

Matematický model proudění podzemní vody v oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin

Informační souhrn, červen 2014

V rámci projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE) byl sestaven v první etapě národní, následně pak v druhé etapě přeshraniční matematický model proudění podzemní vody v oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin.

Zpracovatelem modelu byl AQUATEST, a.s., výsledný model včetně zprávy je uložen u objednatele, VÚV TGM, v.v.i. Na přípravě celé řady podkladů ze saské části zájmové oblasti, zejména geologických, hydrogeologických, hydrologických podkladů a údajů k odběrům vody (dodávky pitné vody), se podílel projektový partner LfULG, který rovněž aktivně spolupracoval při vývoji modelu.

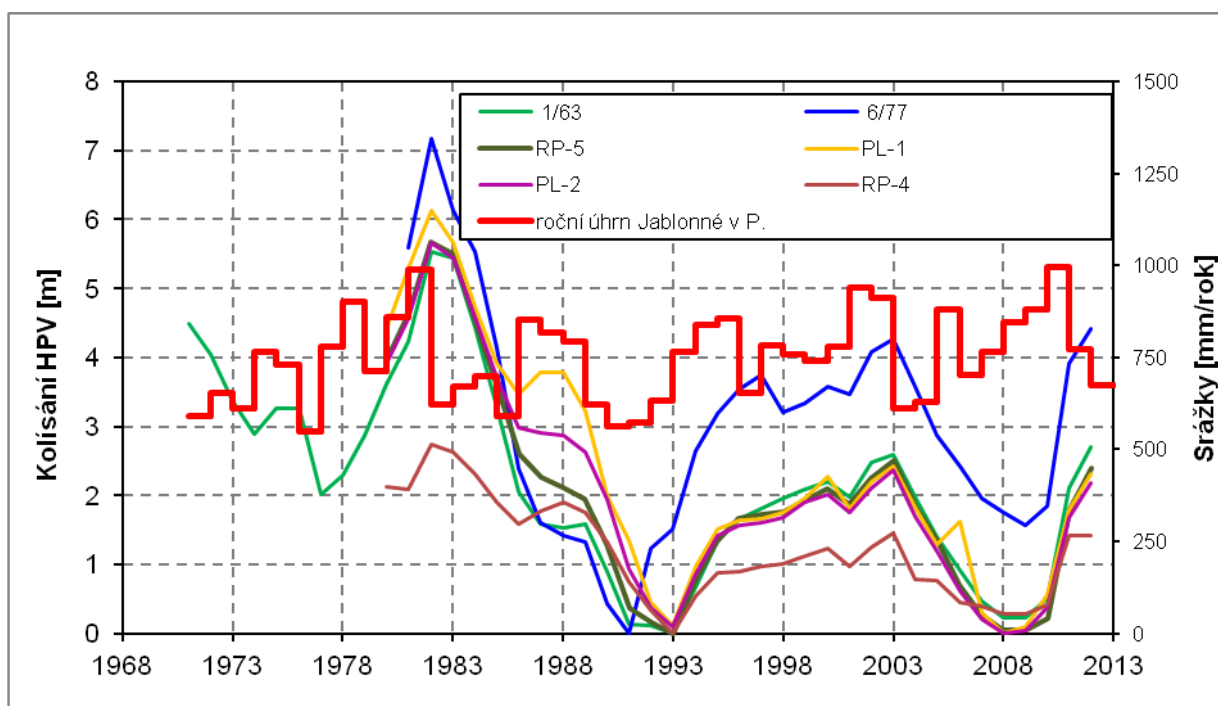
Cílem transientního matematického modelu bylo vysvětlit původ poklesů hladin podzemní vody v minulosti, kalibrovat matematický model na zaznamenané hladiny podzemní vody na českém a německém území a simulovat prognózu režimu podzemních vod v budoucnosti.

