

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2017 / 4

TÉMA

Sucho v krajině

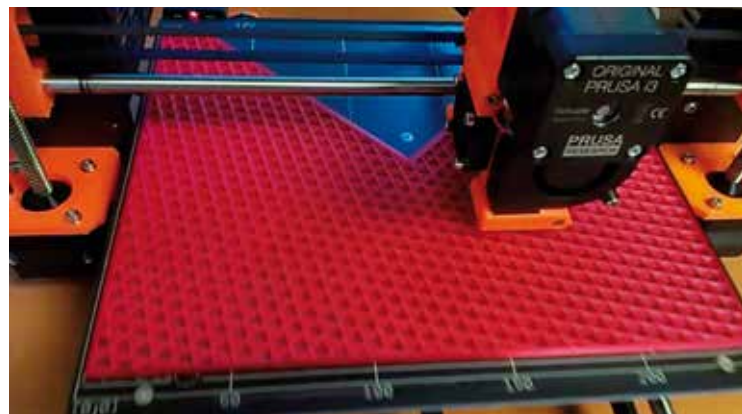
6/ Hydrologická bilance a disponibilní vodní zdroje v České republice v době hydrologického sucha

18/ Vyhodnocení vlivu sucha a nedostatku vody na užívání vod

52/ Rozhovor s prof. Ing. Zdeňkem Žaludem, Ph.D., profesorem na Mendelově univerzitě v Brně

Využití 3D tisku pro měření malých průtoků

Ve vodohospodářské praxi je poměrně obtížné přesně kvantifikovat nízké průtoky v období sucha. U drobných vodních toků je přesné měření průtoků důležité zejména pro výzkumné účely monitorování odtoku v souvislosti se změnou klimatu, využitím území a aplikací adaptačních opatření v povodí. Jednou z nejpřesnějších metod měření průtoků využitelnou na drobných vodních tocích je měření pomocí ostrohranných přelivů různých tvarů a velikostí. Právě tuto různorodost reflektující specifický charakter jednotlivých toků dokáže lehce postihnout 3D tisk takových přelivů, a to z plastových materiálů různých vlastností. Na 3D tiskárně v oddělení hydrologie VÚV TGM byly vytištěny i přelivy instalované v rámci bilančních profilů na drobných tocích v povodí vodní nádrže Švihov. Přesně měřené průtoky umožňují v kombinaci s pravidelnými rozbory vody vyčíslit látkový režim jednotlivých toků v průběhu roku a zjistit, jakým způsobem přispívají k zatížení vodního díla Švihov.



RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.



Obsah



- 3 Úvod**
- 4 Sucho, krajina a koncepce**
Adam Vizina
- 6 Hydrologická bilance a disponibilní vodní zdroje v České republice v době hydrologického sucha**
Adam Vizina, Radek Vlnas, Martin Hanel, Ladislav Kašpárek, Eva Melišová, Adam Beran, Roman Kožín, Filip Strnad
- 12 Regionalizace nedostatkových objemů v České republice**
Filip Strnad, Vojtěch Moravec, Martin Hanel, Adam Vizina, Adam Beran, Eva Melišová, Roman Kožín
- 18 Vyhodnocení vlivu sucha a nedostatku vody na užívání vod**
Petr Vyskoč, Hana Prchalová, Jiří Dlabal
- 21 Modelování efektu přírodně blízkých opatření na hydrologickou bilanci v povodí Trkmanky**
Roman Kožín, Petr Bašta, Vojtěch Moravec
- 25 Potenciál aplikace přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů**
Míriam Dzuráková, Kamila Zárubová, Jana Uhrová, Miloš Rozkošný, Lukáš Smelík, Denisa Němejcová, Světlana Zahradková, Pavla Štěpánková, Jaromír Macků
- 33 Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy**
Martin Durčák, Michal Straka, Světlana Zahradková, Marek Polášek, Denisa Němejcová, Petr Tušil, Jiří Šajer
- 37 Příprava a zpracování Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky**
Tomáš Hrdinka, Magdalena Nesládková, Tereza Davidová, Pavel Punčochář
- 44 Návrh obsahu plánu pro zvládnání sucha a nedostatku vody v ČR**
Radek Vlnas
- 51 Autoři**
- 52 Rozhovor s prof. Ing. Zdeňkem Žaludem, Ph.D., profesorem na Mendelově univerzitě v Brně na téma změny klimatu**
Redakce
- 54 Vodohospodářské aspekty převodů vody v rámci ochrany před následky sucha a nedostatku vody v ČR**
Magdalena Nesládková, Jiří Šajer
- 59 Nedivme se, že je sucho**
Jan Pokorný
- 60 Varovný systém pro pražskou vodárenskou soustavu před znečištěním mikropolutanty**
Anna Hrabánková, Josef Vojtěch Datel, Zbyněk Hrkal, Adam Vizina, Pavel Balvín





Vážení čtenáři,

při sestavování ročního edičního plánu našeho časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace – VTEI, který redakce a redakční rada sestavuje vždy počátkem kalendářního roku, musíme vycházet z řady hydrologických předpokladů. Tentokrát jsme předpokládali, že se v průběhu letošního léta bude opakovat stejný hydrologický extrém jako v předchozích letech – sucho. Tento předpoklad jsme dělali se znalostí výsledků modelů dopadů klimatické změny na srážkový a hydrologický režim na území České republiky. Jedním z predikovaných výsledků je, že se budou prohlubovat a prodlužovat období sucha zhruba od března do listopadu, proto jsme se rozhodli věnovat čtvrté letošní číslo, které právě držíte v rukách, tématu sucha. V době, kdy jsme se tak rozhodli, jsme samozřejmě netušili, jaký bude letošní hydrologický rok, a věřili, že se modely nemýlí. Ale na druhou stranu jsou to „jen“ výsledky modelování na základě dat, řady odborných předpokladů a hypotéz, nicméně zákon schválnosti bývá leckdy spolehlivější než řada předpokladů a výsledků modelů. Z pohledu šéfredaktora VTEI a naplňování aktuálnosti naplánovaných témat mě samozřejmě těší, že jsme s tímto tematicky zaměřeným číslem zacílili správně. Z pohledu hydrologa mě realita, která se nápadně podobá předpokládaným výsledkům modelování, děsí.

Děsí mě proto, že jsme v těchto úvahách pokračovali v horizontu roku 2050 a odvozovali poklesy ročních odtoků v jednotlivých profilech na území naší republiky, modelovali dopady na hladiny podzemních vod, dopady na průměrnou roční teplotu povrchových vod a následně na rozvoj řas a sinic. Ze všech těchto údajů a řady dalších dat jsme odvozovali disponibilní zdroje vody pro lidskou potřebu, energetiku, průmysl, zemědělství a vliv na zaměstnanost v České republice. Z tohoto pohledu bych snad poprvé z pozice ředitele Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, veřejné výzkumné instituce, přivítal, kdybychom se ve svých předpokladech a výsledcích alespoň částečně mýlili. Doufám tedy, že fakt, že se nemýlíme, je jen obráceným dočasným výsledkem působení zákona schválnosti.



Mgr. Mark Rieder
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Sucho, krajina a koncepce

Na problémy spojené se suchem a nedostatkem vody v našich podmínkách upozorňuje vědecká a odborná veřejnost z různých úhlů pohledu a v kontextu řady sektorů více než 20 let, a to i přes to, že území České republiky bylo v této době postiženo spíše povodněmi než suchem. Sucha, která jsou přirozenou součástí hydrologického cyklu, jsou v současnosti často negativně ovlivňována změnami klimatických veličin, zejména růstem teploty vzduchu a výparu, a změnou časového a prostorového rozložení srážkových úhrnů. Výhledy pro 21. století, prakticky podle všech klimatických modelů a emisních scénářů, tento trend potvrzují. A tak, přestože území České republiky nepatří z hlediska dopadů změny klimatu k nejvíce zasaženým oblastem, i zde je nutné počítat s růstem rizika hydrologických extrémů – sucha, povodní, eroze a souvisejících jevů. Na základě těchto zkušeností a výsledků výzkumu v roce 2014 započaly aktivity směřující k nastavení koncepčního politického rámce pro zajištění ochrany území České republiky před následky sucha a nedostatku vody. Tento proces musí probíhat na několika úrovních najednou. Jednak je to implementace preventivních opatření, která povedou ke zvyšování retence vody v krajině v co největším plošném rozsahu, dále je třeba zajistit operativní řízení vodních zdrojů v období sucha a nedostatku vody a v neposlední řadě je třeba připravit realizaci strategických opatření, která mají potenciál razantně snížit zranitelnost území vůči nedostatku vody. Je nutné akceptovat skutečnost, že pokud se vyskytne extrémní sucho a nebudeme mít k dispozici dostatečné využitelné zásoby vody, budeme muset čelit všem jeho důsledkům zahrnujícím i omezení až znemožnění stávajícího zásobování vodou v některých oblastech. Zvláštní pozornost je třeba věnovat osvětě a vzdělávání obyvatelstva v tématu zodpovědného hospodaření s vodou.

Odborné články v tomto čísle VTEI představují činnosti, které byly provedeny jako podkladové studie pro Ministerstvo životního prostředí České republiky pro řešení zmíněné problematiky. První příspěvek se zabývá hodnocením hydrologické bilance a disponibilních vodních zdrojů v období sucha, na který navazuje příspěvek zabývající se regionalizací České republiky z pohledu ohroženosti hydrologickým suchem a příspěvek hodnotící vliv sucha a nedostatku vody na užívání vod. Další příspěvky pojednávají a hodnotí přírodě blízká opatření, včetně zvýšení retenční kapacity krajiny a zlepšení jejího ekologického stavu, a jejich dopad na hydrologické sucho a dopady sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy. Číslo pokračuje souhrnem samotného návrhu Koncepce na ochranu před následky sucha pro území ČR a představením struktury plánu pro zvládnání sucha. Číslo je zakončeno rozbořením možnosti převodů vody.

V samotném závěru je poté uvedena polemika na téma „Všechny civilizace vyschly“ a představení varovného systému pro pražskou vodárenskou soustavu. Nezbyvá nic jiného, než uzavřít úvodní slovo připomenutím, že problematika sucha je tak výzvou nejen pro vodní hospodářství, ale pro celou společnost.

Ing. Adam Vizina, Ph.D.
vedoucí oddělení hydrologie VÚV TGM, v. v. i.



Hydrologická bilance a disponibilní vodní zdroje v České republice v době hydrologického sucha

ADAM VIZINA, RADEK VLNAS, MARTIN HANEL, LADISLAV KAŠPÁREK,
EVA MELIŠOVÁ, ADAM BERAN, ROMAN KOŽÍN, FILIP STRNAD

Klíčová slova: hydrologická bilance – vodohospodářská bilance – sucho – zdroje vody

SOUHRN

Článek se zabývá hodnocením hydrologické bilance na celém území České republiky, které bylo rozděleno do 133 mezipovodí za období 1981–2015 v měsíčním časovém kroku. Pro ověření, jak se suchá období chovala, byl použit model hydrologické bilance Bilan, pomocí kterého byly tyto epizody za posledních 35 let vyhodnoceny, a to jak z pohledu jednotlivých zásob vody (sněh, půda, podzemní vody), tak podle jednotlivých toků vody (srážky, evapotranspirace, infiltrace, odtok). Článek dále seznamuje s výsledky disponibilní vody za normálních podmínek a při pětiletém a desetiletém suchu ve dvou variantách. První se zabývá vyhodnocením zdrojové oblasti, ve druhé je vyhodnocení pomocí zjednodušeného modelu vodohospodářské bilance WATERES.

