

Aktuální otázky v hydrogeologii

Seminář

PRŮZKUMNÉ VRTY A STUDNY PO NOVELE STAVEBNÍHO ZÁKONA

Ústí nad Labem, 18. 9. 2024

Zásady testování vodních zdrojů – hydrodynamické testy a interpretace jejich výsledků

RNDr. Josef Vojtěch Datel, Ph.D.

jvdatel@gmail.com

Výzkumný ústav vodního hospodářství T. G. Masaryka, v.v.i.

www.vuv.cz

Místo hydrodynamických zkoušek v realizaci studní

- Nezbytná a základní součást hydrogeologického průzkumu a realizace studní (stanovení vydatnosti, ovlivnění studní v okolí).
- Hydrodynamická zkouška je **geologickou prací**, a musí ji tedy projektovat, provádět a vyhodnocovat osoba s odbornou způsobilostí v hydrogeologii.
- Podle §8, odst. 3) písmeno a) povolení k nakládání s vodami není třeba k čerpacím pokusům při provádění hydrogeologického průzkumu nebo při průzkumu vydatnosti zdrojů podzemních vod, pokud mají trvat méně než 14 dnů a odběr vody v této době nepřekročí 1 l/s.
- Hydrodynamická zkouška se skládá ze dvou částí:
 - Vlastní **realizace** a měření v terénu
 - Odborné **vyhodnocení** hydrogeologem a příslušné výpočty
- Pro hydrodynamickou zkoušku lze využít svislého či šikmého jímacího objektu (vrt, studna), kde lze regulovat odtok vody. Nelze tedy využít objektů s volným gravitačním odtokem (štoly, jímací zářezy, prameny). Testování těchto objektů se provádí přes měření změn jejich přirozené vydatnosti/průtoku, např. pomocí přelivů.

Účel hydrodynamických zkoušek

Hydrodynamické zkoušky se realizují za různým účelem:

- Výpočet hydraulických parametrů horninového prostředí
- Definování okrajových podmínek
- **Stanovení dlouhodobé vydatnosti vodního zdroje**
- Ověření hydraulických vlastností studny
- **Sledování hydraulických vztahů mezi sousedními hydrogeologickými objekty (studnami)**
- Studium změn jakosti podzemních vod v závislosti na intenzitě a délce odběru

Dlouhodobá vydatnost studny závisí kromě hydraulických vlastností prostředí i na tom, zda je v území dostatek vody. Součástí stanovení dlouhodobě udržitelné vydatnosti studny by tedy měla být i **hydrologická bilance množství podzemní vody** v daném území, tedy jaký je poměr velikosti odběrů k přírodním zdrojům podzemní vody.

Druhy hydrodynamických zkoušek

Podle směru toku vody během zkoušky:

- **Přítokové zkoušky** (testují saturovanou zónu pod hladinou podzemní vody)
 - Odběrové zkoušky
 - **Čerpací** (u vrtů s hladinou zakleslou pod okraj výstroje)
 - Přetokové (u přetokových vrtů)
 - Stoupací (následují po ukončení odběrových zkoušek, a spočívají v záznamu nástupu hladin nebo obnovení tlakových poměrů)
- **Odtokové zkoušky**
 - Nálevové (vsakovací) – důležité pro vsakování srážkových nebo odpadních vod, testují nesaturovanou zónu nad hladinou podzemní vody
 - Vtláčecí (injekční) – obvyklé v inženýrské geologii a geotechnice
- Jiné (zkoušky plynové permeability prostředí, propustnosti pro jiné kapaliny apod.)

Dělení HDZ podle délky trvání

- **(Informativní)** – rámcové sledování výtoku vody během čištění vrtu a dokončovacích prací bez dalšího vyhodnocení hydrogeologem. **Nejde o hydrodynamickou zkoušku, přesto část vrtaných studní je ověřena jen takto.**
- **Expresní** – speciální (do 6 hodin). *U individuálních zdrojů jde o nejčastější zkoušky, často je ale doba trvání nedostatečná.*
- **Krátkodobé** – orientační (do 3 dnů). *U individuálních zdrojů jde o relativně časté zkoušky, měly by být minimálním standardem.*
- **Dlouhodobé** – průzkumné (do 3 týdnů). *U individuálních zdrojů jsou velmi ojedinělé, v případě rizikových lokalit by byly velmi žádoucí.*
- **Poloprovozní** – dle potřeby - půlroční, roční a delší. *U individuálních zdrojů se prakticky neprovádějí.*