Zájmové území (oblast Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin), jak bylo vymezeno pro účely projektu GRACE, zabírá plochu cca 85 km² při severním okraji česko-saské křídové pánve v příhraniční oblasti České republiky a Spolkové republiky Německo. Z geologického hlediska náleží na české straně k tzv. tlusteckému bloku, resp. k saské křídové pánvi na straně německé. Na severu je území ohraničeno lužickou poruchou, na níž jsou lužické granodiority nasunuty na pískovce křídý. Hranice modelové oblasti probíhá zhruba přes obce Jitrava, Horní Sedlo, Olbersdorf, Hänischmühle, Waltersdorf a dále na západ k vrchu Ptačinec. Západní omezení území pak sleduje státní hranice k vrchu Luž a odtud pokračuje po toku Svitávky do Mařenic. Jižní hranice pokračuje z Mařenic po orografické rozvodnici přes Jezevčí vrch k Jablonnému v Podještědí a odtud dále na severovýchod k lužické poruše. Pro účely matematického modelu byla pro snazší definici okrajových podmínek modelová oblast rozšířena v jižním směru až ke strážskému zlomu. Tento zlom odděluje v důsledku tektonické činnosti pokleslý tlustecký blok od tektonicky vyzdviženého pískovcového areálu strážského bloku. Celková plocha modelové oblasti zaujímá rozlohu 202 km².

V minulosti bylo na pozorovacích vrtech v modelové oblasti dokumentováno významné kolísání hladiny podzemní vody střednoturonského kolektoru (obr. 1). Přitom trend vývoje hladiny podzemní vody je od konce 70. let až dodnes naprosto shodný ve všech vrtech jak české, tak i německé pozorovací sítě. Jediným rozdílem je větší rozsah kolísání (větší poklesy) na německém území na pozorovacím vrtu (měřicí stanici) 6/77 a obecně v příhraniční oblasti v porovnání se situací v centrální a jižní části zájmového území.

U většiny měřicích stanic v zájmovém území bylo pozorování hladin podzemních vod zahájeno koncem 70. let minulého století, resp. začátkem let osmdesátých. Počínaje rokem 1983 byl pozorován velký pokles hladiny podzemní vody, který s periodou jeho zeslabení v období 1987–1990 přetrval až do let 1992/93. Jak je ale vidět na pozorovacím vrtu (měřicí stanici) 1/63, vyskytla se zjevně srovnatelná kolísání hladin podzemních vod již v 60. a 70. letech, i když jejich amplituda možná nedosáhla takové výše jako později (viz obr. 1). Pokles hladin podzemních vod od roku 1983 je velmi pravděpodobně důsledkem suchých období let 1982–1985 a 1989–1992 a velmi vysokých odběrů podzemních vod v letech 1984–1990. Zeslabení poklesu hladin podzemních vod v období 1987–1990

je pravděpodobně způsobeno srážkově bohatšími roky 1986–1988. V letech následujících po roce 1994 byl až do roku 2004 pozorován opětovný vzestup hladin podzemních vod, který byl odrazem srážkově bohatšího období a drasticky snížených odběrů vody od roku 1991. Nový pokles hladiny podzemních vod mezi lety 2005 a 2011 byl zapříčiněn extrémně suchým rokem 2003 a po něm následujícími suchými lety pokračujícími až do roku 2008. Od roku 2011 dochází k opětovnému vzestupu hladin. V následujícím období však již hladina podzemní vody nedostoupala na úroveň z roku 1983. Lze vycházet z toho, že kromě odběrů podzemních vod, jež svých maxim dosáhly v roce 1989, měla a bude mít velký vliv na hladiny podzemních vod i tvorba nové podzemní vody kolísající v závislosti na množství srážek. Vysvětlení a predikce dalšího vývoje kolísání hladiny podzemní vody byly jedním z cílů transientního modelu.



Obr. 1: Vývoj hladin v pozorovacích vrtech v lokalitě Petrovice–Lückendorf

Konstrukci transientního hydraulického modelu předcházelo předání hydrogeologického 3D-modelu od německé firmy G.E.O.S. (Kahnt et al., 2014). Definice modelových vrstev přitom vychází z geologicko-stratigrafického modelu vytvořeného pro účely projektu GRACE (Voigt et al., 2013). Spojení německých vrstev s českým vymezením jednotlivých hydrogeologických těles bylo provedeno na základě stratigrafické korelace mezi českými a německými daty (**Chyba! Chybný odkaz na záložku.** Při tvorbě konceptuálního modelu byly též využity poznatky získané z dílčích částí projektu GRACE, zejména pak studie stáří a míšení vod (Šimek, 2014), studie vydatnosti pramenů (Eckhardt, 2014) a studie vlivu změny klimatu na tvorbu podzemních vod (Martínková, 2014).