ÚVOD

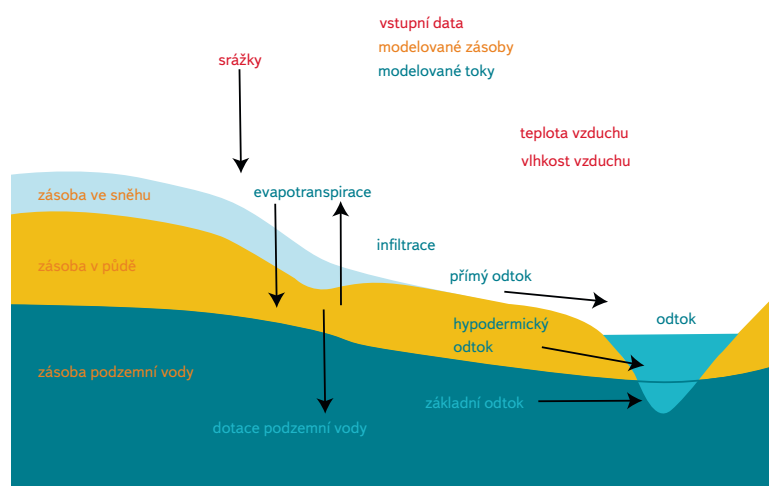
Sucho, které postihlo Českou republiku v roce 2015, bylo mimořádné a celospolečensky široce diskutované. Tato suchá epizoda se postupně projevila výskytem všech typů sucha (meteorologické, zemědělské, hydrologické) a širokým spektrem jeho dopadů (sucho socioekonomické). Tato suchá epizoda je často zdůvodněna tím, že povrchová vrstva povodí má nízkou retenční kapacitu. Dalším důvodem byly sněhově podprůměrné zimy v letech 2014 a 2015 a srážkově podprůměrný rok 2015. Cílem úkolu tedy je vyhodnocení těchto faktorů z časoprostorového pohledu na celém území České republiky.

METODIKA

Hydrologická bilance se stanovuje pro povodí či určité území. Rekapituluje vstupy (srážky, přítok, zásoby) a výstupy (výpar, odtok, úbytek zásob vody) do hydrologického systému. Pro hodnocení hydrologické bilance byl použit model Bilan, který je vyvíjen více jak 15 let v oddělení hydrologie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka. Model počítá v denním či měsíčním časovém kroku chronologickou hydrologickou bilanci povodí či území. Vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí v zóně aerace, do níž je zahrnut i vegetační kryt povodí, a v zóně podzemní vody. Jako ukazatel bilance energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace pomocí metody [1, 2], územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i hypodermický odtok)

a základní odtok (např. [3]). Vstupem do modelu jsou: (i) srážkové úhrny [mm], (ii) průměrné teploty, (iii) průměrná vlhkost vzduchu [%], (iv) pozorované odtokové výšky [mm], (v) užívání vody [mm/měsíc], (vi) potenciální evapotranspirace [mm].

Schéma modelu Bilan je zobrazeno na obr. 1 pro modelování přirozených (neovlivněných) průtoků, schéma propojeného modelu Bilan, který zahrnuje užívání vody, tzn. hodnoty o podzemních i povrchových odběrech a vypouštění je uvedeno v publikaci Vizina a kol. [3]. Další výpočty byly provedeny v prostředí R [4] a byly použity především balíky Bilan [5] a WATERES [6]. Pro hodnocení propagace sucha se využívají indikátory popsané například v [7].



Obr. 1. Schéma modelu Bilan
Fig. 1. Scheme of model Bilan

Hydrologická bilance byla modelována na sadě 133 mezipovodí, která pokrývají území celé České republiky, v měsíčním časovém kroku za období 1980–2015. Rozmístění jednotlivých mezipovodí je možné vidět na obr. 2. Červená čísla jsou identifikátory jednotlivých mezipovodí, které převážně vycházejí z databázových čísel vodoměrných stanic, které se na daném území nacházejí, případně jsou závěrným profilem daného mezipovodí.



Obr. 2. Mapa řešené oblasti s jednotlivými mezipovodími
Fig. 2. Study area with intercatchments

VÝSLEDKY A DISKUSE

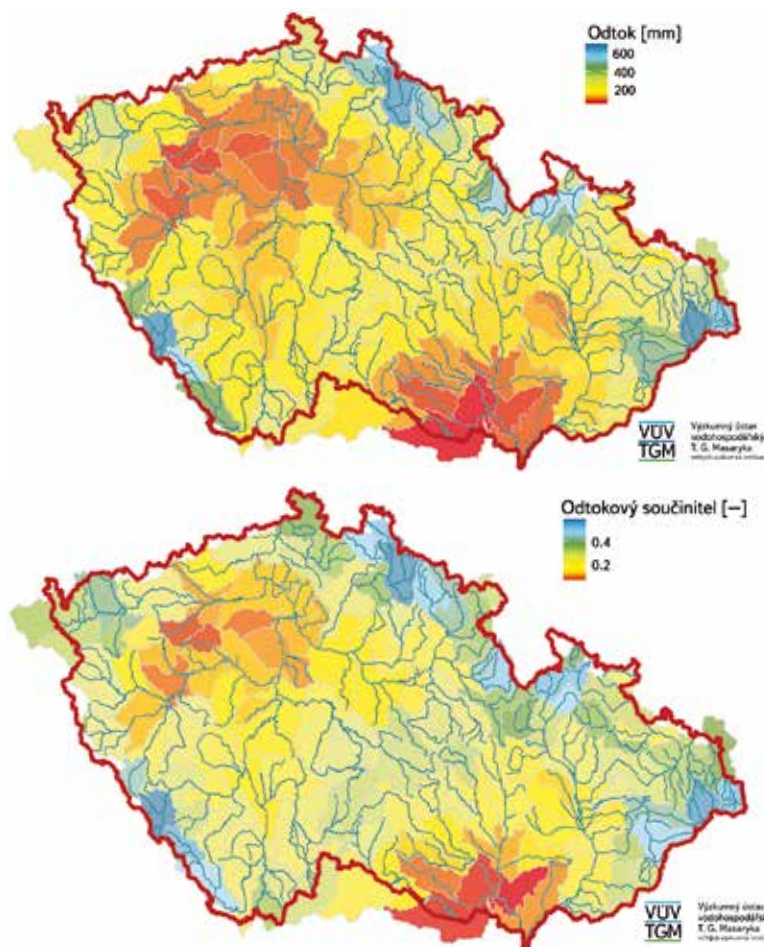
Průměrný roční odtok za období 1981–2015 je zobrazen na obr. 3 (nahore). Lze vidět, že odtokové výšky se pro jednotlivá mezipovodí pohybují od desítek mm v suchých oblastech až po cca 700 mm za rok pro mezipovodí nacházející se v oblastech horských. Průměrný odtokový součinitel za zmíněné období nám ukazuje obr. 3 (dole). Jedná se o poměr odtokové výšky ke srážkovému úhrnu. Na základě tohoto součinitele můžeme jednoduše odvodit, že v tradičních deficitních oblastech se nacházejí i povodí s nízkým odtokovým součinitelem (tzn., že v těchto oblastech je malé množství vody, které je možné využít).

Sumarizované hodnocení bilance za období 1981–2015 je zobrazeno na následujících grafech. Jedná se o měsíční boxploty¹ pro všechna řešená mezipovodí (133). Obarvení jednotlivých boxplotů je dáno průměrnou měsíční hodnotou v daném roce. Hodnoty lze určit pomocí legendy, která je uvedena v pravé části grafu. Na obr. 4 jsou uvedeny měsíční hodnoty odtokových výšek (značeno 1–12, v pořadí leden–prosinec). Jak již bylo zmíněno, obarvení jednotlivých boxplotů nám udává průměrnou roční hodnotu. V tomto případě to znamená, že červená barva ukazuje roky málo vodné a směrem k barvě modré se jedná o roky vodnatější. Na obr. 4 můžeme pozorovat, že roky 2014 a 2015 patřily k těm nejméně vodným (spolu s roky na počátku devadesátých let). Modrá čára udává trend pro jednotlivé měsíce. Trendová analýza byla provedena pomocí metody GAM-Generalized Additive Models [8]. Trend pro jednotlivé měsíce nebyl dále statisticky testován. Na grafu můžeme pozorovat, že odtokové výšky v letních měsících roku 2015 byly opravdu extrémní a v pozorované řadě se v jiném období nevyskytovaly.

SITUACE V LETECH 2003 A 2015

Na obr. 5 jsou zobrazeny absolutní odtokové výšky v jednotlivých měsících v milimetrech pro jednotlivá mezipovodí v roce 2015. Lze pozorovat, že mapy mají tendenci mít červenou barvu (v průměrném roce je mapa spíše žluto-zelená), což značí výrazně nízké odtoky, které se nacházejí téměř na celém území České republiky, a to především v letních a prvních podzimních měsících.

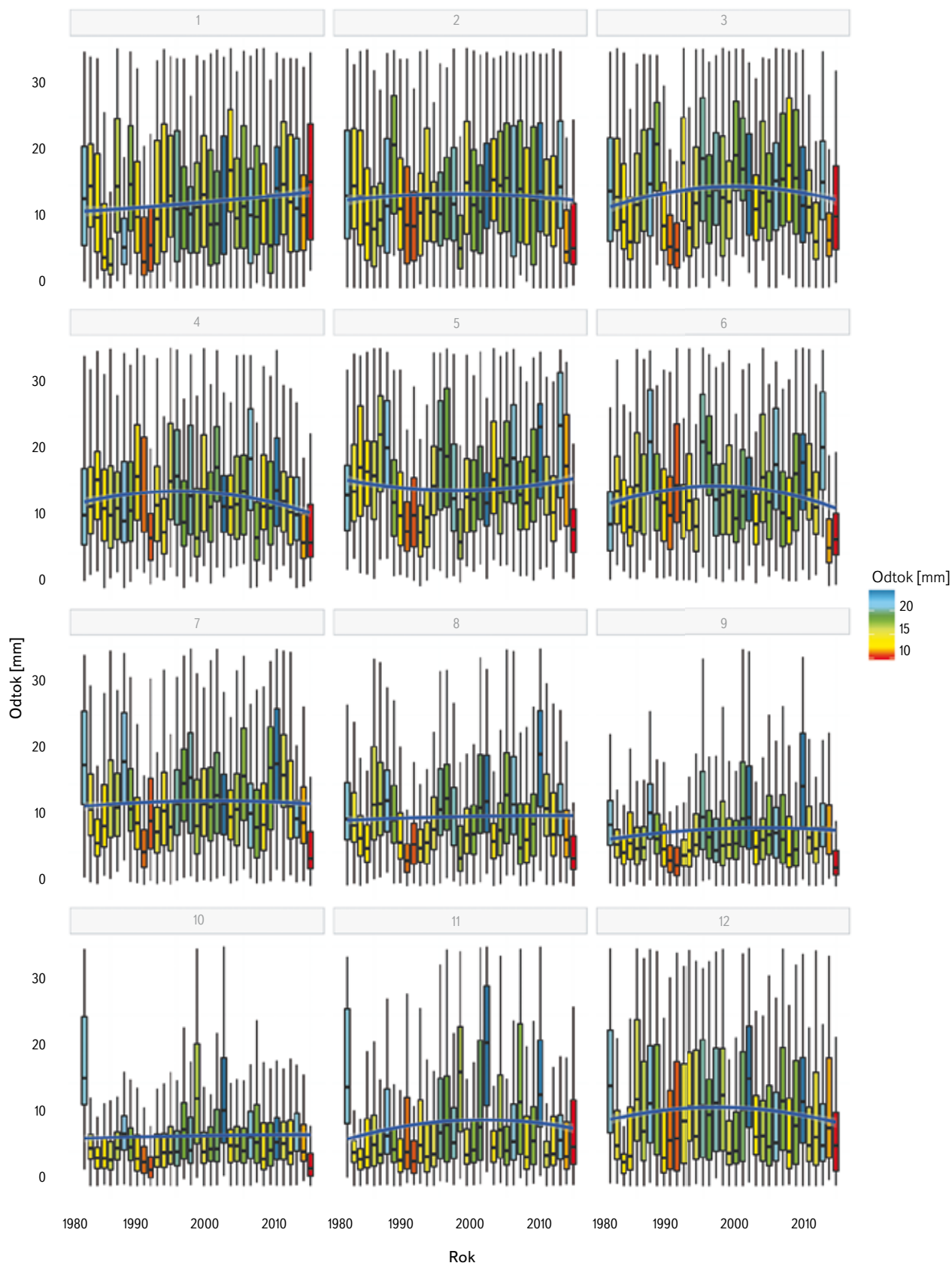
Pro ilustraci, jaké byly odtokové výšky, relativní změny odtoku, hodnoty evapotranspirace a absolutní změny v zásobě vody ve sněhu v roce 2003 a 2015, se přikládá obr. 6. V levém sloupci je uveden rok 2003, v pravém potom rok 2015.



