

Vliv revitalizace Teplice na odtok z povodí – předběžné výsledky

ADAM BERAN

Klíčová slova: hydrologie povodí – revitalizace – výpar – monitoring

SOUHRN

V rámci řešení projektu pro Ministerstvo životního prostředí zabývajících se monitoringem vlivu přírodně blízkých opatření na zlepšení hydrologického režimu malých povodí je sledováno povodí Teplice v Bílých Karpatech. Monitoring probíhá od roku 2018, k realizaci opatření došlo v roce 2020. K dispozici jsou data před realizací opatření a za rok 2021, na kterém je již možné pozorovat vliv realizované revitalizace. Na zmíněných datech je vidět rozkolísanost denního odtoku z povodí a jeho celkové snížení, jež je pravděpodobně způsobeno zvýšeným výparem z nově vzniklých vodních ploch a zvýšenou infiltrací vody do podzemní zóny, což však není podloženo monitoringem. Po vyhodnocení pozorovaných dat došlo k viditelné redukci povrchového odtoku z povodí, což může být nicméně způsobeno i nízkými srážkovými úhrny v roce 2021.

ÚVOD

Nešetrné zásahy do vodního režimu významně ovlivňují odtok vody z povodí. Jde zejména o způsob zemědělského hospodaření a odvodňování pozemků, regulaci vodních toků, nevhodně navržená protipovodňová opatření a v neposlední řadě i o způsob využití pozemků (nepropustné povrchy, stavby s odvodem střešních vod atd.). Kromě antropogenních vlivů se v současné době příroda musí vyrovnat s dopady klimatické změny, jež se projevuje zejména růstem teploty vzduchu, jejímž důsledkem je zvýšená evapotranspirace vody, a následně omezení odtoku a dotace do půdních a podzemních vod. Tyto projevy zvyšují riziko výskytu delších suchých období [1, 2].

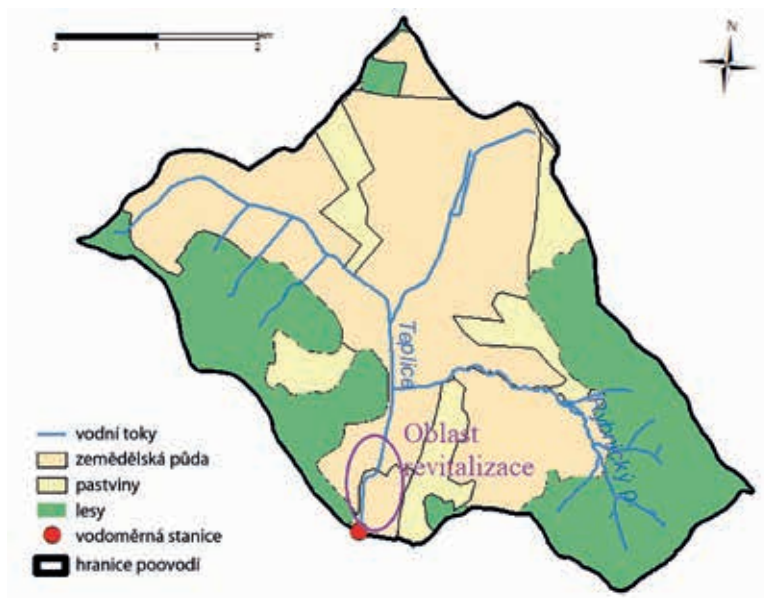
K zamezení negativních důsledků antropogenních vlivů a dopadů klimatické změny na celkový stav vody je potřeba vyšší retence vody v krajině, proto jsou nejrůznější formy zvětšení retence vody v krajině nedílnou součástí adaptačních opatření určených k omezení negativních účinků klimatické změny. Součástí komplexního řešení by měla být i taková opatření týkající se využívání území, která by přímo bránila zrychlenému odtoku vody z krajiny. Jedním z prostředků pro zadržení vody v krajině jsou přírodně blízká opatření, jež dokážou prostřednictvím zvýšení infiltrace vody v nivě vodního toku v lokálním měřítku zpomalit odtok vody z povodí, a tím posílit podzemní zdroje. Dalším přínosem může být zvýšení vlhkosti vzduchu v bezprostředním okolí nově vybudovaných vodních ploch, což má pozitivní efekt na sousedící ekosystém.

