

Souhrn nejdůležitějších výstupů Studie vlivu klimatu projektu GRACE

Souhrn uvádí výsledky dílčí studie *Vliv klimatické změny na celkovou vodnost oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch a oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin* (Studie vlivu klimatu) projektu *Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE)*, subvencovaného z Programu Cíl 3 na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko Evropského fondu pro regionální rozvoj. Studie Vliv klimatické změny na celkovou vodnost oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch a oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin, kterou zpracovala Mgr. Marta Martínková v březnu 2014, je uložena v knihovně VÚV TGM, v.v.i.

Cílem projektu GRACE je především vytvoření Společné strategie ochrany vodních zdrojů podzemních vod v obou zájmových oblastech projektu (Strategie). Strategie se orientuje na taková opatření, která směřují k trvale udržitelnému užívání přírodních zdrojů vody pro zásobování pitnou vodou, a přispívá tak k realizaci Rámcové směrnice EU pro vodní politiku. Hlavním nástrojem pro vytvoření Strategie jsou přeshraniční modely proudění podzemních vod. Tyto matematické modely pracují v ročním časovém kroku a s jejich pomocí jsou vytvářeny scénáře možného budoucího vývoje množství podzemních vod v obou zájmových oblastech. Simulace modelů proudění podzemních vod v těchto scénářích jsou podkladem pro vytvoření Strategie.

Projekt GRACE se tedy zabývá hledáním příčin poklesů hladin podzemních vod. Jedním z důležitých činitelů, které vývoj hladin podzemních vod ovlivňují, je klima. Hlavním cílem Studie vlivu klimatu proto bylo poskytnout vstupní data pro modelové scénáře se zohledněním možných budoucích změn v dotaci podzemních vod v důsledku změn klimatu.

K tomu bylo nutné vyhodnotit relevantní dostupné datové a informační zdroje a z výsledků této analýzy vytvořit hypotézy o možném budoucím vývoji vlivu klimatu a vlivu na vodnost obou zájmových oblastí.

Klimatické veličiny, kterými se Studie vlivu klimatu zabývá, jsou teplota vzduchu a množství srážek. Pro účely odhadu budoucího vývoje dotace podzemních vod byla dále vypočítána potenciální evapotranspirace metodou podle Thornthwaita (1948).

Obecně, s rostoucí teplotou roste výpar a zároveň vzduch může absorbovat více vodní páry (<http://www.wmo.int>), obsah vlhkosti ve vzduchu stoupá o 7 % na jeden stupeň Celsia (Clausius, 1850). Teplota a výpar ovlivňují množství, intenzitu, frekvenci, délku trvání a typ srážek. Když se otepluje, dochází ke zvyšování intenzity a zkracování doby trvání srážkových událostí – srážky se nestačí vsáknout, což také závisí na nasycení půdy, a rychle odtečou, což negativně ovlivňuje dotaci podzemních vod.

Stoupající trend teploty vzduchu může také způsobit změnu formy srážek, a to tak, že v zimě nesněží, ale prší. Když například v zimě, v období vegetačního klidu, prší, zachycení vody rostlinami je vzhledem k vegetačnímu klidu nižší.

Principiálně platí, že v zimních měsících, resp. v období vegetačního klidu je k dispozici více vody pro infiltraci. V návaznosti na zimní teplotní režim a stav půdních vrstev může také zde dojít

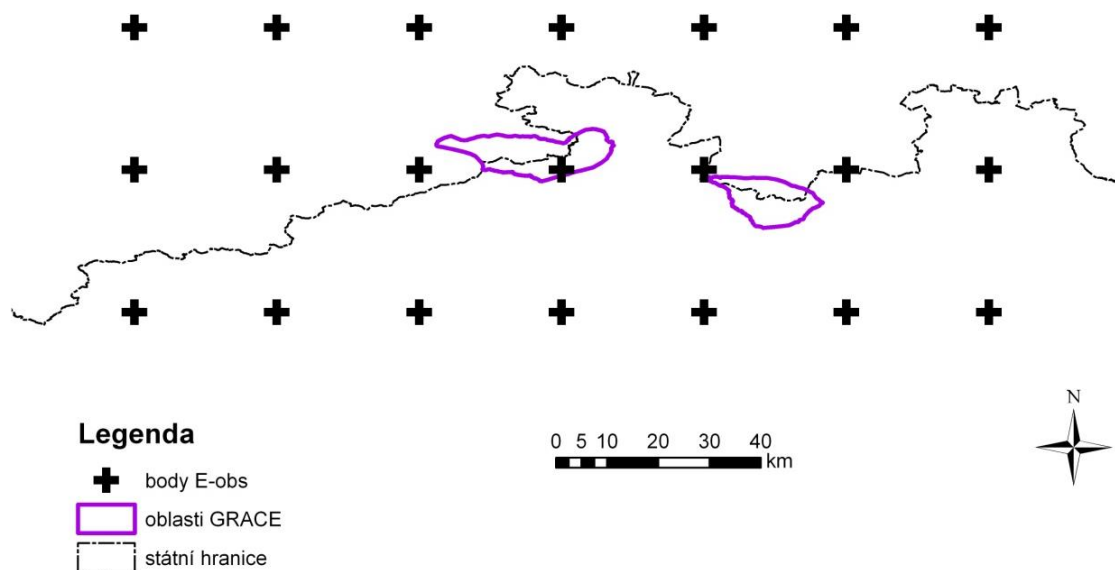
ke zvýšenému odtoku povrchovými vodami tím, že je voda ze srážek z povodí odvedena a nepřispívá k infiltraci.

