

Odběry podzemních vod znatelně zmenšují průtoky menších vodních toků v období sucha

MARTINA PELÁKOVÁ, PAVEL ECKHARDT

Klíčová slova: minimální hladina podzemní vody – odběr vody – podzemní voda – průtok – sucho – vodní tok

ABSTRAKT

Článek upozorňuje na vztah mezi odběry podzemní vody a vysycháním významných vodních toků v obdobích sucha. Přináší souhrn nejvíce zasažených významných vodních toků v České republice (ČR). Velké soustředěné odběry podzemních vod mají značný dopad na menší a střední vodní toky.

Filtrem pro výběr nejvýznamnějších vlivů odběrů na průtoky byl podíl odebíraného množství vody a 355denního průtoku odvozeného z období 1931–1960. Vybrány byly vodní toky, u kterých tento podíl přesahoval 30 %. U poloviny takto vybraných případů byl zjištěn vztah, kdy 355denní průtok z období 1931–1960 ponížený o odebírané množství vody je přibližně roven 355dennímu průtoku z období 1991–2020. Případy, kdy zmíněný vztah neplatí, lze zdůvodnit změnami odebíraného množství a snížením hladin podzemních vod i průtoků v širším okolí způsobeným jímáním a využíváním statických zásob podzemních vod. Vliv klimatické změny se u základního odtoku ve studovaných případech pravděpodobně neprojevil.

Z naší analýzy vzešlo 13 případů výrazného ovlivnění průtoků významných vodních toků způsobeného odběry podzemních vod. Zhruba v polovině těchto případů existuje jiný zdroj vody, který by měl být využit, pokud je průtok dotčeného vodního toku na minimu. Další možností je ochrana vodních zdrojů uplatněním institutu minimální hladiny podzemních vod nebo minimálního zůstatkového průtoku.

Srovnání třinácti lokalit nejvíce zasažených odběry podzemní vody ukázalo, jaké důsledky má nadměrná exploatace podzemních vod v povodí. V povodích Dědiny, Doubravy, Bělé, Liběchovky, Ústeckého potoka, Blšanky a Jevíčky je odčerpávání podzemní vody významné, ale ještě není zcela změněn hydrologický režim. V dalších případech je situace vážnější, neboť dochází ke značnému vyčerpání širšího území. Poklesy průtoků vodních toků a hladin podzemních vod jsou často patrné i v sousedních povodích. Nejvýraznější dopady na hydrologický režim byly zjištěny u odběrů v povodí Bechyňského potoka, Rakovnického potoka, Pšovky, Blatý, Romže a Svitavy (vodní toky jsou řazeny hydrologicky).

ÚVOD

Projevem změny klimatu je na území ČR setrvalý vzestup průměrné teploty vzduchu během posledních 50 let, přičemž průměrné srážkové úhrny se příliš nemění. Vlivem vyšší teploty dochází, pokud je dostatek srážek, k většímu územnímu výparu, což vede k výraznějšímu suchu v půdě a v povrchových i podzemních vodách. Adaptace na sucho se uskutečňuje prostřednictvím dlouhodobých plánů a opatření i návrhů opatření pro okamžité řešení situace nedostatku vody, jež jsou součástí tzv. suchých plánů podle § 87b vodního zákona. Zdroje povrchových a podzemních vod jsou omezené, což vyžaduje při suchu koordinaci jejich využívání. Jedním z dlouhodobých adaptačních opatření je umožnění zastupitelnosti zdrojů vody. Větší města (spotřebiště) často disponují více zdroji vzájemně zastupitelnými, ale není to pravidlem.

Odběry povrchové vody bezpochyby zmenšují průtoky ve vodních tocích v úsecích různé délky v závislosti na odlehlosti místa odběru a vypouštění použité (odpadní) vody. Vliv odběrů povrchové vody na jakost vody je také zřejmý a při malých průtocích poměrně zásadní. U odběrů podzemních vod není vliv na průtoky v tocích tak přímočarý, ale je obdobný. K ochuzení průtoků dochází několika způsoby. Zřetelné je to při jímání pramenů, které tvoří nebo tvořily část průtoku nějakého vodního toku. K ochuzení vodních toků dochází i jímáním podzemní vody pomocí vrtů nebo studní, kdy je odebírána podzemní voda tvořící následně v místě drenážní báze zvodněného systému prameny (*obr. 1 a 2*) či přírony podzemních vod do vodních toků či vodních nádrží. Vydutnost pramenů vlivem odběrů z vrtů klesá, někdy dochází k jejich úplnému vymizení, což je popsáno např. u jímacího území Hřensko [1]. Stejně tak dochází k poklesu vývěřů podzemních vod pod hladinami vodních toků nebo nádrží. Další možností zmenšení průtoku vodního toku je jímání podzemních vod v nivě vodního toku s využitím břehové infiltrace.



Obr. 1. Vývěr podzemní vody z křídových pískovců Kokořínska tvořící část průtoku Liběchovky

Fig. 1. Natural spring emerging from the Cretaceous sandstones of the Kokořínsko region forming part of the Liběchovka flow



Obr. 2. Pramen sv. Vojtěcha v křídových pískovcích Kokořínska tvořící část průtoku Liběchovky

Fig. 2. St. Vojtěch spring in the Cretaceous sandstones of the Kokořínsko region forming part of the Liběchovka flow

METODIKA

Z evidovaných odběrů podzemních vod za rok 2021 v ČR [2] byly vybrány největší odběry a porovnány s průtoky ve vodních tocích, na něž mohou mít vliv. Sledovány byly pouze významné vodní toky podle vyhlášky č. 178/2012 Sb. Při porovnání byl uvažován 355denní průtok (Q_{355d}), který reprezentuje situaci malých průtoků. S ohledem na ovlivnění toků samotnými odběry, ale i manipulacemi na nádržích nebo vypouštěním odpadních vod, byly použity hodnoty Q_{355d} z období 1931–1960 [3]. Odběry podzemních vod v masivním měřítku se začaly provádět spíše až od sedmdesátých let 20. století. V rámci povodí jednoho vodního toku s uzávěrovým profilem se známým Q_{355d} byly odběry sdruženy a jejich hodnoty sečteny. U vodárenských odběrů během roku zpravidla nedochází k významnému kolísání. Roční odběr podzemní vody byl přepočítán na průměrný okamžitý odběr. Podílem průměrného odběru podzemní vody a Q_{355d} z období 1931–1960 získáme představu o možném ochuzení průtoku vodního toku odběrem. Volba profilu na vodním toku byla limitována dostupnými daty, tudíž nemusí být ideální z hlediska objektivního hodnocení vlivu odběru na průtok. Největší vliv odběrů

na průtoky nastává přirozeně v případech velkých odběrů a malých toků. V *tab. 1* jsou uvedeny odběry podzemních vod, u nichž odebrané množství tvoří více než 30 % průtoku Q355d příslušného vodního toku. Ovlivnění průtoků vybraných vodních toků dalšími způsoby, jako jsou odběry povrchových vod, vypouštění odpadních vod a manipulace na nádržích, bylo u vybraných profilů posouzeno a shledáno jako zanedbatelné.

