



Podzemní vody ve vodárenské praxi
Jablonné nad Orlicí, 13. a 14. dubna 2016

Sborník přednášek

Shrnutí výsledků projektu Rebilance zásob podzemních vod

RNDr. Renáta Kadlecová a kol.

Česká geologická služba

renata.kadlecova@geology.cz

Klíčová slova: podzemní voda, hydrogeologie, přírodní zdroje, zabezpečení, průvodní list

1. Úvod

Podzemní vody patří mezi strategické suroviny. Na území České republiky se přednostně využívají pro zásobování obyvatel pitnou vodou a jejich podíl tvoří cca 45 %. Na rozdíl od vod povrchových mají poměrně stálou kvalitu.

Od doby posledních regionálních hydrogeologických prací, při nichž už bylo využito i modelové řešení v rámci české křídové pánve (Herčík et al. 1987), uplynulo čtvrt století, během něhož se vyvíjely jak technologie průzkumných prací a metody hodnocení výsledků, tak poznání, že tyto schválené hodnoty přírodních zdrojů podzemních vod neodpovídají přirozenému hydrologickému režimu a v bilanci podzemních vod mohou být příčinou zkresleného výsledku (Prchalová – Olmer 2001).

Byl proveden soupis, posouzení a klasifikace dostupných podkladů pro jednotlivé hydrogeologické rajony²⁾ podle následujících kritérií:

- podklady pro hydrologickou bilanci podzemních vod;
- stupeň využívání zdrojů podzemních vod podle vodohospodářské bilance;
- hodnocení stavu útvarů podzemních vod a jiné vodohospodářské problémy v prvním cyklu plánů oblastí povodí.

Do Operačního programu Životní prostředí, prioritní osy 6, byl přijat projekt Rebilance zásob podzemních vod (ID EIS 10051606-SFŽP) pro období 7/2010–12/2015, který se podle rozpočtových možností programu zaměřil na 56 hydrogeologických rajonů (dále jen HGR) z výše uvedené klasifikace (obr. 1).

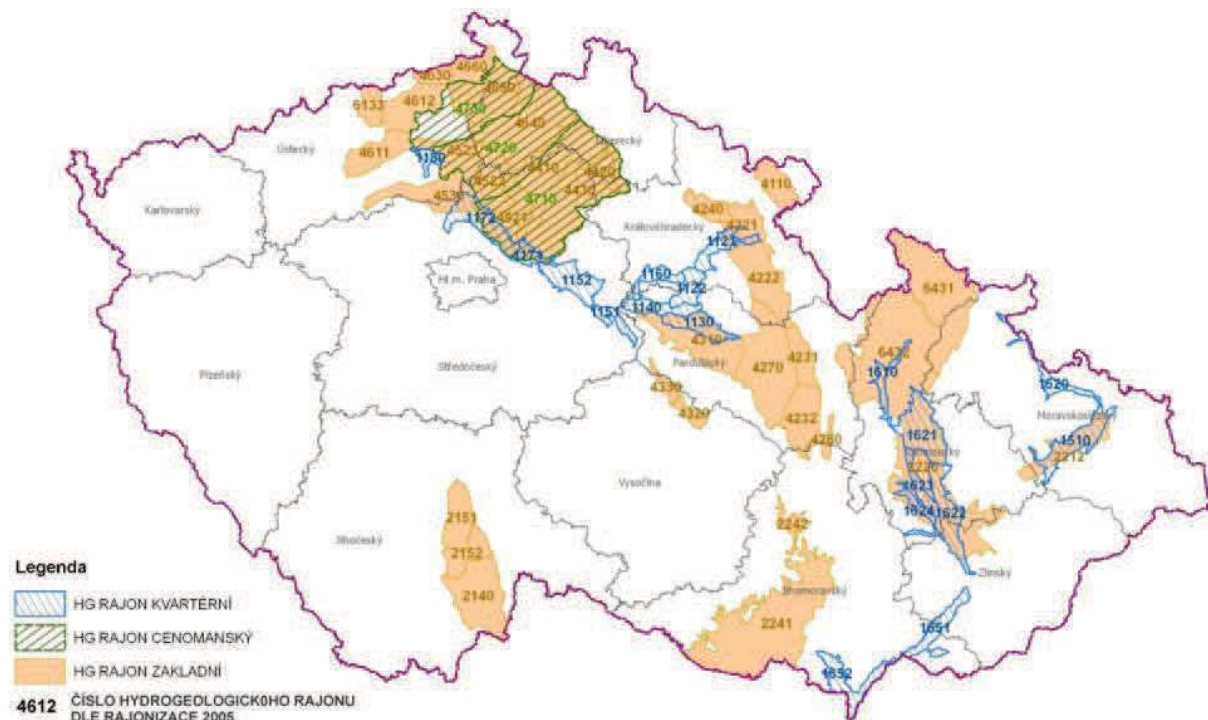
V průběhu projektu byly do celkového hodnocení zahrnuty ještě dva rajony 6640 – Mladečský kras a 4620 Křída Dolního Labe po Děčín – pravý břeh, neboť z nich přitéká významné množství podzemní vody do sousedních hodnocených rajonů.

V zásadě jde o HGR, kde podzemní voda je jediným zdrojem pro zásobování obyvatel pitnou vodou a bilance je zde napjatá anebo odběry podzemních vod výrazně převyšují odběry povrchových vod.

Cílem projektu bylo:

- zpracování podkladů pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod včetně zjednodušeného výpočtu přírodních zdrojů podzemních vod u 55 HGR, které dosud nebyly v pravidelné hydrologické bilanci;
- zhodnotit na jedné třetině území České republiky přírodní zdroje podzemních vod s použitím moderních technologií, včetně podmínek, za jakých je možné podzemní vody v hodnocených hydrogeologických rajonech využívat s ohledem na trvale udržitelný rozvoj v souladu s Rámcovou směrnicí EU pro vodu 2000/60/ES;

- připravit metodickou a organizační platformy pro systémové hodnocení zásob podzemních vod.



Obr. 1 Situace detailně hodnocených rajonů v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií – Evropským fondem pro regionální rozvoj, Státním fondem životního prostředí ČR a Ministerstvem životního prostředí ČR v rámci Operačního programu životní prostředí.

Projekt bude definitivně uzavřen na konci září 2016.

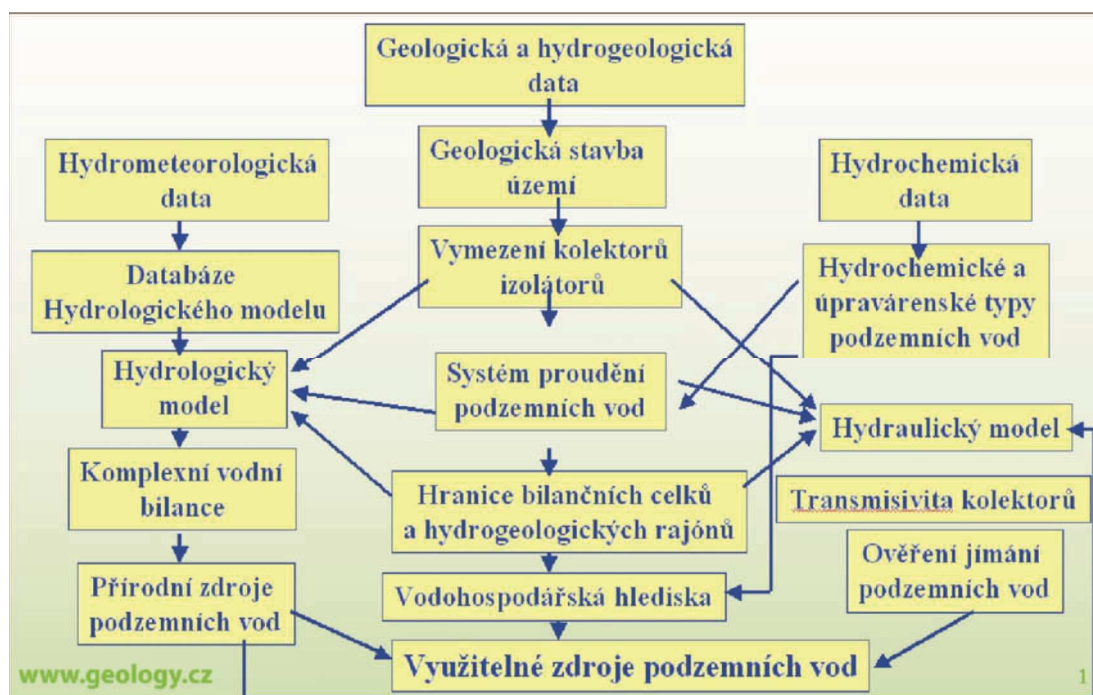
2. Použité metody

Pro řešení projektu byla použita pestrá škála standardních (hydrologická měření, hloubení průzkumných vrtů, povrchová geofyzika, hydrodynamické zkoušky atd.) i moderních metod (dálkový průzkum Země – DPZ, stabilní izotopy O₂, H, freony atd.), které zpřesnily geologickou stavbu hodnocených rajonů, přispěly k vymezení okrajových podmínek, upřesnily proudění podzemní vody včetně vzájemné vazby mezi podzemními a povrchovými vodami.

Provedené druhy prací včetně použitých metod při řešení projektu lze rozděleny do 10 aktivit, které ukazuje přehledně obrázek č. 2. Obrázek č. 3 dokumentuje vzájemné vazby a návaznosti mezi realizovanými pracemi.

Aktivita	Název aktivity
1	Shromáždění archivních dat, selekce a analýza, vyjasnění geologické stavby, prvotní vymezení kolektorů a přiřazení dat ke kolektorům
2	Zpracování zdrojové části hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod
3	Doplnění archivních informací novými metodami: DPZ, geofyzikou (gravimetrie, seismická měření, elektrické metody, letecká gravimetrie, seismická měření) a terénním průzkumem včetně hydrologických měření
4	Přímé testování kolektorů průzkumnými hydrogeologickými vrtly a výstavba průzkumných hydrogeologických objektů (134 hydrovrtů, 56 geologických jádrových vrtů, 80 vodoměrných profilů)
5	Sestavení koncepčního modelu – geologický prostorový model, vymezení kolektorů a izolátorů, rozložení hydraulických parametrů, vymezení míst dotace a drenáže
6	Hydrologický model - rozložení dotace v dlouhodobém i měsíčním kroku
7	Hydraulický model – stacionární a tranzientní modely proudění p.v.
8	Vyhodnocení kvalitativního stavu, sestavení hydrochemického modelu
9	Vyhodnocení ochrany podzemních vod a stavu přírodních ekosystémů
10	Shrnutí výsledků prací, sestavení závěrečných zpráv, zpracování metodik pro hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod

Obr. 2. Přehled metod a prací zrealizovaných při řešení projektu.



Obr. 3. Schéma vzájemné vazby, návaznosti provedených prací při řešení projektu

Projekt řešil přírodní zdroje podzemních vod pro referenční období 1981 až 2010, neboť stejné období je používáno Českým hydrometeorologickým ústavem (dále jen ČHMÚ). Z tohoto období jsou záznamy o maximálních odběrech podzemních vod, které byly využity pro simulace maximálního zatížení HGR.

Hydrologické modely stanovily dotaci podzemních vod pro období 1981 až 2010 a 2001 až 2010. Hydraulické modely řešily období 2001 až 2010.

Při výpočtech využitelného množství podzemních vod bylo jedno z kritérií zachování minimálních zůstatkových průtoků.

Na řešení projektu se podílela celá řada odborných firem a vědeckých institucí.

