

# **Rebilance zásob podzemních vod rozšířený abstrakt**

řešitel: Česká geologická služba

zpracoval: Kadlecová Renáta a kol.

Červen 2016

## 1. Úvod

Projekt Rebilance zásob podzemních vod probíhal v období 7/2010–6/2016 dle rozhodnutí o poskytnutí dotace schváleného Ministerstvem životního prostředí (MŽP) a Ministerstvem financí ze dne 2. prosince 2010 s identifikačním číslem EDS/SMVS 115V122001275 (resp. EIS 10051606-SFŽP) a smlouvy číslo 10051606 o poskytnutí podpory ze Státního fondu životního prostředí (SFŽP) v rámci Operačního programu Životní prostředí (OPŽP) ze dne 23. listopadu 2010.

Projekt byl spolufinancován Evropskou unií – Evropským fondem pro regionální rozvoj, SFŽP a MŽP v rámci OPŽP, prioritní osa 6 – Zlepšování stavu přírody a krajiny, oblast podpory 6.6 – Prevence sesuvů a skalních řízení, monitorování geofaktorů a následků hornické činnosti a hodnocení neobvyklých přírodních zdrojů včetně zdrojů podzemních vod, číslo výzvy 14.

Nositelkou projektu byla Česká geologická služba (ČGS), která zajišťovala jak koordinaci všech prací na projektu, tak část odborných prací vlastními specialisty. Na řešení projektu se podílela řada vědeckých institucí a odborných firem.

Řešení projektu probíhalo v režimu geologických prací v souladu se zákonem č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, ve znění pozdějších předpisů. Následující tabulka č. 1 podává přehled o celkových nákladech na řešení projektu za období 1.7.2010 až 16.12.2015.

Tab. 1 Přehled celkových nákladů projektu za období

Celková částka s DPH	Způsobilé výdaje	Nezpůsobilé výdaje
541 043 009,75 Kč	520 190 348,32 Kč	19 948 246,93 Kč

### Vymezení území

Projekt hodnotil přírodní zdroje podzemních vod v 58 hydrogeologických rajonech (obr. 1), což představuje 38 % rajonů z celkového počtu 152 rajonů vymezených na území České republiky dle vyhlášky č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod.



Obr. 1. Situace detailně hodnocených rajonů

Hodnoceny byly rajony, kde je podzemní voda jediným zdrojem pro zásobování obyvatel pitnou vodou nebo, kde odběry podzemní vody výrazně převyšují odběry povrchové vody.

## Cíle projektu

1. Zajištění aktuálních a stěžejních podkladů pro státní správu ve věcech rozhodování o nakládání s podzemními vodami ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, přibližně na jedné třetině státního území.
  - Pro 55 hydrogeologických rajonů stanovení základních charakteristik, které umožní stanovit vodní bilanci pro 2. cyklus plánů povodí.
  - Stanovení velikosti přírodních a využitelných zásob podzemních vod u 58 hydrogeologických rajonů včetně podmínek, za jakých je možné podzemní vody ve vybraných hydrogeologických rajonech využívat s ohledem na trvale udržitelný rozvoj, resp. v souladu s rámcovou směrnicí EU pro vodu 2000/60/ES.
2. Příprava metodické a organizační platformy pro systémové hodnocení zásob podzemních vod a jejich využitelného množství s ohledem na trvale udržitelný rozvoj, resp. v souladu s rámcovou směrnicí EU pro vodu 2000/60/ES.

## 2. Přehled prací, metodické postupy

Projekt Rebilance zásob podzemních vod zahrnoval rozsáhlý soubor prací rozdělených podle typu do 11 aktivit (tab. 2). Jednotlivé typy prací na sebe navazovaly a vzájemně se prolínaly.

Tab. 2 Přehled prací realizovaných v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod

Aktivita	Název aktivity
1	Shromáždění archivních dat, jejich 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 dálkového průzkumu země, geofyzikou a terénním průzkumem
4	Přímé testování kolektorů průzkumnými hydrogeologickými vrty a výstavba průzkumných hydrogeologických objektů
5	Sestavení koncepčního hydrogeologického modelu
6	Hydrologický model
7	Hydraulický model
8	Vyhodnocení kvalitativního stavu útvarů podzemních vod, sestavení hydrochemického modelu
9	Vyhodnocení ochrany podzemních vod a stavu významných přírodních ekosystémů
10	Shrnutí výsledků geologických prací a sestavení závěrečné zprávy, zpracování detailních metodik pro hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod v rámci různých skupin hydrogeologických rajonů
11	Propagace, publicita, web, konference, publikace

Schválený projekt měl detailně hodnotit přírodní a využitelné zdroje podzemních vod v 56 hydrogeologických rajonech platných dle vyhlášky č. 5/2011 Sb. Během prvních let řešení projektu se ukázala nezbytnost rozšíření počtu detailně hodnocených rajonů o dva hydrogeologické rajony (HGR) 6640 – Mladečský kras a HGR 4620 - Křída Dolního Labe po Děčín - pravý břeh, neboť z těchto rajonů přetéká významné množství podzemní vody do sousedních hodnocených rajonů.

Následující text podává stručný přehled o provedených pracích v rámci jednotlivých aktivit včetně použitých metodických postupů.

## **2.1. Aktivita 1 - Archivní data, databáze**

Tyto práce zahrnovaly inventuru archivních dat, výběr relevantních datových souborů, sestavení informačního systému úkolu na platformě GIS včetně rešerše důležitých hydrogeologických prací, přiřazení dat ke kolektorům v rámci příslušných hydrogeologických rajonů tak, aby mohly být zpracovány nástroji GIS.

Rešeršní práce umožnily vytipovat hlavní okruhy chybějících informací u hodnocených rajonů a efektivně projektovat nové průzkumné vrtné práce včetně geofyzikálních měření do míst s malou vrtnou prozkoumaností či tam, kde je nejasná stratigrafie anebo nejasná tektonická stavba území.

Všechna archivní i nově vznikající data byla ukládána do centrálního datového skladu projektu (CDS). Pro ukládání dat projektu Rebilance zásob podzemních vod se zvolil tříúrovňový logický datový model CDS. Zpřístupnění dat odborným geologickým a hydrogeologickým pracovníkům probíhalo pomocí informačních systémů pro další zpracování a vytváření odvozených výstupů.

Data vrtné databáze, hydrologická a klimatická data byla spravována, zpřístupněna a zpracovávána pomocí aplikační nadstavby gdBase5 nad databází MS SQL Server, zatímco prostorová data se vytvářela a ukládala v souladu s pravidly ČGS pro budování podnikového GIS ve formátech ESRI shapefile či ESRI souborové geodatabáze. Jejich konečná podoba se vracela do centrální geodatabáze nad relační databází PostGreSQL.

Kromě zmiňovaného zpracování dat v aplikační nadstavbě gdBase5 probíhalo v rámci projektu především zpracování a analýzy dat v GIS (vytváření digitálního výškového modelu z dat DMR4G, opravy hranic geologických jednotek pomocí metody tzv. redliningu, prostorové či atributové výběry, konverze dat pro použití v různých SW – georeferencování rastrů, převody typů geometrie aj.), prostorové analýzy a kontroly vrtných dat a vytvořených primárních koncepčních modelů apod. V průběhu celé doby řešení projektu vznikly v GIS účelové digitální či tištěné výstupy hodnocených území s využitím moderních nástrojů ArcGIS pro automatizaci produkce map (skripty v rámci sady nástrojů Řízené mapové listy). Detailní popis prací souvisejících se správou a údržbou dat v průběhu projektu obsahuje kapitola 3.5 závěrečné zprávy projektu.

## **2.2. Aktivita 2 - Zpracování zdrojové části hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod**

Pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod, které byly pro tento účel ztotožněny s hydrogeologickými rajony, tvoří základní vstup údaje o zdrojích podzemních vod. V případě zpracování 1. cyklu plánů povodí se používala dostupná data z rozličných zdrojů, která byla nesourodá jak časově i metodicky, tak i z důvodu spolehlivosti a hodnověrnosti.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) uváděl hodnoty přírodních zdrojů podzemní vody v potřebné struktuře pro 97 rajonů. Pro 55 rajonů v kvartérních, propojených kvartérních a neogenních sedimentech, kde nebyl vyřešen způsob jejich hodnocení, ČHMÚ hodnoty neuváděl, neboť chyběly dostatečné podklady pro jejich stanovení či alespoň přibližné hodnocení.