Přírodní a hydrogeologické poměry vybraných vodních toků v souvislosti s příslušnými odběry

Výše popsaným způsobem bylo nalezeno a vybráno 13 vodních toků. Tyto vodní toky leží v nižších nadmořských výškách v širší centrální části ČR od Ústeckého až po Olomoucký a Jihomoravský kraj. Největší počet těchto vodních toků se nachází ve Středočeském kraji. Plochy hydrologických povodí vybraných vodních toků se pohybují od 51 po 384 km².

Z hydrogeologického hlediska jsou vybrané odběry podzemní vody umístěny zejména v dobře propustných křídových a kvartérních sedimentech. Naopak zcela zde chybí nejrozšířenější hydrogeologické prostředí v ČR – prostředí hydrogeologického masivu, které většinou neumožňuje soustředěné odběry vyšších vydatností podzemních vod. Z hlediska dotčených hydrogeologických rajonů převažují rajony v české křídové pánvi. Nachází se v nich devět vybraných úseků vodních toků Dědina, Doubrava, Bělá, Pšovka, Liběchovka, Úštěcký potok, Blšanka, Jevíčka a Svitava.

VÝSLEDKY

Mezi odběry podzemních vod ovlivňujícími průtoky vodních toků v naprosté většině převažují odběry vody sloužící k úpravě na vodu pitnou pro veřejné vodovody velkých sídel. Odběry vody pro velká spotřebišť se často soustřeďují na zdroje mimořádně vodné, kde nepůsobí tak zásadní vyčerpání, je však třeba udržovat přiměřenou míru využívání s ohledem na vodní toky a zásoby podzemních vod v místě odběru a okolí.

Tab. 1 obsahuje 13 lokalit v ČR, kde jímání podzemní vody významně ovlivňuje průtok středního nebo menšího vodního toku v období minim. Ve většině případů odebraná podzemní voda putuje do vzdálených spotřebišť v jiných povodích. Pouze ve dvou případech – Rakovnického potoka a Romže – je většina odebrané podzemní vody vrácena do toku vypouštěním odpadní vody v nevelké vzdálenosti cca 5 km pod místem odběru.

Procentuální hodnocení míry vlivu odběrů na průtok v *tab. 1* vypovídá rámcově o významu odběrů v jednotlivých lokalitách, ale závisí také na umístění profilu na vodním toku. Pro posouzení byly použity profily s dostupnými hodnotami Q355d. Vybrané vodní toky a místa odběrů podzemních vod, jež mají vliv na jejich průtoky, jsou znázorněny v mapce na *obr. 3*.

Pro další rozbor byly použity také 355denní průtoky odvozené z pozorování ovlivněných průtoků v období 1991–2020. V polovině případů lze vysledovat vztah mezi průměrným odběrem Q355d z období 1991–2020 a Q355d z období 1931–1960. Součet průměrného odběru a Q355d (1991–2020) v těchto případech přibližně odpovídá Q355d (1931–1960) u vodních toků Dědina, Doubrava, Bělá, Rakovnický potok, Liběchovka, Úštěcký potok a Jevíčka, jak je vyobrazeno v grafu na *obr. 4*. 355denní průtok lze považovat orientačně za úroveň základního odtoku v suchém období. Zmenšení Q355d z období 1991–2020 oproti Q355d z období 1931–1960 tedy přibližně odpovídá velikosti příslušných odběrů podzemní vody.

Proč tomu tak není ve všech případech? Proč jsou odběry u části případů větší než původní základní odtok? Důvodů může být několik:

1. Odběry podzemní vody v menší míře probíhaly již v období 1931–1960. Takovým případem je např. jímací území Březová nad Svitavou, kde bylo jímání podzemní vody I. březovským vodovodem pro Brno zahájeno již v roce 1914 a do roku 1975 bylo odebíráno cca 300 l/s [4, 5]. 355denní průtok ve Svitavě z období 1931–1960 tedy není neovlivněný. Podobnými případy jsou jímací území Smržice u Prostějova v povodí Romže využívané od roku 1906, jímací území Holedeč u Blšanky s úpravou vody z roku 1933 zásobující vodou Žatecko, jímací území Vrutice s vodovodem do Litoměřic od roku 1903 nebo jímací území Rakovnický potok, které se stalo hlavním zdrojem vody pro Rakovník v roce 1944.
2. Jímání podzemní vody vyčerpává i zdroje v širším okolí v povodí jiných vodních toků, kterým ubírá průtok. Příkladem jsou jímací území Mělnická Vrutice, Holedeč, Dolní Bukovsko a jímací území v povodí Blaty. Jímáním vody může být vyvolána změna směru proudění podzemní vody, a tím zvětšen rozsah území, odkud podzemní voda odtéká k jímacím objektům. V případě hlubších vrtů mohou být ovlivněny hlubší zvodně, jež se často odvodňují ve velké vzdálenosti od místa odběru do vzdálených vodních toků.
3. Podzemní voda může být dočasně čerpána i ze statických zásob, což je popsáno v případech jímacích území Mělnická Vrutice [6], Dolní Bukovsko [7] a Rakovnický potok [8].
4. Odběry podzemní vody v období 1991–2020 byly v některých případech menší než v roce 2021, který byl použit pro analýzu. V případě odběrů v povodí Bělé, Blaty, Romže a Jevíčky nárůst odebíraného množství vody (do 20 %) pravděpodobně způsobil mírný nesoulad. S mírně sníženými hodnotami odběrů v těchto čtyřech případech se součet odběrů a Q355d (1991–2020) více blíží hodnotě Q355d (1931–1960).

5. Odběry podzemní vody v období 1991–2020 byly v některých případech větší než v roce 2021. Mírný pokles odebíraného množství vysvětluje mírný nesoulad u hodnot v povodí Dědiny na stejném principu, jako je uvedeno v bodě 4. Pokles odběrů pro úpravnu vody Malešov zase přispívá k vysvětlení nesouladu u Ústeckého potoka.