Vzhledem k vývoji srážek nelze krátko- a střednědobý srážkový úhrn s poklesem ročního srážkového úhrnu porovnávat. Pravděpodobně jsou neměnné tzv. lehce stoupající střední roční srážky, které jsou zřejmě stoupajícím odparem kompenzovány. Jak již bylo výše uvedeno, bude však četnost intenzivních srážkových událostí pravděpodobně stoupat. Dlouhodobě (od poloviny století) lze počítat s úbytkem průměrných ročních srážek, a to zvláště kvůli snížení množství letních srážek. Tento vývoj bude pravděpodobně dlouhodobý a povede k úbytku průměrné roční infiltrace.

Dostupnost klimatických dat pro vymezená přeshraniční území v České republice a v Německu je odlišná. Vzhledem ke smlouvě o spolupráci mezi saským projektovým partnerem LfULG a německou meteorologickou službou (DeutscheWetterDienst, DWD) poskytuje DWD pozorovaná staniční data zdarma. Saský projektový partner zajistil získání a prvotní zpracování dat ze saských klimatických stanic. Vzhledem k tomu, že se jedná o přeshraniční oblasti, bylo rozhodnuto použít jako vstupní data Studie vlivu klimatu především datovou sadu, která bude konzistentní a bude rovnoměrně pokrývat přeshraniční zájmové území této studie. Tato kritéria nejlépe splňují data z projektu *European Climate Assessment & Dataset project* (ECA&D, <http://eca.knmi.nl/>) dostupná pro nekomerční účely bezplatně.

Datová sada E-OBS obsahuje data ze stanic ECA&D, která jsou převedena do rovnoběžné sítě. E-OBS obsahuje data o srážkách, tlaku vzduchu, minimální, průměrné a maximální teplotě. Pro účely Studie klimatu byla použita nejnovější verze E-OBS, která byla k dispozici. Jde o verzi 9.0 z října 2013 (<http://www.ecad.eu/download/ensembles/download.php>). Tato verze obsahuje data pro časové období od 1. 1. 1950 do 30. 6. 2013 v denním kroku. Bylo vybráno časové období od 1. 1. 1950 do 31. 12. 2012 pro veličiny průměrná denní teplota a denní úhrn srážek.

Z datové sady E-OBS byly vybrány gridy (buňky) sítě tak, aby bylo pokryto zájmové území Studie vlivu klimatu (obě oblasti). Obrázek 1 uvádí příslušné vybrané gridbody (centroidy buněk sítě) a jejich polohu vůči oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch (oblast 1) a oblasti Petrovice–Lückendorf–Jonsdorf–Oybin (oblast 2).



Obr. 1: Vybrané gridbody a jejich poloha vůči oblasti 1 (západně) a oblasti 2 (východně)

Zájmová území leží v mírném klimatickém pásu. Klima je zde přechodné mezi oceánským a kontinentálním se střídáním čtyř ročních období a převahou oceánského klimatu. Klimatické poměry, jak vyplynuly ze zpracování E-OBS, jsou uvedeny pro obě zájmové oblasti v tabulce 1.

Tab. 1: Zpracování datové sady E-OBS pro časové období 1. 1. 1950–31. 12. 2012

Veličina	Jednotka	Oblast 1	Oblast 2		
			západní část	východní část	
Průměrná teplota	roční	[°C]	7,8	7,3	7,7
	zimní	[°C]	1,9	1,4	1,7
	letní	[°C]	13,7	13,2	13,7
	prosinec–únor	[°C]	-0,7	-1,2	-1,0
	březen–květen	[°C]	7,5	7,0	7,4
	červen–srpen	[°C]	16,4	15,9	16,3
	září–listopad	[°C]	8,0	7,6	8,1
Průměrný úhrn srážek	roční	[mm]	663	707	730
	zimní	[mm]	281	305	302
	letní	[mm]	382	402	428
	prosinec–únor	[mm]	142	157	154
	březen–květen	[mm]	148	158	163
	červen–srpen	[mm]	225	234	249
	září–listopad	[mm]	148	159	164