Projekt tak stanovil různými hydrologickými metodami pro 2. cyklus plánů povodí na konci roku 2013 u výše zmíněných 55 hydrogeologických rajonů základní výchozí data pro zjednodušené stanovení dlouhodobých průměrných přírodních zdrojů podzemních vod v těchto rajonech. Zároveň došlo k přepočtu průměrných přírodních zdrojů ve všech rajonech na dlouhodobý normál 1981 až 2010 pro platné rajony dle vyhlášky č. 5/2011 Sb. Plánované přehodnocení zmíněných nedostatečně hodnocených rajonů vyplývalo i z požadavku Ministerstva zemědělství (MZe) na zkompletování hodnocení všech 152 rajonů v roce 2013 pro aktuální hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro 2. cyklus plánů povodí.

V rámci řešení projektu vznikly metodické postupy: Kašpárek, L. – Datel, J. V. a kol. (2013a): Metodika a výsledky zpracování podkladů pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod; Kašpárek, L. –

Datel, J. V. a kol. (2013b): Metodika stanovení průměrné hodnoty přírodních zdrojů podzemních vod kvartérních hydrogeologických rajonů. Výše uvedené postupy uvádí závěrečná zpráva za projekt Rebilance zásob podzemních vod.

Následující tabulka č. 3 podává přehled o velikosti přírodních zdrojů podzemních vod stanovených pouze na základě hydrologických metod s přepočtem na období 1981–2010 pro 55 rajonů, u kterých ČHMÚ nestanovoval přírodní zdroje podzemních vod.

Tab. 3 Přírodní zdroje podzemních vod stanovené hydrologickými metodami pro 2. cyklus plánů povodí

	Číslo rajonu	Název rajonu	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Qz [l/s]	Qz <sub>spec</sub> [l/s.km <sup>2</sup> ]
1	1110	Kvartér Orlice	295	706	2,4
2	1121	Kvartér Labe po Hradec Králové	146	345	2,4
3	1122	Kvartér Labe po Pardubice	128	296	2,3
4	1130	Kvartér Loučné a Chrudimky	182	431	2,4
5	1140	Kvartér Labe po Týnec	147	320	2,2
6	1151	Kvartér Labe po Kolín	88	132	1,5
7	1152	Kvartér Labe po Nymburk	239	308	1,3
8	1160	Kvartér Urbanické brány	105	191	1,8
9	1171	Kvartér Labe po Jizeru	89	111	1,2
10	1172	Kvartér Labe po Vltavu	294	323	1,1
11	1180	Kvartér Labe po Lovosice	58	59	1,0
12	1190	Kvartér a neogén odravské části Chebské pánve	127	340	2,7
13	1211	Kvartér Lužnice	27	39	1,4
14	1212	Kvartér Nežárky	33	53	1,6
15	1230	Kvartér Otavy a Blanice	95	143	1,5
16	1310	Kvartér Úhlavy	26	71	2,7
17	1320	Kvartér Radbuzy	12	11	0,9
18	1330	Kvartér Mže	17	13	0,8
19	1410	Kvartér Liberecké kotliny	21	79	3,8
20	1420	Kvartér a miocén Žitavské pánve	21	66	3,1
21	1430	Kvartér Frýdlantského výběžku	172	652	3,8
22	1510	Kvartér Odry	263	505	1,9
23	1520	Kvartér Opavy	125	207	1,7
24	1550	Kvartér Opavské pahorkatiny	302	666	2,2
25	1610	Kvartér Horní Moravy	92	142	1,5
26	1621	Pliopleistocén Hornomoravského úvalu - severní část	357	368	1,0
27	1622	Pliopleistocén Hornomoravského úvalu - jižní část	289	205	0,7
28	1623	Pliopleistocén Blaty	100	56	0,6
29	1624	Kvartér Valové, Romže a Hané	84	36	0,4
30	1631	Kvartér Horní Bečvy	52	101	1,9
31	1632	Kvartér Dolní Bečvy	53	57	1,1
32	1641	Kvartér Dyje	167	45	0,3
33	1642	Kvartér Jevišovky	102	36	0,4
34	1643	Kvartér Svatky	152	53	0,3
35	1644	Kvartér Jihlavy	51	17	0,3
36	1651	Kvartér Dolnomoravského úvalu	168	118	0,7
37	1652	Kvartér soutokové oblasti Moravy a Dyje	217	121	0,6
38	3110	Pavlovské vrchy a okolí	62	43	0,7
39	4210	Hronovsko-poříčská křída	40	168	4,2
40	4221	Podorlická křída v povodí Úpy a Metuje	253	687	2,7
41	4291	Králický prolom - severní část	61	369	6,0
42	4292	Králický prolom - jižní část	45	259	5,8
43	4340	Čáslavská křída	276	295	1,1

	Číslo rajonu	Název rajonu	Plocha [km <sup>2</sup> ]	Qz [l/s]	Qz <sub>spec.</sub> [l/s.km <sup>2</sup> ]
44	4420	Jizerský coniak	152	571	3,8
45	4530	Roudnická křída	406	273	0,7
46	4540	Ohárecká křída	476	257	0,5
47	4611	Křída Dolního Labe po Děčín - levý břeh, jižní část	280	278	1,0
48	4620	Křída Dolního Labe po Děčín - pravý břeh	290	597	2,1
49	4710	Bazální křídový kolektor na Jizeře	1882	169	0,1
50	4720	Bazální křídový kolektor v od Hamru po Labe	1340	218	0,2
51	4730	Bazální křídový kolektor v benešovské synklinále	949	161	0,2
52	5152	Náchodský perm	60	184	3,1
53	6211	Krystalinikum Českého lesa v povodí Kateřinského potoka	219	1102	5,0
54	6213	Krystalinikum Českého lesa v povodí Schwarzach	189	851	4,5
55	6640	Mladečský kras	75	115	1,5

Qz<sub>spec.</sub> – základní odtok stanovený pro 2. cyklus plánů povodí

### 2.3. Aktivita 3 - Doplnění archivních informací novými metodami dálkového průzkumu Země, geofyzikou a terénním průzkumem

Doplnění archivních informací terénním průzkumem zahrnovalo geofyzikální a hydrologická měření, terénní rekognoscaci, odběry vzorků podzemních a povrchových vod ale také zpracování dat satelitních snímků hodnocených hydrogeologických rajonů - dálkový průzkum země (DPZ).

V rámci doplňkových geologických prací probíhalo ověřování reinterpretací geologických a hydrogeologických poměrů v terénu a vznikala nová podkladová a doplňující data. Při řešení těchto prací byly používány standardní i nové moderní metody jako např. DPZ. Výsledky této aktivity se plně uplatnily při tvorbě koncepčních, hydrologických a hydraulických modelů i při výpočtech přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelnému množství.

Analýza distančních dat DPZ se zaměřila vzhledem k cíli projektu na identifikaci a klasifikaci možných indicií tektonických nehomogenit horninového prostředí. Právě míra a charakter tektonického porušení hornin patří mezi klíčové faktory ovlivňující proudění podzemních vod. Z důvodu výrazné zakrytosti hodnoceného území vegetačním pokryvem byla analyzována družicová data a digitální model reliéfu (DMR). Metodicky se odborné práce zaměřily na dvě oblasti zpracování – a to vytvoření bezešvé mozaiky digitálního modelu reliéfu na podkladě výškových dat z digitální sady DMÚ-25 s morfometrickou analýzou a zpracování radarových dat ALOS PALSAR pro potřeby morfotektonické interpretace. Použité metodické postupy uvádí závěrečná zpráva projektu v kapitole 4.5.

Morfometrické odvozeniny z DMR spolu s daty derivovanými z radarových dat byly použity k celkové morfotektonické interpretaci pro hodnocené rajony. Pro tyto rajony tak vzniklo 155 mapových listů v měřítku 1 : 50 000 výsledků zpracování distančních dat, zároveň GIS vrstev a WMS služeb k následným analýzám, interpretacím a zpřesnění geologické stavby zpracovávaných rajonů.

Metodiky geofyzikálních prací a hodnocení DPZ použité během řešení projektu popisují kapitoly 4.4 a 4.5 závěrečné zprávy projektu.

Koncepce projektu umožnila po dlouhé časové pauze od 90. let 20. století opět využít při regionálním průzkumu kombinaci komplexu standardních a moderních metod, umožňující aktualizaci a zpřesnění geologické stavby hodnocených rajonů a následně i zpřesnění hydrogeologických poměrů.