6. Určitou roli může hrát i vliv klimatické změny. Porovnáním 355denních průtoků z období 1931–1960 a 1991–2020 v profilech neovlivněných významným způsobem odběry povrchových vod, vypouštění a manipulacemi na nádržích zjistíme, že v části profilů došlo k poklesu (*obr. 5*). Vyšší teploty v pozdějším období vyvolávají větší evapotranspiraci z povodí, pokud je voda v povrchové vrstvě k dispozici, proto může být odtok z povodí menší. Drobné změny ve srážkových úhrnech v některých částech ČR nemají zásadní vliv na Q355d.

7. Hodnoty 355denních průtoků mohou být zatíženy chybou pozorování, vyhodnocování a odvozování průtoků.

Zjištění, že rozdíl mezi současným Q355d a historickým Q355d z období 1931–1960 lze ve všech zkoumaných případech vysvětlit velikostí aktuálních odběrů a výše zmíněnými důvody 1–5, bylo poměrně překvapivé. Klimatická změna zde podle našich zjištění nehraje významnou roli. Důvodem může být i skutečnost, že období 1931–1960 se řadí k těm spíše sušším. K oslabení základního odtoku z křídových kolektorů v důsledku klimatické změny nedochází pravděpodobně z toho důvodu, že dotace kolektorů podzemních vod probíhá zejména ze zimních srážek, které nejsou v množství ztenčeny, a z vodních toků v jejich ztrátových úsecích (např. na výchozech kolektorů). Zásoba vody v křídových pískovcových kolektorech je velká a poskytuje celoroční souvislou dotaci vodních toků. Celkový roční odtok u většiny vodních toků v důsledku klimatické změny zmenšen je [9]. Důvodem je zejména zeslabení podpovrchového odtoku ve vegetačním období, kdy je díky vyšší teplotě vzduchu vyšší evapotranspirace.

Snížení průtoků vodních toků a hladin podzemních vod způsobené odběry podzemních vod bylo sledováno v uplynulých desetiletích v mnoha lokalitách v ČR. Jedním z nástrojů pro nápravu takových stavů jsou instituty minimální hladiny podzemních vod (MHPV) a minimálního zůstatkového průtoku (MZP), které byly aplikovány úspěšně v několika případech. Např. odběr podzemní vody v jímacím území Podlažice v minulosti značně ovlivňoval průtok vodního toku Žejbro v povodí Chrudimky, a to až do jeho vysychání. Pro jímací území byl zaveden institut minimální hladiny se čtyřmi úrovněmi hladiny podzemní vody v monitorovacím vrtu, podle nichž se řídí možná maximální výše odběru podzemní vody. Vzhledem k tomu, že v oblasti existují další zdroje pitné vody (např. vodní nádrže Seč a Křižanovice na Chrudimce), od zavedení institutu minimální hladiny již k vysychání vodního toku Žejbro nedochází.

Z 13 lokalit jímání podzemní vody, které jsou předmětem naší analýzy, je uplatněn institut minimální hladiny podzemních vod v jímacích územích Litá, Dolní Bukovsko, Mělnická Vrutice a Březová. Pro jímací území Dolní Bukovsko je stanoven i minimální zůstatkový průtok 50 l/s v Bechyňském potoce. Pro jímací území Litá platí omezení čerpání podzemních vod z důvodu ochrany slatinných společenstev pouze pro období 21. března až 15. července. Zavedením těchto limitů se situace většinou mírně zlepšila, nicméně vzhledem k dlouhé době, po kterou jsou již odběry podzemních vody realizovány, není tak dobře znám přirozený stav povrchových a podzemních vod. Málčko si jej pamatuje, tudíž není nárokováno. Stanovení samotné hodnoty minimální hladiny podzemní vody neodpovídá vždy definici stanovené v § 37 vodního zákona: „*Minimální hladina podzemních vod je hladina, která ještě umožňuje udržitelné užívání vodních zdrojů a která zajistí dosažení dobrého ekologického stavu souvisejících útvarů povrchových vod a vyloučí významné poškození suchozemských ekosystémů.*“ Další uplatnění zmíněných institutů MHPV a MZP je na místě v případech odběrů vody nadměrně vytěžujících zdroje, z nichž ty nejdůležitější jsou uvedeny v *tab. 1*.

V *tab. 1* je také obsažena informace o zásobovaných městech z posuzovaných zdrojů. Jsou uvedena pouze větší sídla, kde je převážné množství vody obvykle spotřebováno. V posledním sloupci *tab. 1* jsou navrženy možnosti alternativních vodních zdrojů pro daná spotřebišť. Často jde o vodní nádrže, jež mají dostatečnou kapacitu. Některé zdroje jsou běžně využívány, jiné vzhledem k vyšší ceně za odběr a úpravu povrchové vody pouze doplňkově a další jsou odstaveny z provozu (VN Boskovice). V některých případech žádný další významný zdroj do vodárenské soustavy připojen není, což může být obecně rizikem pro spolehlivé zásobování vodou, ale i pro vodní toky a na vodu vázané ekosystémy, jež mohou být při suchu kvůli velkým nenahraditelným odběrům poškozeny nebo zničeny.

Dostatečné zásoby podzemních vod, které jsou často proklamovány provozovateli vodovodů, nejdou vždy ruku v ruce s dostatečným množstvím vody ve vodních tocích, jak bylo ukázáno na 13 zkoumaných lokalitách. Pro zajímavost je možné zmínit i opačnou situaci, kdy čerpaná podzemní voda po využití vtéká do vodního toku, který není drenážní bází kolektoru podzemní vody, z něhož je čerpána. Projevuje se tedy ve vodním toku nadlepšovacím účinkem, což je při suchu příznivé.

Tab. 1. Nejvýznamnější ovlivnění vodních toků vodárenskými odběry podzemní vody v roce 2021 (seřazené dle hydrologického pořadí)

Tab. 1. Groundwater abstractions in 2021 greatly affecting watercourses (in hydrological order)