Dělení HDZ podle průběhu a uspořádání

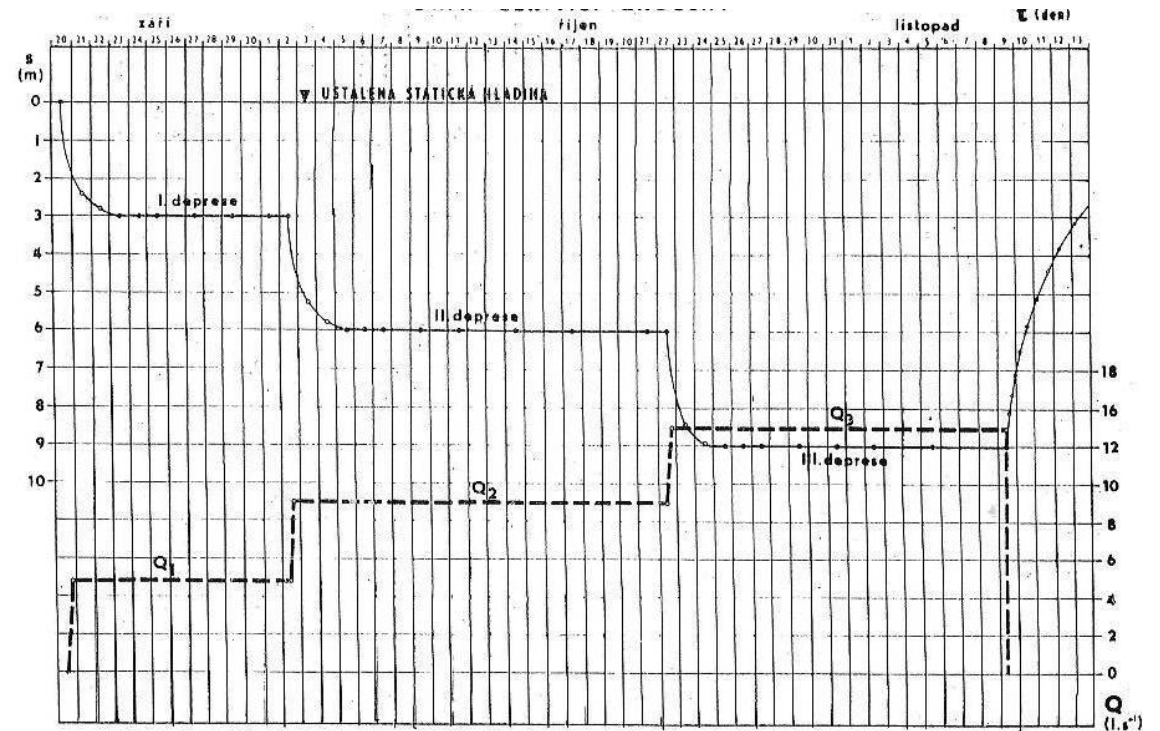
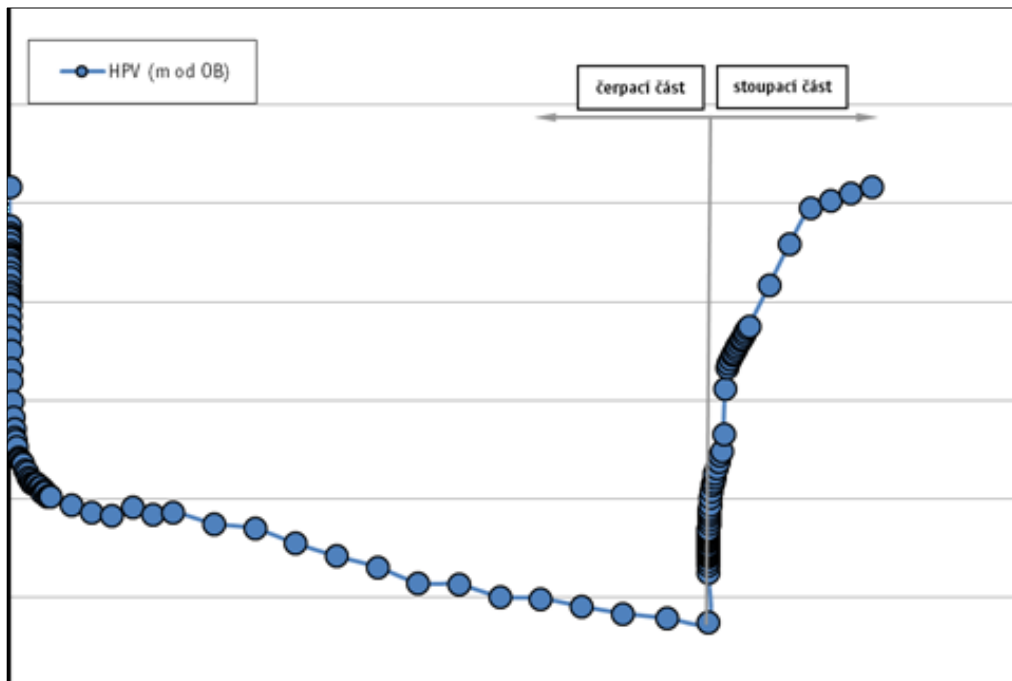
- **HDZ s konstantní vydatností (nejběžnější)** – čerpá se konstantní vydatnost a měří se pokles hladiny jako reakce na odebírané množství
- HDZ s konstantním snížením (málo používané kromě zkoušek přetokových) – hladina se čerpáním sníží o stanovenou hodnotu, a měří se pokles vydatnosti v čase, která je zapotřebí k udržení konstantní hladiny
- **Individuální** (testován 1 objekt) – nejběžnější u individuálních zdrojů vody
- Skupinové (testováno najednou více blízkých objektů, které se mohou ovlivňovat) – běžné u vodárenských jímacích území s více objekty
- **HDZ jednostupňové** (zvolena jedna konstantní vydatnost) – nejběžnější u individuálních zdrojů
- HDZ vícestupňové (nejčastěji 3-stupňové) – postupně testováno více předem zvolených vydatností – běžné u vodárenských jímacích objektů s větší vydatností