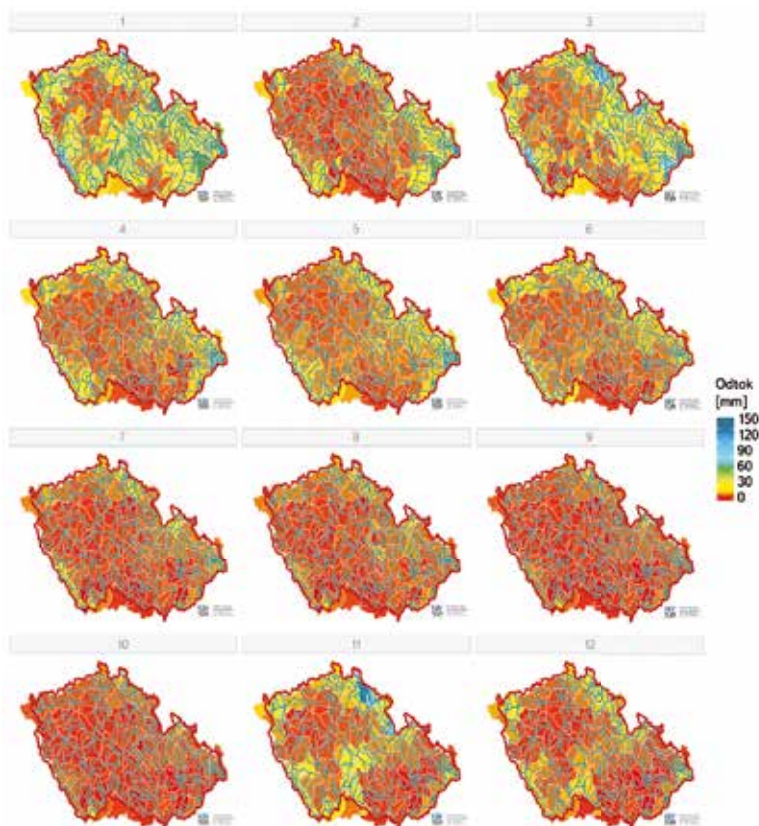
Obr. 3. Průměrný roční odtok v mm (nahore) a odtokový součinitel (dole) za období 1981–2015

Fig. 3. Mean annual runoff in mm (above) and runoff coefficient (down) for the period 1981–2015

Absolutní hodnoty odtokových výšek jsou zobrazeny v prvním řádku. Na obrázku v druhém řádku je možné pozorovat, že průměrné roční odtokové výšky za tyto roky dosahují řádově 30–70 % průměru za období 1981–2015 (bílá barva reprezentuje nezměněný stav, žlutá pokles a modrá nárůst). Ve třetím řádku jsou hodnoty evapotranspirace, které v těchto letech dosahovaly relativně nízkých hodnot, což je dáno především tím, že nebyla disponibilní voda v půdě, která by evapotranspirovala. Analogicky je zobrazena relativní změna zásoby vody ve sněhu v mm (čtvrtý řádek). Zásoba vody ve sněhu má většinou velký vliv na odtokové poměry v celém roce. V roce 2015 oproti průměrným podmínkám za období 1981–2015 lze pozorovat výrazný pokles zásoby, což je jedním z hlavních důvodů nedostatku vody v roce 2015 v kombinaci s výrazně podprůměrnou zimou v roce 2014. Zásoba vody ve sněhu má také velký vliv na doplňování zásob podzemních vod, což se projevilo poté především v roce 2016, kdy zásoby poklesly (v České republice existuje také cyklicita v zásobách podzemních vod). Výstupy pro změny odtoku, průměrné odtoky, aktuální evapotranspirace a změny zásoby vody pro jednotlivé roky jsou dostupné na webu www.suchovkrajine.cz.



Obr. 4. Odtokové výšky pro celé území České republiky v jednotlivých měsících a letech
 Fig. 4. Runoff heights for the whole territory of the Czech Republic in individual months and years



Obr. 5. Absolutní odtokové výšky v roce 2015 v jednotlivých měsících (značeno 1–12, leden–prosinec)

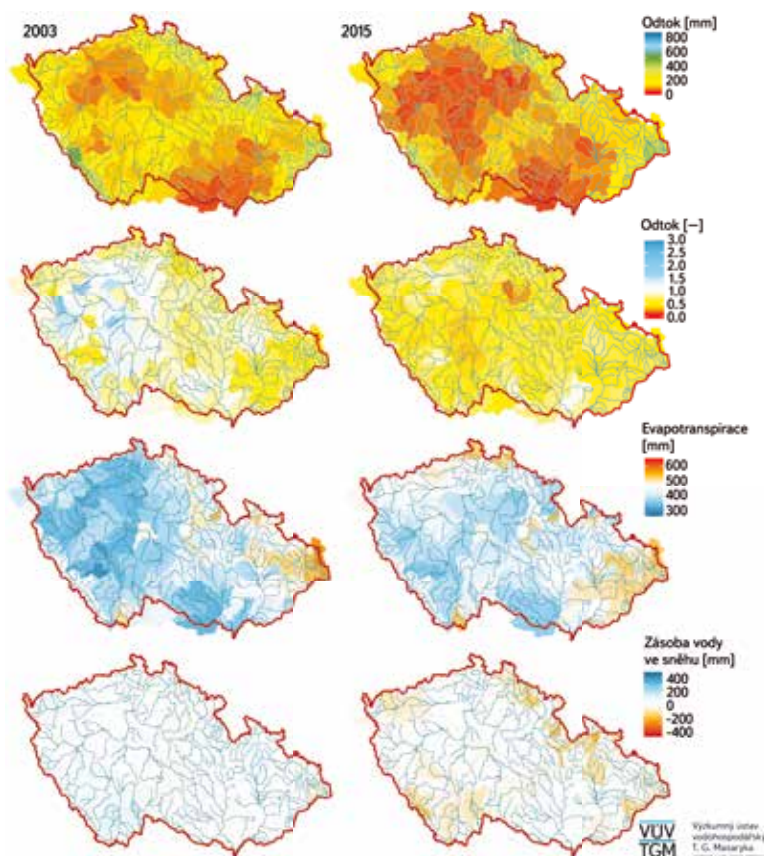
Fig. 5. Absolute runoff heights in 2015 for each months (ranked 1–12, January–December)

DISPONIBILNÍ VODNÍ ZDROJE

Disponibilní vodní zdroje modelované modelem WATERES [6] jsou zobrazeny na následujících obrázcích ve variantním výpočtu, kdy se uvažovalo, že jednotlivá povodí fungují samostatně (varianta MEZI) a pro zapojení jednotlivých povodí do vodohospodářské soustavy (varianta SOUST). Na obr. 7 jsou průměrné disponibilní zdroje (mediány) pro variantu MEZI. V této variantě se disponibilní vodní zdroje (za období 1981–2015) pro jednotlivá mezipovodí pohybují okolo $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Logicky vyšší hodnoty se vyskytují na horských a podhorských povodí a naopak nižší hodnoty se vyskytují v nížinách. Zajímavé však je, jak dostupnost vodních zdrojů klesá pro pětileté sucha a zejména pro sucha desetileté, kdy i pro současné podmínky jsou hodnoty téměř nulové. Výjimkou je mezipovodí v Praze, kde je velký vliv vypouštění z ČOV. To s sebou však samozřejmě nese zhoršenou kvalitu vody (problematika je popsána v rámci jiného úkolu na stránkách www.suchovkrajine.cz).

Pro variantu SOUST a současné podmínky jsou dostupné vodní zdroje zobrazeny na obr. 8. Pro průměrné podmínky hodnoty dosahuje Labe na hranicích ČR hodnot téměř $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pro pětileté sucha tato hodnota klesá na třetinu a u desetiletého sucha přibližně na pětinu. Obdobné snížení je možné pozorovat pro období sucha i na ostatních tocích.

Vliv vodních nádrží na hydrologické sucho můžeme pozorovat na obr. 9, kde jsou zaznamenány denní průtoky na Labi v Děčíně za období 1880–2015. Barvy označují jednotlivá sucha, která jsou dána M-denními vodami (300, 330, 355 a 364) a silná červená čára vyjadřuje celkový retenční prostor v celém povodí s vyznačením uvedením do provozu nejvýznamnějších nádrží a jejich objemem.



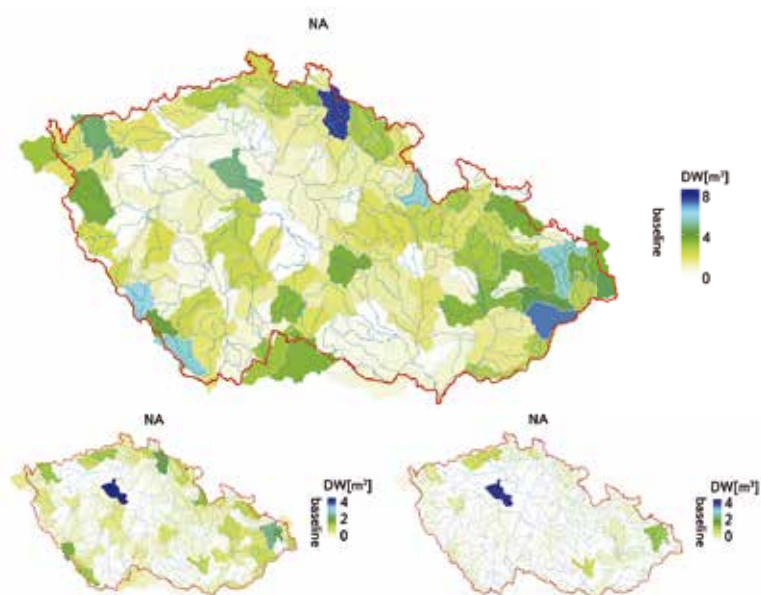
Obr. 6. Absolutní hodnoty odtokových výšek v mm, relativní změna odtoku za rok 2003, 2015 k referenčnímu období 1981–2015, hodnoty evapotranspirace v mm a změna zásoby vody ve sněhu k období 1981–2015 v mm