Pro každý detailně hodnocený HGR byl zpracován „Průvodní list“, který obsahuje tabelárně zpracované přírodní charakteristiky, hodnoty přírodních zdrojů za období 1981-2010 s 50% a 80% zabezpečeností včetně metody stanovení, obrázek HGR s hydrogeologickými objekty použitými pro výpočet, využitelné množství, střety zájmů, návrh změn včetně návrhu monitorovacích vrtů se signálními hladinami podzemní vody a komentář. Níže je uveden na ukázkou Průvodní list HGR 4240 Královédvorská synklinála, zpracovaný týmem specialistů Vodních zdrojů Chrudim pod vedením RNDr. Smutka.

3. Průvodní list - HGR 4240 Královédvorská synklinála (Smutek a kol.)

Rebilance podzemních vod

Vodní útvar: 42400

A. Přírodní charakteristiky

Položka	Charakteristika	Kód	Popis
3.5.	Kód litologického typu	3, 4, 5	pískovce a slepence, prachovce, jílovce a slínovce
3.6.	Typ a pořadí kolektoru	2	dvouvrstevný kolektor
3.7.	Kód stratigrafických jednotek křídových vrstevních kolektorů	Kj, Kpk	střední turon, cenoman
3.8.	Kód typu kvartérních sedimentů	F	fluviální
3.9.	Dělitelnost rajonu	N	nelze dělit
3.10.	Mocnost souvislého zvodnění	5	15 až 50 m
3.11.	Kód typu propustnosti	PuPr	puklino-průlinová
3.12.	Hladina	V, N	volná, napjatá
3.13.	Transmisivita	2, 3	střední $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, nízká $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
3.14.	Kód kategorie mineralizace	2	0,3 – 1 g/l
3.15.	Kód kategorie chemického typu podzemních vod	1	Ca – HCO ₃

Plocha území HGR je 145,3 km². Střední nadmořská výška činí 405,5 m n. m.

Průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek má hodnotu 750 mm.

B. Zásoby podzemních vod

1. Přírodní zdroje

Hodnota přírodních zdrojů pro referenční období 1981 – 2010

zabezpečenost	množství, l/s
50 %	700
80 %	460

Hodnota je součtem pro dva bilanční kolektory (A a přípovrchový kolektor). Podrobnější členění, orientační rozdělení mediánu a srovnání s bilančním obdobím 2001 – 2010 jsou uvedeny v komentáři.

Podklady a použité metody výpočtu: hydrologický model BILAN, hydraulický tranzientní model a vyčlenění základního odtoku metodou Kille.

Situace vodoměrných a srážkoměrných stanic a monitorovacích vrtů ve správě Českého hydrometeorologického ústavu je doložena na obrázku č. 3.1.

2. Využitelné množství

Hodnota využitelného množství je **340 l/s**. Tato hodnota odpovídá 90% zabezpečení přírodních zdrojů. Respektuje požadavky na zachování minimálních zůstatkových průtoků ve vodopisné síti a reflektuje limity a neurčitosti území spojené se znečištěním horninového prostředí dřívější zemědělskou a průmyslovou činností.

3. Střety zájmů

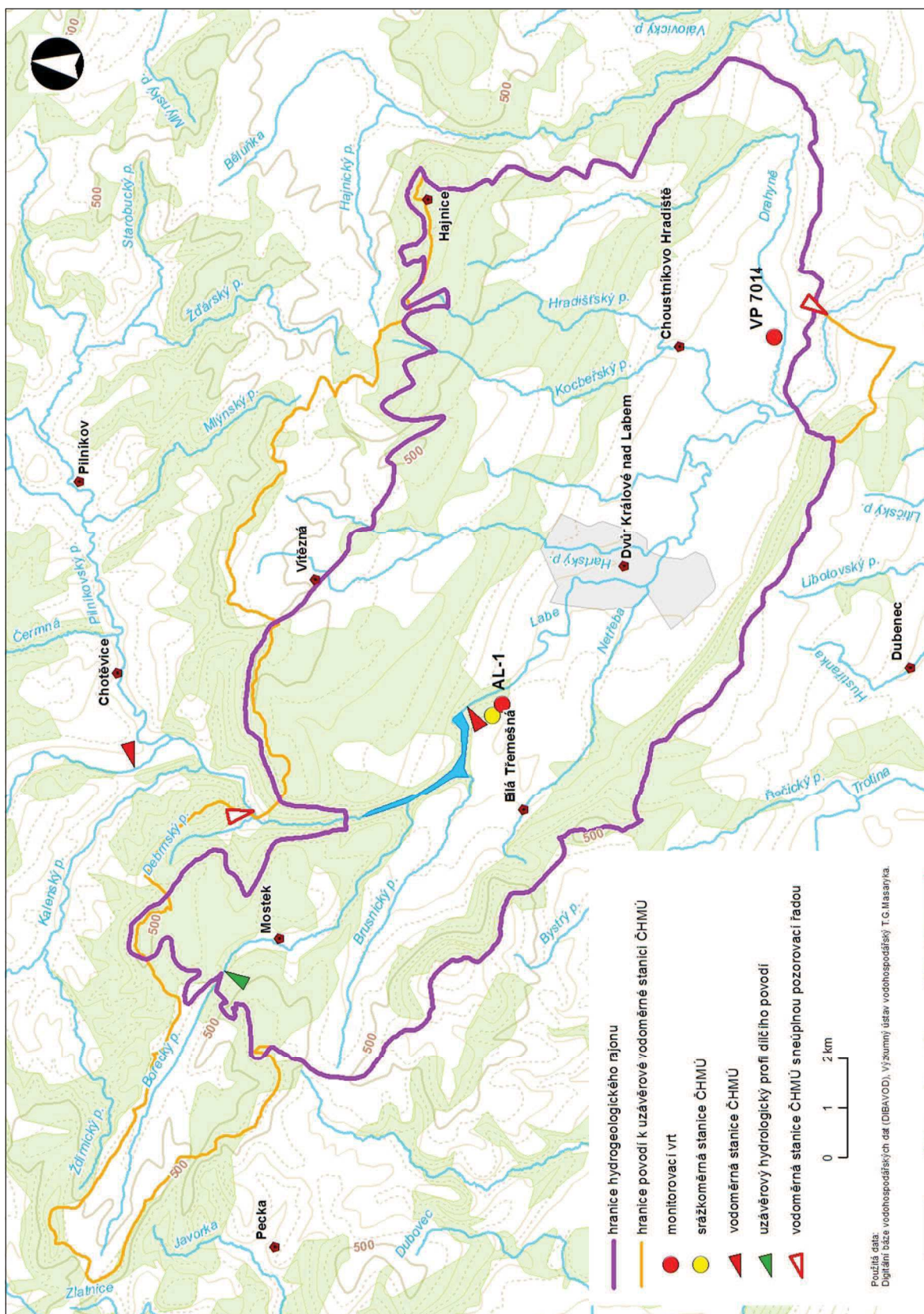
Maximální povolené odběry podzemních vod ve výši 108 l/s v HGR představují přibližně 30 % hodnoty stanoveného využitelného množství těchto vod (stav k 1.1.2013).

Na území HGR se neuplatňují žádné střety zájmů ve vztahu k velkoplošně chráněným územím přírody, k ochranným pásmům přírodních léčivých zdrojů nebo přírodních minerálních vod.

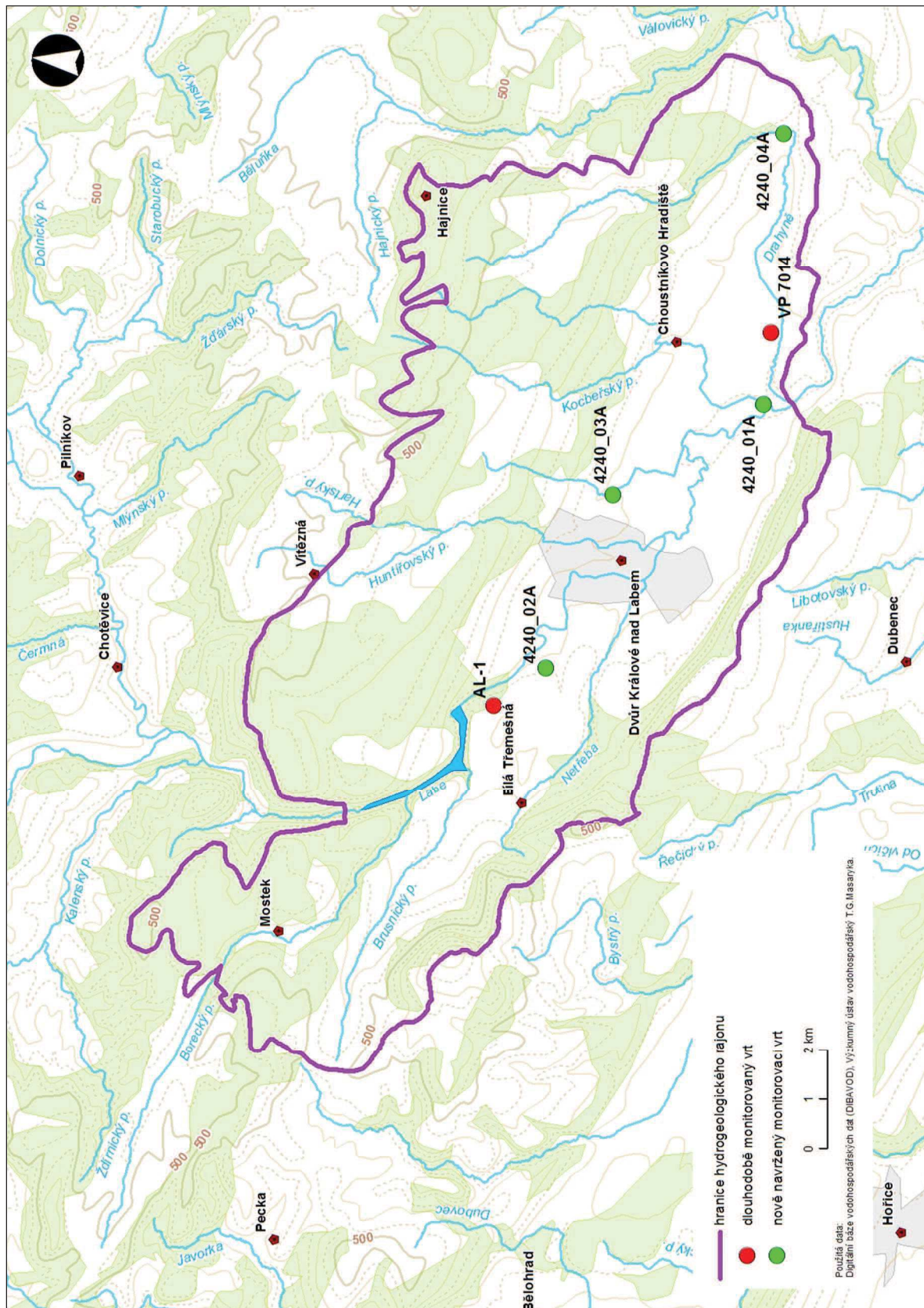
Způsob hospodaření ve vyhlášených ochranných pásmech je upraven stanovenými podmínkami v příslušných povoleních odběrů vod.

C. Návrhy

Pro sledování dalšího vývoje množství podzemních vod na území HGR doporučujeme do monitorovacího systému Českého hydrometeorologického ústavu zařadit čtyři nové hydrogeologické vrty, které byly pro tento účel vybudovány v rámci projektu *Rebalance zásob podzemních vod*. Podrobnější údaje o těchto nových vrtech jsou uvedeny v komentáři k *Průvodnímu listu*. Graficky jsou vrty zobrazeny na mapovém podkladu v obrázku č. 3.2.



Obr. 3.1: Situace HGR 4240 Královédvorská synklinála s monitorovacími objekty využitými pro stanovení přírodních zdrojů podzemních vod.



Obr. 3.2: Situace HGR 4240 Královédvorská synklinála s navrženými monitorovacími objekty.

