentů)

Povrchové toky

Měření na povrchových tocích nesmí být při hydrogeologickém mapování opomenuta z několika důvodů. Hlavním důvodem je hydraulické propojení zvodní s povrchovými toky, které zejména mělké zvodně, ale i regionálně významné hlubší zvodně, odvodňují. Na objemu vod v povrchovém toku se tedy vždy podílí i odtok ze zvodněných kolektorů, které v povodí leží. Změny v průtocích vodních toků tedy zejména v suchých obdobích beze srážek odráží změny v objemu podzemních vod v kolektorech, stavy hladin povrchových vod v tocích představujících erozní báze povodí potom musí respektovat úroveň hladin podzemních vod v přilehlých kolektorech. Ze vzájemného propojení zvodní s povrchovými toky tedy jasně vyplývá, že i v případě povrchových toků musíme být schopni měřit jejich kvantitativní vlastnosti (průtoky, stavy hladin), základní kvalitativní parametry (především konduktivita, pH a Eh) a ve specifických případech (např. při termometrických podélných profilech vodních toků zaměřených na určení místa přednostní drenáže podzemních vod) i teplotu. K měření průtoků používáme metodu, která na daném bodě poskytne dostatečně přesné výsledky. Volba metody je podřízena očekávanému průtoku, geometrii koryta (šířce a hloubce) a také charakteru dna koryta. Mezi běžně používané metody patří vyhodnocení průtoku na základě použití stopovačů, měrných přelivů, určení průtoku na základě zjištění rychlosti proudění (měření unášecí rychlosti proudu), hydrometrování a použití konzumpčních křivek. Kvalitativní parametry zásadně měříme v proudnicích. Pouze ve specifických případech, kdy např. sledujeme vývěry podzemních vod při březích nebo sledujeme stratifikace povrchových vod, měříme tyto parametry cíleně v horizontálních nebo ve vertikálních profilech.

Povrchové toky zakresluje do mapy pomocí dohodnutých značek, které jsou nejčastěji liniové. Použitá značka musí respektovat stav, který jsme při mapování aktuálně zdokumentovali, a nesmí jen vycházet z topografické mapy. Při terénních pracích dokumentujeme zejména:

- charakter toku – rozlišujeme zejména to, zda je tok permanentní (stálý) nebo jen periodický (občasný)
- úpravy koryta toku – případné úpravy koryta vodoteče mohou výrazně změnit charakter komunikace povrchové vody s vodou podzemní, proto je třeba rozlišovat úseky kde došlo např. k vydláždění koryta betonovými dlaždicemi, k prohloubení koryta, ke svedení vodoteče do umělých náhonů, apod.; všechny tyto úpravy mohou způsobit např. výrazně snížit drenážní charakter koryt vodních toků do té míry, že dojde ke změnám směrů proudění a změnám drenážních oblastí dílčích částí zvodněných kolektorů
- vodní plochy – do mapy zakresluje pomocí plošných značek, které respektují mapovaný stav, může tedy dojít ke korekci rozlohy místa a rozlohy oproti topografické mapě, dále sledujeme místo výtoku vody a měříme vydatnost a základní elektrochemické parametry (Eh, pH, konduktivita)
- drenážní a infiltrační rýhy – drenážní a infiltrační rýhy představují přímé zásahy do zvodněných kolektorů a mají obrovský vliv na hydrodynamické poměry ve zvodních a je proto nutné nejen vyznačit v mapě jejich přesný průběh, ale i směr proudění vody

v rýhách a znovu změřit průtoky (resp. určit změny průtoků mezi jednotlivými uzlovými body rýh) a v případě drenážních rýh změřit základní kvalitativní charakteristiky (Eh, pH, konduktivita) a detekovat případné chemogenní sedimenty

I na povrchových tocích se používají bodové značky, a to v případech, kdy na nich opakovaně měříme údaje významné pro určení dynamiky zvodněného prostředí. Zejména se jedná o:

- jezy a stupně – na těchto bodech musíme opakovaně měřit rozdíly v úrovních hladin nad a pod stupněm (jezem); vzhledem ke zpevnění břehů v těchto místech tato místa zároveň často slouží jako výškově zanivelované body pro odečet přesných úrovní hladin, které se využívají ke konstrukci hydroizohyps
- vodočetné latě – latě slouží k odečtu stavů (úrovní hladin) povrchových vod a často jsou součástí sítě ČHMÚ, v některých profilech lze při využití konzumpčních křivek stanovit na základě odečtu vodního stavu přímo i průtok
- výtoky z potrubí a drenáží – tyto body mohou mít význam v případech, kdy výtoky z potrubí nebo drenáží zvyšují průtok ve vodním toku nebo ovlivňují hydrochemické parametry povrchové vody; nutné je změřit průtoky a základní kvalitativní parametry vod (Eh, pH, konduktivita)