Z porovnání průměrných teplot pro období 1950–1981 a 1982–2012 datové sady E-OBS vyplynulo zvýšení průměrné roční teploty, přičemž k nejvýraznějšímu zvýšení dochází na jaře, a naopak na podzim jsou změny velmi malé. To je v souladu se závěry, které uvádí Pretel et al. (2011) pro porovnání období 1961–1989 a 1990–2007 pro území ČR a které vyplývají z výsledků projektu KliWES na saské straně (<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/8214.htm>). Tabulka 2 uvádí

přehled výsledků porovnání pro zájmové oblasti GRACE. Stejné porovnání bylo provedeno i pro srážkové úhrny. Výsledky porovnání pro srážkové úhrny nejsou statisticky signifikantní, proto zde uvedeny nejsou.

Tab. 2: Srovnání datových sad E-OBS pro období 1950–1981 a 1982–2012

Změna veličiny		Jednotka	Oblast 1	Oblast 2	
				západní část	východní část
Průměrná teplota	roční	[°C]	0,59	0,65	0,70
	zimní	[°C]	0,54	0,63	0,73
	letní	[°C]	0,63	0,68	0,67
	prosinec–únor	[°C]	0,53	0,62	0,74
	březen–květen	[°C]	0,97	1,06	1,08
	červen–srpen	[°C]	0,68	0,73	0,71
	září–listopad	[°C]	0,17	0,20	0,26

Jako klimatické scénáře budoucího vývoje klimatu byly vybrány globální klimatické scénáře z projektu *CMIP5* (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5). CMIP představuje standardní experimentální protokol pro globální modely cirkulace systému oceán-atmosféra.

V rámci projektu TA02020320 *Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu* financovaného Technologickou agenturou ČR (TA02020320) byly časové řady objemu srážek a teploty vzduchu transformovány do 129 povodí pokrývajících území ČR. Pro potřeby projektu GRACE byly poskytnuty výstupy pro povodí, která leží nejbližší zájmovým oblastem GRACE. Projektovaný budoucí vývoj klimatu je analyzován na základě porovnání dvou budoucích projektovaných období 2021–2050 a 2071–2100 s kontrolním obdobím 1961–1990. Porovnávají jsou průměrné měsíční teploty a průměrné měsíční úhrny srážek pro celou sadu 199 scénářů CMIP5.

Naprostá většina globálních klimatických scénářů projektuje pokračování trendu zvyšující se teploty pro všechny měsíce v roce. Nejvyšší růst uvádějí tyto scénáře pro červenec a srpen, a naopak nejnižší pro březen a duben.

Pro všechna tři období byla vypočítána průměrná potenciální evapotranspirace pro jednotlivé měsíce metodou podle Thornthwaita (1948). Průměrná roční potenciální evapotranspirace pro kontrolní období byla pak porovnána s průměrnou roční potenciální evapotranspirací pro obě budoucí období. Z tohoto porovnání vyplynulo, že potenciální evapotranspirace se bude zvyšovat pro obě zájmové oblasti projektu GRACE přibližně o 1 mm za rok. Tato hodnota byla použita ve scénářích budoucího vývoje množství podzemních vod pro modely proudění podzemních vod v projektu GRACE jako hodnota, o kterou se pravděpodobně bude snižovat dotace podzemních vod. Modely proudění podzemních vod pracují v ročním časovém kroku a scénáře jsou vytvořeny pro období třiceti let se startovacím rokem 2012.

Z uvedených poznatků vyplývají pro podzemní vody v zájmových oblastech projektu GRACE následující důsledky:

Zvyšující se teplota způsobí zvyšování evapotranspirace, změny v rozdělení srážek a následné snížení dotace podzemních vod infiltrací. Podle globálních klimatických scénářů CMIP5 vychází možné zvyšování potenciální evapotranspirace přibližně o 1 mm za rok, a tím i nižší dotace podzemních vod infiltrací o 1 mm za rok.

Protože nejvyšší možný obsah vlhkosti ve vzduchu stoupá s tím, jak stoupá teplota, dá se předpokládat, že může dojít ke zvyšování intenzity a zkracování doby trvání srážkových událostí, srážky v létě mohou mít pak častěji přívalový charakter. To může vést ke zvýšení povrchového odtoku.

Zvyšování teploty v zimě může ovlivnit i formu srážek (déšť místo sněhu), což může také nepřímo negativně ovlivnit dotaci podzemních vod.

Citace

Clausius, R. (1850) Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. *Annalen der Physik*, 155: 500–524.

Pretel, J. (ed.) (2011) Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Ministerstvo životního prostředí, dostupné on-line 10. 2. 2013

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRNUTI_2011.pdf

Thornthwaite, C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38: 55–94. doi:10.2307/2107309.