Fig. 6. Absolutes values of runoff heights in mm, relative change of runoff in year 2003, 2015 vs reference period 1981–2015, evapotranspiration in mm and changes in water storages at snow vs reference period 1981–2015 in mm

ZÁVĚR

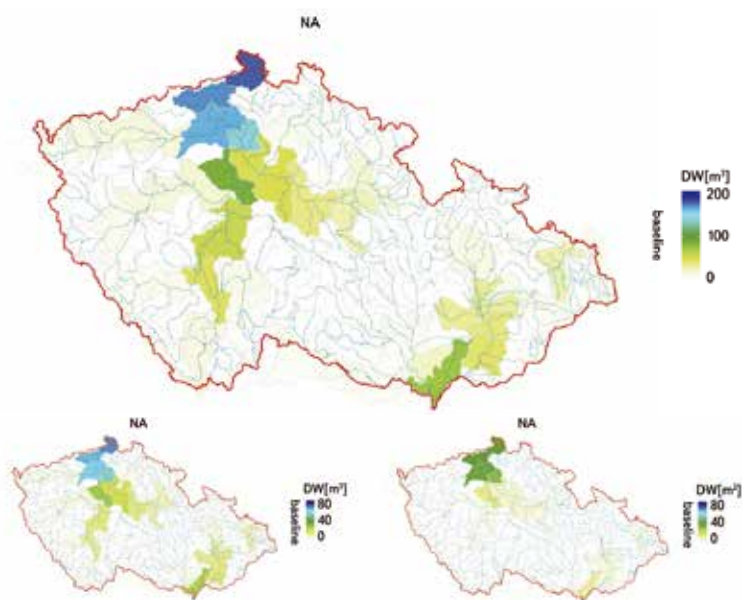
Byla zpracována hydrologická bilance na celém území České republiky na souboru 133 mezipovodí pro současné a výhledové podmínky. Dále byly zpracovány disponibilní vodní zdroje v jednotlivých letech a výhledech ke konci 21. století. Byla provedena trendová analýza jednotlivých veličin podle Mann-Kendall testu. Výsledky byly zpracovány do mapových podkladů, které jsou k dispozici ve větším měřítku na webovém portále www.suchovkrajine.cz. Na základě zjištěných poznatků zde bodově uvádíme obecné závěry a doporučení:

1. vyhodnotit hydrologickou a vodohospodářskou bilanci v denním kroku na území ČR,
2. zpracovat hydrologickou bilanci pro jednotlivé vodní útvary,
3. vytvoření propojeného modelu hodnotícího hydrologickou, vodohospodářskou bilanci v on-line módu,
4. zpracování dlouhodobých syntetických řad pro vyhodnocení hydrologické bilance, u které by se daly stanovit dlouhodobé doby opakování.



Obr. 7. Disponibilní vodní zdroje pro variantu MEZI (nahore – medián, vlevo – pětileté sucho, vpravo – desetileté sucho)

Fig. 7. Disposable water sources for variant MEZI (above – median, left – 5 years drought, right – 10 years drought)

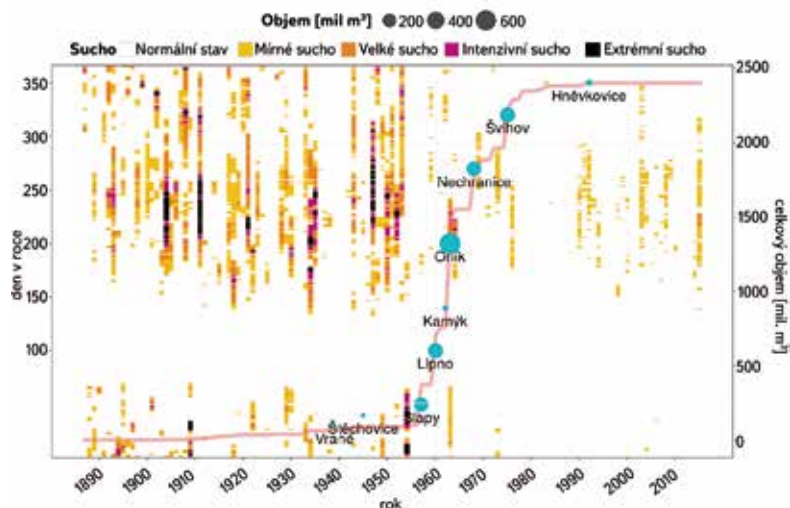


Obr. 8. Disponibilní vodní zdroje pro variantu SOUST (nahore – medián, vlevo – pětileté sucho, vpravo – desetileté sucho)

Fig. 8. Disposable water sources for variant SOUST (above – median, left – 5 years drought, right – 10 years drought)

Výsledky byly využity pro návrh Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky. V rámci řešení byly identifikovány následující nejistoty:

1. neexistence vybraných prostorově distribuovaných hydrologických podkladů v potřebné podrobnosti (minimální a maximální odtoky, charakteristiky variability odtoku, vybrané kvantily rozdělení odtoku, charakteristiky základního odtoku apod.) pro kalibraci hydrologického modelu BILAN na mezipovodí;



Obr. 9. Výskyt hydrologického sucha na Labi v historické časové řadě s uvážením vlivu Vltavské kaskády

Fig. 9. The occurrence of hydrological drought on the Elbe in historical time series considering the influence of the Vltava cascade

2. malá podrobnost řešení, která hodnotí pouze velké územní celky, lokální problémy mohou zaniknout;
3. neexistence syntetických řad, podle kterých je možné simulovat delší doby opakování (tzn. kvantifikovat například 100leté sucho).

Poznámky

1. V deskriptivní (popisné) statistice je boxplot neboli krabicový graf či krabicový diagram jeden ze způsobů grafické vizualizace numerických dat pomocí jejich kvartilů. Střední „krabicová“ část diagramu je shora ohraničena 3. kvartilem, zespodu 1. kvartilem a mezi nimi se nachází linie vymežující medián.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Literatura

- [1] BERAN, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Zjednodušení metody výpočtu potenciální evapotranspirace v nové verzi modelu BILAN. *VTEI*, 2011, roč. 53, mimořádné číslo III, s. 15–18, příloha *Vodního hospodářství*.
- [2] OUDIN, L., MOULIN, L., BENDJOUDI, H., RIBSTEIN, P. Estimating potential evapotranspiration without continuous daily data: possible errors and impact on water balance simulations. *Hydrological Sciences Journal*, 2010, vol. 55, No. 2, p. 209–222.
- [3] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Nové možnosti modelu Bilan. *VTEI*, 2015, roč. 57, č. 4–5.
- [4] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Dostupné z: <https://www.R-project.org/>
- [5] KAŠPÁREK, L., HANEL, M., HORÁČEK, S., MÁČA, P., VIZINA, A. Bilan water balance model. R package version 2016-06-16, 2016.
- [6] HORÁČEK, S., KOŽÍN, R. Characteristics and Simulations for Water Reservoirs. R package version 2015.8.9000, 2016.
- [7] VIZINA, A., HANEL, M., MELIŠOVÁ, E. Analýza propagace sucha pomocí generátoru počasí. *Vodní hospodářství*, 2014, roč. 56, č. 6, s. 5–11. ISSN 1211-0760.
- [8] WOOD, S.N. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC., 2006.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}

✉ adam.vizina@vuv.cz

Ing. Radek Vlnas^{1,3}

✉ radek.vlnas@vuv.cz

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin.hanel@vuv.cz

Ing. Ladislav Kašpárek, CSc.¹

✉ ladislav.kasperek@vuv.cz

Ing. Eva Melišová^{1,2}

✉ eva.melissova@vuv.cz

Ing. Adam Beran^{1,2}

✉ adam.beran@vuv.cz

Ing. Roman Kožín^{1,2}

✉ roman.kozin@vuv.cz

Ing. Filip Strnad²

✉ strnadf@fzp.czu.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze

³Český hydrometeorologický ústav

Příspěvek prošel lektorským řízením.

HYDROLOGICAL BALANCE AND AVAILABLE WATER RESOURCE IN THE CZECH REPUBLIC DURING HYDROLOGICAL DROUGHT

VIZINA, A.^{1,2}; VLNAS, R.^{1,3}; HANEL, M.^{1,2}; KASPAREK, L.¹; MELISOVA, E.^{1,2}; BERAN, A.^{1,2}; KOZIN, R.^{1,2}; STRNAD, F.²

¹TGM Water Research Institute, p. r. i.

²Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences in Prague

³Czech Hydrometeorological Institute

Keywords: hydrology balance – water balance – drought – water sources

The article deals with the assessment of the hydrological balance in a monthly time step in the territory of the Czech Republic, which was divided into 133 sub-basins for the period 1981–2015. The hydrological balance model Bilan, which has been used to evaluate these episodes over the past 35 years, has been used to verify how the dry season has been propagated. The assessment includes individual water storages (snow, soil and groundwater) and individual water flows (precipitation, Evapotranspiration, infiltration and drainage). The article also introduces to the results of the available water under normal conditions and in 5 years and 10 years drought in two variants. The first one deal with the evaluation of the source area, the second is the evaluation using the simplified water balance model WATERES.

Regionalizace nedostatkových objemů v České republice

FILIP STRNAD, VOJTĚCH MORAVEC, MARTIN HANEL, ADAM VIZINA,
ADAM BERAN, EVA MELIŠOVÁ, ROMAN KOŽÍN

Klíčová slova: sucho – deficitní objemy – doba opakování – index-flood model

SOUHRN

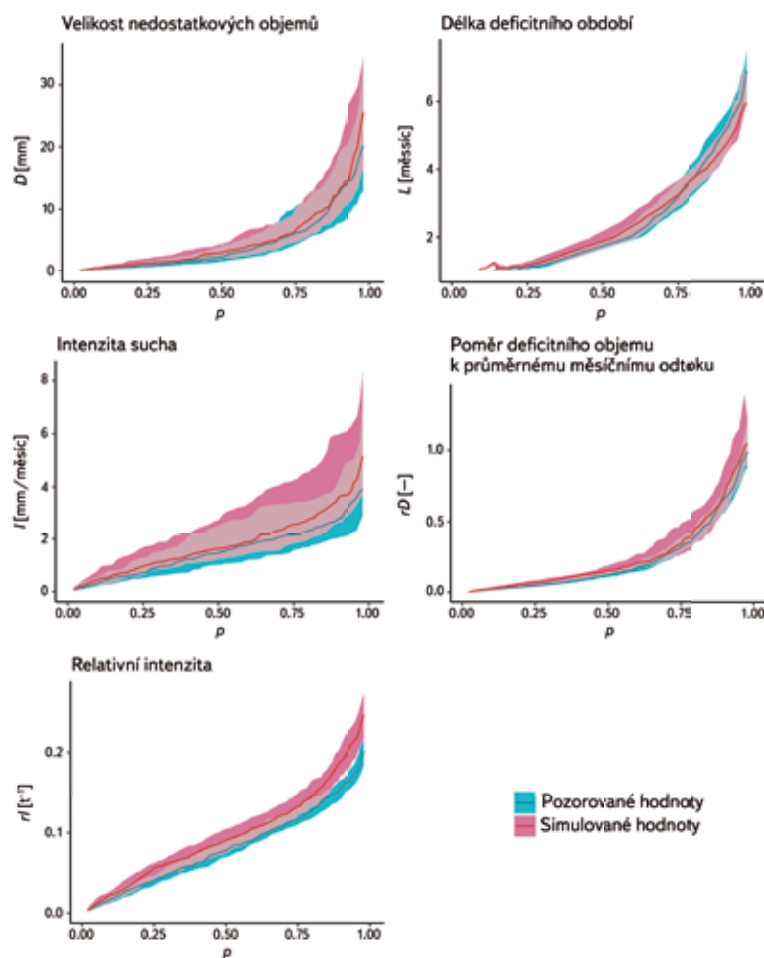
Cílem této studie je regionalizace České republiky z hlediska rizika výskytu sucha v jednotlivých povodích. Regionalizace České republiky byla provedena pro sadu 133 (mezi-)povodí pro období 1901–2015. Primárním indexem popisujícím sucho v rámci této studie jsou nedostatkové objemy vzhledem k prahu odpovídajícímu 20% kvantilu měsíčních průtoků. Na základě srážek, výparu, celkového a základního odtoku a hydrogeologických rajonů byla pomocí shlukové analýzy provedena regionalizace České republiky z hlediska chování v době sucha. Tato regionalizace byla následně expertně revidována. Nedostatkové objemy v simulaci modelu Bilan byly vyčísleny a byl vytvořen statistický model pro odhad N-letých nedostatkových objemů. Charakteristiky sucha v simulaci modelu Bilan pro povodí s dostupnými pozorovanými daty i výsledky statistického modelu byly úspěšně validovány.