Geofyzikální měření by měla patřit vždy mezi standardní metody používané při regionálním průzkumu, jak potvrzují i výsledky projektu. Bohužel geofyzikální práce díky své sofistikovanosti patří mezi metody finančně nákladné, a tak se v posledních letech z průzkumných prací spíše vytrácí. I proto je tento druh geologických prací v následující podkapitole 2.3.1 obšírněji popsován, aby byl patrný význam těchto prací zejména v rámci regionálních průzkumů.

### **2.3.1. Geofyzikální metody a jejich použití v projektu**

Geofyzikální měření v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod mělo za úkol vyhledat a ověřit hydrogeologické struktury nedestruktivními metodami. Výsledky se využívaly pro prostorové modelování hydrogeologických struktur, tj. určení jejich hloubkového dosahu, homogenity kolektorů, lokalizaci významných tektonických poruch a zjištění plošného rozsahu. Součástí geofyzikálních měření bylo laboratorní měření fyzikálních vlastností horninových vzorků (z povrchu i vrtů), které sloužilo ke korelaci získaných údajů.

Regionální struktury byly vyhledávány především plošným tíhovým měřením, leteckou geofyzikou a reflexním seismickým průzkumem s hlubším dosahem.

Tíhová měření (gravimetrie) se používala v oblastech, kde nebyl proveden starší detailní průzkum a získaná nová data byla navázána na archivní údaje pomocí zpracování stejné metodiky tak, aby bylo možno je využít v celém plošném rozsahu studovaných hydrogeologických rajonů. Tato měření se realizovala především v křídových rajonech severočeské a východočeské křídly. Výsledky se využívaly pro ověření regionálního rozsahu, hloubky a charakteru křídových sedimentů a průběhu významných regionálních tektonických poruch. V rámci tíhových měření se vypočítaly také tíhové modely nad významnými strukturami s pravděpodobným hloubkovým rozsahem křídových sedimentů, popř. neogenní sedimenty na jihovýchodním okraji Českého masívu (např. nesvačilský příkop).

Letecká geofyzika (magnetometrie a gamaspektrometrie) se využívala v oblastech, kde opět nebyla dostupná žádná starší měření a nová data byla navázána pomocí stejné metodiky na archivní. Přispěla k lokalizaci a rozsahu významných vulkanických struktur v oblasti severočeské křídly a určení rozsahu a charakteru tělesa teplického ryolitu.

Ve spolupráci s německými kolegy z Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freiberg, se vyhodnocovala hydrogeologická a balneologická struktura teplického ryolitu i v přeshraničním rozsahu, kdy byly vytvořeny spojené geofyzikální mapy pro celé území na české i německé straně. Hluboký reflexní seismický průzkum ve východočeské křídě významně přispěl k vyhodnocení křídových sedimentů a umožnil sestavit přesnější model hydrogeologických kolektorů a izolátorů, určit tektonické porušení a stanovit hranice jednotlivých rajonů. Na základě hloubkového řezu a tíhového modelování se stanovila hloubka křídového podloží, zjistily se jednotlivé hřbety a příkopy, zlomy a příp. přerušovaný sled křídové sedimentace.

Detailní komplexní geofyzikální měření na lokálních plochách bylo koncipováno tak, aby jednotlivé zvolené geofyzikální metody mohly nalézt lokální hydrogeologické struktury do hloubek v rozsahu 10 až 500 m. Tato data se propojila s informacemi archivních i nově realizovaných vrtných prací, která umožnila přesnou korelaci výsledků. Geofyzikální průzkum byl rozdělen do několika kategorií v závislosti na hloubkovém dosahu. Mělká měření ověřila rozsah, hloubku a charakter sedimentů kvartéru Labe, Urbanické brázdy, soutokové oblasti Moravy a Dyje, kuřimské kotliny a okraje Dyjsko-svrateckého úvalu atd. Středně hluboká měření lokalizovala především na hloubkový dosah a tektonické poruchy křídových kolektorů v třeboňské pánvi, královodvorské a vysokomýtské synklinále, chrudimské, jizerské křídě a křídě Dlouhé meze. Hluboká měření vyhledala sedimentární deprese křídových sedimentu v oblasti Dolní Ploučnice a Horní Kamenice, Jizery, Hamru a Labe, plioleistocénu Hornomoravského úvalu, Blaty, Oderské brány a s. části Východních Sudet.

Plošná geofyzikální měření byla často situována na plochu jímacího území. Například pro plochu jímacího území Káraný byly výsledky geofyzikálních měření využity jak pro sestavení modelu hydrogeologické struktury v kvartéřních sedimentech jednotlivých teras, tak i pro hlubší křídový kolektor. Jímací území v okolí Dvora Králové, Kuksu a České Skalice je nyní díky výsledkům geofyzikálních měření možné přesně charakterizovat z hlediska hloubky jednotlivých křídových kolektorů a hraničních podmínek daných především složitou tektonikou. Na ploše Opočno (jímací území Litá) geofyzika významně přispěla k dalšímu poznání průběhu a tvaru tzv. opočenské struktury, jejího průběhu a uložení křídových kolektorů. Nové poznatky přinesla data geofyziky pro jímací území Hrušová-Pekla, kde byl přesně vymezen hydrogeologický

kolektor turonských pískovců. V oblasti Oderské brány a povodí Blaty geofyzikální data a nově realizované vrty pomohly sestavit model hydrogeologických struktur neogenních sedimentů a plioleistocénu, které jsou uloženy v poměrně velkých hloubkách (několik stovek metrů).

Díky výrazným odlišným petrofyzikálním vlastnostem, bylo možné na většině míst dobře lokalizovat hranice jednotlivých kolektorů a izolátorů. Získaná data ve formě hloubkových řezů byla součástí vstupních dat pro sestavení koncepčních hydrogeologických modelů. Zjištěný plošný rozsah a průběh tektonických poruch se využíval při modelování jako hraniční podmínka a rozdělení jednotlivých těles do homogenních bloků.

### **2.3. Aktivita 4 - Přímé testování kolektorů, průzkumné vrtné práce a výstavba vodoměrných profilů**

V rámci aktivity 4 bylo postaveno 80 vodoměrných profilů na drobných povrchových tocích, na nichž probíhal kontinuální záznam průtoků od 7/2011 do 6/2014. Na vybraných vodoměrných profilech pokračovalo měření až do 4/2015. Naměřené hodnoty sloužily částečně pro korelaci stanovených průměrných dlouhodobých hodnot přírodních zdrojů v aktivitě 2, dále pro výpočty hydrologických modelů zpracovávaných v aktivitě 6 pro hodnocené rajony a i pro vlastní výpočty přírodních zdrojů podzemních vod ve výše uvedených rajonech.

Během řešení projektu na základě výsledků rešeršních prací a doplňkových průzkumných prací bylo navrženo 210 průzkumných vrtů, k nimž se zpracovaly geologické a technické projekty (138 průzkumných hydrogeologických a 72 geologických vrtů jádrových). Celkem se odvrtalo 212 průzkumných vrtů o hloubce od 10 do 455 m, resp. odvrtalo se 26 076 bm (26 km vrtů). Každý průzkumný vrt má zpracovanou zprávu o vyhodnocení průzkumných prací, jež je součástí přílohy č. 1 závěrečné zprávy za projekt.

Na průzkumných vrtech proběhla geologická dokumentace včetně odběru vzorků hornin na analýzy a karotážní měření. Na hydrogeologických vrtech se prováděly kromě karotážních měření hydrodynamické zkoušky, odběry vzorků podzemních vod k chemickým analýzám. Během hydrodynamických zkoušek také probíhal monitoring sousedních existujících hydrogeologických objektů a výsledky měření obsahují již zmiňované zprávy za průzkumné vrty.

Všechna vrtná jádra z geologických vrtů jsou uložena jako hmotná dokumentace v délce 9 940 bm v archivu hmotné dokumentace ČGS. Vznikl tak v rámci projektu jedinečný materiál dokumentující litologii, resp. geologický vývoj v hodnocených rajonech a zároveň i materiál k další vědecké práci.

Dle výsledků průzkumných vrtných prací a jejich vyhodnocení bylo vybráno 119 hydrogeologických vrtů, které jsou osazeny datalogery pro kontinuální měření hladiny podzemní vody v hodinovém intervalu. Na těchto vrtech probíhá a bude probíhat do konce roku 2020 monitorování hladin podzemních vod. V závěru monitoringu podzemních vod se na těchto vrtech předpokládá návrh signálních hladin podzemních vod pro sledování dotace přírodních zdrojů podzemních vod v příslušných kolektorech, resp. rajonech. Všechny průzkumné geologické jádrové vrty a negativní hydrogeologické vrty byly zlikvidovány v souladu se směrnici Českého geologického úřadu č. 8/1985 – likvidace vrtu a s platnou národní legislativou. Primární dokumentace k průzkumným vrtům, která je uložena v ČGS, obsahuje kromě projektové dokumentace, záznamů z průběžných kontrol vrtů, dílčích měření i zpracované projekty likvidace a protokoly z průběhu likvidačních prací.