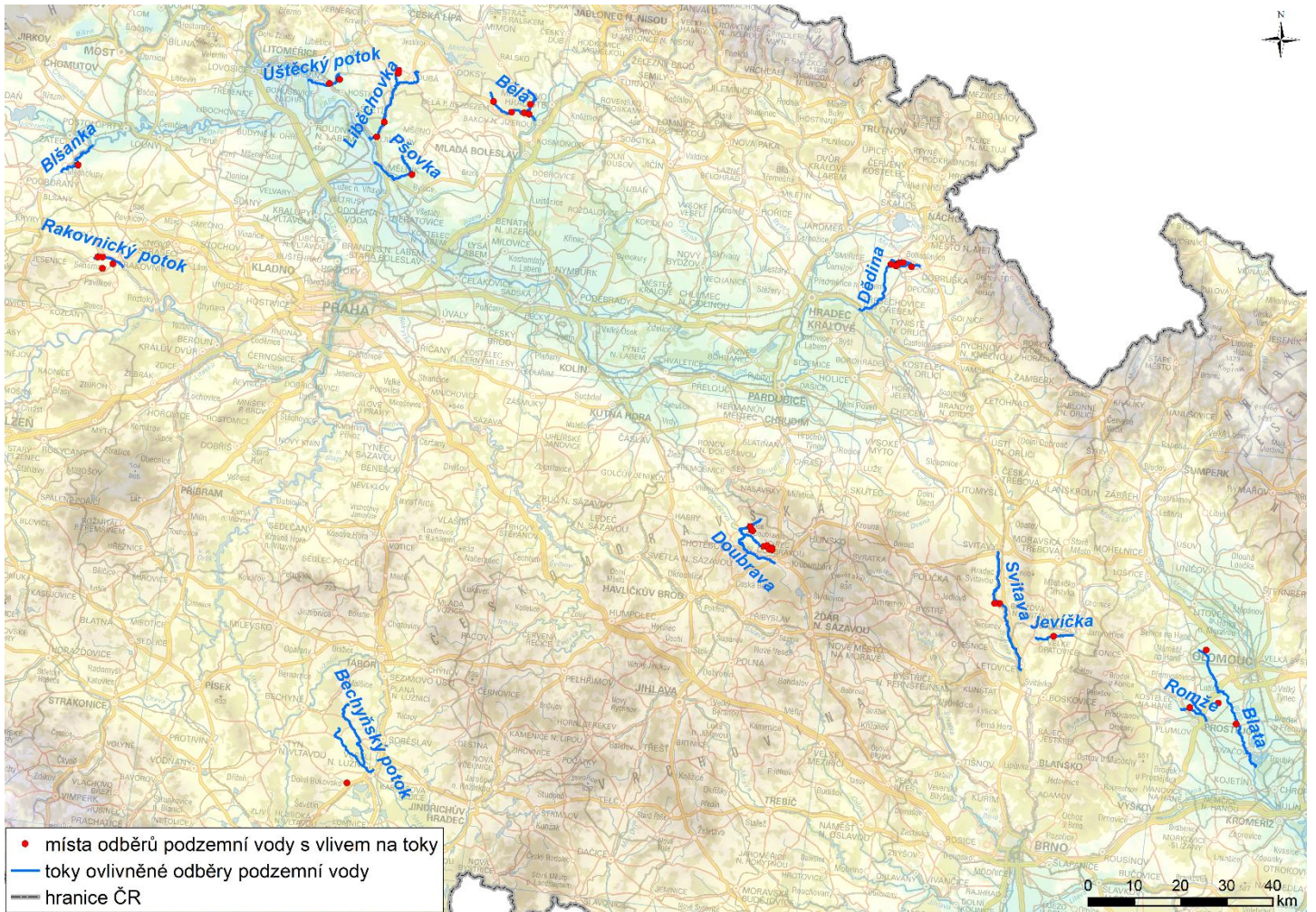
Název místa odběrů	Kraj	Hydrogeologický rajon (HGR)	Zásobovaná města	Celkový průměrný roční odběr [l/s]	Ovlivněný tok – profil (plocha povodí)	Q355d 1991–2020 [l/s]	Q355d 1931–1960 [l/s]	Podíl odběr/ průtok Q355d 1931–1960 [%]	Možná náhrada zdroje
Litá	HKK	4222 Podorlická křída v povodí Orlice	Hradec Králové	124	Dědina – Mitrov (291 km ²)	87	240	52	Orlice – Hradec Králové a další zdroje VSVČ
Studenec	VYS	4320 Dlouhá mez – jižní část	Havlíčkův Brod, Chotěboř, Ždírec, Příbyslav, Hlinsko	71	Doubrava – pod Cerhovkou (101 km ²)	55	120	59	VN Hamry
Kladruby, Lhůta		4330 Dlouhá mez – severní část							
Bělá pod Bezdězem a okolí	STC	4410 Jizerská křída pravobřežní	Mladá Boleslav a okolí	147	Bělá – ústí (158 km ²)	150	280	52	není
Dolní Bukovsko	JHC	2151 Třeboňská pánev – severní část	Jindřichův Hradec, Veselí n. L., Týn n. Vlt.	97	Bechyňský potok – ústí (128 km ²)	68	110	88	částečně VN Římov
Rakovník a okolí	STC	5131 Rakovnická pánev	Rakovník	54	Rakovnický potok – nad Lišanským p. (164 km ²)	15	60	90	není
Mělnická Vrutice	STC	4522 Křída Pšovky a Liběchovky	Mělník, Neratovice, Kralupy, Kladno, Slaný	344	Pšovka – ústí (158 km ²)	-	190	181	částečně VN Švihov, VN Klíčava
Pavličky	LBK	4522 Křída Pšovky a Liběchovky	Litoměřice (VS Žernoseky)	60	Liběchovka – ústí (157 km ²)	131	190	32	(Vrutice a Malešov, Močidla)
Tupadly a Liběchov	STC		Mělník a okolí						(Mělnická Vrutice)
Vrutice a Malešov	ULK	4523 Křída Obrtky a Ústěckého potoka	Litoměřice (VS Žernoseky)	119	Ústěcký p. – ústí (217 km ²)	200	330	36	(Pavličky, Močidla)
Holedeč	ULK	4550 Holedeč	Žatec	26	Blišanka – nad Klučeckým p. (384 km ²)	65	70	37	VN Žlutice
Velké Opatovice	JHM	4280 Velkoopatovická křída	Boskovice	35	Jevíčka – pod Uhřickým p. (51 km ²)	33	60	59	VN Boskovice (nevyužívaný záložní zdroj)
Senice	OLK	1623 Pliopleistocén Blatý	Olomouc	86	Blata – Klopotovice (296 km ²)	13	45	191	zdroje skupinového vodovodu v nivě Moravy
Dubany, Hrdibořice			Prostějov						není
Smržice	OLK	1624 Kvartér Valové, Romže a Hané	Prostějov	47	Romže – nad Hloučelou (125 km ²)	-	40	118	není
Březovské vodovody	PAK	4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy	Brno	852	Svitava – Rozhraní (223 km ²)	185	660	129	VN Vír

Vysvětlení zkratk:

Q355d = 355denní průtok

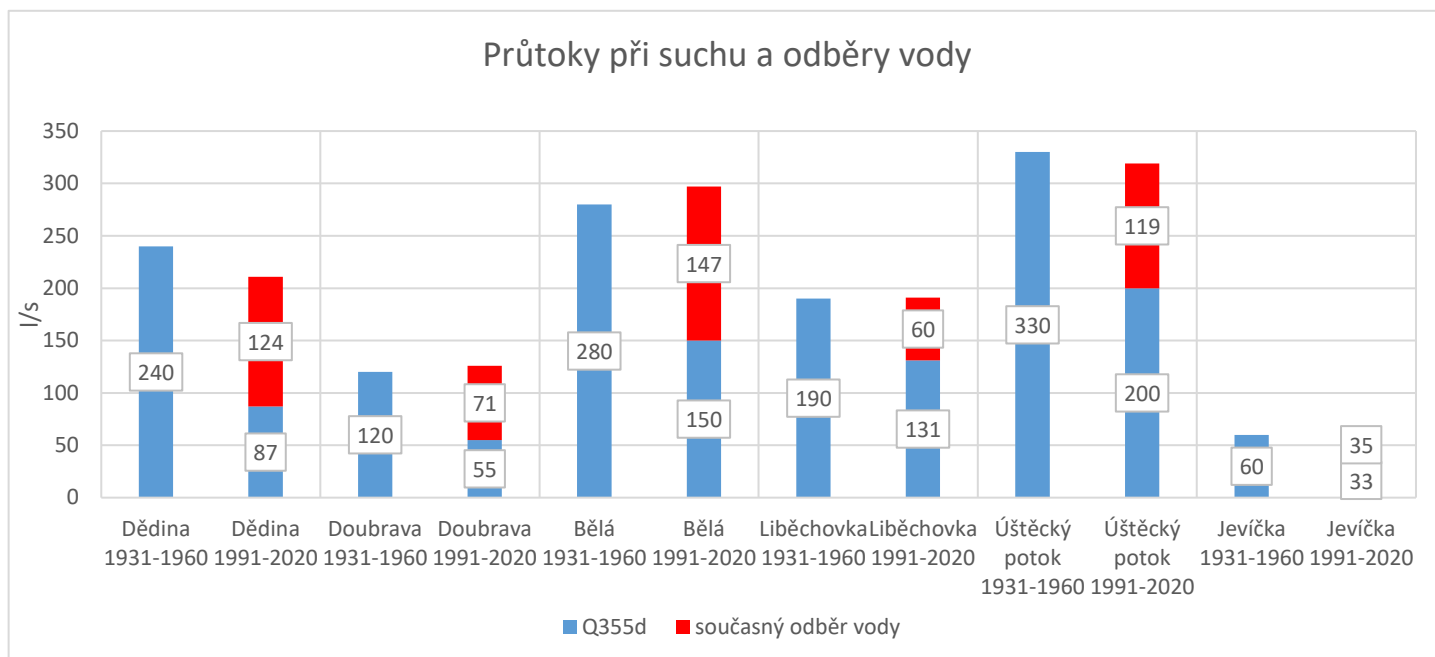
VN = vodní nádrž

VSVČ = Vodárenská soustava Východní Čechy



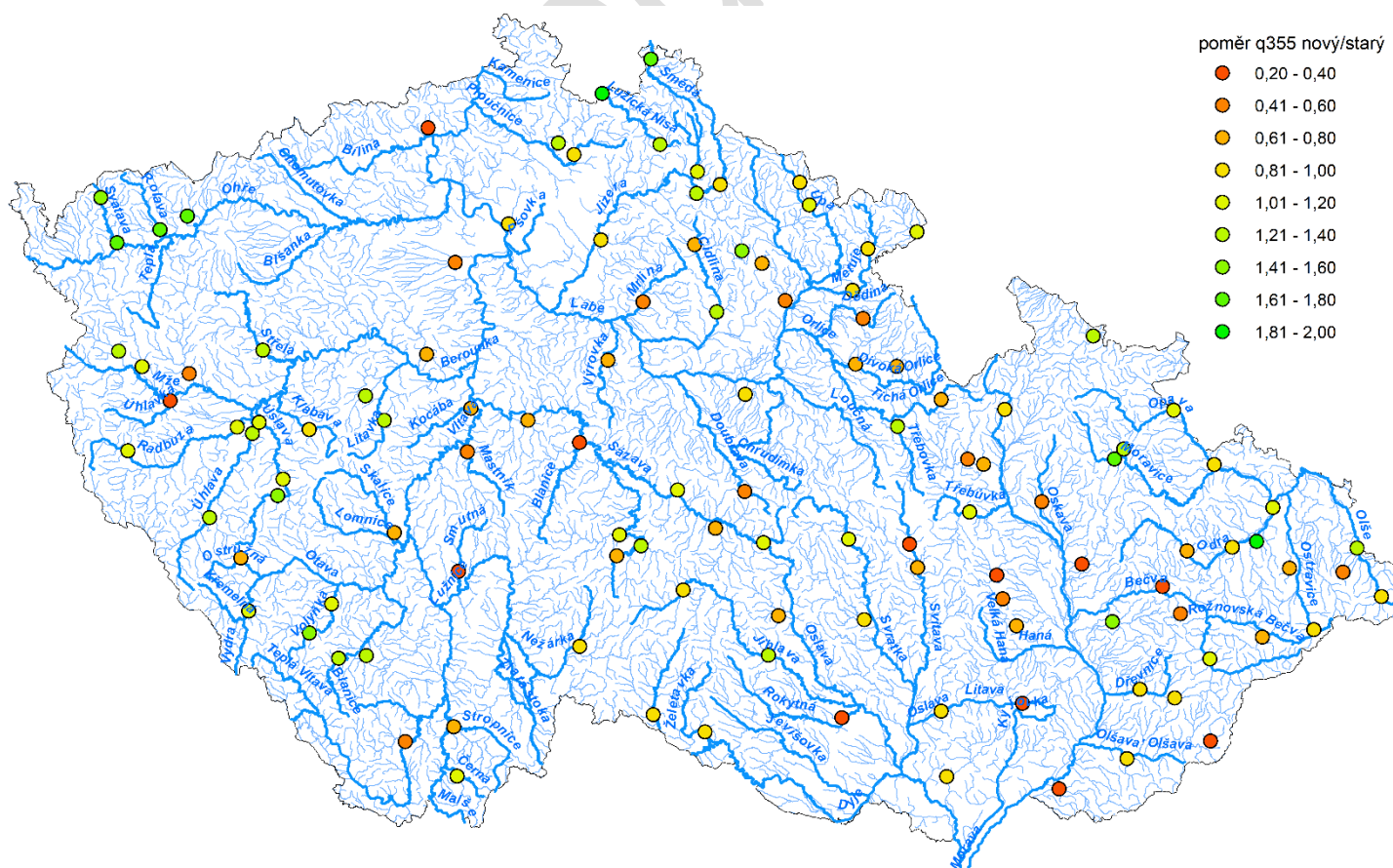
Obr. 3. Významné ovlivnění průtoků ve vodních tocích způsobené odběry podzemních vod bylo zjištěno na 13 lokalitách v ČR; v mapě je znázorněn vždy ovlivněný úsek vodního toku s příslušnými místy odběrů