V příspěvku jsou shrnuty výsledky hydrologického monitoringu v povodí vodního toku Teplice v Bílých Karpatech. Monitoring probíhá od roku 2018, k realizaci přírodně blízkých opatření zde došlo v roce 2020. Na datech získaných měřeními odtoku z povodí jsou dokumentovány změny v chování hydrologického režimu před realizací revitalizace a po její realizaci.

METODY A DATA

Projekt „Sucho – Monitoring přírodně blízkých opatření“

V rámci projektu „Sucho – Monitoring přírodně blízkých opatření“ pro Ministerstvo životního prostředí byl na území ČR prováděn komplexní monitoring vodních toků a pozemků v jejich povodích za účelem vyhodnocení vlivu revitalizačních opatření, jež mají chránit před dopady sucha. Pro potřeby hodnocení jejich vlivu je nezbytné, aby byly předmětné plochy a lokality komplexně monitorovány ještě před zahájením realizace jednotlivých opatření z důvodu postihnutí počátečního stavu přírodního systému, přičemž monitoring by měl pokračovat několik let po realizaci navržených opatření. Monitoring vodních toků a ploch povodí probíhal v lokalitách, kde byly naplánovány realizace přírodně blízkých opatření v časovém horizontu jednoho až tří let, tedy v letech 2017 až 2019. Šlo o monitorovací techniky zaručující stanovení hydrologických a hydroekologických vlastností vodních toků, včetně kvality vod a půdních vlastností dotčených lokalit [3].



Obr. 1. Povodí Teplice
Fig. 1. Teplice catchment

Povodí Teplice

Zájmové území povodí vodního toku Teplice (*obr. 1*) se rozkládá v CHKO Bílé Karpaty v Jihomoravském kraji, ve východní části okresu Hodonín. Uzávěrový profil s vodoměrnou stanicí se nachází na území Slovenska, 100 m od státních hranic s Českou republikou. Nadmořská výška povodí se pohybuje v rozmezí 340 až 631 m n. m. Teplice pramení jižně od obce Kuželov v blízkosti česko-slovenských státních hranic. Dva významnější, levostranné přítoky v zájmovém povodí jsou Javornický potok a Rybnický potok. Teplice coby Teplica dále protéká územím Slovenska a u obce Senica se vlévá do řeky Myjavy. Ta se pak jižně od Břeclavi na trojmezí Česká republika, Slovensko a Rakousko vlévá do řeky Moravy.

Plocha povodí Teplice k uzávěrovému profilu vodoměrné stanice je 17,57 km². Na povodí se nacházejí lesy (6,05 km²), zemědělská půda (9,39 km²) a pastviny (2,13 km²).

Ve sledovaném období 2018–2021 byl průměrný odtok z povodí 16 l/s.



Obr. 2. Vlevo je zájmové území před realizací opatření (2018), vpravo po dokončené revitalizaci (2021) (www.mapy.cz)

Fig 2. In the left is the area of interest before the implementation of the measure (2018), in the right after the completed revitalization (www.mapy.cz)

Revitalizace Teplice

Realizace revitalizace probíhala v letech 2019–2020. Projekt byl spolufinancován Evropskou unií – Evropským fondem pro regionální rozvoj v rámci Operačního programu Životní prostředí, a řídicím orgánem Ministerstva životního prostředí.

Část vodního toku Teplice jižně pod obcí Kuželov byla v minulosti upravena a napřímena, aby nedocházelo k zamokřování zemědělské půdy. Odtok vody z povodí tak byl urychlen. Revitalizace koryta vodního toku měla za cíl provést ekostabilizační zásahy, jež přispějí k zadržení vody v krajině a ke zlepšení celkové hydrologické situace řešeného území. Realizací projektu mělo dojít k obnově přírodních procesů a k posílení biodiverzity v CHKO Bílé Karpaty.

Na *obr. 2* je představeno srovnání morfologie vodního toku na ortofotomapách z roku 2018 s ještě přímým korytem Teplice a roku 2021, kde je dokončené rozvolnění koryta Teplice v krajině doplněno o nově zřízené vodní plochy. Fotografie na *obr. 3* pochází z doby realizace, zatímco na *obr. 4* je dokumentován stav po dokončení revitalizačních prací.