Ke geofyzikálním měřením použitým v rámci průzkumných vrtných prací patřil i komplex karotážních metod aplikovaný v průzkumných vrtech. V rámci projektu proběhla karotážní měření jak na nových průzkumných vrtech s hloubkou od 10 do 455 m, tak i na vybraných již existujících vrtech. Výsledky těchto měření poskytly věrohodný obraz o geologických a hydrogeologických poměrech, o skutečné konstrukci vrtů a o jejich funkčnosti. Bylo to poprvé, pokud se týká výběru metod, a v tak rozsáhlém souboru vrtů, kdy byl soubor karotážních metod aplikován. Na základě úzké spolupráce s geology a hydrogeology bylo tak možné podat ucelený obraz o geologické stavbě, tektonice i cirkulaci podzemních vod v dané lokalitě. Z tohoto hlediska a díky jednotnému způsobu vyhodnocení naměřených dat realizovaných jedním subjektem se vrty staly v zásadě „referenčními body“. Proto závěry z nich je možno aplikovat jako obecně platné i pro širší oblast.



Z pohledu metodického lze doporučit především u zakázek financovaných státem zejména v případě hydrogeologických vrtů vyžadování revizních karotážních měření již v hotovém hydrogeologickém vrtu. Vhodné je karotážní měření i v nevystrojeném vrtu, neboť hloubení hydrogeologických vrtů probíhá zpravidla technologií bezjádrového vrtání, kdy je často velmi obtížné rozpoznat litologické změny. Karotáž v nevystrojeném vrtu tyto změny dokáže odlišit a tím umožní vhodně přizpůsobit výstroj vrtu jak litologickým poměrům, tak účelu vrtu. Revizní karotáž hotového hydrogeologického vrtu ověří, zda vystrojení vrtu zahrnující i obsyp a jeho těsnění je z hlediska jeho účelu provedeno v požadované kvalitě.

V průběhu rozsáhlých vrtných prací se ukázalo, které technologie hloubení průzkumných vrtů jsou vhodné pro ten který typ horninového prostředí. Metodické postupy použité při hloubení průzkumných vrtů obsahuje kapitola 4.6 a metodiku tvorby a využití vrtného úložiště obsahuje kapitola 4.7 závěrečné zprávy za projekt.

Výsledky průzkumných geologických prací a hydrodynamických zkoušek sloužily pro precizaci geologických a následně koncepčních hydrogeologických modelů zpracovávaných v rámci aktivity 5. Níže jsou uvedeny vybrané výsledky z vrtného průzkumu, které byly důležité pro úpravu geologické stavby, resp. modelů hodnocených rajonů.

Vrtné práce přispěly ke zpřesnění okrajových podmínek sedimentů bazálního křídového souvrství (kolektor A), zejména vymezení rozsáhlé předkřídové novoměstsko-holické paleoelevace, na které sedimenty kolektoru A primárně chybí. Průzkumné vrty prokázaly větší mocnosti sedimentů kolektoru A v okolních paleodepresích, jež jsou součástí tzv. v. paleodrenážního systému.

V proximální části křídové pánve na jihovýchodě (HGR 4232, HGR 4280 a HGR 4270) je kolektor B (sedimenty turonu) tvořen dvěma litofaciemi s výskytem vápnatých pískovců, v distální části na severu a severozápadě pak spongilitickými prachovci a slínovci (opuky) s puklinovou porozitou.

V přechodových faciích kolektorů B, C, Ca a Cb v oblasti východočeské křídý byly ve vybraných vrtech odebrány a analyzovány vzorky hornin, takže v tomto smyslu představují tyto vrty jedny z nejlépe dokumentovaných profilů východočeské křídý. Výsledky chemických analýz hornin a vrtného průzkumu umožnily vytvoření chemostratigrafických profilů, které dokumentují ekvivalenci písčítých těles v pelitickém vývoji. V současnosti představují nejkompaktnější chemostratigrafické profily ve východočeské křídě.

Novým vrtným průzkumem byly zjištěny dosud neznámé velké výškové rozdíly 120–160 m na zlomech při severozápadním okraji HGR 4270 (zámrský a vanický zlom), se kterými je spojena tzv. malejovská flexura.

Geologické a hydrogeologické vrty v HGR 4232 ověřily litologický vývoj nejmladší křídové výplně tohoto rajonu (kolektoru D) a dokumentovaly syntektonický pokles tektonických ker v semanínské tektonické zóně.

V oblasti severozápadní části české křídové pánve se u mladšího kolektorového tělesa D – chlomeckých vrstev, přítomného v HGR 4430, poprvé podařilo dokumentovat díky novým průzkumným vrtům přesný profil na stratotypové lokalitě u Mladé Boleslavi s paleontologicky doloženou hranicí mezinárodních stupňů turon/coniac.

V severní a severozápadní části křídové pánve byl, v těsné blízkosti státní hranice s Německem, novým vrtným průzkumem zjištěn dosud neznámý litofaciální vývoj sedimentů kolektoru D. Vrtný průzkum přispěl k řešení stratigrafické problematiky křídových vrstev jak na české, tak i na německé straně, jelikož zde až dosud chyběla jakákoli informace o vývoji těchto vrstev.

V severozápadní části křídové pánve probíhá významná struktura oherského riftu, jejíž součástí je hluboká depresní oblast (její křídové dno je v úrovni – 650 m n. m.) benešovské synklinály (eventuálně benešovského příkopu), lemovaná po obou stranách hrástovitými strukturami. V centru této depresní struktury byl vyhlouben v rámci projektu nejhlubší jádrový vrt do hloubky 454,7 m, který v korelaci s blízkými vrty prokázal vyklíňování pískovcových těles kolektoru D progradujících od S/SZ, a které ve vrtech na Z/JZ již chybí. Při jižním okraji depresní struktury byla novým vrtným průzkumem vyřešena stratigrafická pozice tzv. kozelského písčitého tělesa dosud stratigraficky nezařazeného. V okrajových hrástových kráč depresní struktury byla novým vrtným průzkumem testována okrajová podmínka děčínského a ústeckého zlomového

pole (představující tektonické hranice rajonů), litologický vývoj kolektorů A, B a C a srovnání starších vrtů s novými vrty s karotážním měřením.

## **2.5. Aktivita 5 - Koncepční modely**

Koncepční hydrogeologické modely se zpracovávaly pro hodnocené hydrogeologické rajony nebo skupinu rajonů s cílem formulovat základní představu o pozici kolektorů, jejich napájení a drenáži a interakci s povrchem. Tyto modely vycházely z přiměřené generalizace geologických a hydrogeologických dat opírajících se o rešerše archivních materiálů zpracovaných v rámci aktivity 1 a doplněných o nová data pořízená v rámci doplňkových prací aktivity 3, dále aktivity 4 zahrnující hydrologická měření a vrtný průzkum.

Koncepčnímu modelu předcházely geologické modely, které se zaměřily především na geometrii kolektorů a izolátorů a jsou vypracovány v několika vrstvách. Na podkladě prvotních modelů postavených na základě rešerší bylo navrženo doplnění dat, která umožnila model upřesnit. Součástí prací se stala i morfostrukturní analýza zejména hodnocených částí české křídové pánve, která umožnila sestavit geologické modely jak jednotlivých rajonů, tak i celých oblastí v jednotné formě. Pro geologické modely bylo nezbytné v průběhu prací zpracovat opěrné geologické řezy. Do aktuálních geologických modelů jsou promítnuty nové koncepce geologické a strukturní stavby české křídové pánve. Modely byly v průběhu řešení projektu precizovány na základě výsledků provedených průzkumných geologických prací v rámci projektu. Níže jsou uvedeny zásadní změny v geologické stavbě zejména ze severozápadní a východní části české křídové pánve, kde se nachází největší zásoby podzemních vod na území České republiky.

Na základě revizí archivních materiálů a nových dat z průzkumných prací byl vymezen rozsah sedimentů kolektoru B v oblasti východočeské křídvy k chrudimskému zlomu v oblasti chrudimské křídvy a v severní části při rozhraní HGR 4240 a HGR 4222.