ÚVOD

Odhad charakteristik sucha, včetně regionalizace jeho výskytu, je zatížen značnou nejistotou. Tato nejistota je, oproti analýze extrémních srážek, navíc znásobena skutečností, že sucho se nevyskytuje každý rok a efektivní délka standardně používaných 30–50letých časových řad je ve skutečnosti přibližně poloviční, významnější sucha se vyskytují pouze v malém zlomku let. Ve studii popsané v tomto článku jsou proto využity dvě strategie pro snížení nejistot odhadů charakteristik sucha.

První spočívá ve využití dlouhých časových řad srážek a teploty (1901–2015), které jsou dostupné v měsíčním kroku a prostorovém rozlišení 0,5° pro celý svět. Tyto řady, opravené o systematické chyby, slouží jako vstupy do modelu Bilan a výsledná simulace odtoku je analyzována z hlediska charakteristik sucha. Druhá strategie je založena na využití regionální frekvenční analýzy. Tato metoda předpokládá, že rozdělení normovaných extrémů (např. maximálních ročních deficitních objemů) je v homogenních oblastech stejné pro všechna povodí. Normovaným rozdělením extrémů se rozumí rozdělení hodnot vydělených normovacím faktorem (např. průměr nebo jiný parametr polohy daného rozdělení). Kombinací dat z různých povodí tak lze částečně nejistoty odhadu redukovat.

Následující kapitola stručně popisuje použitá data, studované charakteristiky nedostatkových objemů a jejich validaci. Další kapitola popisuje regionalizaci ČR z hlediska rizika sucha a poslední kapitola prezentuje odhady N-letých nedostatkových objemů.



Obr. 1. Porovnání charakteristik sucha pozorovaného a modelovaného průtoků; na ose x je vynesena pravděpodobnost z distribuční funkce jednotlivých charakteristik, na ose y jsou uvedeny hodnoty jednotlivých charakteristik sucha, barevné plochy jsou rozsahy 25% a 75% kvantilů hodnot charakteristik ze souboru povodí

Fig. 1. Comparison of drought characteristics for observed and simulated runoff; the horizontal axis shows the probability from the distribution of the individual characteristics, the vertical axis indicate the values of the drought characteristics, the colored polygons correspond to the range between the 25th and 75th percentile of the value of drought characteristics in the set of catchments

CHARAKTERISTIKY SUCHA

Pro účely studie je sucho definováno na základě nedostatkových objemů odvozených ze simulované hydrologické bilance pro sadu mezipovodí pro období 1901–2015. Odvozené časové řady měsíčních srážek a teplot na plochy mezi-povodí jsou založeny na kombinaci HadCRU-TS3.21 [1], staničních dat a gridovaného datasetu srážek a teploty [2]. Gridovaná data byla převedena na plochu povodí pomocí váženého průměru (podle velikosti průniku plochy povodí a příslušných grid boxů), následně byla u teploty provedena korekce na nadmořskou výšku na základě porovnání nadmořské výšky povodí a průměrné nadmořské výšky grid boxů a korekce srážek na základě vrstvy dlouhodobých průměrných srážek v období 1981–2010. Pomocí těchto časových řad a parametrů modelu Bilan získaných kalibrací na pozorovaných datech byla simulována hydrologická bilance pro celé období 1901–2015.

Nedostatkové objemy jsou definovány jako suma doplňků měsíčních odtoků souvisle pod 20% kvantilem rozdělení odtoku. Mezi základní charakteristiky nedostatkových objemů lze zařadit:

- velikost nedostatkového objemu, D [mm nebo m^3],
- doba trvání deficitní události, L [měsíce],
- intenzita sucha, $I = D/L$ [mm/měsíc nebo $m^3/měsíc$],
- poměr deficitního objemu k průměrnému měsíčnímu odtoku, rD [-],
- relativní intenzita, $rl = rD/L$ [t^{-1}].

Podle průměrných hodnot jednotlivých charakteristik sucha v *tabulce 1* je zřejmé, že jsou na sobě jednotlivé charakteristiky lineárně závislé. Také lze pozorovat postupný růst jednotlivých charakteristik v průběhu první (1901–1930) až třetí periody (1961–1990), v poslední periodě (1991–2015) lze pozorovat jejich pokles.

Tabulka 1. Porovnání průměrných hodnot charakteristik sucha podle jednotlivých period na základě modelovaného celkového odtoku (D [mm] velikost nedostatkových objemů, I [mm/měsíc] intenzita sucha, L [měsíc] délka deficitního období, rD [-] poměr deficitního objemu k průměrnému měsíčnímu odtoku, rl [t^{-1}] relativní intenzita)
Table 1. Average drought characteristics for different time periods based on simulated runoff (D [mm] deficit volume, I [mm/month] drought intensity, L [month] length of the deficit period, rD [-] ratio of deficit volume to average monthly discharge, rl [t^{-1}] relative intensity)

Perioda	D	I	L	rD	rl
1901–1930	4,46	1,70	2,34	0,24	0,09
1931–1960	6,01	1,97	2,76	0,36	0,11
1961–1990	6,68	2,19	2,95	0,44	0,12
1991–2015	4,74	1,79	2,38	0,29	0,10

Validace deficitních objemů

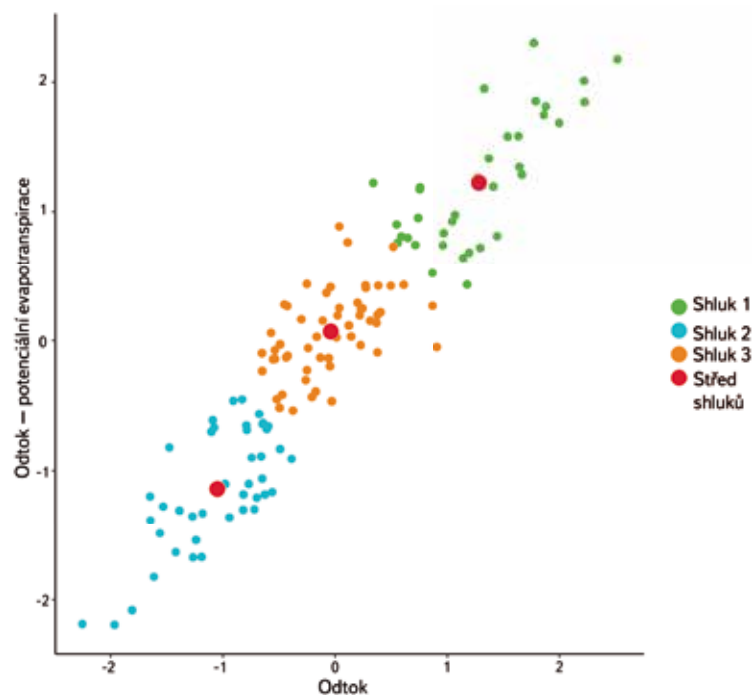
Validace deficitních objemů probíhala pomocí selekce uzavřených povodí se známým pozorovaným odtokem tak, aby bylo možné porovnat jednotlivé charakteristiky sucha vypočítané na základě modelovaného a zároveň pozorovaného průtoku. Validaci bylo možno provést na 65 povodích (ze 133).

Jak je možné vidět v *tabulce 2*, všechny charakteristiky sucha vypočítané na základě simulovaného odtoku jsou pouze mírně vyšší oproti charakteristikám získaným pomocí pozorovaného odtoku.

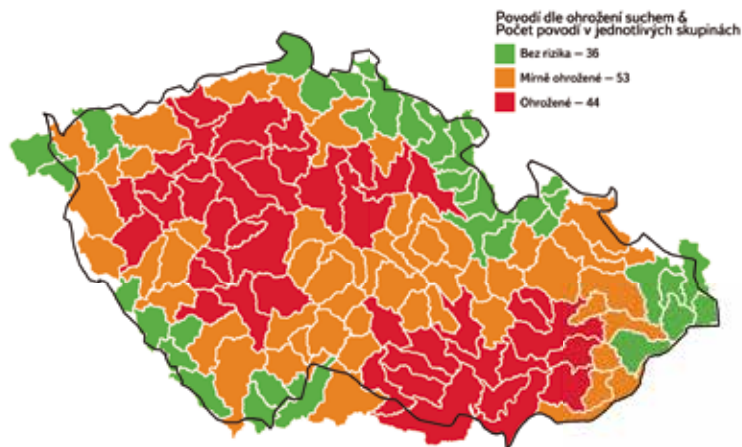
Obrázek 1 prezentuje porovnání charakteristik jednotlivých deficitních událostí. Je zřejmé, že model Bilan simuluje důležité charakteristiky sucha dostatečně přesně.

Tabulka 2. Porovnání celkových průměrů charakteristik sucha pro vybraných 65 povodí na základě pozorovaného a simulovaného odtoku (D [mm] velikost nedostatkových objemů, I [mm/měsíc] intenzita sucha, L [měsíc] délka deficitního období, rD [-] poměr deficitního objemu k průměrnému měsíčnímu odtoku, rl [t^{-1}] relativní intenzita)
Table 2. Comparison of average drought characteristics in simulated and observed data for 65 catchment with available data (D [mm] deficit volume, I [mm/month] drought intensity, L [month] length of the deficit period, rD [-] ratio of deficit volume to average monthly discharge, rl [t^{-1}] relative intensity)

Odtok	D	I	L	rD	rl
Pozorovaný odtok	5,25	1,94	2,29	0,24	0,09
Simulovaný odtok	6,15	2,35	2,36	0,28	0,10



Obr. 2. Výsledné shluky (barevně) a jejich středy (lokální optima)
Fig. 2. Resulting clusters (colors) and their centers (bold dots)

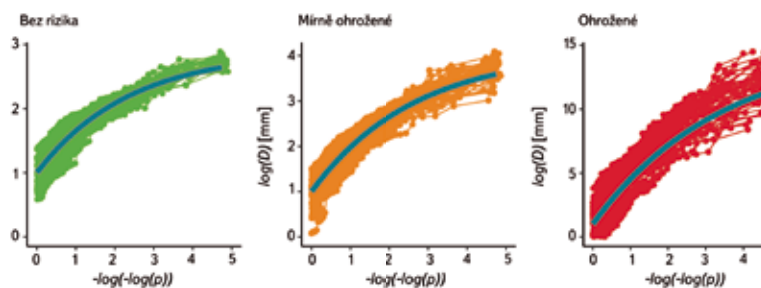


Obr. 3. Výsledky regionalizace

Fig. 3. Resulting regionalization

REGIONALIZACE ČR Z HLEDISKA VÝSKYTU SUCHA

Ze všech fází regionalizace je identifikace homogenních oblastí zpravidla nejobtížnější a vyžaduje velké množství subjektivních rozhodnutí. Pro identifikaci homogenních oblastí byl využit algoritmus K-means [3], jehož cílem je nalezení shluků v datasetu. Vstupem algoritmu je množina bodů, které jsou definované souřadnicemi v n -rozměrném prostoru, a číslo k , určující požadovaný počet shluků. Všechny shluky jsou reprezentované svými středy a každý bod náleží do shluku, jehož střed je mu nejbližší. Souřadnice středů se určují iterativním způsobem, tento iterativní algoritmus neustále zmenšuje chybu, definovanou jako součet vzdáleností všech bodů od středů svých shluků, a spěje tak k lokálně-optimálnímu řešení. Shluková analýza pro povrchový odtok proběhla se škálovanými daty průměrných odtoků a rozdílů odtoků a potenciální evapotranspirace (tj. ve dvourozměrné metrice [odtok; odtok – PET]), algoritmus proběhl celkově desetkrát, pokaždé se startem v jiné, náhodné pozici. Do padesáti iterací každý běh konvergoval k lokálně-optimálnímu řešení, výsledné shluky a jejich středy jsou zobrazeny na obr. 2 a výsledná regionalizace pak na obr. 3.