Hydrologický monitoring a data

K realizaci revitalizace Teplice v zájmové oblasti u Kuželova došlo v roce 2020. Hydrologický monitoring VÚV TGM tedy probíhal před realizací opatření v letech 2018 a 2019, poté během realizace v roce 2020 a pokračuje i po jejím dokončení. Rok 2021 byl prvním rokem vhodným k vyhodnocení vlivu opatření na hydrologický režim.

Odtok z povodí je monitorován kontinuálně vodoměrnou stanicí, vybavenou čidlem s tlakovým senzorem a vestavěným mikroprocesorem kompenzujícími teplotní závislost senzoru i jeho případnou nelinearitu, jež zaznamenává výšky vodní hladiny v měrném profilu. Přepočtení výšky hladiny na průtok probíhá na základě měrné křivky průtoků stanovené hydrometrováním. Údaje o srážkách a teplotách vzduchu použité pro sledování hydrometeorologických poměrů v povodí jsou převzaty z databáze Českého hydrometeorologického ústavu, a to z přílehlých klimatických stanic Velká nad Veličkou (BIVELV01_SRA; 289 m n. m.; 6,5 km od uzávěrového profilu) a Strážnice (BISTRZ01_T; 176 m n. m.; 15 km od uzávěrového profilu).

Odhad výparu z vodní hladiny

Odhad výparu z vodní hladiny nových vodních ploch vzniklých při revitalizaci byl založen na nejjednodušším empirickém vztahu, vyžadujícím pouze měřené hodnoty teploty vzduchu [4]. Tento vztah vyjádřený níže uvedeným vzorcem byl odvozen na základě závislosti pozorovaného výparu a teploty vzduchu ve stanici Hlasivo v období 1957–2018. Vzorce s využitím globální sluneční radiace, teploty vody, případně jejich kombinace, dávají přesnější výsledky, nicméně tyto měřené veličiny jsme neměli k dispozici a účelem bylo poskytnout přibližný odhad, pro který nám daný vztah vyhovuje.

$$VVH = 0,0824 \times T_{\text{vzd}}^{1,289}$$

kde VVH je výpar z vodní hladiny
 T_{vzd} průměrná teplota vzduchu [°C]

Dále byl použit pro výpočet výparu z vodní hladiny v minulosti často používaný slovenský vzorec, v němž je výpar rovněž závislý na teplotě vzduchu [5]:

$$VVH = 10^{(0,0452 \cdot T_{\text{vzd}} - 0,204)}$$

Vzorce počítají denní hodnotu výparu v milimetrech, v případě výpočtu přes průměrnou měsíční teplotu je nutné výsledek vynásobit počtem dní v daném měsíci.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Na *obr. 5* je uveden graf s denním průběhem průtoků a srážkových úhrnů v čase od 1. ledna 2018 do 30. prosince 2021. Hydrologické charakteristiky za sledovanou dobu jsou uvedeny v *tab. 1*. Dlouhodobý průměrný srážkový úhrn v období 1961–1990 činil 750 mm [6]. V letech 2018 a 2019 spadlo v lokalitě podprůměrných 612,8, resp. 661,9 mm. Rok 2020 byl nadprůměrný s 838,8 mm, zatímco v roce 2021 činil srážkový úhrn pouze 547,2 mm. Průměrná teplota vzduchu za referenční období 1961–1990 byla 7,5 °C. Ve sledovaném období to bylo 11,24 °C (2018), 10,98 °C (2019), 10,52 °C (2020) a 9,68 °C (2021), přičemž průměrný průtok v uzávěrovém profilu činil 16,4 l/s a v jednotlivých letech pak 13,4 l/s v roce 2018, 115,4 l/s v roce 2019, 19,3 v roce 2020. Po revitalizaci v roce 2021 pak dosáhl průměrný roční průtok v uzávěrovém profilu hodnoty pouhých 13,9 l/s.

Při detailním pohledu na denní průběh průtoků vody uzávěrovým profilem (*obr. 6 a 7*) je vidět značná rozkolísanost během dne, která se začala objevovat po dokončení revitalizace. Nejvyšší průtoky se vyskytují odpoledne mezi 12. a 18. hodinou a nejmenší nad ránem mezi 2. a 8. hodinou. Tyto vnitrodenní rozdíly činí v maximech 30 až 40 l/s.