Komentář

1. **Přírodní zdroje podzemních vod** v hydrogeologickém rajonu byly stanoveny na základě těchto vstupních informací:

- mediánu základního odtoku stanoveného hydrologickým modelem BILAN (model pro přepočet hodnot odtoku z povodí referenční vodoměrné stanice na plochu hydrogeologického rajonu využívá charakteristiky ploch a nadmořských výšek bilančních území)
- mediánu základního odtoku z rajonu za víceleté období stanoveného tranzientním hydraulickým modelem
- mediánu a p-procentních kvantilů základního odtoku stanovených metodou KILLE (metodika pro přepočet z povodí referenčních vodoměrných stanic na plochu hydrogeologického rajonu využívá charakteristiky ploch dílčích bilančních území a výsledky velkého souboru přímých měření průtoků v hraničních profilech rajonu).

Při stanovení výsledné hodnoty základního odtoku byly využity výsledky všech tří výpočetních metod s tím, že nejvyšší váhový podíl byl přiřazen hydraulickému modelu. Výsledná hodnota mediánu základního odtoku pro zpracované období 1981 až 2010 činí 700 l/s.

Přírodní zdroje byly stanoveny jako výsledná hodnota mediánu základního odtoku. Odběry podzemních vod převáděné mimo území rajonu měly na tomto území v uvedeném období nulovou hodnotu.

Medián přírodních zdrojů podzemních vod byl stanoven hodnotou 700 l/s za třicetiletí 1981 – 2010. Z této hodnoty náleží orientačně podíl 570 l/s kolektoru A a podíl 130 l/s přípoверхovému kolektoru.

Odběry podzemních vod činily na území rajonu v průměru 90 l/s, což odpovídá podílu 13 % ve vztahu k mediánu přírodních zdrojů. Odběry měly ve sledovaném období 1987 – 2010 na území HGR **zřetelně sestupný trend.**

Výsledky byly porovnány s údaji dřívějších archivních výpočtů přírodních zdrojů podzemních vod [HERČÍK et. al. 1987], a s údaji z vodohospodářské bilance zpracované v roce 2013 [Povodí Labe, s.p. 2014]. Nově stanovené údaje přírodních zdrojů jsou oproti archivním údajům zřetelně vyšší a to o 16 % až 36 %. Příčinou pravděpodobně byla absence hydrologických měření ve všech částech hydrogeologického rajonu při dřívějších bilančních výpočtech.

Hladiny podzemních vod ve dvou zastoupených hydrogeologických vrtech dlouhodobě monitorujících režim v kolektoru A v bilančním období **zřetelně stoupaly.** Monitorovací vrty odrážejí prostorový režim hladin podzemních vod v hydrogeologické jednotce. Monitorování hladin podzemních vod doporučujeme rozšířit o další čtyři nové hydrogeologické vrty na lokalitách Žireč (vrt 4240_01A), Filířovice (vrt 4240_02A), Dvůr Králové nad Labem (vrt 4240_03A) a Vlčkovice (vrt 4240_04A), které byly vybudovány v rámci projektu *Rebilance zásob podzemních vod*, viz tabulka č. 5. Všechny nové vrty jsou vystrojeny na kolektor A.

Vzhledem k absenci relevantní průtokové řady za uplynulých třicet let nelze spolehlivě zhodnotit trendový vývoj přírodních zdrojů podzemních vod. Je však pravděpodobné, že se na území HGR přírodní zdroje nesnižují.

2. **Využitelné množství podzemních vod** z hydrogeologického rajonu bylo stanoveno jako **90% kvantil** přírodních zdrojů podzemních vod. Pro bilančně zpracované období **1981**

až 2010 má hodnotu **340 l/s**. Stanovená hodnota využitelného množství je více než dvojnásobná oproti nejvyššímu celkovému ročnímu odběru podzemních vod z území HGR dosaženému v roce 1988 (139 l/s). Zároveň je tato hodnota využitelného množství o 10 % nižší než nejnižší měsíční hodnota přírodních zdrojů podzemních vod v oboru mediánu (viz tab. 3.3). Limitujícími faktory pro stanovení vyšší hodnoty využitelného množství podzemních vod jsou:

- a) obecný požadavek zachovat průtoky ve vodních tocích nad úrovněmi jejich minimálních zůstatkových hodnot
- b) neurčitost v rozsahu znečištění podzemní vody dřívější průmyslovou výrobou v oblasti města Dvůr Králové nad Labem a podřadně zemědělskou činností v infiltračních územích HGR

Na území HGR není nutné zavádět pro žádné jímací území **instituit minimální hladiny**.

Tab. 3.1. Přírodní zdroje podzemních vod z území HGR 4240 za období 1981 – 2010

50	700	0	700	4,92
80	460	0	460	3,17
90	340	0	340	2,37
95	260	0	260	1,79

Vysvětlivky: Q_z – základní odtok; Q_{odb} – podzemní vody převáděné mimo území HGR; P_z – přírodní zdroje podzemních vod; A – plocha rajonu 145,3 km²

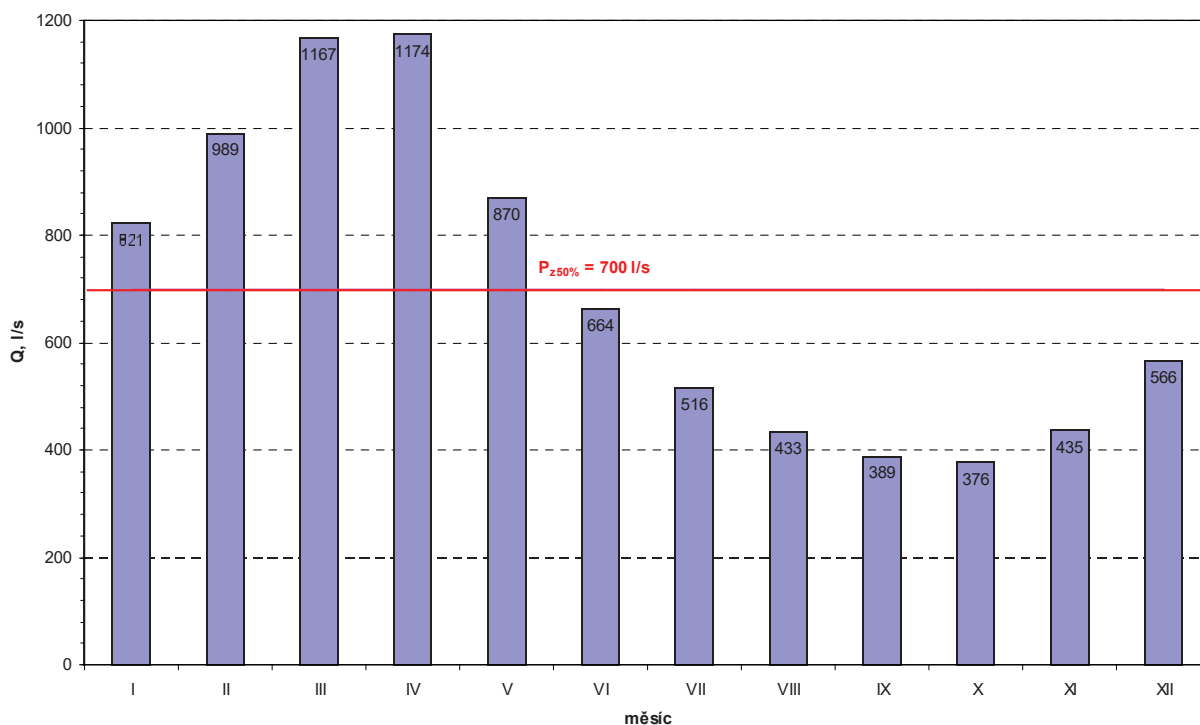
Tab. 3.2. Rozdělení mediánu přírodních zdrojů podzemních vod dle kolektorů v HGR 4240

A	570
C (+ B)	130

Tab. 3.3. Rozdělení přírodních zdrojů podzemních vod v průběhu roku při úrovni jejich 50 % zabezpečení v HGR 4240 za období 1981 – 2010

P_z (l/s)	821	989	1167	1174	870	664	516	433	389	376	435	566	700

Vysvětlivky: P_z – přírodní zdroje



Obr. 3.3. Rozdělení přírodních zdrojů podzemních vod v HGR 4240 průběhu roku při úrovni jejich 50 % zabezpečení

Pro další sledování vývoje množství podzemních vod na území HGR doporučujeme monitorovat hladiny podzemních vod v těchto vrtech:

Tab. 3.4. Referenční vrty vod v HGR 4240 navržené k monitorování a jejich základní hydrogeologické charakteristiky

VP 7013	Bílá Třemešná	A	65	341,96	295,4
VP 7014	Kuks	A	124	278,79	286,1
4240_01A	Žireč – Ves	A	152	271,67	286,5
4240_02A	Filířovice	A	64	324,37	291,5
4240_03A	Dvůr Králové n. L.	A	95	305,53	289,2
4240_04A	Vlčkovice	A	70	300,79	296,8

Signální úroveň hladiny podzemní vody byla zvolena v pásmu 75% až 90% pravděpodobnosti překročení hladin pro monitorované období duben 2015 až říjen 2015.

4. Shrnutí

Aktivita 2, která obsahovala:

- zpracování podkladů pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod včetně zjednodušeného výpočtu přírodních zdrojů podzemních vod u 55 HGR, které dosud nebyly v pravidelné hydrologické bilanci a

- stanovení dlouhodobých průměrných hodnot přírodních zdrojů podzemních vod pro první a druhý cyklus plánů povodí, byla ukončena třemi závěrečnými zprávami:

1. Metodika stanovení průměrné hodnoty přírodních zdrojů podzemních vod kvartérních hydrogeologických rajonů.
2. Metodika a výsledky zpracování podkladů pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod. Byla zařazena do programu projektu účelově pro zajištění vstupních údajů pro druhý cyklus plánů povodí.
3. Základní výchozí data pro zjednodušené stanovení velikosti přírodních zdrojů podzemní vody v 55 rajonech; jde o dočasné, jednorázové doplnění údajů v rajonech, které dosud neuváděla pravidelná hydrologická bilance Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) – 37 rajonů v kvartérních sedimentech, 3 v bazálním křídovém souvrství, ve zbývajících rajonech chyběla potřebná hydrografická data. Zároveň došlo k přepočítání dlouhodobých průměrných hodnot přírodních zdrojů podzemních vod pro všech 152 rajonů na období 1981 až 2010.

Hydrologickými modely byly zpracovány hodnoty dotace podzemní vody pro 54 HGR za použití hydrologického modelu BILAN (VÚV T.G.M., v.v.i.) jako vstupní údaje pro navazující hydraulické modely v aktivitě 7 a závěrečné hodnocení v aktivitě 10.

Všechny dílčí zprávy obsahují způsob aplikace použitého modelu ve vztahu k možným změnám srážkových a klimatických podmínek a kritické zhodnocení monitoringu, včetně návrhu na úpravu monitoringu.