Hydrogeologické vrty a studny

Hydrogeologické vrty a studny jsou jedinými objekty, které poskytují informace o zvodněném horninovém prostředí mimo oblasti vývěru podzemních vod. Informace z nich získané jsou proto velmi cenné a tyto objekty je třeba velmi pečlivě dokumentovat. Hydrogeologické vrty a významnější studny (např. dobře přístupné nebo dostatečně hluboké) zařazujeme do sítě pravidelně pozorovaných objektů. Při rekognoskační etapě terénního mapování, kdy objekty vyhledáváme, dokumentujeme jejich základní údaje významné pro případné vyhledání archivních údajů (hydrogeologické vrty) a také údaje, které musíme znát pro sérii opakovaných měření (např. průměr vnitřní výstroje vrtu a hloubka hladiny jsou rozhodující pro volbu vzorkovacího zařízení):

- druh objektu – rozlišujeme hydrogeologické vrty vertikální a horizontální a studny, do dokumentační mapy zakreslíme příslušnou značku a přiřadíme číslo dokumentačního bodu
- pozice a podrobná lokalizace objektu – jde o velmi významné údaje, které mimo jiné podstatně usnadňují vyhledání objektu v pozdějších etapách mapování (opakovaná měření mohou realizovat jiné mapovací skupiny a vyhledání objektů, které převyšují terén často jen o několik centimetrů není ve vzrostlé vegetaci jednoduché a může způsobit značné časové prodlevy nebo nedostatek měřených dat v případech, kdy se objekt vůbec nepodaří nalézt), k těmto účelům je možné do terénního deníku a následně např. do mapovacího formuláře zakreslit schematickou mapku s pozicí objektu)
- označení objektu – zásadně se snažíme používat starší označení objektu, pokud jsme schopni jej zjistit (např. z archivních materiálů, z označení vrtu v terénu), v opačném případě přiřazujeme vrtům označení HV a číselný údaj (logika číselného značení může být chronologická podle nalezení objektů, doplňovat nebo navazovat na stávající označení vrtů, apod.), jímají vrty označujeme jako HJ a pozorovací vrty jako HP;

studny značíme St a dále symboly, které mohou být např. zkratkami názvu ulic nebo obcí a čísel popisných (v tomto případě se jedná o jedinečná označení, která velmi usnadňují vyhledání studní při dalších etapách mapování)

- využití objektu – způsob využití objektu je významný s ohledem na volbu objektů zařazených do sítě pravidelně sledovaných objektů a vhodných k odběrům vzorků (mělo by se jednat o objekty, ve kterých nedochází k dlouhodobé stagnaci vody); u vrtů rozlišujeme jestli je pozorovací, jímací (vodárenská exploatace), čerpaný (k jinému účelu než vodárenskému využití), infiltrační, apod.; u studní rozlišujeme především to, zda jsou využívány nebo nevyužívané
- popis zhlaví a výstroje objektu – popis zhlaví objektu (části vyčnívající nad povrch terénu) znovu usnadňuje jeho opětovné vyhledání, může však mít i význam např. při kalkulaci úrovní hladin podzemních vod v případech, kdy hladinu měříme od zhlaví vrtu a nadmořskou výšku odečítáme jen z topografické mapy podle pozice vrtu; u vrtů tedy popisujeme zejména barvu zhlaví, jeho výšku nad terénem, způsob uzamčení vrtu, výstroj vrtu (materiál a průměr vnitřní pažnice vrtu), celkovou hloubku vrtu a okolí vrtu (zejména sledujeme to, zda terén v okolí vrtu není propadlý, což by mohlo způsobovat přímý vtok srážkových nebo jiných vod s povrchu do vnitřního prostoru vrtu a chyby v měření hladin i ve sledování kvalitativních ukazatelů – takové vrty zásadně nezařazujeme do sítě pozorovacích objektů); u studní popisujeme kromě výše uvedených parametrů ještě materiál výstroje (betonové skruže, kamenné roubení, apod.) a velmi dobře definujeme odměrný bod pro odečet hloubek hladin (např. povrch skruží nebo povrch krytu studny – vhodné je barevné označení odměrného bodu přímo na objektu)

Při opakovaných měřeních na hydrogeologických vrtech a studních zařazených do sítě pozorovacích objektů měříme hloubky hladin podzemních vod a sledujeme základní kvalitativní ukazatele (Eh, pH, konduktivita, teplota) a na základě vyhodnocení těchto údajů volíme objekty vhodné k odběru vzorků podzemních vod na laboratorní analýzy. Základní kvalitativní údaje a teplotu vody je možné sledovat i zonálně v hloubkových profilech, zejména pokud předpokládáme, že vrty propoující několik zvodní nebo prokazatelně zasahují do více kolektorů, u nichž předpokládáme existenci zvodní se samostatným režimem podzemních vod.