Průběh hydrodynamické zkoušky

- HDZ spočívá v nejčastějším uspořádání v tom, že se **vydatnost zvolí jako konstanta** a ta se udržuje na stejné úrovni během celé HDZ.
- **Snížení hladiny se během HDZ mění v čase**, a tyto změny se zaznamenávají.
- Současně se měří i **změny hladin na dalších objektech** v okolí (pokud se tam nacházejí, tzv. pozorovací objekty) **do vzdálenosti, do které lze očekávat měřitelné vlivy odběru vody**
- Tato vzdálenost ovlivnění (tzv. **depresní kužel**) se pohybuje obvykle v desítkách metrů, někdy ve stovkách metrů (vzdálenost je funkcí vlastností horninového prostředí, odebírané vydatnosti, dosaženého snížení hladiny na odběrném objektu, a délce odběru). Výpočet dosahu depresního kužele podle různých vzorců je proto třeba brát jen orientačně.
- Na začátku má každá HDZ neustálený průběh, kdy se hladina snaží přizpůsobit nastavené hodnotě odebírané vydatnosti (hladina klesá).
- Změny se postupně zmenšují a pokud není vydatnost zvolena příliš vysoká, hladina se postupně ustálí na nové, snížené úrovni, která odpovídá odebíranému množství.
- Záznam HDZ vyhodnocuje hydrogeolog způsobem podle účelu, pro který se zkouška prováděla.

Křivka čerpací zkoušky (1-stupňová, 3-stupňová)