Fig. 3. Significant impacts of groundwater abstractions on stream flows have been identified at 13 locations in the Czech Republic; the map shows each affected watercourse section with the corresponding abstraction sites



Obr. 4. Porovnání 355denních průtoků v minulosti a v současnosti. Snížení 355denních průtoků odpovídá ve vybraných povodích odebranému množství podzemní vody. Případy odběrů přesahujících svým vlivem hranice povodí nejsou znázorněny

Fig. 4. Comparison of 355-day flows in the past and present. The reduction in 355-day flows corresponds to the amount of groundwater abstracted in the selected catchments. Cases of abstractions affecting larger areas across catchment boundaries are not shown



Obr. 5. Změna 355denních průtoků v profilech na vodních tocích; barevné body ukazují poměr mezi Q355d z období 1991–2020 a z období 1931–1960

Fig. 5. Change in 355-day flow in stream profiles; coloured points show the ratio between Q355d from 1991–2020 and Q355d from 1931–1960

DISKUZE

V pracích Prchalové [10] a Venery [11] jsou porovnávány odběry podzemní vody s přírodními zdroji podzemních vod, resp. s využitelným množstvím podzemních vod v měřítku hydrogeologických rajonů. Tento článek porovnává odběry podzemní vody s průtoky ve vodních tocích v suchém období, které jsou tvořeny převážně základním odtokem v měřítku povodí o velikosti 51 až 384 km². Podle výsledků studií [10, 11] a tohoto článku se území, kde dochází k nepřiměřeně velkému čerpání podzemních vod, nepřekvapivě v mnoha případech shodují. Vzhledem k rozdílným zkoumaným zdrojům (zásoby podzemních vod a vodní toky) není shoda, pokud je drenážní bází „postiženého“ rajonu velký vodní tok. Na jeho průtoky se neprojeví vliv čerpání podzemních vod významným způsobem, přestože zásoby podzemních vod jsou nadměrně exploatovány. Dále pochopitelně nedochází ke shodě v případech, kdy povodí zkoumaného vodního toku tvoří jen malou část hydrogeologického rajonu (HGR). Na rozdíl od předchozích prací [10, 11] byl identifikován významný vliv odběrů podzemní vody v povodí Bělé v HGR 4410 Jizerská křída pravobřežní, kde jsou zdroje podzemních vod vydatné, nicméně 355denní průtok Bělé při ústí do Jizery je v současnosti zhruba poloviční oproti období před vybudováním skupinového vodovodu pro Mladou Boleslav. Kromě vlivu zvýšení odběrů v posledních letech zde hraje roli i metoda stanovení využitelných zásob pro HGR 4410 v projektu „*Rebalance zásob podzemních vod*“, ze kterého vychází publikace Venery [11].

Vztahem mezi odběry podzemní vody a průtoky vodních toků se zabývají také jednotlivé podniky Povodí. Ve zprávě státního podniku Povodí Vltavy [12] se uvádí, že hlavním drenážním tokem pro hydrogeologický rajon 2151 je Bechyňský potok a základní odtok je zde výrazně ovlivněn odběrem podzemní vody v Dolním Bukovsku. V HGR 5131 Rakovnická pánev je sledováno v okolí Rakovníku čerpání velkého množství zásob podzemní vody, jež pak nemohou gravitačně odtékat do svých přirozených drenážních bází – Rakovnického potoka a jeho přítoků [8].

V územní působnosti státního podniku Povodí Ohře jsou zkoumané vodní toky Pšovka, Liběchovka, Úštěcký potok a Blšanka. Právě u těchto vodních toků se periodicky vyskytuje napjatá vodohospodářská bilance [13], tj. průměrné měsíční průtoky klesají pod hodnotu Q355d. Na poklesech vodnosti některých z těchto vodních toků se mimo jiné podílejí nadměrné vodárenské odběry podzemních vod [13]. Největší negativní vliv je zaznamenán na vodním toku Pšovka, kde dochází dlouhodobě v letních měsících k úplnému vysychání části vodního toku [14]. Dále je konstatováno, že vodnost Blšanky je významně ovlivněna odběrem podzemních vod z jímacího území Holedeč [11] v HGR 4550 Holedeč, z kterého je podzemní voda četnými zlomy drénována do Blšanky [14]. Průtoky Liběchovky se věnuje závěrečná zpráva projektu „*Rebalance zásob podzemních vod*“ [6], v jehož rámci proběhlo měření postupných profilových průtoků. V úseku Liběchovky mezi Chudolazy a Želízy, kde se nachází jímací území Tupadly (*obr. 6*), docházelo v říjnu 2013 a červnu 2014 k poklesu průtoky Liběchovky o cca 30 l/s. Průměrný měsíční odběr v jímacím území Tupadly byl 33 l/s v říjnu 2013 a 37 l/s v červnu 2014. Aktuální roční průměrný odběr v letech 2021 a 2022 byl 37 a 44 l/s.

Povodí Moravy, s. p., má ve správě zkoumané vodní toky Jevíčka, Blata, Romže a Svitava. Na vodním toku Blata se napjatý bilanční stav objevuje opakovaně od roku 2009. Jedním z důvodů jsou odběry podzemních vod v nivě mezi Moravou, Blatou a Romží [15]. Podobně na vodním toku Svitava je napjatý bilanční stav velmi častý. Hlavní příčinou jsou významné objemy odběrů podzemních vod pro I. a II. březovský vodovod [15]. Kompenzaci odebraného množství vody zajišťuje vodní nádrž Letovice na Křetíně, která však ústí do Svitavy ve vzdálenosti 19 ř. km pod jímacím územím Březová. U vodních toků Jevíčka a Romže není bilanční stav posuzován, nicméně vliv odběrů na Romži v jímacím území Smržice je evidentní, protože systém jímání je založen na břehové infiltraci z Romže. Na vodním toku Romže jsou vybudovány dva umělé stupně, které nadržují vodu pro jímací území Smržice, kde je podél vodního toku Romže vyhloubeno sedm jímacích objektů [16]. Ve Velkých Opatovicích jsou jímáním podchyceny Zámecké prameny napájející vodní tok Jevíčka. Podzemní voda kolektoru B je jímána jednak násoskou zachycující přirozený přeliv pramenů a jednak řadou jímacích vrtů [17].