Oproti původním názorům se prokázalo, že v oblasti východočeské křídvy mají sedimenty kolektoru C vysokou litologickou variabilitu. V jihovýchodní části oblasti dominují písčité facie kolektoru C. Směrem k severozápadu dochází ke štěpení písčitého tělesa kolektoru C na několik (2–3) písčitých těles - subkolektorů Ca a Cb, přičemž jejich mocnost severozápadním směrem klesá pod 10 m v severní části HGR 4270 a HGR 4231. Na základě litologie, výbrusového materiálu, karotáží a chemických analýz hornin byly definovány okrajové podmínky kolektoru Ca subkolektorů Ca a Cb při přechodu písčitých facií do zcela pelitického vývoje v linii vracavský hřbet – Kostelecké Horky – České Libchavy.

Vedle synklinálních prohybů (vysokomýtská synklinála) jsou ve východočeské křídě evidentní i lokální asymetrické hrástové struktury, dříve považované za antiklinály (např. vracavská, potštejnská, opočenská), jejichž v. či z. „ramena“ přecházejí do flexur, přetržených zlomy. Struktura ústecké synklinály dle představ z 80. let 20. století je dle výsledků projektu považovaná za příkop v rozsahu HGR 4231 a HGR 4232.

V HGR 4270, kde probíhají zámrský a vanický zlom, se stýkají na jedné straně sedimenty kolektorů B a C s jílovitými sedimenty na straně druhé. Zámrský zlom tvoří severní okrajovou podmínku HGR 4270.

V severozápadní části české křídové pánve byla geologická pozornost soustředěna především na řešení litologie, stratigrafie a okrajové podmínky kolektorových těles B, BC, C a D a řešení strukturní stavby oblasti. Oproti představám o geologické stavbě z 80. let 20. století se zjistilo, že v této oblasti jsou dvě tělesa kolektoru D stratigraficky různě stará, která se nepřekrývají. Starší písčité těleso kolektoru D (hruboskalské pískovce) je zastoupeno pouze v HGR 4420 a vyklíňuje k v. hranici tohoto rajonu. U Sobotky dochází k rychlé redukci mocnosti písčitého tělesa ze 130 m na 0 m od severozápadu k jihovýchodu.

Průběh přechodu písčité facie nejvyšší části jizerského souvrství do jílovito-karbonátové facie labského vývoje (okrajová podmínka kolektoru C, ev. Cb) byl zpřesněn od toku Jizery na východ po linii Lysá nad Labem – Dolní Bousov – Rovensko pod Troskami.

V jižní části oblasti pomohly revize archivních dat, geologické a hydrogeologické vrty a geofyzikální práce objasnit vnitřní členění kolektoru A (včetně jeho okrajové podmínky na nově zjištěné předkřídové paleoelevaci u Vrutice), okrajové podmínky pískovců kolektoru B a objasnit faciální vývoj a vnitřní stavbu

jizerského souvrství, včetně kolektoru C, kde vrty přinesly cenné poznatky o prostorových poměrech štěpení kolektoru C na dílčí kolektory Ca a Cb při hranici HGR 4522 a HGR 4521 a potvrdil se předpoklad o anomálním vývoji báze kolektoru C. Komplexní geofyzikální práce v údolí Labe u Staré Boleslavi potvrdily existenci labské tektonické zóny.

Výsledky geologických prací v rámci projektu přinesly korekce v geologickém modelu severozápadní části křídové pánve, a to jak v tektonické stavbě území, tak v rozsahu kolektorů. Diference v pojetí tektoniky jsou i oproti edici geologických map v měřítku 1 : 50 000 z poloviny 90. let 20. století zvláště v jižní části řešeného území, jižně od úštěcké tektonické zóny, kde je toto území v geologických mapách pojato zcela atektonicky.

V oblasti Moravy byly na základě geologických prací zpřesněny výskyty zvodněných kvartérních sedimentů a zejména rozsahy vodohospodářsky využitelných terciérních sedimentů, neb zde rozsáhlé regionální hydrogeologické průzkumy více méně v 80. letech 20. století ani později neprobíhaly. Obdobně ve zbývajících hodnocených rajonech na území Čech přispěly výsledky průzkumných geologických prací k vymezení zastoupených kolektorů a jejich hydraulických parametrů, případně i k vymezení geologických okrajových podmínek pro hydraulické modely. Hlavní přínosy projektu k poznání geologické stavby hodnocených rajonů obsahuje kapitola 3.2 závěrečné zprávy projektu. Metodiku tvorby geologických modelů, jež byla při řešení použita, uvádí kapitola 4.3 zmiňované zprávy.

Na základě zpracovaných geologických modelů se vytvářely hydrogeologické koncepční modely, zohledňující proudění podzemních vod v hodnocených rajonech a jejich vzájemné vazby. Lze konstatovat, že koncepční model shrnuje geologické a hydrogeologické poznatky o zájmovém území a schematizuje je pro následný hydraulický model.

S ohledem na rozdílnost oběhu podzemní vody v hodnocených rajonech se při tvorbě koncepčních modelů důsledně respektovaly rozdílné podmínky oběhu podzemní vody v kvartérních sedimentech, pánevních strukturách a v prostředí s nesouvislým zvodněním. Součástí výše uvedených modelů bylo zpracování plošné i prostorové variability hydraulických parametrů kolektorů. Popis koncepčního modelu obsahují zprávy za hodnocený rajon včetně schematických obrázků vysvětlujících vzájemné vazby mezi zastoupenými kolektory a povrchovými vodami. Zprávy za hodnocené rajony tvoří přílohu č. 2 závěrečné zprávy projektu.

## **2.6. Aktivita 6 - Hydrologické modely**

Stanovení dotace podzemních vod je nejdůležitějším prvkem bilance hydrogeologického rajonu. Dotace představuje tzv. přírodní zdroje jako základní složku využitelných zásob podzemních vod. Dotace – infiltrace srážek do podzemních vod – je v průběhu roku proměnlivá zpravidla s podzimními minimy a jarními maximy.

Na většině území ČR jsou dlouhodobé úhrny srážek poměrně blízké velikosti možného výparu (potenciální evapotranspirace). Kolik vody se vsákne, kolik vypaří a kolik přímo odtече bez průchodu horninovým prostředím, závisí na časovém průběhu srážek, teplot vzduchu a dalších meteorologických veličin i na vlastnostech zóny provzdušnění.

Pro stanovení dotace podzemních vod bylo proto vhodné použít hydrologický bilanční model, který popisuje základní hydrologické procesy na povrchu povodí, v zóně provzdušnění i základní složky zásob vody (ve sněhu, v půdě, zásoba podzemní vody) a odtok vody ze zásoby podzemní vody. Předností takového modelu je, že se v uzavřeném povodí bilance dílčích složek odtoku musí blížit pozorovanému odtoku a současně odtok podzemní vody odpovídá průběhu kolísání hladin podzemní vody v pozorovacích vrtech nebo vydatností reprezentativních pramenů. Velikost dotace a tedy i podzemní odtok jsou pak začleněny do celkové hydrologické bilance, takže i při přepočtu z povodí na hydrogeologický rajon je ji možno stanovit spolehlivěji než jinými postupy. Vzhledem k tomu, že meteorologická data i průtoková pozorování jsou běžně k dispozici za období desítek let, lze pomocí hydrologického modelu také posoudit vztah mezi charakterem období krátkodobých několikaletých pozorování a dlouhodobým režimem odtoku i zásob podzemní vody.

Dotace se stanovovala na základě srážko-odtokových poměrů na podkladě analýzy hydrogramů příslušného toku s přihlédnutím ke kolísání hladin podzemních vod a korelovala se na základě naměřených hydrologických

dat v průběhu řešení projektu.

V rámci projektu byla vypočtena potenciální dotace pomocí hydrologických modelů, které simulovaly celou hydrologickou bilanci zahrnující srážky, výpar, podzemní a povrchový odtok a změnu zásob podzemní vody v referenčním období 1981-2010, v měsíčním kroku pro srážkově průměrný rok pro období 2001-2010. Výsledné hodnoty představovaly jedny ze vstupů do hydraulických modelů.

Jedním z výsledků této aktivity je i porovnání průměrných ročních úhrnů srážek a teplot za období 1961-1980, 1981-2010 a 2001-2010 v hodnoceném území. Výsledky ukazují, že není statisticky prokazatelná změna mezi hodnocenými obdobími v průměrném ročním úhrnu srážek až na dvě výjimky (pohraniční oblast východních Sudet a oblast toků dolní Ploučnice a horní Kamenice). Statisticky byl v hodnocených rajonech prokázán nárůst teploty vzduchu o 0,02 až 0,04 °C/rok. Nárůst teploty se nejčastěji objevuje od roku 1980, někde již od roku 1970. V období 2001–2010 se častěji projevily extrémní počasí v podobě přívalových dešťů anebo v podobě sucha.