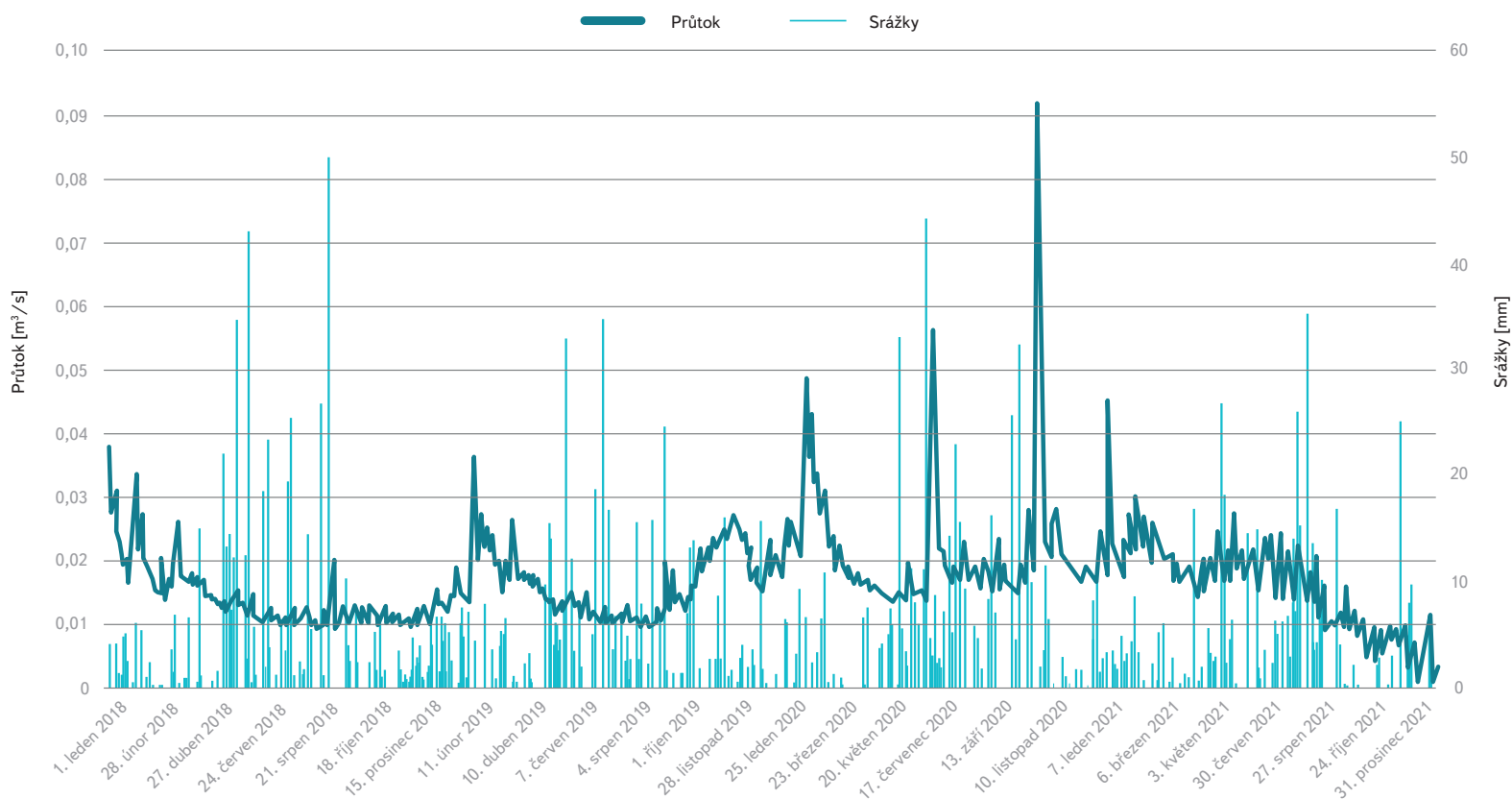
Obr. 3. Realizace opatření, rok 2020
 Fig. 3. Implementation of measures, 2020