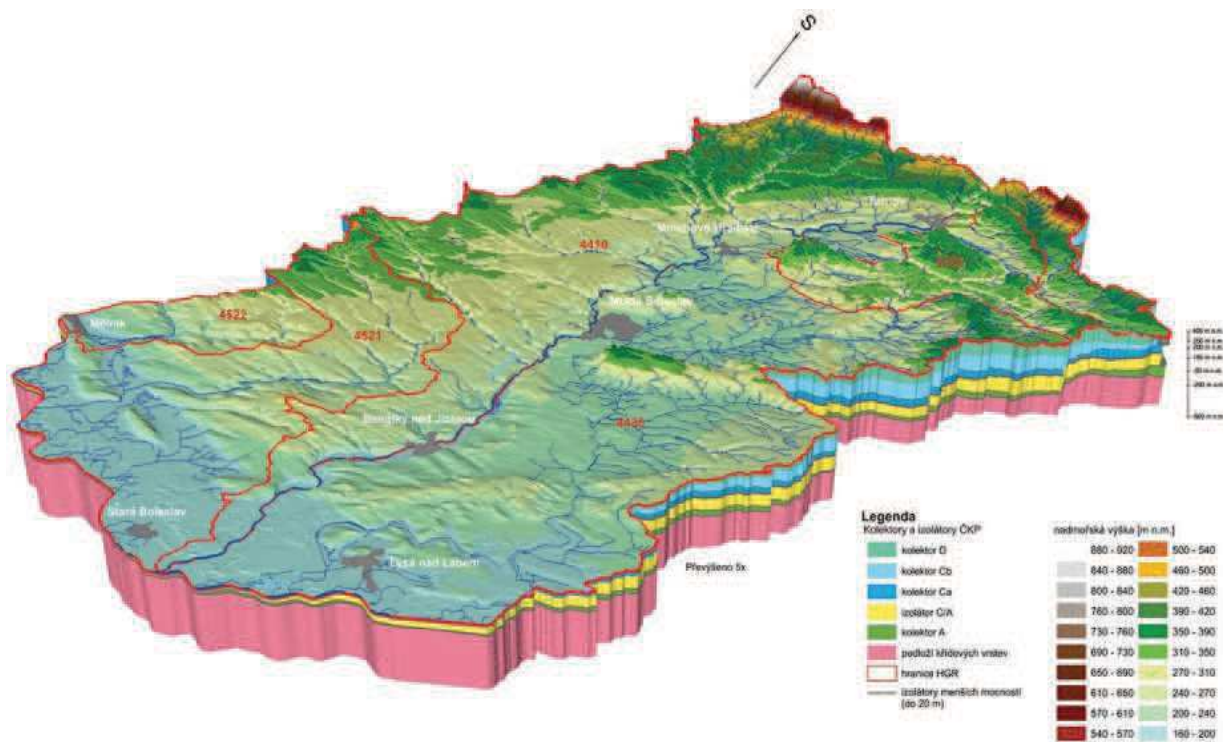
Řešení pro 3 rajony v bazálním křídovém souvrství bylo uvedeno v aktivitě 2.

Každá zpráva za hydrologický model obsahuje:

- o rozložení průměrné dotace podzemních vod ze srážek v rámci průměrného hydrologického roku pro hodnocený rajon za období 1981 až 2010,
- o charakterizuje obvyklé klimatické poměry v daném území a zároveň i změny v důsledku klimatického oteplování,
- o rozložení dotace podzemních vod v měsíčním kroku pro každý řešený rajon za období 2001 až 2010 – vstup do hydraulického modelu.

Koncepční modely

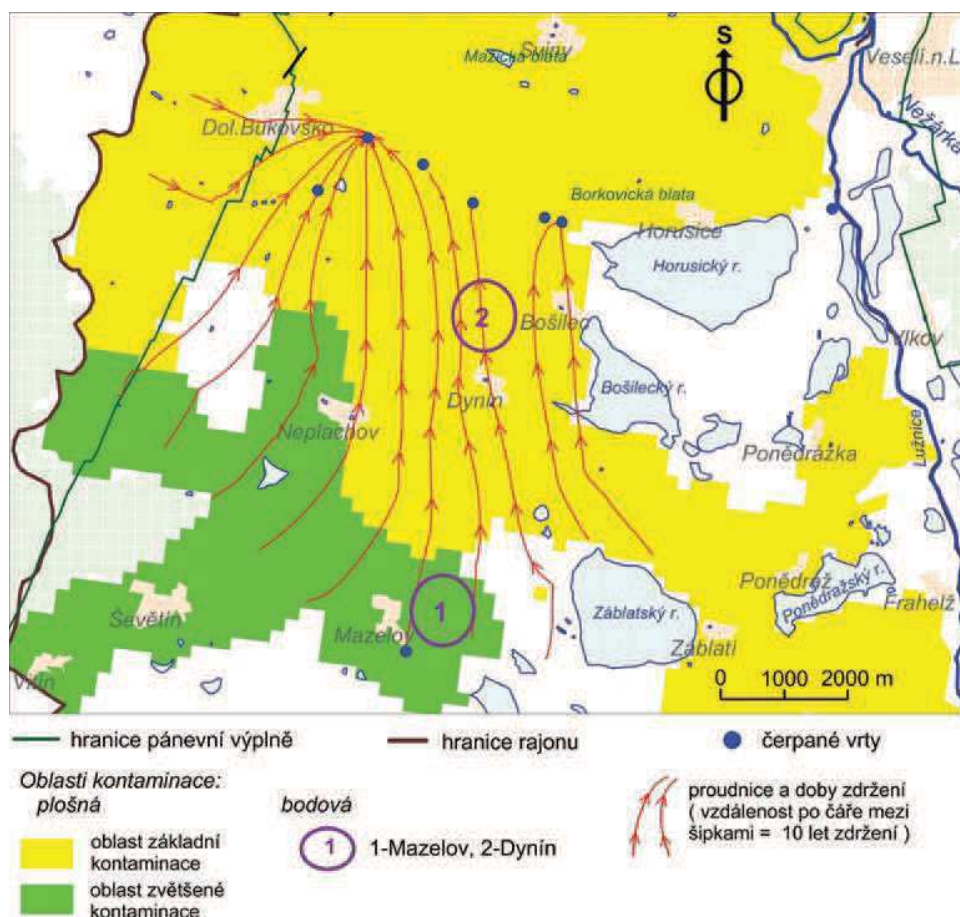
Na základě průzkumných prací vznikly koncepční modely jako podklady pro hydraulické modely včetně definování okrajových podmínek, které sloužily širokému týmu pracovníků jako jednotný podklad pro pochopení stavby hydrogeologického rajonu a jeho základních funkcí. Koncepční modely vycházely z přiměřené generalizace geologických a hydrogeologických dat, kterou lze graficky vyjádřit např. formou 3D vizualizace. Následující obrázek č. 4 ukazuje pozici kolektorů a izolátorů v oblasti jizerské křídy.



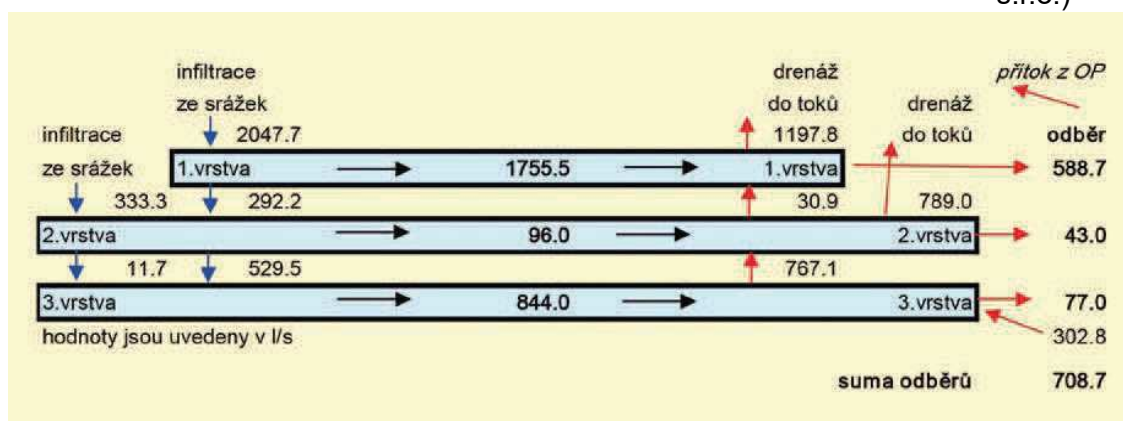
Obr. 4. Model oblasti jizerské křída s rozdělením na kolektory a izolatory (ČGS)

Hydraulické modely umožnily řešit vztah využívání podzemní vody k zachování minimálního průtoku v povrchových tocích i k parametrům ochrany dotčených ekosystémů; zároveň jimi lze řešit i vlivy umělých zásahů do režimu podzemních vod a jejich kontaminaci (obr. 5).

- ❖ **Stacionární (ustálený) režim proudění podzemní vody** – simulace obvyklých úrovní hladiny podzemní vody, bez odběrů nebo za současné úrovně čerpání a při optimálním odběru podzemní vody (obr. 6).
- ❖ **Transientní (neustálený) režim**, kdy dochází ke změně zásob vlivem změny pod- mínek infiltrace nebo odběrů vody. Hodnoceno je:
 - a) období 2001 až 2010,
 - b) prognózní zdroje pro průměrný rok s vyhodnocenou průměrnou měsíční infiltrací.



Obr. 5. Doby dotoku podzemní vody z oblastí kontaminace – třeboňská pánev (PROGEO, s.r.o.)



Obr. 6. Ukázka modelového rozdělení zdrojů podzemních vod v rajonu 4410 – Jizerská křída ovlivněného odběry podzemní vody v období 2001 až 2010 (PROGEO, s.r.o.)

Výsledky hodnocení zdrojů podzemních vod v 58 rajonech jsou vyjádřeny v jednotném formátu, využitelném pro hydrologickou a vodohospodářskou bilanci v tzv. „Průvodním listu“.

Jsou zpracována data pro rajony na jedné třetině státního území včetně velikost přírodních zdrojů podzemních vod pro referenční období 1981 až 2010 s 50 % a 80% zabezpečeností. Dále využitelných zdrojů podzemních vod včetně podmínek, za jakých je možné podzemní vody v hodnocených HGR využívat s ohledem na trvale udržitelný rozvoj. Tyto informace jsou pro celý bilanční celek a měly by být podkladem pro management s podzemními vodami v rámci bilančního celku.

V hodnocených HGR je rozšířeno monitorování podzemních vod o 118 průzkumných hydrogeologických vrtů osazených datalogery s kontinuálním záznamem, na nichž bude probíhat po dobu 5 let v rámci udržitelnosti projektu kontinuální měření úrovní hladin podzemní vody. Kde byly k dispozici data a stávající monitorovací vrty, byly navrženy signální hladinami podzemních vod, pro sledování míry dotace podzemních vod.

Projekt ověřil u 58 HGR jejich stávající platné hranice. Výsledkem je návrh úpravy hranic HGR u cca 35 % HGR.

U 3 % hodnocených rajonů bylo zjištěno, že povolené odběry podzemních vod překračují přírodní zdroje a u 9 % HGR překračují povolené odběry podzemních vod využitelné zdroje při respektování zachování minimálních průtoků povrchových toků.

5. Závěr

- ❖ Podzemní vody jsou dynamickým, v čase proměnlivým fenoménem. Stanovení přírodních zdrojů podzemních vod a jejich disponibilního množství má časově omezenou platnost, a proto je nutno tyto hodnoty pravidelně aktualizovat vzhledem ke změnám klimatických podmínek, vývoje metod jejich poznání i posunu referenčního hydrologického období.
- ❖ Moderní způsob zpracování dílčích výstupů nastavených v projektu umožní i po jeho skončení průběžnou aktualizaci dat v budoucnu.
- ❖ Výsledkem projektu jsou aktuální data z 1/3 území ČR.
- ❖ Projekt přinesl ve výsledku dosud chybějící metodické postupy pro hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod např. v kvartérních rajonech, bazálním křídovém kolektoru a v území s nespojitým zvodněním a návrh legislativních úprav.