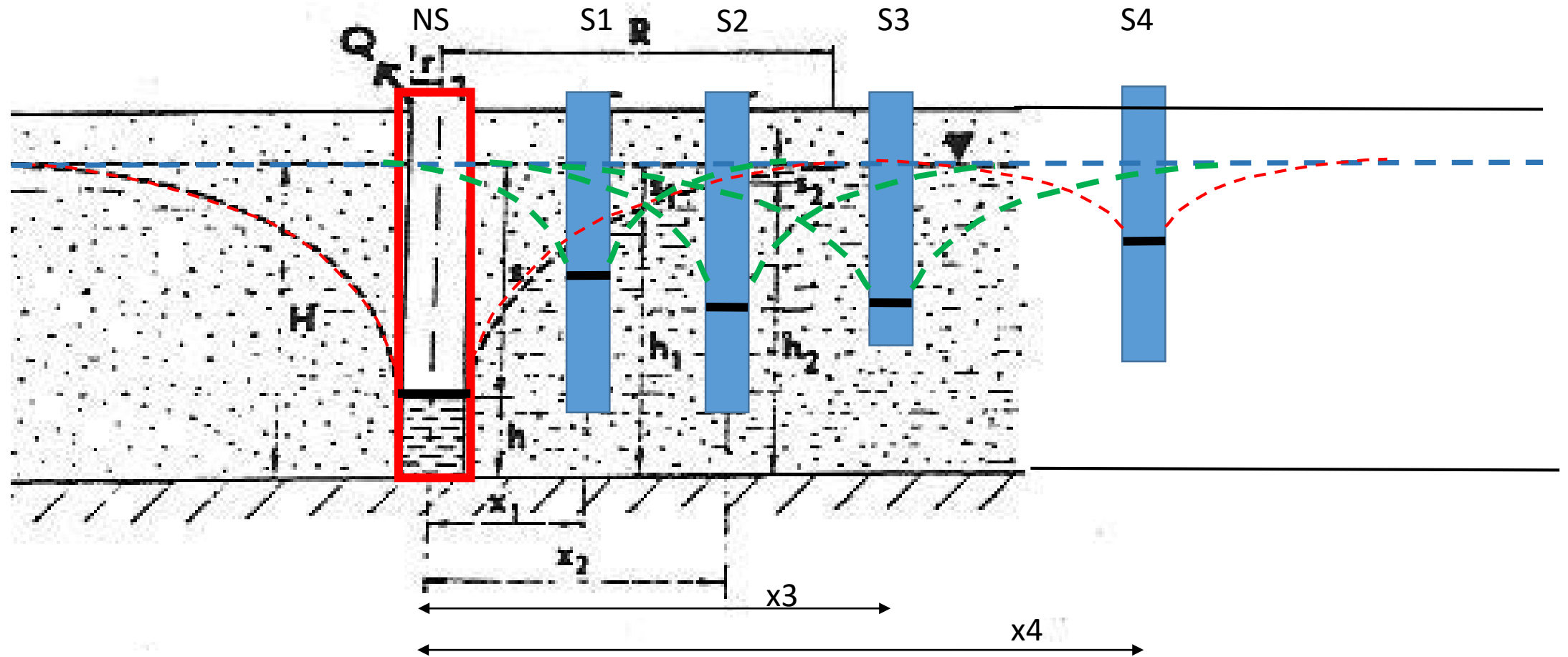
- Křivka čerpací zkoušky je základním a nejdůležitějším výstupem, kterýž dokumentuje průběh čerpací zkoušky. Vždy musí být součástí zprávy o ČZ.