Zpráva státního podniku Povodí Labe [18] ve vztahu k odběrům podzemních vod v hydrogeologických rajonech 4222 a 4410 konstatuje, že odběry v povodí Dědiny (HGR 4222) a Bělé (HGR 4410) nezpůsobují snížení statických zásob podzemní vody. Zda zmíněné odběry zmenšují průtoky v tocích Dědina a Bělá, není posuzováno. Dále zpráva [18] uvádí, že odběry podzemních vod v povodí Doubravy (HGR 4320 a 4330) nemohou zásadně ohrozit přírodní zdroje útvaru podzemních vod a snížení průtoky v Doubravě způsobené odběry je kompenzováno vodní nádrží Pařížov. Podle našich poznatků není nadlepšování průtoky nádrží Pařížov při suchu očekávatelné vzhledem k úplnému vyprázdnění zásobního

prostoru nádrže v uplynulých obdobích sucha. Hlavním účelem nádrže Pařížov je zmírnění průchodu velkých vod a dále mimo jiné i výroba elektrické energie.

Porovnání M -denních průtoků období 1981–2010 a období 1991–2020 poskytuje článek Kukly [19]. Poklesy 355denních průtoků činí průměrně 13,4 % v souboru 304 vodoměrných stanic v ČR. Kukla konstatuje, že obecně bylo období 1981–1990 vodnější než období 2011–2020. Během dlouhotrvajících bezesrážkových období v letech 2014–2019 byla pozorována dlouhodobá období trvání minimálních průtoků. To vysvětluje rozdíl mezi hodnotami 355denních průtoků v porovnávaných obdobích. Naše porovnání 355denních průtoků z období 1931–1960 a období 1991–2020 ve 129 vodoměrných stanicích ukazuje průměrný pokles o 3 %, vybrány byly stanice s malým ovlivněním průtoků lidskou činností. Při uvážení nepřesností pozorovaných a odvozovaných hodnot lze považovat pokles o 3 % za nepodstatný. Norma ČSN 75 1400 udává orientační hodnotu pravděpodobné chyby hodnot 355denních průtoků 20 %.



Obr. 6. Objekt jímání podzemní vody v Tupadlech v povodí Liběchovky
Fig. 6. Groundwater abstraction facility at Tupadly in the Liběchovka catchment

ZÁVĚR

Výsledkem naší analýzy je identifikace 13 lokalit, kde množství odebrané podzemní vody přesahuje 30 % průtoků vodního toku v období sucha. Tento článek se zabývá pouze zásadními odběry podzemní vody a jejich vlivem na významné vodní toky. Obdobně působí menší odběry podzemní vody na menší vodní toky s lokálním významem. Vysychání vodních toků je již dnes v ČR pozorováno v nejsušších regionech. V případech vodních toků posuzovaných v tomto článku jsou však příčinou silně ochuzených průtoků odběry vody. Řízení míry odběrů z povrchových a podzemních zdrojů je ovlivněno mimo jiné výší poplatků za odebranou vodu, což se projevuje větším tlakem na podzemní vodu, která je v tomto směru podstatně levnější než povrchová voda. V rámci vodárenských soustav často existují zdroje povrchové vody, jejichž větší využívání je možné a podpořilo by jej vyrovnání výše poplatků za odběr podzemní vody a povrchové vody. Jde zejména o vodní nádrže určené k zásobování vodou. Dalším pozitivním efektem většiny těchto vodních nádrží je nadlepšování průtoků ve vodních tocích v obdobích sucha.

V budoucnu s sebou klimatická změna přinese další zvyšování teplot, což se projeví nejvíce u vodních toků, kde je už v současnosti situace napjatá a dochází k vysychání. Je třeba se připravit na problémy a využívat nebo hledat jiné zdroje vody. Už nyní je na místě zajistit možnost využívání existujících nevyužívaných vodních nádrží pro vodárenské účely a zvažovat výstavbu nových vodních nádrží. Výhodou vodních nádrží je, že na rozdíl od kolektorů podzemní vody lze regulovat odtok zadržovaného objemu vody. Dalším příspěvkem ke zvětšení zásob podzemních vod, potažmo průtoků vodních toků v období sucha, je podpora infiltrace srážkových vod do horninového prostředí např. pomocí zasakovacích prvků. Důležitá je také ochrana významných infiltračních území před zastavěním a znečištěním. Průtoky v suchých obdobích lze

též posílit odstraněním nevhodných odvodňovacích zařízení jak na zemědělských, tak na lesních pozemcích. Pokud dlouhodobá koncepční opatření chybějí, vodoprávní úřady musejí v suchých obdobích přistoupit k opatření ve smyslu omezení spotřeby vody domácnostmi, které jsou hlavními konzumenty podzemní vody.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci řešení projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR.

Vysvětlení použitých pojmů

355denní průtok – průtok, který je v dlouhodobém průměru dosažen či překročen po dobu 355 dní v roce

Neovlivněný průtok – přirozený průtok, který není ovlivněn manipulacemi na nádržích, odběry vody a vypouštěními

Základní odtok – jedna ze tří složek celkového odtoku z povodí tvořená vývěrem podzemních vod do vodních toků; dalšími dvěma složkami jsou povrchový odtok a podpovrchový odtok

Zvodeň – souvislá akumulace podzemních vod v hornině

Kolektor podzemních vod – propustné horninové prostředí se schopností akumulovat vodu

Statické zásoby podzemních vod – množství podzemní vody neodtékající z kolektorů do vodních toků nebo jiných kolektorů (pokud jsou čerpány, může docházet k trvalému poklesu hladiny podzemní vody)

Dynamicke zásoby podzemních vod – množství podzemní vody odtékající z kolektorů do vodních toků nebo jiných kolektorů; v přirozených podmínkách odpovídají (v dlouhodobém měřítku) přírodním zdrojům podzemní vody a tvoří základní odtok

Přírodní (obnovitelné) zdroje podzemní vody – množství vody za přírodních poměrů dlouhodobě doplňované infiltrací do hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému (definice dle přílohy č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb.)

Přírodní zdroje se obvykle stanovují jako hodnota neovlivněného základního odtoku z posuzované hydrogeologické struktury. Základní odtok se v čase přirozeně mění v závislosti na ročním období a počasí v předchozím období. Charakteristickou hodnotou pro dané období může být potom medián nebo průměr základního odtoku.

Využitelné množství podzemních vod – množství podzemní vody, které je možné racionálně využívat z hydrogeologického kolektoru nebo zvodněného systému, aniž nastane negativní ovlivnění podzemních vod anebo okolního životního prostředí (definice dle přílohy č. 8 vyhlášky č. 369/2004 Sb.)