5.1. Ověřené metodické postupy pro průběžnou aktualizaci

- Při řešení projektu byly ověřeny aplikace různých výpočtových metod odvození základního odtoku – analogie, bilanční rovnice, vztah podle srážek, regresní rovnice, transformace mediánu, Kille, Kliner-Kněžek, Eckhardtův filtr; hydrologický model BILAN a hydraulický model;
- Byla zpracována metodika pro rajony kvartérních sedimentů, způsob hodnocení pro rajony bazálního křídového kolektoru a návrh řešení pro rajony s nespojitým zvodněním;
- Bylo prokázáno, že přímé využívání průtokových dat v povodí s výrazným užíváním vod vede ke zkresleným výsledkům – použita hranice ovlivnění nad 10 %
- Přehled a aplikace výpočtových metod jsou shrnuty s obecným zhodnocením v samostatné publikaci (Kadlecová – Olmer v tisku);
- Základní odtok – podzemní složka odtoku – přírodní zdroje podzemních vod; v praxi se tyto pojmy ztotožňují a nepřihlíží se k podmínkám, za kterých může takový postup platit – ne všude vztahy platí.
- Při stanovování přírodních zdrojů nelze používat jednu rutinní metodu.

5.2. Doporučené legislativní úpravy

- vyhláška č. 431/2001 Sb. a navazující metodický pokyn MZe neodpovídají současným hlediskům a možnostem hodnocení zdrojů a bilančního stavu podzemních vod, ani odlišným podmínkám zvodnění různých hydrogeologických prostředí;

- vyhláška č. 369/2004 Sb., která nereflektuje specifika procesu hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod, neboť koncepčně vychází z tradičních postupů výpočtu zásob ložisek nerostných surovin;
- způsob naplnění § 9 a 11 vyhlášky č. 252/2013 Sb., neodpovídá současným potřebám
- uplatňovat zásady ochrany podzemních vod ve vyhlášených oblastech přirozené akumulace podzemních vod v souvislosti s odlesňováním, odkrýváním hladiny podzemní vody a těžbou;
- ve vodním zákoně jednoznačně vymezit správu podzemních vod.

5.3. Doporučení a návrhy pro další postup

- pokračování v dalších rajonech, které nebyly zařazeny do projektu; ve výstupech projektu jsou věcné i metodické podklady pro postupné přehodnocení všech 152 rajonů,
- průběžná aktualizace dat; jednak dochází k vývoji metod hodnocení, jednak dojde k posunu referenčního období (normálu), ani nelze vyloučit možný vliv klimatických změn,
- soustavný monitoring; všechny metody hodnocení vyžadují potřebná výchozí podkladová data a jejich úroveň ovlivňuje výsledek; v dílčích zprávách je zhodnocení současného systému sledování hydrologických prvků a návrh výběru monitorovacích objektů.

Použitá literatura:

- Herčík, F. et al. (1987): Hydrogeologická syntéza České křídové pánve. MS, Stavební geologie
- Kadlecová, R. – Olmer, M. et al. (2015): Metody stanovení přírodních zdrojů podzemních vod. Sborník geol. věd, HIG, 24. ČGS – v tisku
- Prchalová, H. – Olmer, M. (2001): Bilance podzemních vod jako nástroj vodohospodářského plánování. Sborník geol. věd, HIG, 21, s. 55–62. ČGS

Využití hydraulických modelů pro bilancování a stanovení využitelného množství podzemní vody, prognóza suchého období.

The groundwater resources estimation in the use of groundwater flow models and assessment of climate fluctuations on groundwater resources

Ing. Jan Uhlík Ph.D., RNDr. Martin Milický

PROGEO, s.r.o.

Tiché údolí 113

25263 Roztoky u Prahy

tel. 233910935, www.lprogeo.cz, progeo@lprogeo.cz

Keywords:

hydraulický model, přírodní zdroje podzemní vody, hydrogeologický rajon, groundwater flow model, groundwater resources, hydrogeological region,

Abstrakt

Hodnocení velikosti přírodních zdrojů podzemní vody s využitím hydraulických modelů závisí do značné míry na množství a kvalitě vstupní informace o drenáži podzemní vody do říční sítě. Množství zdrojů podzemní vody v hydraulickém modelu určují zadané okrajové podmínky popisující přítok do modelového území (efektivní srážková infiltrace a přítok podzemní vody přes hranice modelované oblasti). Podkladem pro stanovení hodnot okrajových podmínek jsou výpočty srážko-odtokové bilance a hydraulické výpočty přítoku podzemní vody na hranicích modelového území.

Hydraulické modely, při správném nastavení solveru, poskytují výstupy s přesností tisícín litru. Pro tuto dokonalost by ale neměl být přehlížen fakt, že vstupní údaje modelu, zakládající jeho bilanci, mohou nabývat odchylky i desítky procent – především v závislosti na množství dostupných informací a použité metodice vyhodnocení podzemního odtoku.

Přínos hydraulických modelů pro účely analýzy množství podzemní vody spočívá v prostorové interpretaci bilance v závislosti na dostupných informacích o odběrech, propustnosti horninového prostředí, směrech proudění, úrovni hladiny podzemní vody a drenáži do toků. I v případech, kdy vyhodnocení drenáže podzemní vody ze struktury není k dispozici, nebo je velmi nepřesné, mohou hydraulické modely pomoci zpracování ostatních hydrogeologických informací poskytnout bilanční výstupy upřesňující množství podzemní vody v hodnocené struktuře.

Zhodnocení aktuální bilance množství podzemní vody zakládá možnost predikovat pomocí modelů další vývoj hydrogeologických struktur s ohledem na předpokládané změny infiltrace v důsledku možných výkyvů klimatu.

Hydraulický model

Aplikace modelů pro popis přírodních struktur vyžaduje nezbytnou schematizaci modelovaného systému. Příčiny schematizace jsou dány především: 1) omezeným množstvím vstupních dat, 2) volbou matematického popisu proudění podzemní vody, 3) volbou podrobnosti výpočtu simulovaných jevů ve vztahu k prostorové a časové diskretizaci, 4) volbou způsobu zadání vstupních dat do modelu a v neposlední řadě i 5) dostupnou výpočetní kapacitou.

Nástrojem pro posuzování kvality modelů je porovnání jejich shody s pozorováním (v oboru výsledků i vstupních dat). V případě hydraulických modelů je dokladem jejich kvality porovnání: 1) naměřených a v modelu interpretovaných vstupních dat - např. koeficientu hydraulické vodivosti K [$m \cdot s^{-1}$], 2) vyhodnoceného a modelového množství drénované podzemní vody, 3) měřených a modelových hladin). Přesnost regionálních hydraulických modelů je především závislá na informaci o podzemním odtoku do říční sítě, doplněné o údaje odběrů podzemní vody a vypouštění odpadních vod.

Hydraulické modely pracují s průměrnou hodnotou přírodních zdrojů v simulacích stacionárních. Změny množství podzemní vody popisují simulace neustáleného proudění.

Hydrologické metody bilancování množství podzemní vody

V období s výskytem srážek je celkový odtok v říční síti dán součtem složek podzemního, hypodermického a povrchového odtoku. Metodicky je stanovení podzemního odtoku obvykle založeno na separaci odtoku podzemního z odtoku celkového.

Za předpokladu splnění řady podmínek (mezi jinými bilanční uzavřenost struktury, nebo dostatečně dlouhá doba pozorování) lze přírodní zdroje podzemí vody ztotožnit s vyhodnoceným podzemním odtokem. Různé metody stanovení podzemního odtoku ale poskytují rozdílné výsledky. Vyhodnocení přírodních zdrojů tak při aplikaci více metod popisuje spíše určité rozpětí možných hodnot, než jediný údaj. Příčiny rozdílného stanovení přírodních zdrojů v hodnocené struktuře jsou především dány:

- dostupnými daty (k dispozici pouze odhad srážkového normálu; je znám odtok z analogického povodí; je znám odtok z části hodnoceného území; je znám odtok v uzávěrovém profilu struktury)
- osobou zpracovatele:
 - subjektivní volba metody vyhodnocení (určena i cíli realizovaného hodnocení; např. metoda Kněžek - Kliner, Killeho metoda, metoda Eckhardtova filtru, metoda průměrování měsíčních minim aj.),
 - subjektivní volba odstranění chybných dat pozorování průtoků,
 - subjektivní volba období, za které jsou přírodní zdroje hodnoceny.

Hydrologické metody bilancování jsou založeny na zpracování průtoků, popřípadě průtoků a hladin podzemní vody s cílem separovat z celkového odtoku odtok podzemní. Bilancování obvykle komplikuje kombinace následujících faktorů:

- 1) přetok podzemní vody přes hranice bilancované oblasti (bilanční neuzavřenost hodnoceného regionu),
- 2) vodnost drenážního toku (příron podzemní vody z bilancovaného mezipovodí je menší, či srovnatelný s chybou stanovení přírůstku průtoku); běžná situace v rajonech odvodňovaných do větších řek (např. Labe, Vltava, Morava) - příron podzemní vody nelze technikou hydrometrování dostatečně přesně vyhodnotit.

Uváděná hodnota přírodních zdrojů by měla být vždy doplněna o informaci jakou metodou a pro jaké období byla stanovena. V podrobnějším popisu by měla být rovněž obsažena informace, jakým způsobem bylo při hodnocení eliminováno antropogenní ovlivnění (odběry podzemní vody; vypouštění odpadních vod). Absence těchto informací zvětšuje nejistoty, které o množství přírodních zdrojů v jednotlivých strukturách máme.

Specifickou možnost stanovení podzemního odtoku poskytují hydrologické modely.

Modelové hodnocení hydrogeologického rajonu Budějovická pánev

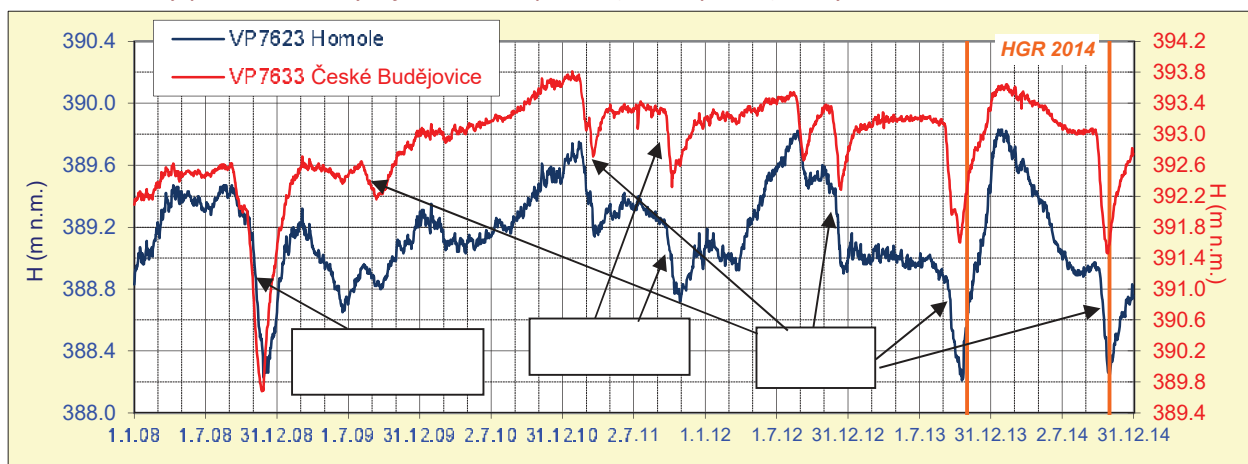
Modelové hodnocení časového vývoje zásob podzemní vody na území hydrogeologického rajonu 2160 slouží k interpretaci vývoje struktury na podkladě informací z režimních měření hladin a jakosti podzemní vody pořizovaných v síti ČHMÚ a v účelovém pozorovacím vodárenském systému Budějovické pánve. Modelové výstupy jsou využívány pro zpracování údajů bilance uplynulého období a prognózy vlivu perspektivních odběrů. Modelové výstupy jsou rovněž podkladem při rozhodovacím procesu udělení povolení k odběrům a optimalizaci monitorovací sítě.