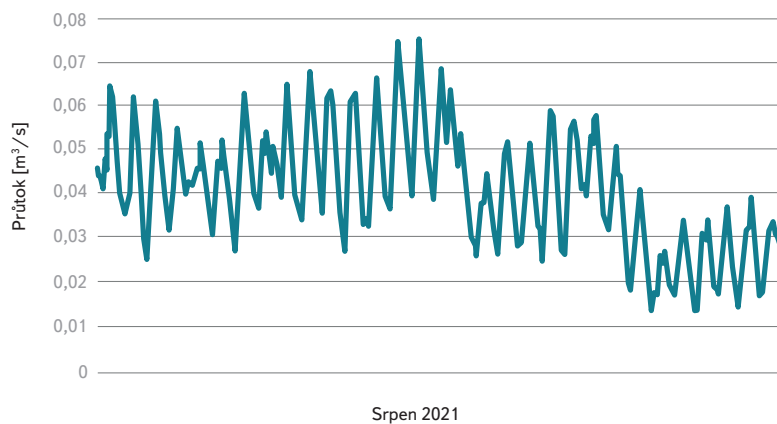
Obr. 4. Dokončená revitalizace, rok 2021
 Fig. 4. Completed revitalization, 2021

K rozvolnění vodního toku došlo na 1,5 km dlouhém úseku dříve rovného koryta, jehož délka se prodloužila na 2,6 km. Revitalizací vznikly tůně s plochou hladiny přibližně 25 000 m². Při průměrné teplotě vzduchu 21 °C v letních měsících se z této plochy vypaří přibližně 140 m³ vody za den, což při přepočtu odpovídá průtoku 1,6 l/s. Tato ztráta vody je však vlivem transpirace rostlin až dvojnásobně vyšší. Lze tedy říci, že ztráta vody výparem z vodních ploch činí

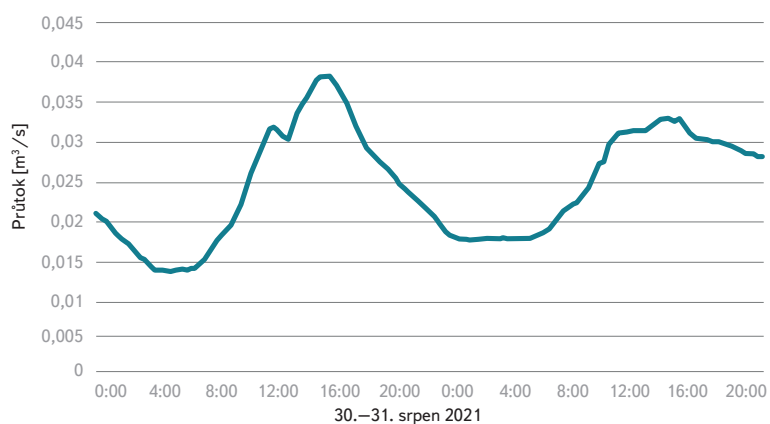
v teplých dnech přibližně 3 l/s. Vzhledem ke zvýšení hladiny podzemní vody v revitalizovaném úseku lze předpokládat, že do výparné plochy je možné započítat celou plochu revitalizovaného úseku – tedy nejen vodní plochy – a prodloužené koryto vodního toku. Na základě pozorování lze jednoznačně potvrdit zvýšení výparu z vodní hladiny v revitalizovaném úseku. Vliv na dotaci podzemních vod sledován nebyl, nelze jej tedy doložit.



Obr. 5. Průtok a srážky v období od 1. ledna 2018 do 31. prosince 2021
Fig. 5. Runoff and precipitation from January 1, 2018 to December 31, 2021



Obr. 6. Rozkolísanost průtoků po realizaci revitalizace (ukázka dat ze srpna 2021)
Fig. 6. Flow fluctuations after implementation of revitalization (sample data August 2021)



Obr. 7. Denní chod odtoku z povodí (ukázka dat pro 30. a 31. srpen 2021)
Fig. 7. Daily course of runoff (sample data – August 30 and August 31, 2021)

Tab. 1. Hydrologické charakteristiky povodí v měsíčním kroku (suma srážkových úhrnů, průměrná teplota vzduchu, průměrný průtok)