Pro hodnocené rajony bylo v rámci hydrologických modelů zpracováno posouzení možných dopadů změn klimatu pro časové horizonty 2025, 2055 a 2085 v porovnání s obdobím 1961-1990, které je standardně uvažováno jako referenční období ve studiích dopadu změn klimatu. Zprávy za jednotlivé rajony (příloha č. 2 závěrečné zprávy projektu) obsahují i tyto informace a předpokládané změny v základním odtoku z rajonu.

Při řešení hydrologických modelů vznikla metodika stanovení velikosti využitelného množství podzemních vod u hydrogeologických rajonů s nesouvislým zvodněním zpracovaná Kašpárkem a kol., která je uvedena v kapitole 4.1 závěrečné zprávy projektu.

Dále bylo prokázáno, že přímé využívání průtokových dat v povodí s výrazným užíváním vod vede ke zkresleným výsledkům, a proto je nezbytné použít hranice ovlivnění nad 10 %.

## **2.7. Aktivita 7 - Hydraulické modely**

Projekt prokázal, že hydraulické modely lze považovat za vhodnou metodu pro stanovení podmínek využívání podzemních vod, neboť komplexně verifikují proudové systémy podzemní vody v bilančním celku. Tím ověřují funkčnost koncepčních modelů. Zároveň umožňují simulace předpokládaných nároků na využívání podzemních vod a stanovení podmínek, za jakých je lze využívat.

Hydraulické modely byly zpracovány pro pánevní rajony a rajony kvartérních sedimentů, tj. rajony se souvislým zvodněním, pro období 2001-2010 při průměrných odběrech podzemních vod dle evidence státních podniků Povodí. Modely obsahují stacionární a transientní stav. Transientní simulace počítá s proměnlivou infiltrací srážek v měsíčním kroku pro srážkově průměrný rok stanovenou hydrologickým modelem, čímž zohledňují proměnnou dynamiku přítoků a odtoků. Zároveň zohledňují přítoky a odtoky podzemních vod ze sousedních rajonů.

V hydrogeologických rajonech v pánevních strukturách, kde často povrchový tok nesouvisí s hlouběji uloženými kolektory, představují hydraulické modely založené na režimním sledování hladin vrtů hlubších kolektorů státní pozorovací sítě ČHMÚ více méně jediný způsob stanovení velikosti přírodních zdrojů podzemních vod v těchto kolektorech.

V případě rajonů kvartérních (fluviálních) sedimentů s přímou interakcí povrchové a podzemní vody jsou hydraulické modely jedinečnou metodou pro stanovení přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelného množství včetně indukovaných zdrojů.

Modelování umožňuje optimalizovat stávající odběry podzemních vod a případně navrhnout jejich rozšíření v místech, která jsou z hlediska využití území a parametrů kolektoru nejvhodnější, nebo naopak ověřit, zda stávající povolené odběry podzemních vod v hodnoceném území nepřevyšují přírodní zdroje. Dále umožňují řešit vztah odběrů podzemní vody a zachování minimálního zůstatkového průtoku v povrchových tocích s přímým dopadem na možnost nastavení parametrů ochrany dotčených vodních ekosystémů.

Každý hydrogeologický rajon má jiný režim a intenzitu doplňování zásob podzemních vod. Vzhledem k tomu,

že vodárenské soustavy jsou stále ve větší míře propojené, lze na podkladě hydraulického modelování optimalizovat odběry podzemních vod v jednotlivých hydrogeologických rajonech tak, aby se negativní dopady čerpání podzemních vod minimalizovaly.

Výsledky hydraulických modelů sloužily jako jeden z hlavních podkladů pro stanovení využitelného množství podzemních vod v hodnocených rajonech a stanovení podmínek, za jakých lze podzemní vody využívat. Výsledky hydraulických modelů včetně simulací různých variant obsahují zprávy za hodnocené rajony, jež jsou přílohou č. 2 závěrečné zprávy za projekt.

## **2.8. Aktivita 8 - Vyhodnocení kvalitativního stavu útvarů podzemních vod, hydrochemický model**

Sledování základních složek chemismu podzemních vod přináší obraz o přírodním prostředí, ve kterém voda proudí, a o celkovém využití území. Přírodnímu prostředí cizorodé složky obsažené v podzemní vodě indikují způsob a míru kvalitativního ovlivnění podzemní vody člověkem. Vyhodnocení kvalitativního stavu útvarů podzemních vod v rámci projektu sice nebylo provedeno, neb díky časovému skluzu projektu proběhlo vyhodnocení pro potřeby 2. cyklus plánů povodí v rámci samostatného projektu Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV). Nicméně v této aktivitě proběhlo vyhodnocení chemického složení podzemních vod z pohledu zastoupených chemických typů vod v hodnocených rajonech i v podzemních vodách zastoupených kolektorů.

Kromě zpracování a reinterpretače archivních chemických analýz podzemních vod, byla při řešení projektu pořízena nová data z průzkumných hydrogeologických vrtů vyhloubených v rámci projektu a dalších vybraných hydrogeologických objektů v hodnocených rajonech. Ukazatelé jakosti surové vody ve smyslu vyhlášky č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů, a přílohy č. 13 této vyhlášky, stanovené v podzemních vodách z nově vyhloubených průzkumných vrtů, obsahují zprávy za jednotlivé průzkumné hydrogeologické vrty, které jsou přílohou závěrečné zprávy projektu.

Chemické složení podzemních vod bylo ze všech dostupných a nově pořízených dat zpracováno graficky ve formě map chemismu podzemních vod a jejich celkové mineralizace. Mapy typů podzemních vod vycházely z kritéria zobrazení kationtů a aniontů přesahujících 35 mval%. Použitá metodika je součástí kapitoly 4.8 závěrečné zprávy za projekt.

Chemické složení podzemních vod významně ovlivňuje možnosti jejich vodohospodářského využití. Finanční nároky na úpravu podzemních vod se zvyšují s rostoucími cenami vstupů do úpravárenského procesu a také v souvislosti s legislativním zvyšováním požadavků na kvalitu pitné vody. Proto byla v rámci projektu v hodnocených rajonech zpracována upravitelnost podzemních vod dle vyhlášky č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška MZe č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. Použitý metodický postup je popsán v kapitole 4.2 závěrečné zprávy za projekt.

Hydrochemické složení podzemní vody je i důležitým indikátorem hloubky jejího oběhu a umožňuje verifikovat představy o proudění podzemní vody v hydrogeologickém rajonu. Z hlediska analytiky podzemní vody je důležité stanovení tzv. doby zdržení, resp. času, který uběhl od okamžiku infiltrace vody do horninového prostředí až do momentu její přirozené či umělé drenáže. V rámci projektu byly vypočteny průměrné doby zdržení podzemních vod v hodnocených rajonech s použitím hydrochemických modelů i na základě analýz podzemních vod na přítomnost přirozených stopovacích látek (freonů, SF<sub>6</sub>, tritia, stabilních izotopů kyslíku a vodíku). Zjištěné doby zdržení podzemních vod v horninovém prostředí patří mezi stěžejní informace při hodnocení vývoje jakosti podzemních vod a predikce jejich trendů. Výsledky chemického složení podzemních vod i doby zdržení podzemních vod přispěly k precizaci koncepčních a hydraulických modelů a jsou obsaženy v jednotlivých zprávách za hodnocené rajony (příloha č. 2 zprávy za projekt).

Celkově lze shrnout, že střední doba zdržení v české křídové pánvi s výjimkou bazálního kolektoru se pohybuje v řádu desítek až prvních stovek let. Kratší doby zdržení se vyskytují ve vápnatých pískovcích a spongilitech (první desítky let), vyšší v mocnějších zvodných kvádrových pískovcích (až stovky let). V méně mocných

kvartérních náplavech dosahuje střední doba zdržení prvních desítek let, v mocnějších uloženinách kvartéru, terciéru a křídly třeboňské pánve pak často přesahuje 100 let. Dále lze konstatovat, že provedené speciální analýzy podzemních vod spolu s interpretací dob zdržení podzemních vod v horninovém prostředí v tak velkém rozsahu na území České republiky byly provedeny poprvé a výsledky lze považovat i v mezinárodním měřítku za unikátní.

## **2.9. Aktivita 9 - Vyhodnocení ochrany podzemních vod a stavu významných přírodních ekosystémů**

Až do devadesátých let 20. století nebyl brán příliš velký ohled na ochranu přírody a krajiny v souvislosti s využíváním podzemních vod. Ochrana podzemních vod byla zajišťována především prostřednictvím ochranných pásem vodních zdrojů a institutu chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV).