Hydrogeologický rajon – území s obdobnými hydrogeologickými poměry, typem zvodnění a oběhem podzemní vody

Břehová infiltrace – jímání vody z vodního toku vyvolané rozdílem hladin v toku a v místě jímacích objektů podzemní vody v nivě

Drenážní báze – místo, kde podzemní voda ze zvodnělého systému vlivem gravitace vytéká na zemský povrch

Evapotranspirace – evaporace a transpirace rostlin, tj. výpar vody z povrchu země a výdej vodní páry povrchem rostlin

Literatura

[1] ECKHARDT, P., POLÁKOVÁ, K. Vývoj vydatnosti pramenů v Česko-saském Švýcarsku. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2014, 56(2), s. 1–4. ISSN 0322-8916.

[2] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Odběry podzemních vod (za rok 2021)* [on-line]. Dostupné z: <https://www.voda.gov.cz/?page=odbery-podzemnich-vod>

[3] KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ HYDROLOGICKÉ SLUŽBY HMŮ. *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky*, díl III. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1970.

[4] KRÁSNÝ J. et al. *Podzemní vody České republiky. Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Praha: Česká geologická služba, 2012.

- [5] VENERA, Z. et al. *Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Příloha č. 2/24 Stanovení zásob podzemních vod. Hydrogeologický rajon 4232 – Ústecká synklinála v povodí Svitavy*. Praha: Česká geologická služba, 2016.
- [6] VENERA, Z. et al. *Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Příloha č. 2/35 Stanovení zásob podzemních vod. Hydrogeologický rajon 4522 – Křída Liběchovky a Pšovky*. Praha: Česká geologická služba, 2016.
- [7] KEPRTOVÁ, Z. et al. *Hodnocení množství a jakosti podzemních vod v dílčím povodí horní Vltavy za rok 2019*. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2020.
- [8] KEPRTOVÁ, Z. et al. *Hodnocení množství a jakosti podzemních vod v dílčím povodí Berounky za rok 2021*. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2022.
- [9] KAŠPÁREK, L., KOŽÍN, R. Změny srážek a odtoků na povodích v ČR v období intenzivního oteplování. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(2), s. 17–27. ISSN 0322-8916.
- [10] PRCHALOVÁ, H., VYSKOČ, P., VIZINA, A., NOVÁKOVÁ, H. Bilance zdrojů podzemní vody a potřeb pro pitné účely v podmínkách klimatické změny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(5), s. 22–31. ISSN 0322-8916.
- [11] VENERA, Z. Sucho, podzemní voda a voda v krajině. In: *SUCHO – jak mu předcházet a jak s ním žít, dotační zdroje. Webinář asociace Národní síť Zdravých měst České republiky*, 2020.
- [12] KEPRTOVÁ, Z. et al. *Hodnocení množství a jakosti podzemních vod v dílčím povodí horní Vltavy za rok 2021*. Praha: Povodí Vltavy, státní podnik, 2022.
- [13] POVODÍ OHŘE, státní podnik. *Plán dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe, část V. Hydrologické extrémy, III. plánovací období (2021–2027)*. [B. m.]: Povodí Ohře, státní podnik, 2021.
- [14] POLEDNÍČEK, P. et al. *Vodohospodářská bilance dílčího povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe, hodnocení minulého kalendářního roku 2021 – textová část. Zpráva o hodnocení množství a jakosti podzemních vod*. [B. m.]: Povodí Ohře, státní podnik, 2022.
- [15] PEŠEK, J. et al. *Vodohospodářská bilance povodí Moravy za rok 2021 – textová část*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2022.
- [16] VENERA, Z. et al. *Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Příloha č. 2/10 Stanovení zásob podzemních vod. Hydrogeologický rajon 1624 – Kvartér Valové, Romže a Hané*. Praha: Česká geologická služba, 2016.
- [17] VENERA, Z. et al. *Rebilance zásob podzemních vod. Závěrečná zpráva. Příloha č. 2/27 Stanovení zásob podzemních vod. Hydrogeologický rajon 4280 – Velkoopatovická křída*. Praha: Česká geologická služba, 2016.
- [18] ŠRAUT, B. et al. *Zpráva o hodnocení množství a jakosti podzemních vod v územní působnosti Povodí Labe, státní podnik, za rok 2021*. Hradec Králové: Povodí Labe, státní podnik, 2022.
- [19] KUKLA, P. Porovnání hydrologických charakteristik M-denních průtoků referenčního období 1981–2010 a uvažovaného referenčního období 1991–2020. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(2), s. 43–47. ISSN 0322-8916.
- [20] VENERA, Z. *Rebilance zásob podzemních vod – závěrečná zpráva s přílohami*. Praha: Česká geologická služba, 2016.

Autoři

Ing. Martina Peláková
martina.pelakova@vuv.cz
ORCID: 0000-0003-0485-1542

Mgr. Pavel Eckhardt
pavel.eckhardt@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-4218-5344

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel recenzním řízením.

GROUNDWATER ABSTRACTIONS NOTICEABLY REDUCE THE FLOWS OF SOME WATERCOURSES DURING THE DRY SEASON

Keywords: minimum groundwater level – water abstraction – groundwater – flow – drought – watercourse

The paper points out that some significant watercourses dry up during periods of minimal flows due to groundwater abstraction. It provides a summary of the most affected significant watercourses in the Czech Republic. Large concentrated groundwater abstractions have a considerable impact on small and medium-sized watercourses.

To select the most significant effects of abstractions on stream flows we used the ratio of abstractions to 355-day flows derived from the period 1931–1960. Watercourses exceeding 30 % were selected. In half of the selected cases the following relationship was confirmed: the 355-day flow from 1931–1960, reduced by the abstraction rate, is approximately equal to the 355-day flow from 1991–2020. The cases where this relationship does not match can be explained by changes in abstraction volumes, declining groundwater levels and flows in the wider area due to abstraction and the use of static groundwater reserves. The effect of climate change is unlikely to be present in the baseflow in the cases studied.

Our analysis identified 13 cases where groundwater abstraction is severely affecting the flow of significant watercourses. In about half of these cases, there is an alternative source of water that should be used when the flow of the watercourse is at a minimum. Another way to protect water resources is to apply the minimum groundwater level or minimum residual flow under the Water Act.

A comparison of the thirteen sites most affected by groundwater abstraction showed the consequences of groundwater overexploitation. In the catchments of the Dědina, Doubrava, Bělá, Liběchovka, Úštěcký Brook, Blšanka and Jevíčka, groundwater abstraction is significant, but the hydrological regime has not yet been completely changed. In other cases, the situation is more serious, with substantial depletion over a wider area. Decreases in stream flows and groundwater levels are often felt in neighbouring catchments. According to our findings groundwater abstractions in the catchment areas of the Bechyňský Brook, Rakovnický Brook, Pšovka, Blata, Romže and Svitava have the most significant impact on the hydrological regime.