Ostatní objekty

Kromě výše uvedených prvků, které nesmíme při mapování opominout, a které se vyskytují prakticky na všech mapovaných územích, můžeme získat cenné informace i ze specifických objektů a opakovaných měřeních na nich. Podobně sem mohou patřit i objekty, které mohou ovlivňovat kvalitu podzemních vod.

Jímací území

Data získaná v jímacích územích (hydraulické parametry zvodněných hornin, chemické složení podzemních vod, apod.) mohou poskytnout konkrétní informace potřebné k sestavení mapy. Řadu nepřímých informací, které můžeme interpretovat v souladu s požadavky mapového průzkumu, však můžeme získat i z již neaktivních (nečerpaných) jímacích území. Zejména se snažíme získat následující informace:



















- celkové exploatované množství podzemní vody z jímacího území a z jednotlivých jímacích objektů – nejlépe v základních jednotkách m³/s, případně v m³/den
- způsob jímání podzemních vod – např. samospádem z drenážní rýhy, čerpáním, apod.
- pozice jednotlivých jímacích a pozorovacích objektů – zakreslíme do mapy příslušným symbolem a případně je můžeme zahrnout do souboru pravidelně měřených objektů, nebo se snažíme tyto informace získat od provozovatele nebo majitele jímacího území
- průběh jednotlivých pásem hygienické ochrany – tato pásma by měla být v mapě vyznačena (do značné míry limitují možnosti využití území a při mapování mohou např. vymapované zdroje kontaminace signalizovat možný střet zájmů nebo přímé ohrožení vodárensky významné struktury)



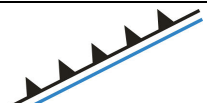



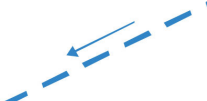






Kontaminace podzemních vod

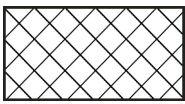
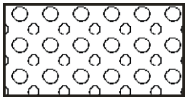
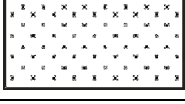

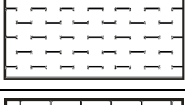
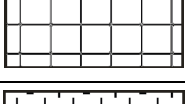
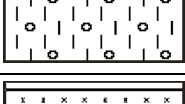
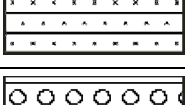
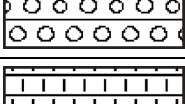
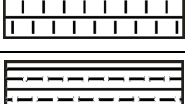

V současnosti, kdy je jedním z hlavních požadavků udržet nebo zlepšit kvalitu podzemních vod, nesmíme při mapování opominout ani zdroje kontaminace, ať již potenciální nebo známé. Potenciální zdroje kontaminace jsou všechny stavby nebo objekty, ve kterých dochází k manipulaci s rizikovými látkami, avšak kontaminace horninového prostředí nebyla v blízkosti zdroje potvrzena. Za známé zdroje kontaminace potom považujeme ty, kdy bylo prokázáno šíření kontaminace do horninového prostředí právě z tohoto zdroje. Mezi běžné zdroje kontaminace, které bychom měli zaznamenat, patří:

- skládky – do mapy zakreslujeme příslušnou značkou a případně zakreslíme přímo její rozsah do mapy; rozsah sledujeme a zaznamanáme do deníku nebo formuláře ve všech případech, tedy i pokud je těleso skládky pro použití plošné značky malé; popisujeme deponovaný materiál a jeho objem; zjišťujeme způsob utěsnění skládky (pokud je to možné) a způsob monitoringu skládky (přítomnost monitorovacích vrtů, drenáží, apod.)
- průmyslové a zemědělské objekty – do mapy zakreslujeme jako potenciální zdroje (event. jako zdroje známé) příslušnou značkou; zjišťujeme druh objektu a činnosti (výrobní, skladovací, manipulační) v areálu a také rizikové látky s nimiž se v areálu manipuluje; sledujeme přítomnost event. monitorovacích objektů podzemních vod nebo stavebně-technická opatření k zamezení vzniku kontaminace horninového prostředí, apod.
- čerpací stanice pohonných hmot – do mapy je zakreslujeme jako potenciální zdroje kontaminace, pokud již není prokázána kontaminace horninového prostředí; v okolí čerpacích stanic si všímáme přítomnosti hydrogeologických vrtů, které můžeme zařadit do databáze opakovaně měřených objektů
- zásobníky a sklady rizikových látek – platí podobně jako v předchozím případě, základní informací je v tomto případě navíc množství a typ skladovaných látek
- hnojiště – hnojiště mohou být potenciálně významnými zdroji kontaminace podzemních vod zejména v případech, kdy jsou nevhodně situována v místech infiltrace podzemních vod jímáných níže po směru proudění podzemních vod v jímacích územích, nebo jsou umístěována přímo ve vnějších ochranných pásmech vodních zdrojů, u hnojišť je významným dokumentovaným prvkem jejich rozloha, resp. odhad uloženého množství materiálu.

5. LEGENDA K HYDROGEOLOGICKÉ MAPĚ

| Bodové značky | |
|--|--|
|  | pramen (nerozlišený) se směrem odtoku, průměr kružnice: 3 mm pro $Q < 0,01$ l/s 6 mm pro $Q = 0,01 - 0,1$ l/s 9 mm pro $Q = 0,1 - 1$ l/s 12 mm pro $Q > 1$ l/s |
|  | pramen suťový |
|  | pramen vrstevní |
|  | pramen puklinový |
|  | pozorovaný pramen (např. síť ČHMÚ) |
|  | zachycený pramen (velikost čtverce podle vydatnosti) |
|  | pramen měnící místo vývěru |
| HV 11  | hydrogeologický vrt (popis odpovídá označení vrtu) |
|  | dlouhodobě pozorovaný vrt (např. síť ČHMÚ) |
|  | jímací vrt |
|  | studna |
|  | šachta, šachtice bez vody |
|  | šachta zaplněná vodou |
|  | šachta ze které se odčerpává nebo odtéká voda |
|  | štola bez vody |
|  | štola se samovolným odtokem vody |
|  | štola ze které se odčerpává voda |
| 1  | zdroj kontaminace (název zdroje uvést v legendě) |

| Liniové značky | |
|---|---|
|  | hranice hornin |
|  | tektonické linie |
|  | tektonické linie hydrogeologicky významné |
|  | rozvodnice (číslo udává řád rozvodnice) |
|  | hydroizohypsy a směry proudění podzemních vod (předpokládané - čárkovaně) |
|  | vodní tok stálý (se směrem toku) |
|  | vodní tok periodický (se směrem toku) |
|  | hranice inundačního území |
|  | odvodňovací kanál, drenáž |
|  | zavlažovací kanál |
|  | pásma hygienické ochrany vodního zdroje (počet kolmých čar označuje číslo pásma) |
| Plošné značky | |
|  | nádrže povrchové vody |
|  | mokřiny, podmáčená území |

| Litologie | |
|---|---|
|  | antropogenní sedimenty (navážky, skládky – nerozlišeně) |
|  | fluviální sedimenty (písky a štěrky), údolní akumulace se zvodní v hydraulické spojitosti s vodotečí modrou barvou |
|  | písky, písky tercierního stáří žlutou barvou , křídové zeleně |
|  | hlíny, jílovité hlíny, spraše, sprašové hlíny |
|  | jíly, jíly tercierního stáří žlutou barvou , křídové zeleně |
|  | rašeliny |
|  | deluviální a deluviofluviální sedimenty (hlinité, hlinito-písčité, hlinito-kamenité) |
|  | pískovce, křídové zeleně , tercierní žlutě |
|  | slepence (event. písčité slepence), křídové zeleně , tercierní žlutě |
|  | vápnité slínovce (opuky), křídové zeleně |
|  | jílovce, křídové zeleně , tercierní žlutě |

Ve výše uvedeném seznamu jsou uvedeny značky a šrafy běžně používané v hydrogeologických mapách. V případě překrytí šraf je možné využít tzv. proužkové metody, kdy např. významné kolektory nebo zvodně, které leží nad sebou, jsou zobrazeny v proužcích. Širšími proužky jsou zpravidla vyjadřovány výše ležící prvky, užšími proužky prvky ležící v jejich podloží.