Hlavní drenážní bází je tok Vltavy s průměrným průtokem v profilu Březí $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pro hydrogeologický rajon Budějovická pánev je tak "přímé" vyhodnocení množství přírodních zdrojů podzemní vody z rozdílů průtoku v příslušném úseku Vltavy nerealizovatelné vzhledem k vodnosti toku a velikosti chyb stanovení přírůstku průtoku. Hydraulický model při využití známých dat vývoje hladin, směrů proudění a velikosti odběrů umožňuje vymezení předpokládané množství přírodních zdrojů podzemní vody ve struktuře.

Specifikem jímání podzemní vody v pánvi (mimo jiné i pro pivovar Budvar) je jeho hloubková úroveň. S cílem optimalizovat kvalitu začínají otevřené úseky jímacích vrtů až v hloubkách 100 a více metrů pod terémem. Popisovaný stav jímání předchází zavlčení přípoверхové kontaminace (zemědělství, průmyslová výroba) do vodních zdrojů. Důležitou podmínkou je zachování vzestupného směru proudění podzemní vody v drenážní (a jímacími vrty především využívané) oblasti pánve. Cílem modelového hodnocení tak je vyčíslit přírodní zdroje nejen pro celou plochu hydrogeologického rajonu, ale i ve vertikálním členění (model je pětivrstevný) pro rozdílné hloubkové úrovně pánevních sedimentů. Omezující podmínkou pro stanovení přípustné velikosti odběrů tak ani není celkové vyhodnocené množství přírodních zdrojů v hydrogeologickém rajonu, ale zejména množství podzemní vody dostupné v hlubších partiích pánve.

Litologický vývoj sedimentů Budějovické pánve (sedimenty mesozoika, terciéru a kvartéru) neumožňuje regionálně vymezení souvrství rozdílné propustnosti. Dochází k nahodilému střídání litotypů rozdílné propustnosti. Celá struktura se hydraulicky chová jako jediná zvrstvená s rozdílnou výtlačnou úrovní hladiny podzemní vody v závislosti na poloze a hloubce monitorovacích objektů v proudovém systému. V databázi ČGS jsou evidovány desítky vrtů s hydrogeologickými údaji. Naposledy byla monitorovací síť doplněna o vrty ČHMÚ vyhloubené v rámci projektu ISPA. Vrty jsou koncipovány v párech pro monitoring rozdílných hloubkových úrovní pánevních sedimentů.

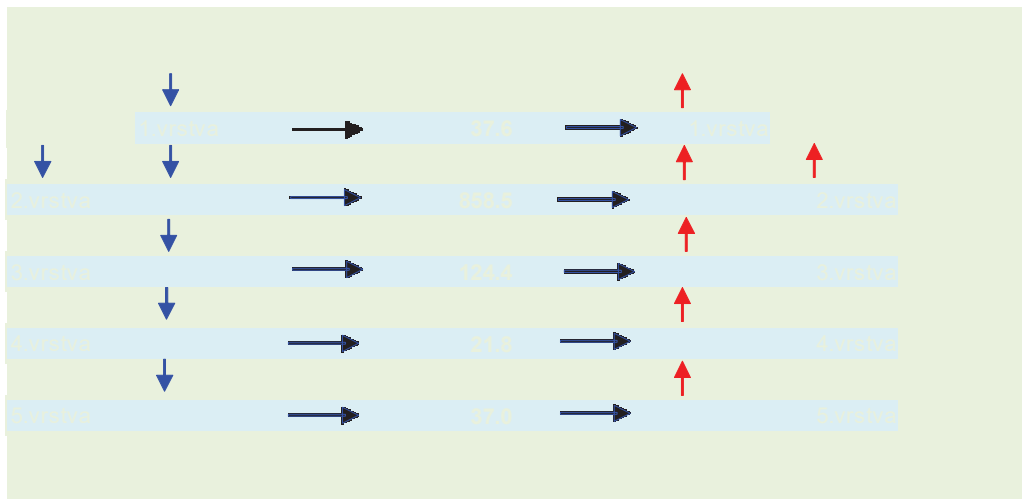
Obr.1 Hladiny podzemní vody v jižní oblasti pánve (hlubší partie) - vrty ČHMÚ



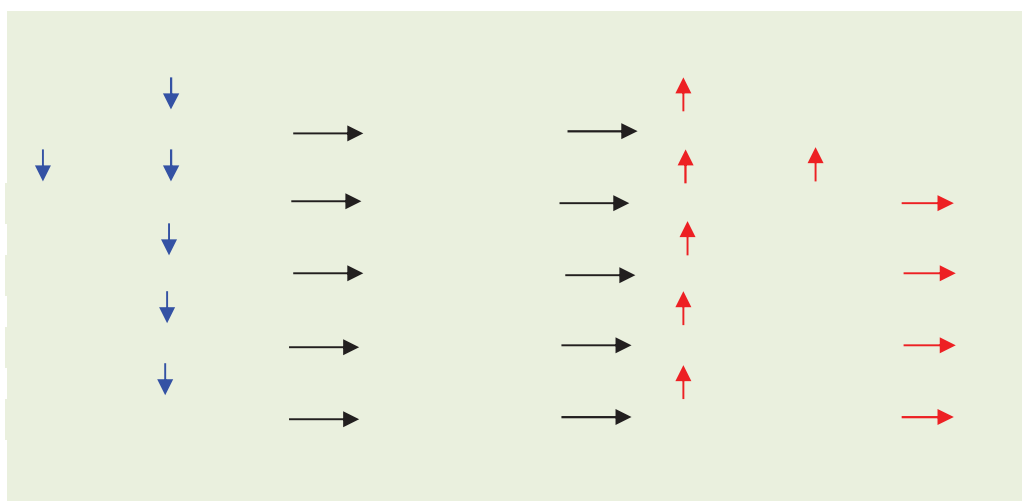
Obrázek 2 obsahuje bilanční schéma antropogenně neovlivněné struktury. Vyčíslená množství podzemní vody, získaná z modelu, reprezentují střední předpokládané množství podzemní vody v jednotlivých hloubkových úrovních pánve (modelových vrstvách). Reálné hodnoty bilance množství podzemní vody se mohou od modelových hodnot poněkud lišit (o jednotky, max. první desítky procent). Cesta k zúžení této nejistoty spočívá v dlouhodobém monitoringu a v modelovém hodnocení všech dostupných údajů s důrazem na mezní situace struktury (např. dlouhodobé sucho, docílení maximálních odběrů v některých vrtech, nebo celé struktuře; sledování vývoje kontaminace ve smyslu ředění, směru a rychlosti šíření).

Zvodněné kvartérní sedimenty jsou simulovány pouze v oblasti podél Vltavy. Infiltrované množství (39.4 l.s^{-1} , Obr. 2) se na hlubším oběhu téměř nepodílí. Největší množství infiltrace ze srážek (1039.9 l.s^{-1}) je zadáno do 2. modelové vrstvy. Rozdíl mezi přítoky 2. vrstvy ($1039.9 + 1.8 \text{ l.s}^{-1}$) a odtokem do třetí vrstvy (183.2 l.s^{-1}) udává velikost proudu podzemní vody, který horizontálně protéká v dané hloubkové úrovni (vrstvě) - tj. 858.5 l.s^{-1} . Směrem k bázi pánevních sedimentů intenzita oběhu podzemní vody významně klesá (při výrazně zmenšeném rozsahu pánve v těchto hloubkách) - za přirozených podmínek je proud podzemní vody, směřující do čtvrté a páté modelové vrstvy, pouze 58.8 a 37 l.s^{-1} .

Obr.2 Prostorová distribuce proudění podzemní vody – bez odběrů podzemní vody (l/s)



Obr.3 Prostorová distribuce proudění podzemní vody – odběr podzemní vody na úrovni hydrologického roku 2014 (l/s)



Realizované odběry podzemní vody zintenzivňují proudění podzemí vody hlubšími partiemi pánevních sedimentů. Při situaci aktuálních odběrů (88 l.s^{-1} v hydrologickém roce 2014) vzrůstá přítok podzemí vody do 4. a 5. modelové vrstvy na 83.6 a 56.4 l.s^{-1} .

Závěr

Výsledky modelového hodnocení poskytují informace o: 1) velikosti dlouhodobého průtoku podzemní vody v hodnocené struktuře, 2) míře antropogenního ovlivnění z hlediska snížení hladiny podzemní vody, změn směrů a rychlosti proudění a poklesu drenáže do říční sítě, 3) plošné distribuci a místech vzniku přírodních zdrojů dotujících hlubší partie pánve a 4) časové proměnlivosti zásob, doplňování a drenáže podzemní vody.

Zhodnocení aktuální bilance množství podzemní vody zakládá možnost predikovat pomocí modelů další vývoj hydrogeologických struktur s ohledem na předpokládané změny infiltrace v důsledku možných výkyvů klimatu, v současnosti tak často zmiňovanou prognózu suchého období.

Hydraulické modely jsou nejkompaktnější dostupné nástroje pro popis a kvantifikaci podzemní složky hydrologického cyklu. Určitou daní za komplexní možnosti jsou časová náročnost zpracování a specifické požadavky na vstupní data.

Poděkování: V kapitole *Modelové hodnocení hydrogeologického rajonu Budějovická pánev* jsou použity výsledky díla: “Bilanční hodnocení zásob podzemních vod v hydrologickém roce 2014 včetně krátkodobé prognózy vývoje zásob podzemních vod a jejich jakosti pomocí modelových řešení v hydrogeologickém rajónu 2160 (Budějovická pánev) pro potřeby zpracování vodohospodářské bilance za rok 2014 a pro vyjadřovací činnosti správce povodí“, které bylo vypracováno pro Povodí Vltavy, státní podnik.

Optimalizace jímacích území podzemní vody nemá alternativu

RNDr. Svatopluk Šeda

FINGEO s.r.o., Litomyšlská 1622, 56501 Choceň

tel. 603 538605, seda@fingeo.cz , www.fingeo.cz,

Úvod

Představte si, že by někdo zjistil, že vltavská vodní kaskáda je v havarijním stavu a rozhodl, že staré přehrady se nechají spadnout a někde vedle se vybudují přehrady nové. Nebo že Praha je už přeplněná a nové hlavní město se postaví někde na zelené louce, aby se tam snadno dostala potřebná technika. Co myslíte, podařilo by se najít jiná tak vhodná místa, která by plnila všechny požadavky? Asi trochu naivní představa.....

Přenesme se ale o několik pater níže a položme si stejnou otázku, zda je možné budovat nové zdroje podzemní vody jinde, než jsou ty stávající. Asi se mnou budete souhlasit, že i toto je trochu naivní představa. A přesto to není tak dávno, připomeňme si sedmdesátá až devadesátá léta reálného socialismu, kdy staré chátrající jímací objekty se opustily a někde jinde se budovaly nové. Ono totiž ještě většinou bylo kde, a když se to nepovedlo, šlo se o kousek dál. Důležité totiž byly metry a i negativní výsledek se v závěrečné zprávě okomentoval například větou: Potvrdil se původní předpoklad, že se zde podzemní voda nevyskytuje.

V předkládaném příspěvku se podívejme nato, jaké to mělo dopady a souvislosti a přečtěte si, jaké řešení doporučuje hydrogeolog, který se za desítky let terénní praxe snad alespoň trochu naučil chápat, jak to vlastně s tou podzemní vodou a kde jsou ta nejlepší místa pro její jímání.