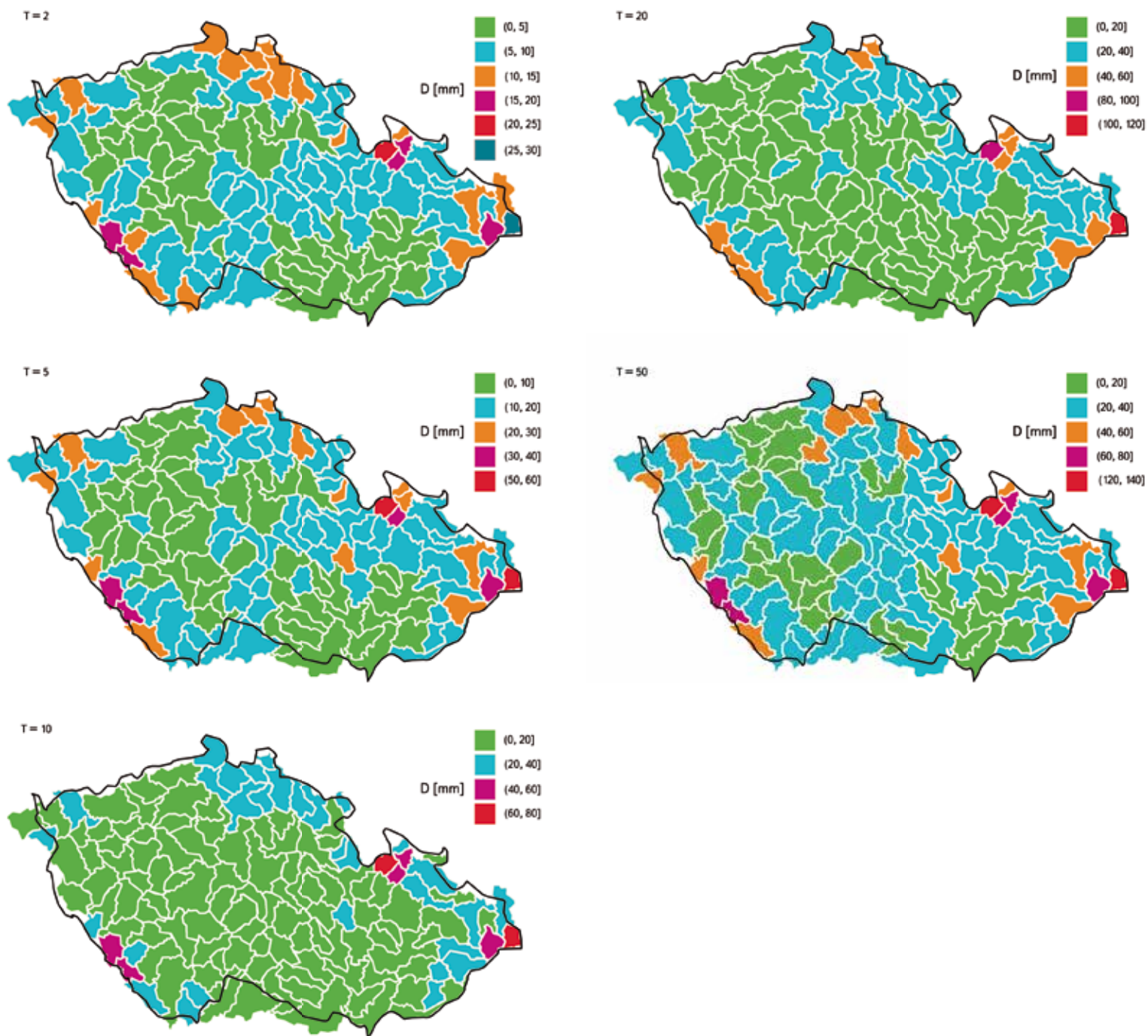
Obr. 4. Regionální kvantilové funkce pro jednotlivé oblasti (tlustá čára) spolu s normovanými kvantilovými funkcemi pro pozorovaná data z jednotlivých (mezi-)povodí
Fig. 4. Regional quantile functions for individual regions (bold line) together with standardized quantile functions for the observed data from individual catchments

REGIONÁLNÍ EXTREMÁLNÍ MODEL PRO NEDOSTATKOVÉ OBJEMY

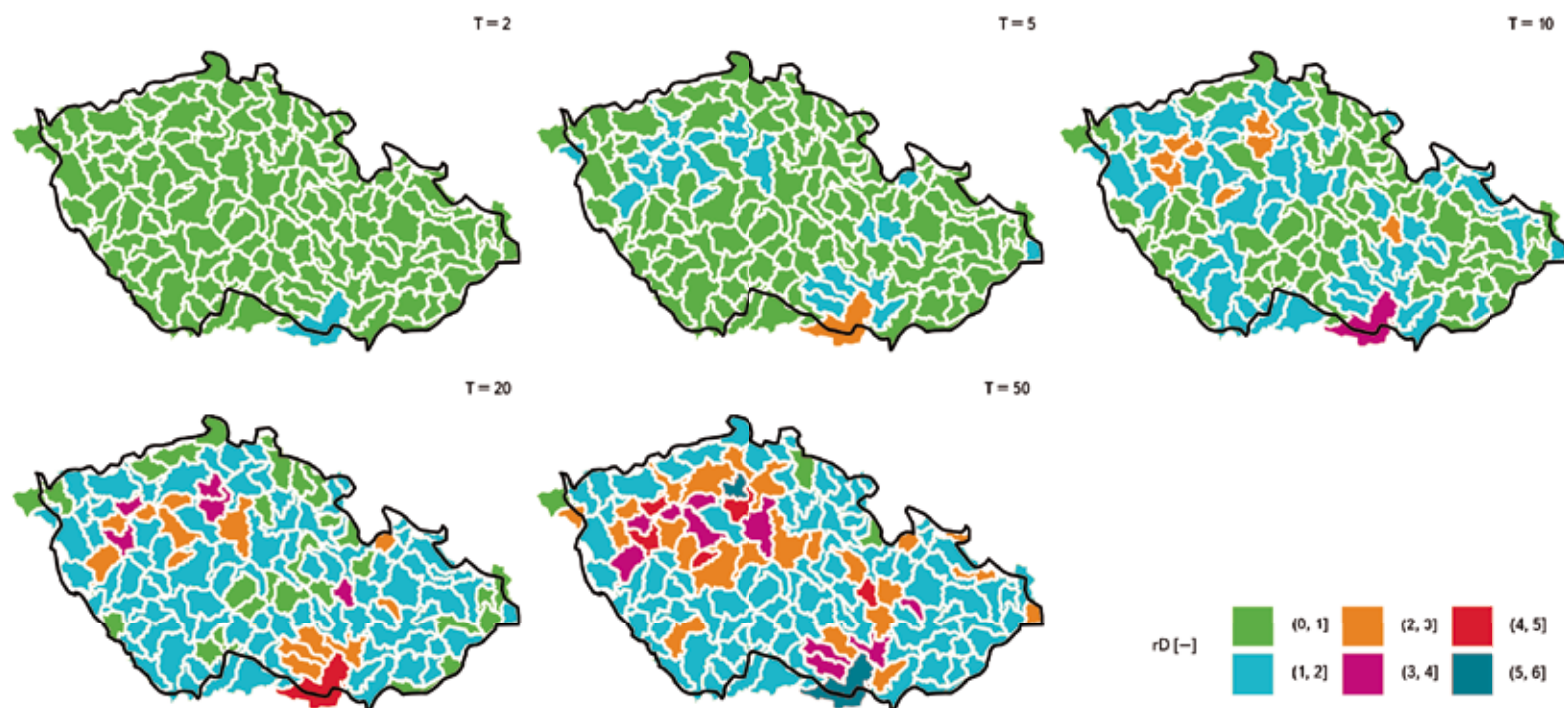
Odhad N -letých nedostatkových objemů je zatížen značnou nejistotou, vyplývající mj. z délky dostupných řad. Podobně jako pro extrémní průtoky a srážky lze i pro nedostatkové objemy využít tzv. index-flood metodu. Předpokladem je, že nedostatkové objemy v každém (mezi-)povodí v rámci předem definované oblasti mohou být normovány tak, že rozdělení těchto normovaných nedostatkových objemů je v dané oblasti stejné. Normovací faktor, který je určen pro jednotlivá (mezi-)povodí, je zpravidla označován index-flood, stejně jako tato metoda [4]. Primárně uvažujeme, že nedostatkové objemy v jednotlivých povodích lze popsat pomocí zobecněného rozdělení extrémních hodnot (Generalized Extreme Value Distribution – GEV). Rozdělení je korigováno vzhledem k výskytu let bez sucha na základě vztahu, který uvádí Engeland [5].

Výsledkem optimalizace modelu jsou normovací faktory pro jednotlivá povodí a regionální kvantilová funkce. Detaily modelu popisuje Hanel [6]. Regionální kvantilové funkce spolu s normovanými nedostatkovými objemy pro jednotlivá povodí uvádí obr. 4. Pravděpodobnosti p jsou transformované pomocí vztahu $-\log(-\log(p))$. Tato transformace zajišťuje lepší zobrazení extrémů s vysokou dobou opakování.

Na obr. 5 jsou uvedeny odhady 2, 5, 10, 20 a 50letého nedostatkového objemu [mm] pro celkový odtok. Je zjevné, že nedostatkové objemy jsou do jisté míry korelované s celkovým odtokem. V relativním vyjádření vzhledem k průměrnému celkovému odtoku (obr. 6) nedostatkové objemy rostou s dobou opakování (platí i v absolutní hodnotě) a zřetelně je vidět větší dopad na povodí v oblasti 3 (tj. v oblasti s nejvyšším rizikem výskytu sucha).