Tab. 1. Hydrological characteristics in daily steps (sum of precipitation, mean air temperature, mean runoff)

| | | Srážky | Teplota | Průtok | Odtokový součinitel | | Srážky | Teplota | Průtok | Odtokový součinitel | |
|-------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|------------------------|------|
| Rok | Měsíc | [mm] | [°C] | [m ³ /s] | | | [mm] | [°C] | [m ³ /s] | | |
| 2018 | 1 | 32,4 | 2,84 | 0,0220 | 0,10 | 2020 | 1 | 18,1 | 0,22 | 0,0199 | 0,17 |
| | 2 | 17,9 | -1,86 | 0,0178 | 0,14 | | 2 | 45,8 | 5,86 | 0,0314 | 0,10 |
| | 3 | 20,6 | 2,61 | 0,0168 | 0,12 | | 3 | 28,2 | 5,49 | 0,0180 | 0,10 |
| | 4 | 16,8 | 14,76 | 0,0148 | 0,13 | | 4 | 15,9 | 10,02 | 0,0153 | 0,14 |
| | 5 | 110 | 17,44 | 0,0128 | 0,02 | | 5 | 89 | 12,74 | 0,0146 | 0,03 |
| | 6 | 112,9 | 19,27 | 0,0116 | 0,02 | | 6 | 151,8 | 18,02 | 0,0192 | 0,02 |
| | 7 | 60,4 | 21,04 | 0,0109 | 0,03 | | 7 | 104,4 | 19,17 | 0,0176 | 0,03 |
| | 8 | 59,8 | 22,45 | 0,0102 | 0,03 | | 8 | 54,3 | 20,17 | 0,0160 | 0,05 |
| | 9 | 99,4 | 16,17 | 0,0109 | 0,02 | | 9 | 59,2 | 15,32 | 0,0163 | 0,04 |
| | 10 | 29,6 | 12,30 | 0,0106 | 0,05 | | 10 | 200,9 | 10,52 | 0,0258 | 0,02 |
| | 11 | 9,5 | 6,13 | 0,0107 | 0,17 | | 11 | 21,1 | 5,14 | 0,0191 | 0,13 |
| | 12 | 43,5 | 1,75 | 0,0119 | 0,04 | | 12 | 50,1 | 3,55 | 0,0187 | 0,06 |
| | suma/ průměr | 612,8 | 11,24 | 0,0134 | 0,039 | suma/ průměr | 838,8 | 10,52 | 0,0193 | 0,041 | |
| 2019 | 1 | 61,6 | -1,02 | 0,0140 | 0,03 | 2021 | 1 | 33 | 0,91 | 0,0207 | 0,10 |
| | 2 | 31,6 | 1,90 | 0,0213 | 0,10 | | 2 | 23,7 | -0,34 | 0,0209 | 0,13 |
| | 3 | 28,7 | 6,55 | 0,0174 | 0,09 | | 3 | 14 | 3,63 | 0,0175 | 0,19 |
| | 4 | 31,2 | 10,78 | 0,0148 | 0,07 | | 4 | 44,3 | 8,13 | 0,0166 | 0,06 |
| | 5 | 134,1 | 12,10 | 0,0128 | 0,01 | | 5 | 82,2 | 13,10 | 0,0185 | 0,03 |
| | 6 | 39 | 22,14 | 0,0116 | 0,04 | | 6 | 34,2 | 20,32 | 0,0189 | 0,08 |
| | 7 | 73,5 | 20,10 | 0,0109 | 0,02 | | 7 | 33,8 | 21,67 | 0,0170 | 0,08 |
| | 8 | 51,6 | 21,20 | 0,0102 | 0,03 | | 8 | 147,5 | 18,34 | 0,0133 | 0,01 |
| | 9 | 60,1 | 15,05 | 0,0137 | 0,03 | | 9 | 30,3 | 14,85 | 0,0099 | 0,05 |
| | 10 | 45,9 | 11,39 | 0,0188 | 0,06 | | 10 | 4,3 | 9,72 | 0,0053 | 0,19 |
| | 11 | 50,4 | 8,38 | 0,0220 | 0,06 | | 11 | 59,4 | 4,78 | 0,0057 | 0,01 |
| | 12 | 54,2 | 3,20 | 0,0173 | 0,05 | | 12 | 40,5 | 0,99 | 0,0029 | 0,01 |
| | suma/ průměr | 661,9 | 10,98 | 0,0154 | 0,042 | suma/ průměr | 547,2 | 9,68 | 0,0139 | 0,046 | |