Nejprve několik příkladů z českého a moravského venkova

Jímací území Císařská studánka

Na severovýchodním okraji české křídové tabule, pod Orlickými horami, se nachází jímací území Císařská studánka s vydatností až 50 l/s, zásobující pitnou vodou město Solnici, Kvasiny s rozvíjející se automobilkou Škoda – Auto a řadu blízkých obcí. Původním zdrojem byla Císařská studánka, která byla přirozeným pramenním vývěrem vody patrně z kolektoru B. Nad pramenem byla vybudována šachtová studna o průměru 4 m a hloubce 8 m. Přítok vody je ze dna, z otevřené trhliny probíhající ve směru SSZ-JJV, široké 0,8 m, vyplněné horninovou drťí okolních svrchnokřídových sedimentů. Při průměrných nebo nadprůměrných vodních stavech studna pokrývá potřebu celého vodovodního systému ve výši cca 35 – 50 l/s. V době extrémních minimálních vodních stavů, například v letech 1982 – 1983, však hladina vody klesá a vydatnost studny se výrazně snižuje. V okolí studny proběhl

několikanásobný geofyzikální průzkum s cílem najít přítokovou cestu ke studni a na ni umístit vrt, který by vodu zachytil na hlubších oběhových cestách a umožňoval tak větší provozní snížení hladiny než stávající studna. Žádný ze třech vyhloubených vrtů však tuto vodu nezachytil a studna si dál žije svým vlastním životem.

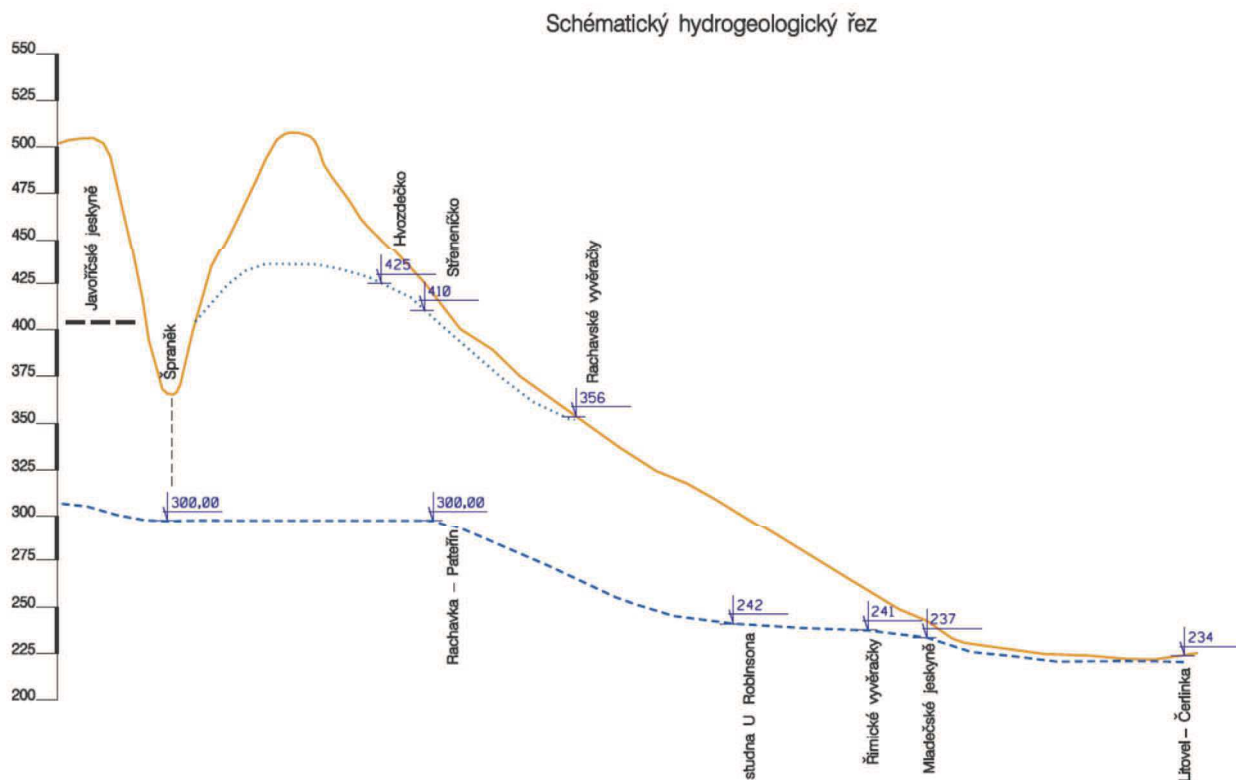
Jímací území Česká Třebová

Kdo z hydrogeologů by neznal slavné prameny Vrbovka a Javorka v České Třebové s vydatností až 100 l/s. První zmínka o vodě, *která přitéká ze studny Vrbovky „dřevěnými trúbami“ do kašny na náměstí* pochází již z roku 1591 (městská gruntovní kniha). Přibližně kolem roku 1750 byla na jejím místě postavena nová čtvercová kamenná kašna s vyvýšenou pískovcovou mísou. Následovaly další úpravy a poslední je z roku 1911. Nad pramenním vývěrem byl tehdy vybudován pavilon kruhového půdorysu zastřešený kopulí, vše provedeno v tehdy moderním železobetonu. Vrbovka již tehdy představovala technické dílo velké kulturní hodnoty reprezentující epochu vrcholné secese. Nejde však jen o technickou podobu zdroje vody s vydatností 40 - 60 l/s. V prameništi vyvěrá voda mimořádné kvality o níž se měl před více než 100 lety prof. MUDr. Eiselt, syn Jana Nepomuka Eiselta, průkopníka lékařské prevence a hygieny, vyjádřit takto: *„...jest to jedna z nejlepších pitných vod českých, která by ne mlýny hnáti, ale za peníze prodávati se měla...“*. Čemu zdejší podzemní voda za tato prorocká slova vděčí? Především mimořádnou polohou v hydrogeologickém rajónu 4231 Ústecká synklinála v povodí Orlice, v oblasti semanínského zlomu, který představuje významnou tektonickou strukturu porušující svrchnokřídový horninový soubor jihozápadního křídla synklinály. V jeho rámci jsou křídové sedimenty v šířce až několika stovek metrů podrceny, významně je tím zvýšena jejich propustnost a písčité výplň horninových dutin vodu dokonale filtruje. Připočteme-li k tomu rozsáhlé infiltrační zázemí v prostoru zalesněného Kozlovského hřbetu je důvod mimořádné jakosti vody zřejmý. Kromě Vrbovky jsou dnes do vodovodního systému města připojeny i vrty ČT-1, ČT-2B a ČT-5, vyhloubené v prostoru prameniště Vrbovka – Javorka. I při jejich hloubení se naplnila někdejší pověst, ve které se říká, že voda v prameništi Vrbovka a Javorka kdysi vyvěrala v blízké obci Kozlov, pak se však voda ztratila a začala vytékat v České Třebové. Občané Kozlova najali „havíře“, který měl vodu nalézt a přivést zpět do Kozlova. Po dlouhém kopání musel „havíř“ konstatovat, **že pramen Vrbovka skutečně nejde přemístit**. Ani novými vrty se pramen Vrbovka podchytit nepodařilo a voda nadále samovolně vyvěrá na povrch. Podotýkám, že napříč několik desítek metrů mocným souvrstvím totálně nepropustných miocenních jílovců. Prostě div přírody, na který náš rozum nestačí....

Jímací území Litovel – Čerlinka

Zdroje vody jímacího území Litovel – Čerlinka jsou situovány cca 1 km severozápadně od Litovle, v katastru obce Červenka a města Litovle. Dle historických a mapových podkladů tok Čerlinky pramenil v lužních lesích západně od obce Červenka a za hlavní zdrojnicí byla považována studánka tzv. „Svatá voda“, resp. „Zázračná studánka“. První záměry o vodárenském podchycení tohoto prameniště spadají již do počátku 20. století (kolem roku 1910). Do ukončení několika etap regionálního hydrogeologického průzkumu širší zájmové oblasti, realizovaných v druhé polovině minulého století se voda odebírala nejprve ze spouštěných studní, které byly zahloubeny pouze do kvartérních štěrkopískových náplavů

a nedosáhly skalního podkladu, i když voda geneticky pochází z podložních devonských vápenců. Dnes je z těchto zdrojů provozována pouze 5 m široká a 5,5 m hluboká tzv. sběrná studna SbS z roku 1955, situovaná na původním pramenním vývěru a tato studna sama o sobě je schopna dodávat více než polovinu z celkového povoleného množství vody ve výši 267 l/s. V letech 1979 – 1988 proběhlo v území několik etap regionálního hydrogeologického průzkumu, v jehož rámci byly vyhloubeny další jímací objekty, tentokrát vrtané studny s hloubkou 40 – 152 m jímajícími vodu z devonských vápenců. Z nich je v současnosti provozováno 5 vrtů řady HV, avšak jejich specifická vydatnost je výrazně nižší než v případě nejstarší studny SbS. Pro pochopení geneze vody v jímacím území Litovel – Čerlínka uvádím schematický řez územím tvorby, komunikace a přirozené drenáže podzemní vody, z kterého vyplývá, že voda se vytváří a obíhá v prostředí krasově propustných devonských vápenců, postupně stéká do údolí Moravy, zde se drénuje do průlinově propustných údolních náplavů řeky Moravy s přelivem do povrchového toku ale i ve zdánlivě homogenních štěrkopiscích existují privilegované cesty proudění podzemní vody. Tou nejpropustnější zónou je místo vývěru tzv. Svaté vody, dnes studny SbS.



Jímací území Olomouc - Černovír

Historie skupinového vodovodu Olomouc sahá do konce 19. století, kdy byl objeven významný zdroj podzemní vody v severním okolí Olomouce u Černovíru. V roce 1889, po tříleté výstavbě, byla dána do užívání první část městského vodovodu s 9 m hlubokou a 2,7 m širokou jímací studnou E0, strojovnou, parní čerpací stanicí o kapacitě 30 l/s a s navazujícím výtlačným řadem do dvoukomorového zemního vodojemu o objemu 1500 m³. Studna byla později doplněna 6 studnami spojenými násoskami situovanými

při jižním okraji prameniště. Přestože se na první pohled jedná o rovinaté území tvořené štěrkopískovými náplavy Moravy a Oskavy, v podzemí se skrývá poměrně složitá geologická stavba, související s někdejší paleogeografickým vývojem zdejšího území. Průlinově propustné štěrkopísky o mocnosti až 100 m se totiž zachovaly v přehloubeném údolí Oskavy severo - jižní orientace, sahající od Dlouhé Loučky na severu území až po Černovír a Chválkovice. Právě v prostoru dnešního jímacího území Černovír, těsně před Olomoucí, se báze štěrkopískového koryta zdvihá, přibližuje se k povrchu terénu, tím se snižuje průtočný profil a voda se tlačí do přelivu. V jeho místě byla voda před více než 100 lety zachycena. V posledních desetiletích minulého století, místo aby se udržoval řádný stav historických jímacích objektů, bylo prameniště doplňováno novými a novými vrtnými studnami, kterých je v současnosti více než 40 a jejich stav odpovídá někdejšímu rychlokvaškovému období. Žádný z těchto objektů nedosáhl ani zdaleka vydatnosti původních zdrojů a navíc se s hloubkou uložení podzemní vody ve vodě začaly objevovat nežádoucí složky, především železo a mangan.

Naštěstí v posledních letech dochází k zásadní změně koncepce využití jímacího území, vracíme se „ke kořenům“ a obnova studny E0 spolu s připojenými násoskami umožní odběr více než poloviny z celkové využitelné vydatnosti jímacího území ve výši 190 l/s.