Jedním z cílů projektu bylo stanovení využitelného množství podzemních vod ve vybraných nově vymezených rajonech včetně podmínek, za jakých lze podzemní vody v hodnocených rajonech využívat s ohledem na zachování jejich udržitelného stavu a ochranu přírody a krajiny.

Vyhláška č. 5/2011 Sb. uvedla v platnost hydrogeologické rajony vymezené již v roce 2005. Zároveň pro 1. cyklus plánů povodí proběhl výběr chráněných území s vazbou na vody a později i vazbou na podzemní vody.

Vodní biotopy mohou na odběry podzemní vody negativně reagovat. V případě stojatých vod dochází k jejich vysychání spojenému se změnou chemismu vody a vymizením vzácných druhů vodních makrofyt, bezobratlých i obratlovců (zejména ryb a obojživelníků). Ve vodách tekoucích může naopak dojít (často v součinnosti s dalšími faktory) k snížení zůstatkových průtoků pod hranici únosnou pro lokální společenstva rostlin a živočichů. Takové narušení ekologicko-stabilizační funkce významného krajinného prvku je podle zákona o ochraně přírody vyloučené.

Pro účely projektu vznikl výběr zvláště chráněných území závislých na vodě i na podzemní vodě v hodnocených rajonech ze seznamu Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky a to v tabulkové podobě i ve formátu \*.shp pro GIS. Vyhodnocení rizik změn režimu využívání podzemních vod bylo zpracováno pro vybraná chráněná území – Horusická blata, PR Zbytka, PR Všetatská černava, NPR a NP na území rajonu 1652.

Při stanovení využitelného množství podzemních vod se uplatňovala podmínka zachování minimálního zůstatkového průtoku dle Metodického pokynu OOV MŽP č. 9/1998 ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích, nebo dle návrhu aktualizace této metodiky Mrkvičková, M. – Balvín, P. (2013): Návrh postupu stanovení minimálního zůstatkového průtoku. Zároveň tam, kde byly již v minulosti v rámci prodloužení povolení nakládání s podzemními vodami ve smyslu vodního zákona stanoveny lokální podmínky pro jímání podzemních vod, byly tyto podmínky akceptovány.

Následně s pomocí hydraulických modelů a znalosti mokřadních a vodních ekosystémů zejména v pramenných oblastech v intenzivně vodohospodářsky využívaných hydrogeologických rajonech bylo možné specifikovat podmínky odběrů podzemních vod tak, aby nedocházelo k ohrožení významných společenstev a stanovišť zvláště chráněných druhů závislých na podzemních vodách, ale zároveň aby byl zajištěn relativně stálý zdroj podzemní vody.

Případné negativní dopady na vodní biotu v důsledku odběrů podzemních vod jsou uvedeny v rámci střetů zájmů jak v průvodním listu každého hodnoceného rajonu, tak ve zprávě za každý hodnocený rajon, které jsou přílohou závěrečné zprávy za projekt.

## **2.10. Aktivita 10 - Přírodní zdroje podzemních vod a jejich využitelné množství**

Velikost přírodních zdrojů podzemních vod řešených v rámci projektu Rebilance zásob podzemních vod byla vyčíslena pro 58 hydrogeologických rajonů pro referenční období 1981-2010, u některých rajonů pro období 2001-2010. Stanovení vycházela minimálně ze dvou odlišných metod jejich stanovení. Základem byly

hydrologické metody včetně hydrologického modelu Bilan, režimní měření průtoků, hladin podzemních vod a v pánevních rajonech hydraulické modely. Přírodní zdroje podzemních vod se stanovovaly pro 50% a 80% zabezpečení v případě, že byl dostatek režimních hydrologických dat. Přehled použitelných metodických postupů pro stanovení přírodních zdrojů podzemních vod je uveden v příloze č. 4b závěrečné zprávy projektu.

Průměrná dotace podzemních vod za referenční období 1981–2010 a dotace v měsíčním kroku za období 2001–2010 pro srážkově průměrný rok vycházely ze zpracovaných hydrologických modelů.

V pánevních rajonech a rajonech kvartérních sedimentů byly vypracovány stacionární a transientní hydraulické modely pro období 2001–2010 a srážkově průměrný rok. Zpracované hydraulické modely obsahují pro rajony s dostatečnými zásobami podzemních vod i variantní simulace plošného navýšení odběrů až o 15 % oproti stávajícímu stavu.

Při stanovení využitelného množství podzemních vod se postupovalo, jak uvádí kapitola 2.9 s kritériem minimálních zůstatkových průtoků na rajon a se zohledněním přítomnosti chráněných vodních terestrických ekosystémů závislých na podzemní vodě, zachováním přetoků podzemních vod mezi rajony, případně i dalšími existujícími limitními podmínkami.

Výsledky stanovení přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelné množství byly následně korelovány s režimními průběhy hladin podzemních vod, průtoky povrchových toků, evidovanými odběry podzemních vod za referenční období a přírodní zdroje podzemních vod jsou stanoveny pro referenční období s 50% zabezpečení. Tyto zdroje nelze plně využít, ale dle zkušeností lze využít přírodní zdroje na úrovni 80% zabezpečení. Tam, kde nelze využít pro výpočty režimní hydrologická data, se výsledné hodnoty stanovovaly pomocí hydraulických modelů. V tomto případě, pak nejsou k dispozici hodnoty zdrojů podzemní vod s 80% zabezpečení.

Pro jednotné vyjádření základních informací o příslušném rajonu byl vymyšlen tzv. „Průvodní list“, který obsahuje kromě údajů o přírodních zdrojích podzemních vod, výčet střetů zájmů, návrhy úprav hranic rajonu jakož i návrhy vhodných monitorovacích objektů pro sledování dotace přírodních zdrojů podzemních vod. K tomu slouží stanovené signální hladiny podzemních vod v případě existujících monitorovacích vrtů s dlouhým časovým záznamem hladiny podzemní vody. Vybrány byly vrty se zřetelným dlouhodobým trendem průběhu hladiny podzemní vody, kde více méně chyběla výrazná roční periodicitu v rozkvyvu hladiny podzemní vody.

Velikost přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelné množství včetně podmínek, za jakých lze podzemní vody využívat obsahují zprávy za každý hodnocený rajon (příloha č. 2 zprávy za projekt) a ve stručné a přehledné formě jsou tyto informace uvedeny v „Průvodním listu“, které jsou zveřejněny na webových stránkách ČGS.

Při stanovení velikosti přírodních zdrojů podzemních vod je nezbytné vycházet ze skutečnosti, že **přírodní zdroje podzemních vod jsou dynamickou složkou proměnnou v čase.**

### **3. Přínosy a využití projektu**

Projekt Rebilance zásob podzemních vod řešil problematiku zdrojů podzemních vod celostátního významu, neboť detailně hodnocené hydrogeologické rajony se nacházejí v oblastech s významnými zásobami podzemních vod. Výsledky projektu jsou stěžejní pro Plán hlavních povodí České republiky, Plány oblastí povodí, pro Plán rozvoj vodovodů a kanalizací v oblastech s významnými zdroji podzemních vod.

Projekt zajistil aktuální a stěžejní podklady pro státní správu ve věcech rozhodování o nakládání s podzemními vodami ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, pro hydrogeologické rajony na jedné třetině státního území.

Výsledky projektu přispějí k naplňování strategického cíle Státního programu ochrany přírody a krajiny České republiky, kterým je přispět k zajištění podmínek pro uchování života, jeho evolučních procesů a biologické

rozmanitosti, jakož i podílet se na zajištění podmínek pro fyzicky a duševně zdravý život člověka, neboť provedené výpočty respektují zachování minimálních zůstatkových průtoků v příslušných hydrogeologických rajonech a existenci chráněných vodních terestrických ekosystémů závislých na podzemní vodě.

V rámci projektu vznikla metodická platforma umožňující postupné hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelného množství na celém území České republiky v rámci šestiletého cyklu plánu povodí.

Stanovení velikosti přírodních zdrojů podzemních vod v 58 hydrogeologických rajonech plně zapadá do koncepce Státní politiky životního prostředí České republiky schválené usnesením Vlády České republiky ze dne 17. března 2004 č. 235, o Státní politice životního prostředí České republiky, jejímž hlavním úkolem je zabezpečení požadavků vyplývajících z Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice, včetně jejich postupných cílů.

Projekt poskytl již na konci roku 2013 pro 2. cyklus plánů povodí podklady pro hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod.