Tabulka 1: Stratigrafický profil křídý oblasti Petrovice–Lückendorf a korelace s českým názvoslovím

HGK	Německé názvosloví	Typ sedimentu	České názvosloví	Hydrogeologická funkce
07	Waltersdorf-Formation	pískovce	Březenské souvrství	vrstva s přechodnou HG funkcí kolektor 1 (D)

08	Lückendorf-Formation	Slínovce a silně vápnité pískovce	Teplické souvrství	izolátor 1/2 (C/D)
09	Oybin-Formation	pískovce	Jizerské souvrství a Bělohorské souvrství	kolektor 2+3 (BC)
10	Dölschen-Formation	slínovce	Spodní část Bělohorského souvrství	izolátor 3/4 (A/BC)
11	Oberhäslich-Formation	pískovce a slepence	Perucko-korycanské souvrství	kolektor 4 (A)

Pozn.: Tučně zvýrazněny křídové vrstvy, žlutě kolektory, zeleně izolátory

Hydraulický model byl uvažován jako čtyřvrstevný, simulující proudění v kolektorech 1 (D), 2+3 (BC) a 4 (A). Čtvrtou vrstvou reprezentuje izolátor mezi kolektory 2+3 (BC) a 4 (A). Poloizolátor mezi kolektorem 1 (D) a 2+3 (BC) byl simulován pomocí snížené vertikální hydraulické vodivosti na bázi kolektoru 1 (D). Geometrie jednotlivých modelových vrstev pochází z německého hydrogeologického 3D-modelu a z práce Herčíka et al. (1987), dat z ČGS-Geofondu a dat z archivu zhotovitele.

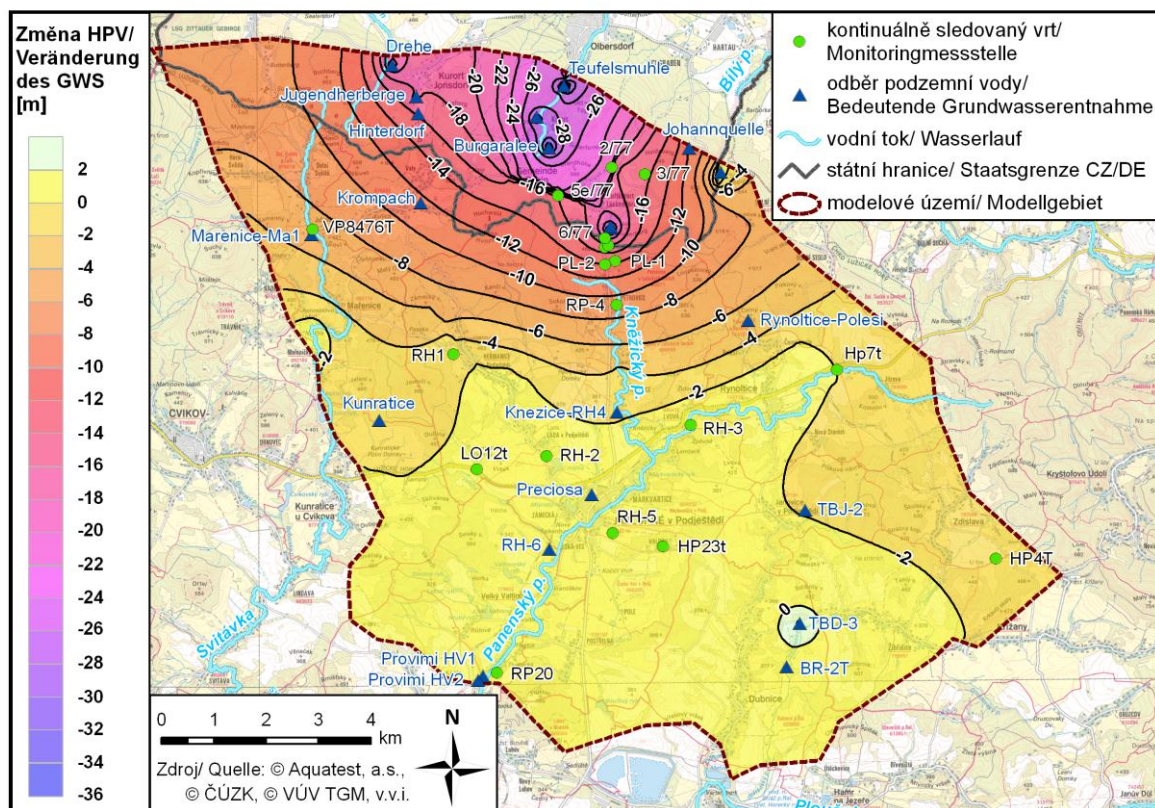
Po implementaci aktualizované geometrie modelových vrstev byl stacionární model z první etapy aktualizován a přepracován na transienční model proudění podzemní vody, který byl kalibrován jak na jednorázově měřené hladiny podzemní vody, tak i na kolísání dlouhodobě sledovaných vrtů české a německé pozorovací sítě. Během kalibrace byly upravovány hydraulické parametry tak, aby byla dosažena dobrá shoda mezi měřenými a simulovanými hladinami podzemní vody. V poslední fázi byl schválený kalibrovaný model použit pro predikci vývoje hladin podzemní vody podle předem dohodnutých scénářů s proměnnými odběry podzemní vody a infiltrací.