ZÁVĚR

Hydrologický monitoring povodí Teplice ukázal rozdíly mezi odtokovými charakteristikami povodí před realizací přírodně blízkých opatření a po jejich realizaci. Měření průtoku vody ve vodoměrné stanici v prvním roce po revitalizaci se ukázala zejména denní rozkolísanost odtoku z povodí vlivem zvýšeného výparu vody z vybudovaných vodních ploch a rozvolněného koryta. Potvrzení vlivu evapotranspirace na kolísání odtoku vody z povodí v režimu den/noc lze potvrdit také výzkumem Kováře a kol. [7], kteří se zabývali studiem evapotranspirace břehových porostů v suchém období na Starosuchdolském potoce v Praze. Tento jev byl popsán také v [8]. Vliv na zpomalení odtoku z povodí má zřejmě i zvýšená infiltrace vody do podzemní zóny, nicméně monitoring hladiny podzemní vody nebyl součástí řešeného projektu, tento předpoklad tedy nelze potvrdit. Nutné je též zmínit, že v roce 2021 byl podprůměrný srážkový úhrn v povodí 547,2 mm.

V příspěvku byla analyzována data za poměrně krátké časové období, jde tedy o předběžné výsledky. Monitoring lokality bude proto pokračovat i v dalších letech, aby se dosavadní výsledky výzkumu mohly potvrdit na základě dat získaných dlouhodobým sledováním.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí.

Literatura

- [1] KOŽÍŇ, R., BAŠTA, P., MORAVEC, V. Modelování efektu přírodně blízkých opatření na hydrologickou bilanci v povodí Trkmanky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2017, 59(4), s. 21–24. ISSN 0322-8916.
- [2] OSÍČKOVÁ, K., UHROVÁ, J. Posouzení efektivity navržených opatření v ploše povodí hydrologickým modelem. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(3), s. 4–10. ISSN 0322-8916.
- [3] BERAN, A., NĚMEJCOVÁ, D., STRAKA, M., KRÁSA, J., DAVID, V. Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodně blízkých opatření. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(5), s. 46–51. ISSN 0322-8916.
- [4] BERAN, A., KAŠPÁREK, L., VIZINA, A., ŠUHÁJKOVÁ, P. Ztráta vody výparem z volné vodní hladiny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2019, 61(4), s. 12–18. ISSN 0322-8916.
- [5] VÁŠA, J. *Přímé měření výparu z volné vodní hladiny*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. i. i., 1968. DT 551.573.
- [6] TOLASZ, R., BRÁZDIL, R., BULÍŘ, O., DOBROVOLNÝ, P., DUBROVSKÝ, M a. kol. *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86690-26-1.
- [7] KOVÁŘ, P., DVOŘÁKOVÁ, Š., PEŠKOVÁ, J., DOLEŽAL, F., SŮVA, M. Aplikace harmonické analýzy pro studium evapotranspirace břehových porostů v suchém období. Případová studie Starosuchdolského potoka. In: *Hydrologie malého povodí*. 1. díl. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2014, s. 230–237. ISBN 978-80-02-02525-2 (Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i.), ISBN 978-80-87577-32-5 (Český hydrometeorologický ústav).
- [8] LOHEIDE, S. P., BUTLER, J. R. J., GORELICK, S. M. Estimation of Groundwater Consumption by Phreatophytes Using Diurnal Water Table Fluctuations: A Saturated-Unsaturated Flow Assessment. *Water Resources Research*. 2005, 41(7), W07030, 14 s. Dostupné z: doi:10.1029/2005WR003942

Autor

Ing. Adam Beran, Ph.D.

✉ adam.beran@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8800-5599

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022. 07. 001

licence: CC BY-NC 4.0

IMPACT OF TEPLICE REVITALIZATION ON RIVER BASIN RUNOFF

BERAN, A.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

Keywords: catchment hydrology — revitalization — evaporation — monitoring

As part of the project for the Ministry of the Environment of the Czech Republic dealing with the monitoring of the impact of nature-friendly measures on improving the hydrological regime of small river basins, the Teplice river basin in the White Carpathians has been observed. Monitoring has been taking place since 2018, the measures were implemented in 2020. Data are available for the time period before the measures were implemented and for the year 2021, on which it is possible to observe the impact of the implemented revitalization. The data show the fluctuation of the daily runoff from the river basin and its overall reduction, which is probably caused by increased evaporation from the newly formed water bodies and increased water infiltration into the underground zone. After evaluating the observed data, there was a visible reduction in the surface runoff from the basin, which may nevertheless also be caused by the low rainfall totals in 2021.