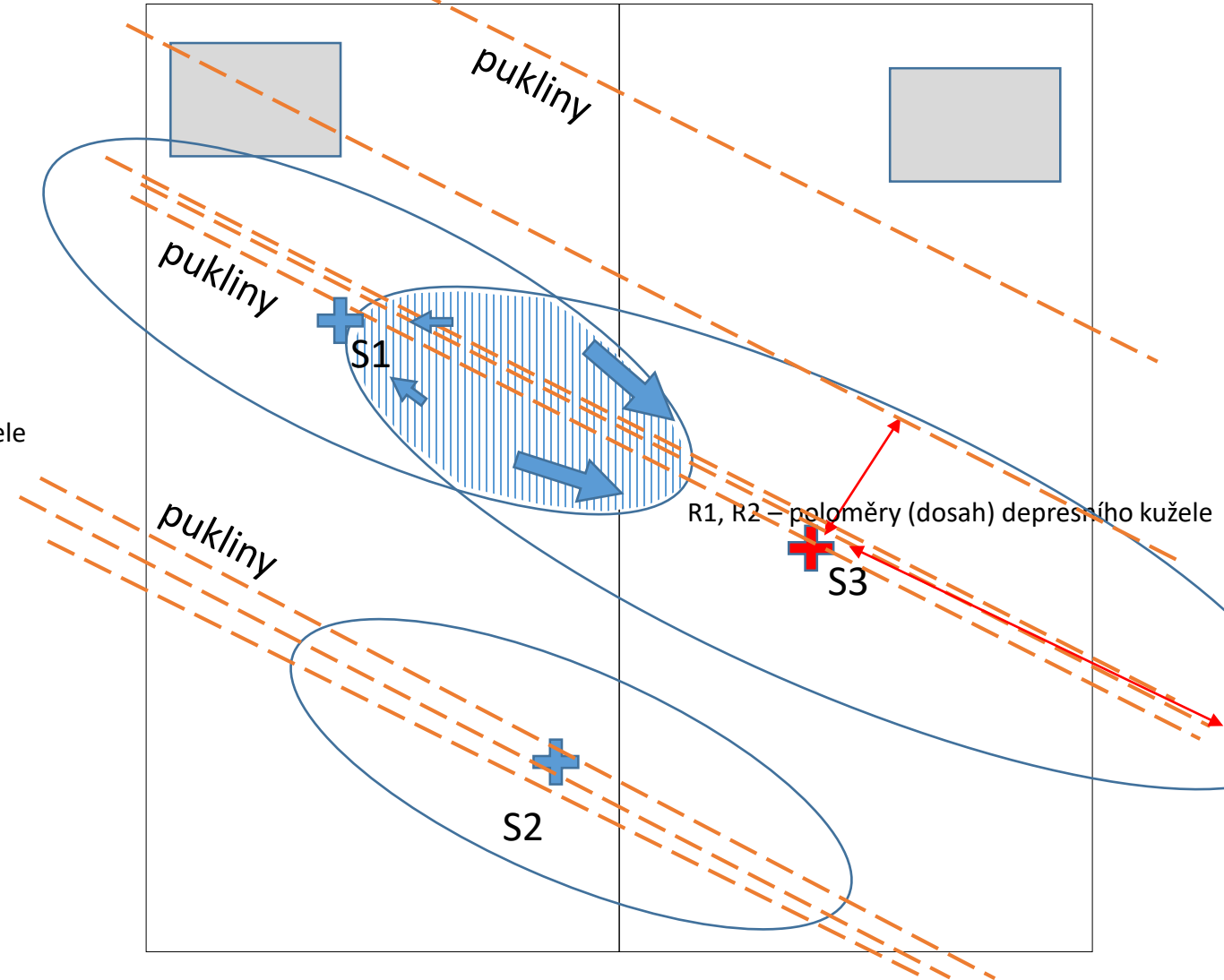
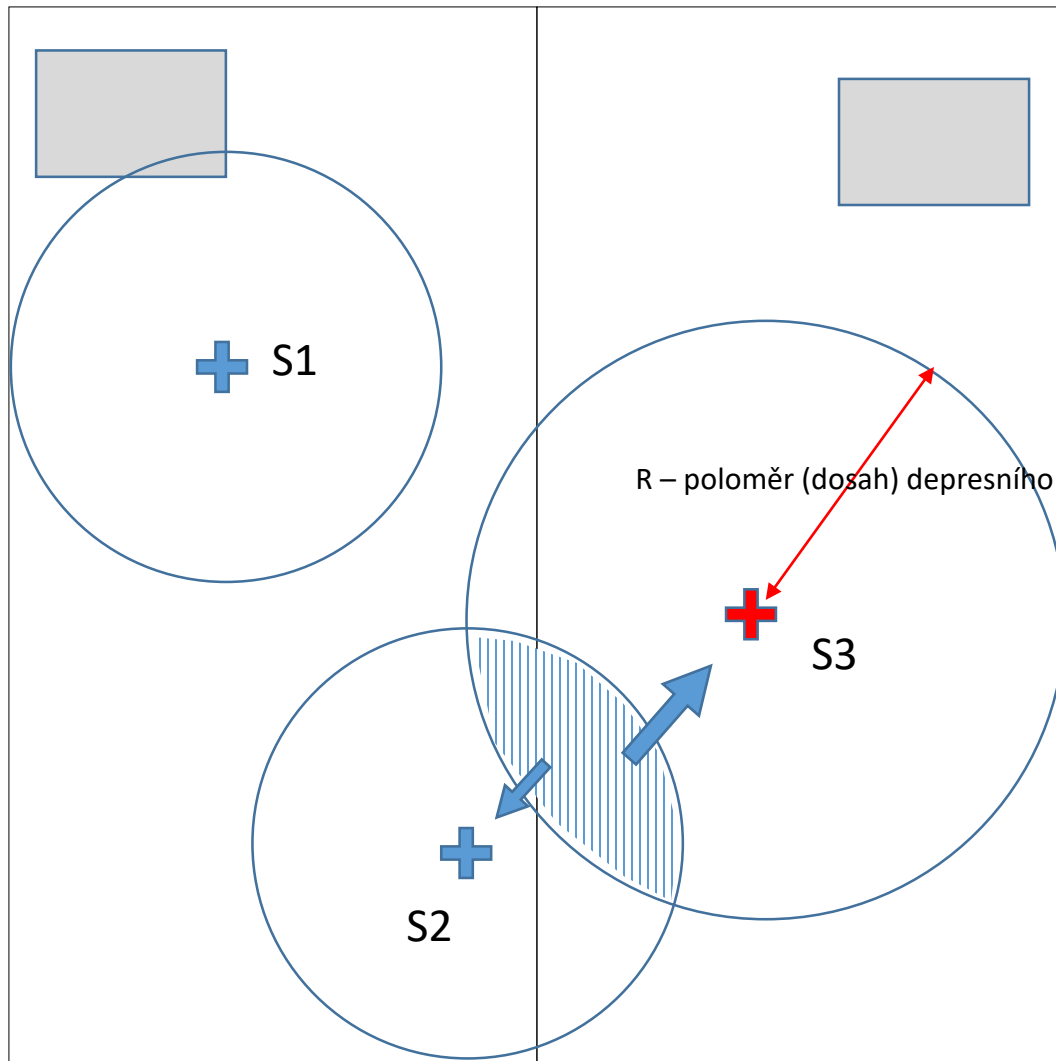
Křivka hydrodynamické zkoušky