Na základě provedených simulací lze konstatovat, že na kolísání hladiny podzemní vody v modelové oblasti měla v minulosti vliv kombinace dvou hlavních faktorů – velikosti infiltrace a odběrů podzemní vody. Dlouhodobý pokles hladiny podzemní vody ve všech pozorovacích vrtech v období 1982/83 až 1993/94 byl z velké míry způsoben vysokými odběry podzemní vody z tuonského kolektoru na saské straně území, které převyšovaly využitelné zdroje oblasti. Tento vliv velmi pravděpodobně převyšoval působení kolísajících srážek. Ve prospěch této domněnky hovoří stejné vývoje hladiny podzemních vod v oblasti Křinice (Saské Švýcarsko, nižší odběry) ve stejném období a typická sedlová fáze poklesu mezi roky 1987 a 1990. V Lužických horách přetrvával pokles hladin podzemních vod nadále až přibližně do roku 1993/94, a to přes významné snížení odběrů v roce 1991. Tady se zase odráží to, že tento systém reaguje na vnější impulzy velmi pomalu, což lze z velké míry dát do souvislosti s velkou vzdáleností hladin podzemních vod od úrovně terénu (20–150 m), jejímž důsledkem je dlouhá doba prosakování srážkové vody, než dosáhne hladiny podzemní vody. Zároveň se ukazuje, že tento systém reaguje extrémně citlivě na zásahy do statických zásob podzemní vody. Protože k vysokým odběrům podzemních vod především v 80. letech docházelo na saském území (například odběrová místa PGH, Drehe, Jugendherberge, Schulwiese) a také aktuálně se vyšší odběry realizují v Sasku, jsou adekvátně tomu více ovlivněny hladiny podzemních vod v severní části modelové oblasti. Německé jímací objekty jsou navíc koncentrované na poměrně malém území. Celkově působily, resp. působí vysoké saské odběry z 80. let i na české teritorium a vedly zde k poklesu hladin podzemních vod, jenž v současnosti činí 0,5 až 3,0 metry oproti přirozeným podmínkám. Důvodem této skutečnosti je především to, že čerpání bylo vyšší než obnova podzemních vod a dotklo se statických zásob podzemních vod. Od momentu výrazného snížení odběrů podzemních vod v roce 1991 již odběry nepřesáhly dynamické zásoby (obnovující se zásoby podzemních vod). V současnosti pozorovaná kolísání hladin podzemních vod jsou s velkou pravděpodobností způsobena

klimatickou variabilitou a s ní spojenými různě vysokými objemy nově tvořených zásob podzemní vody. To, že současné hladiny podzemních vod dosud nedosáhly výchozí úrovně z let 1982/83, je zřejmě spojeno s pomalým opětovným doplňováním zasažených statických zásob.