Výsledky projektu umožňují nastavit limity pro využívání podzemních vod a jejich ochranu v souladu s využitím území jak z hlediska ochrany přírody tak i těžby nerostných surovin. Jsou podkladem pro správní orgány při řešení střetů zájmů a priorit využití území.

Výsledkem projektu jsou návrhy vhodných úprav některých podzákoných předpisů a metodických pokynů (např. vyhlášku č. 431/2001 Sb., vyhlášku č. 369/2004 Sb. a vyhlášku č. 252/2013 Sb.) zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, případně i zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Projekt ověřil, že přírodní zdroje podzemních vod a jejich využitelný podíl jsou dynamickým, v čase proměnlivým fenoménem a jejich stanovení má časově omezenou platnost. Proto je nezbytné jejich stanovení v rámci Národních plánů povodí aktualizovat. Zároveň projekt ukázal, že není vhodné povolovat zpoplatněné odběry podzemních vod na dobu delší 10 let.

Přínosy projektu jsou i v oblasti vědecké, neboť projekt přispěl k aktualizaci poznání geologické stavby v řadě hodnocených hydrogeologických rajonů. Přinesl zcela nové informace o průměrné době zdržení podzemních vod v horninovém prostředí, informace o projevu probíhající klimatické změny v hodnocených hydrogeologických rajonech.

## 4. Výsledky projektu

V rámci řešeného projektu byly stanoveny přírodní zdroje podzemních vod pro referenční období 1981-2010 s 50% a 80% zabezpečeností, které ukazuje tabulka č. 4. Využitelný podíl přírodních zdrojů podzemních vod zohledňuje ochranu přírody a krajiny a zpravidla se pohybuje na úrovni 90% zabezpečenosti.

Tab. 4 Přehled přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelný podíl pro období 1981-2010

	Číslo rajonu	Plocha rajonu km <sup>2</sup>	Přírodní zdroje_50% l/s	Hodnocené kolektory	Přírodní zdroje_80% l/s	Využitelné zdroje l/s
1	1121	146,1	658	Q	467	393
2	1122	127,8	482	Q	291	246
3	1130	181,9	796	Q	514	439
4	1140	146,9	705	Q	437	362
5	1151	88,1	436	Q	158	85
6	1152	238,6	738	Q	487	335
7	1160	105,1	385	Q	178	129
8	1171	88,7	340	Q	183	119
9	1172	293,8	1062	Q	485	279



Projekt Rebilance zásob podzemních vod – rozšířený abstrakt

	Číslo rajonu	Plocha rajonu km <sup>2</sup>	Přírodní zdroje_50% l/s	Hodnocené kolektory	Přírodní zdroje_80% l/s	Využitelné zdroje l/s
10	1180	57,8	193	Q	88	88
11	1510	262,9	450	Q	-	270
12	1520	124,7	345	Q	-	207
13	1610	92,2	793	Q	667	444
14	1621	356,8	611	Q	-	540
15	1622	289,1	921	Q	-	490
16	1623	99,7	132	Q	-	80
17	1624	84,2	95	Q	-	55
18	1651	168,2	280	Q	-	230 <sup>+</sup>
19	1652	216,8	280	Q	-	250 <sup>+</sup>
20	2140	551,1	1385	NKPPZ	-	683
21	2151	260,0	469	NKPPZ	-	244
22	2152	260,0	285	NKPPZ	-	117
23	2212	307,2	336	N	250	32
24	2220	1257,2	270	N	130	80
25	2241	1460,8	500	N	-	170
26	2242	80,1	160	N(včetně Q a PPZ)	-	90
27	4110	214,0	1700	A+C+D+PC	1050	1000
28	4221	252,5	717	B	518	413
29	4222	434,5	1157	B	646	504
30	4231	176,3	529	B+C+A+D	389	256
31	4232	358,0	1540	C+B+A+D	1 240	1000
32	4240	145,3	700	A+PPZ	460	340
33	4270	799,9	3310	Cb+B+Ca+A	2 270	2270
34	4280	49,6	170	B+A	90	83
35	4310	595,8	1490	A+B+C+PPZ	1 010	740
36	4320	65,7	340	A(včetněBC a PPZ)	250	190
37	4330	60,3	270	A(včetněBC a PPZ)	190	150
38	4410	685,0	2784	C	1 917	1617
39	4420	152,2	532	D	369	322
40	4430	899,5	1542	C	1 022	695
41	4521	337,6	652	C	408	308
42	4522	335,2	875	C	-	643
43	4523	309,0	445	C	-	303
44	4530	405,8	404	A	207	279
45	4611	280,1	746	A	-	373
46	4612	331,8	929	D+A	-	435
47	4620	289,6	991	D	704	618
48	4630	97,7	876	C+A	-	448
49	4640	833,0	4463	C+D	-	2177
50	4650	481,4	2598	D+C	-	876
51	4660	180,3	1521	C+A	-	749
52	4710	1881,8	181	A	-	91
53	4720	1339,7	274	A	-	137
54	4730	948,9	147	A	-	74
55	6133	134,4	161	PPZ + termy (teplíkový ryolit)	41	71*
56	6431	922,9	3579	PPZ	2 863	1718
57	6432	1422,8	3232	PPZ	2 585	1940
58	6640	74,6	235	kras	-	190 <sup>+</sup>

Vysvětlivky: 50%, 80% - časová zabezpečení; \* - studené i termální podzemní vody; - hodnota nestanovena, neboť stanovení vycházelo z hydraulického modelu; + - včetně indukovaných zdrojů, Q – kvartérní kolektor (včetně plioleistocén), NKPPZ- neogenní a křídové kolektory včetně přípoверхové zóny krystalinika v třeboňské pánvi; N – neogenní kolektory; A – křídový kolektor A (resp. AB); B – křídový kolektor B; C – křídový kolektor C (resp. BC, Ca, Cb); D – křídový kolektor D; PC- permokarbon; PPZ – přípoверхová zóna

**Přírodní zdroje podzemních vod a jejich využitelný podíl se mění jak v ročním tak víceletém cyklu** v závislosti na velikosti dotace ze srážek a jejím rozložení v průběhu roku. Proto má jejich stanovení omezenou platnost a proto je pro národní plány povodí doporučeno:

- zpracovat pravidelnou validaci stanovených hodnot přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelného množství;
- systematické pokračování v hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod i v dalších rajonech v pořadí dle naléhavosti potřeby hodnocení zdrojů podzemních vod.

**Projekt rozšířil aktuální monitorovací síť podzemních vod o 119 hydrogeologických vrtů** zejména v oblastech, kde režimní data chybí, na nichž lze sledovat vývoj přírodních zdrojů podzemních vod.

Na vybraných stávajících vrtech Státní pozorovací sítě podzemních vod ve správě ČHMÚ se stanovily signální hladiny podzemní vody, které umožní hodnotit stav přírodních zdrojů podzemních vod, resp. zda dochází k jejich úbytku či nikoliv.

**Projekt doložil, že nelze použít pro stanovení přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelného množství jednu rutinní metodu.** Zároveň vytvořil metodickou platformu, na základě níž lze hodnotit přírodní zdroje podzemních vod v různých typech hydrogeologických rajonů.

**Výsledkem projektu je návrh úprav hranic u 38 % hydrogeologických rajonů z 58 hodnocených** rajonů platných dle vyhlášky č. 5/2011 Sb., přičemž tyto úpravy obsahují i vyčlenění 3 až 4 nových hydrogeologických rajonů.

#### **Závěrem lze doporučit:**

- předání nově vyčíslených hodnot přírodních zdrojů podzemních vod za referenční období 1981-2010 v detailně hodnocených rajonech ministerstvům životního prostředí a zemědělství;
- zavedení „Průvodního listu“ pro každý hydrogeologický rajon, neboť shrnuje přehledně a stručně základní informace o příslušném bilančním celku;
- provedení úprav hranic u 38 % hodnocených hydrogeologických rajonů a legislativně je podložit aktualizací vyhlášky č. 5/2011 Sb., o vymezení hydrogeologických rajonů a útvarů podzemních vod, způsobu hodnocení stavu podzemních vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu podzemních vod;
- zpracovat pravidelnou validaci stanovených hodnot přírodních zdrojů podzemních vod a jejich využitelného množství;
- systematicky pokračovat v hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod i v dalších rajonech v pořadí dle naléhavosti potřeby hodnocení zdrojů podzemních vod;
- systematicky doplňovat Státní pozorovací sítě podzemních vod, tak aby byla dostatečná pro hodnocení přírodních zdrojů podzemních vod.