- **Křivka HDZ je základní výstup z provedené HDZ** sloužící hydrogeologovi pro interpretaci zastižených skutečností
- Jde o **průběh snížení v čase za konstantní vydatnosti**
- Křivka má dvě části – první charakterizující neustálený stav, a druhou charakterizující ustálený (pseudoustálený) stav
- Tato **křivka jednoznačně hydraulicky charakterizuje použitý odběrný objekt, a testovaný hydrogeologické prostředí (kolektor) do vzdálenosti ovlivněné čerpáním (dosah depresního kužele).**
- O poměrech za dosahem zjištěného ovlivnění se nelze vyjádřit (místně i časově).

Dosah depresního kužele a okolní studny



Depresní kužel a jeho dosah v homogenním (průlinovém) a heterogenním (puklinovém) prostředí



Dopad hydraulické teorie na délku čerpací zkoušky

- Protože je velikost depresního kužele mj. funkcí délky odběru, **kratší zkoušky charakterizují jen blízké okolí testovaného vrtu, a delší zkoušky i vzdálenější okolí.**
- Pokud tedy chceme otestovat vliv odběru na sousední studny, které se nacházejí ve vzdálenosti desítek metrů, nemůže ve zvodni s volnou hladinou postačovat zkouška v trvání 1-2 hodiny.
- Tato zkouška ale může postačovat pro jiné účely: pro ověření vydatnosti v situaci dostatečně zvodnělého prostředí bez blízkých studní v sousedství, stejně jako pro ověření hydraulických vlastností konstrukce studny, či vlastností horninového prostředí v blízkém okolí studny.
- Stanovení potřebné délky HDZ a její obhájení před stavebníkem je jeden z nejdůležitějších úkolů odpovědného hydrogeologa.

Náplň projektu hydrodynamické zkoušky (HDZ)

Protože jde o geologické průzkumné práce, **musí mít hydrodynamická zkouška svůj projekt**, podle kterého se realizuje.

- Počáteční odhad parametrů čerpání (vydatnost, snížení, dosah ovlivnění) podle regionálních hydrogeologických údajů
- Výběr čerpacích a pozorovacích objektů (ve vzdálenosti předpokládaného ovlivnění)
- Stanovení čerpaného množství Q
- Umístění čerpadla a čidel ve vrtu, umístění čidel i pozorovacích objektech
- Zajištění energie (vody) na lokalitě
- Předpis intervalů měření vydatnosti Q a snížení hladiny s v čerpacích i pozorovacích objektech
- Způsob měření (ručně, automaticky), stanovení režimu kontrolních měření
- Měření hydrologických a klimatických údajů (u delších zkoušek)
- Místo vypouštění vody (někdy i způsob čištění), aby voda zpětně neovlivnila průběh HDZ
- Měření dalších parametrů (např. teplota), předpis odběrů vzorků na analýzy během zkoušky
- Postup v situaci poruchy čerpadla či jiného přerušení čerpání
- Postup provedení stoupací zkoušky (každá čerpací zkouška musí být zakončena zkouškou stoupací) – délka, intervaly měření
- Postup pro neočekávaný vývoj měřených parametrů (rychlý pokles hladin, změna teploty, neočekávaná reakce na pozorovacích vrtech aj.) – ukončení zkoušky, snížení čerpané vydatnosti apod.
- Způsob dokumentace HDZ (stahování a odesílání automatických dat, vedení záznamů na lokalitě při ručním a kontrolním měření atd.)

Děkuji za pozornost.

RNDr. Josef Vojtěch Datel, Ph.D.
jvdatel@gmail.com, tel. 604 381 243