Z hlediska budoucího vývoje zásob podzemních vod v řešeném území má rozhodující význam to, jak se bude vyvíjet na klimatu závislé množství nově tvořené podzemní vody. V současné době vycházejí klimatické projekce dlouhodobě z dalšího oteplení v budoucnu a z poklesu efektivní infiltrace. To by mělo za následek snížení množství nově tvořené podzemní vody. Pokud budeme uvažovat průměrný pokles infiltrace o 1 mm ročně jako důsledek klimatické změny, pak dojde při konstantním odběru podzemních vod o stávající velikosti i k trvalému poklesu jejich hladiny o zhruba 3 až 13 cm ročně (v závislosti na lokalitě – drenážní/infiltrační oblast).

Z hlediska dlouhodobé udržitelnosti využívání zdrojů podzemních vod bude nezbytné, aby se parciálně v Sasku přepracovala aktuálně platná, právně povolená odběrová množství a aby se přizpůsobila skutečné disponibilní zásobě podzemních vod. Část stávajících vodoprávních povolení pro odběry vody ještě odpovídá starým právním předpisům ze 70. let minulého století a dosud nebyla příslušnými oblastmi ochrany vody přepracována. Nerepresentují tak již běžnou odběrovou praxi s podstatně nižšími, reálnými odběrovými množstvími. Výsledky modelu budou kromě toho využívány i pro další výstupy projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE), jakož i k informování veřejnosti a pro návrh společné strategie ochrany zdrojů podzemních vod pro státní a veřejnou správu.



Obr. 2: Rozdíl hladin podzemní vody scénářů V2S1-1 a V2S2-2 – kolektor 2+3, rok 2043 (modelový rozdíl hladin podzemní vody mezi scénářem se současnými odběry a s průměrnou infiltrací 232 mm/rok a scénářem se současně povolenými odběry a s lineárním poklesem infiltrace z 232 na 202 mm/rok během následujících 30 let)

Pozn.: Záporné hodnoty rozdílů hladin podzemní vody znamenají snížení hladiny podzemní vody oproti scénáři V2S1-1. Kladné hodnoty rozdílů hladin podzemní vody popisují nárůst hladiny podzemní vody oproti scénáři V2S1-1.

Literatura:

Eckhardt, P. (2013) Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin. Dílčí studie projektu GRACE z programu Cíl 3. Praha: VÚV TGM, v.v.i., 62 s.

Kahnt, R., R. Löser, A. Gabriel, D. Hermann, S. Renker, M. Helbig, M., & A. Kutzke (2014) Entwicklung zweier 3D-Modelle hydrogeologischer Körper im sächsisch-böhmischen Grenzgebiet im Rahmen des Ziel 3-Projektes GRACE. Abschlussbericht, G.E.O.S. im Auftrag des LfULG: 115 S.+Anl.

Martínková, M. (2014) Vliv klimatické změny na celkovou vodnost oblasti „Hřensko–Křinice/Kirnitzsch“ a „Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin“. Dílčí studie projektu GRACE z programu Cíl 3, Praha: VÚV TGM, v.v.i., 35 s.

Šimek, P. (2014) Stáří a míšení podzemních vod, Oblast 2: Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin. Dílčí studie projektu GRACE z programu Cíl 3, Praha: VÚV TGM, v.v.i., 105 s., 11 příloh.

Vaněk J. (2014) Společně využívané vody na česko-saském pomezí (GRACE), Matematický model proudění podzemní vody v oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin. Zpráva za 2. etapu. AQUATEST, a.s., pro projekt GRACE z programu Cíl3 na smlouvu s VÚV TGM, v.v.i., Praha, květen 2014, 110 s.

Voigt, T., J. Franke & S. Franke (2013) Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen im sächsisch-böhmischen Grenzbereich im Rahmen des Ziel 3 – Projektes GRACE. Abschlussbericht, im Auftrag des LfULG; 42 S. + Anl.