Obr. 5. Mapa N-letých nedostatkových objemů pro (simulovaný) celkový odtok pro 2, 5, 10, 20, 50 let
 Fig. 5. Map of N-year deficit volumes for (simulated) total runoff for 2, 5, 10, 20, 50 years



Obr. 6. Poměr deficitního objemu k průměrnému měsíčnímu odtoku pro doby opakování 2, 5, 10, 20, 50 let

Fig. 6. Ratio of deficit volume to mean monthly runoff for 2, 5, 10, 20, 50 years return periods

ZÁVĚR

Hydrologický model Bilan byl použit pro simulaci hydrologické bilance 133 mezopodvodí v ČR pro období 1901–2015. Bylo ukázáno, že simulované charakteristiky sucha odpovídají dobře charakteristikám pozorovaným (pro povodí, pro která jsou dostupná data). Území ČR bylo rozděleno do tří homogenních oblastí označovaných „bez rizika“ (horské polohy), „mírně ohrožené“ (Vysočina a střední polohy) a „ohrožené“ (nížiny – zejména jižní Morava a střední Čechy). Byly odhadnuty parametry statistického modelu umožňujícího vyčíslení N-letých nedostatkových objemů. Z hlediska rozdělení nedostatkových objemů se jednotlivé oblasti liší zejména variabilitou sucha – oblasti označované „bez rizika“ mají poměrně vyrovnaný režim a nedostatkové objemy v jednotlivých suchých obdobích se příliš neliší. Naopak v oblastech označovaných jako „ohrožené“ je velký rozdíl mezi různě extrémními suchy – tj. rozdíl mezi 2letým a 10letým suchem je zde podstatně větší než v ostatních oblastech.

Dalšími kroky v regionalizaci hydrologického sucha v ČR je zjemnění prostorového měřítka použitého pro regionalizaci a odhad N-letých nedostatkových objemů až na povodí útvarů povrchových vod, vyhodnocení jednotlivých historických případů sucha, prodloužení rekonstrukce dále do minulosti, simulace podmínek ovlivněných klimatickou změnou a vyhodnocení nejistot.

Poděkování

Studie byla provedena v rámci úkolu Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016 a vnitřních grantů Fakulty životního prostředí ČZU č. 20164230 (FS) a 20174227 (VM).

Literatura

- [1] HARRIS, I., JONES, P.D., OSBORN, T.J., and LISTER, D.H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations—the CRU TS3, 10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 2014, vol. 34, No. 3, p. 623–642.
- [2] ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., and HUTH, R. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series: an example of Central European daily time series. *Időjárás*, 2011, vol. 115, No. 1–2, p. 87–98.
- [3] HARTIGAN, J.A. and WONG, M.A. Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 1979, vol. 28, No.1, p. 100–108.
- [4] HOSKING, J.R.M. and WALLIS, J.R. Regional frequency analysis: an approach based on Lmoments. *Cambridge University Press*, 1997.
- [5] ENGELAND, K., HISDAL, H., and FRIGESSI, A. Practical extreme value modelling of hydrological floods and droughts: A case study. *Extremes*, 2004, vol. 7, No. 1, p. 5–30.
- [6] HANEL, M., BUIHAND, T.A., and FERRO, C.A.T. A nonstationary index flood model for precipitation extremes in transient regional climate model simulations. *Journal of Geophysical Research*, 2009, vol. 114, No. D15.

Autoři

Ing. Filip Strnad¹

✉ strnadf@fzp.czu.cz

Ing. Vojtěch Moravec¹

✉ vmoravec@fzp.czu.cz

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}

✉ martin.hanel@vuv.cz

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}

✉ adam.vizina@vuv.cz

Ing. Adam Beran^{1,2}

✉ adam.beran@vuv.cz

Ing. Eva Melišová^{1,2}

✉ eva.melissova@vuv.cz

Ing. Roman Kožín^{1,2}

✉ roman.kozin@vuv.cz

¹Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Příspěvek prošel lektorským řízením.

REGIONALIZATION OF DEFICIT RUNOFF VOLUMES IN THE CZECH REPUBLIC

STRNAD, F.¹; MORAVEC, V.¹; HANEL, M.^{1,2}; VIZINA, A.^{1,2}; BERAN, A.^{1,2}; MELISOVA, E.^{1,2}; KOZIN, R.^{1,2}

¹Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague

²TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: drought — deficit volume — return period — index-flood model

The aim of the study is the regionalization of the Czech Republic with respect to drought characteristics in individual catchments. The regionalization was done for a set of 133 catchments and for the period 1901–2015. The basic index describing the hydrological drought is the deficit discharge, i.e. the cumulative volume bellow 20th percentile of the monthly runoff distribution. The regionalization of drought characteristics was based on the mean precipitation, evaporation, total and base flow and hydrogeological districts. This regionalization was revised by experts. The deficit volumes in the simulation of the Bilan model were estimated and the statistical model for estimation of N-year deficit volumes was developed and validated





Vyhodnocení vlivu sucha a nedostatku vody na užívání vod

PETR VYSKOČ, HANA PRCHALOVÁ, JIŘÍ DLABAL

Klíčová slova: sucho – nedostatek vody – zdroje vody – odběry vody – vodohospodářská bilance

SOUHRN

V dílčím úkolu Vyhodnocení dopadu sucha na užívání vod podpory výkonu státní správy v problematice sucho (v gesci Ministerstva životního prostředí) byly analyzovány současné nástroje pro bilanční hodnocení. Hodnocen byl vývoj odběrů vod a jejich sezonní variabilita, rozdíly mezi povolenými a skutečnými odběry a dopad sucha na odběry v roce 2015. Identifikovány byly lokality, které jsou z hlediska dopadu sucha a nedostatku vody pro její užívání rizikové.

ÚVOD

Při posouzení dostupnosti vodních zdrojů pro potřebu jejich užívání je nutné rozlišovat mezi situací sucha jako dočasného přirozeného jevu a situací nedostatku vody, kdy požadavky na užívání vodních zdrojů přesahují jejich přirozenou dlouhodobou obnovitelnost. Sucho a nedostatek vody tak představují odlišné jevy, jejichž současné působení často výrazně zvyšuje celkové nepříznivé dopady. V Česku je dlouhodobě zaveden institut vodohospodářské

bilance (VHB) – jako složka vodním zákonem definované a vyhláškou 431/2001 Sb. blíže určené vodní bilance – který „porovnává požadavky na odběry povrchové a podzemní vody a vypouštění odpadních vod s využitelnou kapacitou vodních zdrojů z hledisek množství a jakosti vody a jejich ekologického stavu“. Předmětem úkolu byla kritická analýza stávajících nástrojů k posouzení dopadů sucha a rizika nedostatku vody pro užívání a identifikace rizikových území, včetně specifikace neznalostí a nejistot stávající úrovně řešení.

METODIKA A VSTUPNÍ DATA

Při posouzení možných dopadů sucha a nedostatku vody na současné požadavky na užívání vod (zejména odběry) byla využita data evidovaná pro potřeby vodní bilance a postupy aplikované při zpracování vodohospodářské bilance, včetně simulačního modelování zásobní funkce vodohospodářských soustav [1], a hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod [2]. Při identifikaci rizikových lokalit byly jak pro povrchové, tak pro podzemní vody nejprve vyhodnoceny bilanční stavy vodohospodářské bilance „minulého roku“ za období let 1999 až 2015 ve 137 bilančních profilech povrchových vod a za období 2007 až 2015 pro všechny hydrogeologické rajony, k nimž byla k dispozici roční data o přírodních zdrojích (tj. 97 ze 152 hydrogeologických rajonů). Pro hodnoty odběrů realizovaných v roce 2015 byla simulována zjednodušená vodohospodářská bilance množství povrchových vod současného stavu vzhledem k řadě přirozených měsíčních průtoků za období let 1986 až 2015. V případě požadavků na odběry zajišťovaných vodními nádržemi bylo dále přihlédnuto k výsledkům studií zpracovaných v letech 2008 až 2011 v souvislosti s tvorbou Generelu území chráněných pro akumulaci povrchových vod. Jako orientační kritérium pro klasifikaci lokality jako rizikové byla zvolena zabezpečenost odběrů (zjednodušeně poměr doby, kdy je odběr zabezpečen v plné výši bez újmy na zachování minimálních zůstatkových průtoků k celé posuzované době) – 90 % u profilů bez nadlepšování průtoků vodními nádržemi a/nebo převody vody, resp. 95 až 99,5 % (podle významu užívání) u odběrů zajišťovaných vodními nádržemi. Jako potenciálně rizikové byly identifikovány rovněž vodní nádrže, kde objem vody v zásobním prostoru v „suchých“ letech 2014 a 2015 klesl pod 30 %. Pro podzemní vody byla dále hodnocena současná bilance odběrů podzemních vod a dlouhodobých hodnot přírodních zdrojů za období let 2007 až 2015 – tentokrát již pro všechny hydrogeologické rajony s výjimkou 37 kvartérních rajonů, pro něž dosud nebyly stanoveny přírodní zdroje s dostatečnou vypovídací hodnotou. Pro identifikaci rizikových rajonů bylo kromě těchto výsledků přihlédnuto rovněž k hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod, zpracovanému pro 2. plánovací cyklus [3].

VÝSLEDKY A NEJISTOTY

V celkovém vývoji realizovaných odběrů vod je – po výrazném poklesu v 90. letech – v posledním desetiletí patrná stagnace až mírný pokles. V suchém roce 2015 nebyl v realizovaných odběrech vody (ve srovnání s „vodním“ rokem 2013) celkově zaznamenán významný pokles (odběry byly za celé Česko v roce 2015 o 3 % nižší než v roce 2013). K sezonnímu nárůstu došlo u odběrů povrchových vod pro závlahy. Odběry pro závlahy jsou zároveň jediným účelem odběru, kde je patrná významná sezonní variabilita.

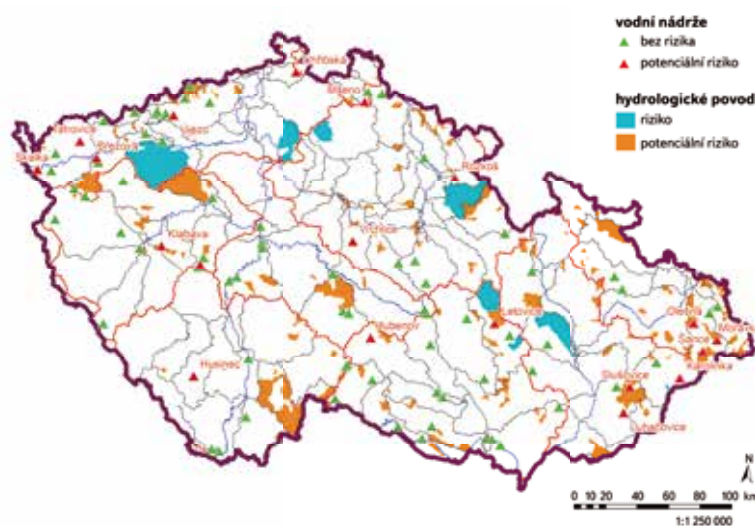
Současná vodohospodářská bilance se sice jeví jako užitečný nástroj zjišťování rizikových lokalit, zároveň však bude nutné lépe rozlišovat podíl sucha a nedostatku vody na nevyhovujícím stavu a minimalizovat zjištěné nejistoty.