Jímací území Rýchory

Rýchorské prameniště je klasickým příkladem historického jímání podzemních vod pomocí systémů jímacích zářezů a pramenních jímek. Bylo vybudováno v letech 1915 – 1917 a od počátku svého provozu až dosud slouží k zásobování města Trutnova pitnou vodou. Prameniště se nachází při západním okraji Horního Maršova takřka v celé délce Vodovodního údolí, jímž prochází Maxův potok. Voda z jednotlivých jímacích zářezů a celkem 9 sběrných jímek je gravitačně sváděna litinovým potrubím DN 50 – DN 100 do nejnižší položené přerušovací komory nazývané vodní zámek (Wasserschloss) s výzdobou v novogotickém slohu. Uvnitř vodního zámku je umístěna kruhová nádrž s centrální trychtýřovou fontánou. Z fontány a ze stěn nádrže padá voda k jejímu dnu, odkud je pak bez dalších úprav (s výjimkou desinfekce) vedena přivaděčem DN 200 do trutnovské vodovodní sítě. Převýšení nejvýše položené sběrné jímký, nacházející se pod Rýchorskou boudou ve výšce cca 950 m n. m. a vodního zámku (cca 580 m n. m.) je 370 m. Maximální vydatnost prameniště činí cca 60 l/s a kolísá v závislosti na množství srážek. Čemu za tak mimořádnou vydatnost vděčíme? Především místní geologické stavbě, kdy do komplexu staropaleozoických, zpravidla slabě metamorfovaných hornin, jsou zvrásněny polohy krystalických vápenců. Ty jsou místy zkrasovatělé a vznikající krasové dutiny tak v sobě akumulují podzemní vodu nejenom z míst vsaku srážkové vody do těchto vápenců v místech jejich povrchových výchozů, ale především z okolních slabě puklinově propustných fylitů, pro které soubor vápenců představuje drenážní prostor. Jedná se tak o jednu z mála vod v oblasti celých Krkonoš, jejíž reakce je alkalická (pH 7,8), ale současně o vodu prostou těžkými kovy a radioaktivními prvky, které se jinak v podzemních vodách v oblasti Krkonoš poměrně často vyskytují.

Někdejší úvahy o posílení prameniště hlubší vrtnou sondáží, se snahou zachytit vodu v suchých obdobích na hlubších oběhových cestách, se ukázaly jako nereálné, výskyt zdejší podzemní vody je naprosto striktně vázán na výskyt vápenců, tak jako třeba v jímacím

území Štěpanická Lhota pro město Jilemnice a místo současného jímání je tak prostorově nenahraditelné.

Co u uvedených příkladů pro vodárenskou praxi vyplývá

Prostorový režim podzemní vod v jímacích oblastech má své jasně dané zákonitosti. Mezi hlavní fenomény podmiňující soustředěný výskyt podzemní vody v prameništích jsou geologické a morfologické poměry. Zjednodušeně lze říci, že horninové prostředí musí být dostatečně propustné tak, aby byl umožněn živý oběh podzemní vody, jímací území musí mít dostatečně velké infiltrační zázemí a morfologie prostředí musí umožnit akumulaci podzemní vody.

Obecně lze horninový soubor, ve kterém podzemní voda proudí a akumuluje se, označit za prostředí heterogenní a filtračně anizotropní. Heterogenita způsobuje to, že se propustnost horninového prostředí místo od místa liší, střídají se horninové bloky minimálně propustné, kterými voda stěží prosakuje, s puklinovými a průlinovými zónami, kterými podzemní voda proudí až o několik řádů rychleji než v horninových blocích. Filtrační anizotropie pak vyjadřuje to, že voda v některých směrech proudí horninovým prostředím podstatně rychleji a ve větším množství než ve směrech jiných. Běžně je to pochopitelné u horninového souboru puklinově, případně krasově či pseudokrasově propustného, ve kterém je na první pohled zřejmé, že v otevřené puklině proudí voda podstatně rychleji než v puklině sevřené nebo vyplněné například jílovitými produkty větrání okolní horniny. Méně známé je to, že i v průlinovém prostředí jsou některé zóny nebo polohy ve srovnání se svým okolím významněji propustné, což souvisí například s granulometrií nezpevněných sedimentů u svahových pohybů, s paleogeografickým vývojem říčních koryt a usazujících se šterkopískových sedimentů v závislosti na rychlosti proudění vody někdejšího říčního toku, apod.

A teď se vžijme do role našich vodárenských předchůdců, kteří pomocí měření, mapování, sledování vegetačního pokryvu, za využití virgule a jiných postupů či indicií hledali místa pro budování centrálních zdrojů vody. Není těžká odpověď na otázku, kde asi. No primárně asi tam, kde podzemní voda vyvěrala na povrch, v místech narušení horninového masívu ať již tříštivou tektonikou nebo zvětrávacími pochody, v místech propustných hornin typu písků, štěrků, pískovců či slepenců především v kombinaci s jejich pánvovitým uložením, apod. Jinými slovy, ta nejlepší místa již byla v minulosti vybrána a my tak trochu paběrkujeme a snažíme se najít jiná, stejně kvalitní místa jako naši předchůdci. Jenomže to nejde vždy a všude, výše uvedené příklady z českého a moravského venkova jsou toho jasným důkazem. Prostě jímací objekt situovaný v absolutně nejpropustnější části horninového masívu a navíc v příznivé morfologické pozici, v místě kde voda po tisíciletí vymývá výstupovou cestu podzemní vody k povrchu a snižuje tak tření na horninových stěnách či horninových zrnech je unikátem, kterými musíme respektovat. Jestliže se tedy tento příspěvek jmenuje „Optimalizace jímacích území podzemní vody nemá alternativu“, je to přesně z tohoto důvodu. Nesnažme se slepě a často marně alternativu hledat a využijme rozumu a zkušeností našich předchůdců a neopouštějme ta nejlepší, praxí ověřená místa pro budování či dnes spíše pro obnovu jímacích objektů podzemní vody.

Jak tedy při úvahách o optimalizaci jímacích území postupovat

Prvním a základním krokem musí být vždy pasport současného jímacího území a podrobné vyšetření geneze vody, protože množství a jakost vody jsou na ní bytostně závislé. Uvedu tři typové případy:

- jestliže pochopíme a s dostatečnou věrohodností ověříme genezi podzemní vody v jímacím území a výsledek této analýzy je z hlediska našich budoucích potřeb příznivý, což znamená, že jímací území je v důsledku místních hydrogeologických poměrů, infiltračního zázemí a reálných podmínek ochrany vodního zdroje schopno poskytnout požadované množství podzemní vody vyhovující jakosti, byť se třeba vydatnost prameniště s ohledem na stav jímacích objektů snižuje pod hranici potřeby nebo se zhoršuje jakost vody, neváhejme, nehledejme jiné řešení, začněme pracovat na optimalizaci jímacího území a považujme to za postup optimální, dlouhodobě nezvratný. Znamená to, regenerovat, případně přebudovat stávající jímací objekty, vyřešit jejich účinnou ochranu, a pokud to bude třeba, vyprojektujme nejprve v místech podrobně prozkoumaných (geofyzika, úzkoprofilová sondáž, hydrometrování, apod.) místo pro doplňkový zdroj a teprve poté ho v optimálních parametrech vybudujme;
- v případě, že výsledek analýzy je příznivý pouze částečně, tzn., že sice není naplněna celková celoroční potřeba vody nebo její jakost, ale jímací území větší část roku funguje, což je případ většiny gravitačních pramenišť, další využití tohoto zdroje právě v intencích udržitelného rozvoje je žádoucí. Znamená to opět regenerovat, případně přebudovat nebo i dobudovat stávající jímací objekty, využívat je na maximum možného a příliš nezkoumat výši okamžitých investic. Budoucnost vaše rozhodnutí požehná;
- teprve v případech, kdy analýza geneze vody a možnosti jejího dalšího využití nepřinese příznivý výsledek, je třeba hledat novou variantu řešení. Ta by měla mít tyto kroky:
 - o ověřit možnost lokálního řešení (nový jímací objekt v blízkosti spotřebiště);
 - o ověřit možnost centrálního řešení (napojení na některý z blízkých jímacích objektů nebo vodovodních systémů);
 - o realizace připojení spotřebiště na nový zdroj či vodovodní systém;
 - o zrušení původního vodního díla a jeho fyzická likvidace.

Závěr

Podzemní voda, její výskyt v přírodě a zákonitosti jejího časově prostorového režimu jsou a zůstanou vždy mimo naše přímé pozorování. Základním nástrojem pro zkoumání podzemní vody je empirie, zatímco exaktnost zatím zůstává jen pomocnou berličkou, byť mnohdy velmi důležitou. Dejme proto na zkušenost, neopouštějme zdrojová místa podzemní vody dlouhodobě ověřená svým vodárenským potenciálem a upravme, obnovme, přestavějme a případně doplňme historická jímací území a objekty zde vybudované. Je to opravdu to nejlepší, co můžeme pro zásobování našich obyvatel pitnou vodou udělat.

Nehleďme na momentální náklady, na časovou náročnost, na mnohdy zdánlivě neefektivní ruční práci, z dlouhodobého hlediska, technického i ekonomického, využití těch nejlepších míst, které nám příroda nabízí, opravdu nemá alternativu. Prostě nemá!

PÉČE O HISTORICKÉ VRTANÉ STUDNY, MOŽNOSTI JEJICH ÚDRŽBY, PŘESTAVBY NEBO NÁHRADY NA PŘÍKLADU JÍMACÍHO ÚZEMÍ PODLAŽICE



PODZEMNÍ VODY VE VODÁRENSKÉ PRAXI
2016
JABLONNÉ NAD ORLICÍ

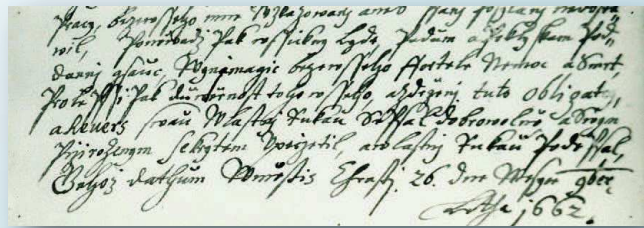
Proč právě Podlažice?

- V České republice je málo vodárensky tak významných území jako Podlažice u Chrasti v okrese Chrudim. V povědomí široké veřejnosti jsou Podlažice zapsány spíše jako raně středověké kulturně-historické centrum, kde v benediktinském klášteře byla počátkem 13. století sepsána jedna z největších středověkých knih na světě – Dáblova bible.
- V podvědomí vodohospodářů, geologů a hydrogeologů se při slovu Podlažice vybaví území, které poskytuje veliké množství kvalitní podzemní vody, a kde během posledních sta let bylo provedeno mnoho prací směřujících k podchycení a převedení podzemních vod pro zásobování místních obyvatel – města Chrasti, posléze Chrudimi a nakonec Pardubic a Hradce Králové.



Historie odběrů podzemní vody v Podlažicích a okolí

- Počátek vodárenské tradice v území Podlažic a okolí se datuje od roku **1662**, kdy byl dán souhlas k výstavbě zámeckého vodovodu a k výstavbě staré zámecké vodárenské věže.
- Tehdy byla **povrchová voda** ze Žejbra převáděna do biskupské rezidence a zahrady pomocí pístové pumpy a vodního kola. Sucha, epidemie nakažlivých nemocí a časté požáry motivovaly obecní zastupitelstvo Chrast k úvahám o vybudování vodárny a vodovodního systému.
- V lednu 1883 bylo započato s vrtáním artéské studny na zahradě městských lázní.



Povolení stavby staré vodárny datované rokem 1662.



Historie odběrů podzemní vody v Podlažicích a okolí

- Ze **40. let 20. století** již máme k dispozici fotodokumentaci, ze které je zřejmý způsob hloubení **dalšího z vodárenských vrtů**, charakter použitých materiálů a vystrojení. Nejsou však k dispozici údaje o čerpacích zkouškách, ze kterých by bylo patrné množství přetokové (artéské) či čerpané vody.

Vrtání ve 40. letech 20. století