Identifikovány byly rizikové a případně potenciálně rizikové (tam kde vyhodnocení byla zatíženo velkou nejistotou) lokality:

- hydrogeologické rajony pro podzemní vody,

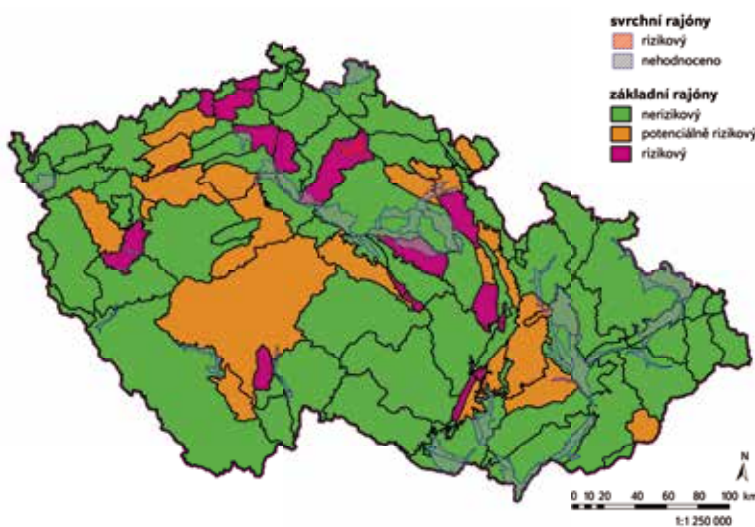
- hydrologická povodí (mezipovodí vodoměrných stanic s rizikem pasivní vodohospodářské bilance),
- vodní nádrže pro povrchové vody.

Riziková povodí a vodní nádrže jsou uvedeny na obr. 1, rizikové hydrogeologické rajony na obr. 2. Podrobné údaje jsou dostupné na <http://heis.vuv.cz/projekty/sucho>. V případě dopadu sucha a nedostatku vody na užívání podzemních vod bylo 5 % celkové plochy hydrogeologických rajonů zařazeno do kategorie rizikových, 18 % do kategorie potenciálně rizikových (vzhledem k nedostatku vstupních dat ale nemohl být hodnocen žádný kvartérní rajon). Jako rizikové byly identifikovány převážně pánevní hydrogeologické rajony s vyšším využitím podzemních vod (např. 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy nebo 4522 Křída Liběchovky a Pšovky). Pro povrchové vody byly v kategorii rizikových identifikovány 3 % plochy povodí ČR, v kategorii potenciálně rizikových 18 %. Z celkem 89 hodnocených významných vodních nádrží bylo z hlediska plnění jejich zásobní funkce v kategorii potenciálně rizikových klasifikováno 19 nádrží.



Obr. 1. Povodí a vodní nádrže rizikové vzhledem k nedostatku vody

Fig. 1. Risk basins and water reservoirs due to lack of water



Obr. 2. Hydrogeologické rajony rizikové vzhledem k nedostatku vody

Fig. 2. Risk hydrogeological ranges due to lack of water

Vyhodnocení je však zatíženo značnou mírou nejistoty, vyplývající jak z dílčích nedostatků současných metodik (např. již zmiňované nedostatečné rozlišení nedostatku vody způsobené suchem jako přírodním jevem a nadměrným využíváním zdrojů vody), tak z omezené datové základny. Bilance zdrojů a potřeb vody vyžaduje kvantifikaci požadavků na zdroje vod, zejména požadavky na odběry, což údaje o realizovaných odběrech a povolených množstvích nemusí dostatečně reprezentovat. Skutečně odebrané množství se může měnit v závislosti na mnoha faktorech, souvisejících např. s provozem průmyslových podniků nebo výskytem sucha (omezení odběrů, zvýšené nároky pro závlahy apod.). Povolené množství odběru se často liší od skutečně odebíraného množství (např. v letech 2010 až 2015 bylo odebráno cca 65 % množství odběrů povolených ke konci roku 2015). Evidence odběrů nezahrnuje malé odběry, což může zakrýt problémy např. v zemědělských oblastech. Užívání vod je limitováno požadavky na zachování minimálních průtoků a hladin podzemních vod (obecněji požadavky na dosažení dobrého stavu vod). V současné době je připravováno nařízení vlády týkající se požadavků na minimální zůstatkové průtoky, problematika ekologických průtoků nicméně není dosud do VHB plně integrována. Podrobnější posouzení je rovněž žádoucí v případě komplexnějších vodohospodářských a vodárenských soustav. Vyhodnocení rizikových lokalit nezahrnuje možné dopady klimatické změny jak na zdroje vody, tak na požadavky na jejich užívání (např. zvýšená potřeba odběrů pro závlahy či energetiku). Účelná se jeví podrobnější verifikace dat reprezentující obnovitelné zdroje vod (průtoků a dlouhodobých hodnot přírodních zdrojů podzemních vod).

ZÁVĚR

Metody vodohospodářská bilance (a v případě vodohospodářských soustav modelování jejich zásobní funkce) povrchových a podzemních vod představují v zásadě vhodný nástroj k posouzení kapacity vodních zdrojů vzhledem k potřebám na jejich využívání a identifikaci rizikových lokalit. Zpracování vodohospodářské bilance současného (případně výhledového) stavu by měla předcházet podrobná analýza vstupních dat i výsledků bilančního hodnocení, zejména s ohledem na výše uvedené nejistoty a podrobnější určení příčin napjatých či pasivních bilančních stavů, které je nutné pro návrh případných preventivních opatření, a rozhodovací činnost vodoprávních úřadů. Rovněž bude nutné upravit metodické postupy, které byly zpracovány v 90. letech podle současných poznatků. Vodohospodářská bilance sice sama nemůže řešit již nastalou situaci nedostatku vody, ale na základě jejich výsledků může významně těmto problémům předcházet.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Literatura

[1] VYSKOČ, P. a ZEMAN, V. *Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2008.

[2] PRCHALOVÁ, H. a kol. *Metodiky hodnocení chemického a kvantitativního stavu úvatí podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2013.

[3] Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/priprava-planu-povodi-pro-2-období/plany-dílčích-povodí/>

Autoři

Ing. Petr Vyskoč

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

RNDr. Hana Prchalová

✉ hana.prchalova@vuv.cz

Ing. Jiří Dlabal

✉ jiri.dlabal@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

IMPACT OF DROUGHT AND WATER SCARCITY ON WATER USE ASSESSMENT

VYSKOČ, P.; PRCHALOVA, H.; DLABAL, J.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: drought – water scarcity – water resources – water abstraction – water balance

Exist tools for water balance, time series of water abstractions and their season variability, difference between permitted and real abstractions and impact of drought in 2015 were analysed and assessed in subtask Impact of Drought on Water Use Assessment. Areas and reservoirs at risk of water use due to the water scarcity were identified.



Modelování efektu přírodě blízkých opatření na hydrologickou bilanci v povodí Trkmanky

ROMAN KOŽÍN, PETR BAŠTA, VOJTĚCH MORAVEC

Klíčová slova: přírodě blízká opatření — hydrologická bilance — retence — vodní nádrž

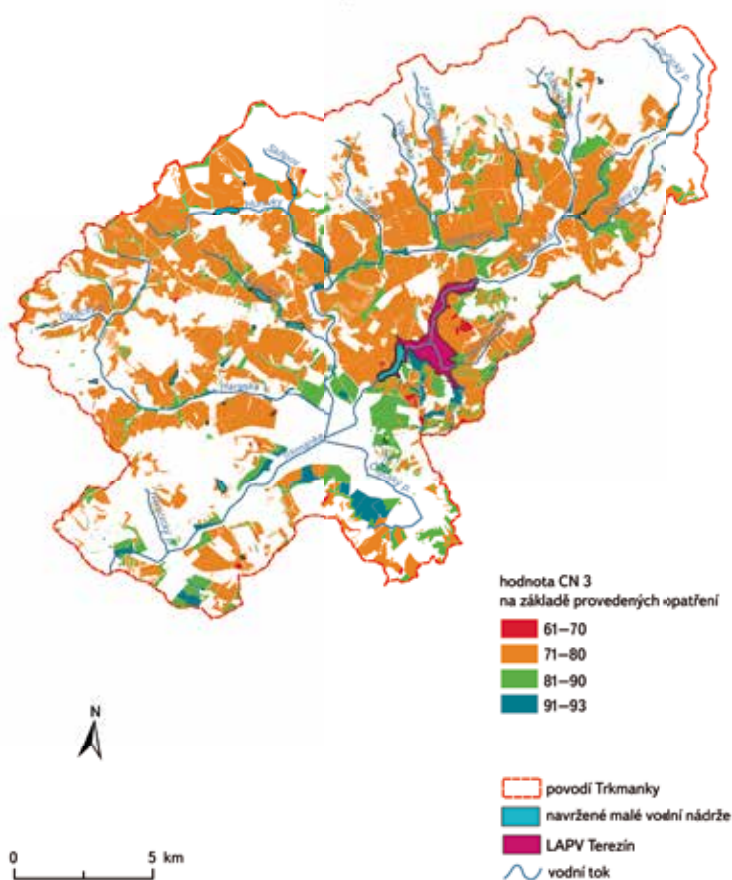
SOUHRN

Efekt přírodě blízkých opatření na hydrologickou bilanci byl modelován na povodí Trkmanky. Povodí se nachází na jižní Moravě a je intenzivně zemědělsky obhospodařované. V rámci projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice (www.vodavkrajine.cz) na něm byl navržen značný počet komplexních protierozních opatření na téměř 132 km², což tvoří 43 % celkové plochy povodí, viz *obr. 1*. Tato opatření mají za úkol minimalizovat erozi a zvyšovat celkovou retenci povodí. Cílem příspěvku je kvantifikovat vliv navržených opatření na vybrané složky hydrologické bilance pomocí modelu Bilan a následně porovnat efekt těchto opatření s efektem případné nádrže Terezín.

ÚVOD

Přírodě blízká opatření zabraňují erozi a také zvyšují celkovou retenci vody v povodí, která je jedním z klíčových faktorů utvářejících výslednou hydrologickou bilanci povodí. Celkovou retenci vody pro dané povodí tvoří časově a prostorově proměnlivé zásoby vody zadržené ve sněhové pokrývce, na povrchu vegetačního pokryvu, na povrchu povodí, v nenasycené a nasycené zóně [1]. Jedním ze způsobů jak vyhodnotit vliv změny celkové retence povodí na základě navržených či provedených opatření je aplikace modelu hydrologické bilance. Cílem příspěvku je kvantifikovat vliv všech navržených opatření (v rámci projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice) na vybrané složky hydrologické bilance pomocí modelu Bilan a následně porovnat efekt těchto opatření s efektem případné nádrže Terezín. Ta je jednou z 65 hájených lokalit pro akumulaci povrchových vod (LAPV) uvedených v Generelu LAPV [2].

Přírodně blízká opatření na povodí Trkmanky



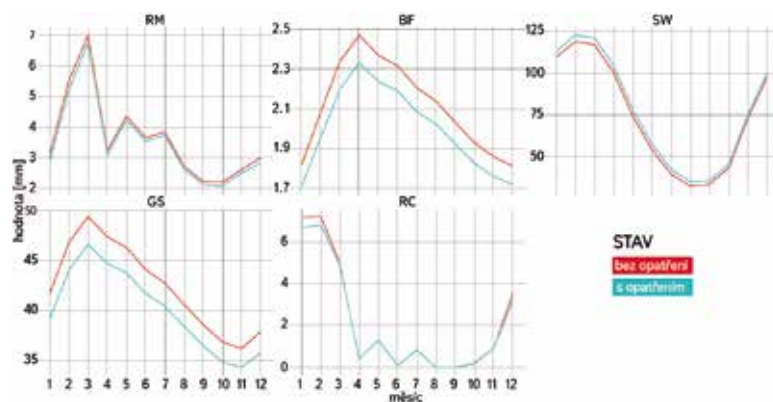
Obr. 1. Oblasti s navrženými přírodně blízkými opatřeními v povodí Trkmanky
 Fig. 1. Areas with proposed nature-related measures in the Trkmanka basin

METODIKA

Pro povodí Trkmanky byl kalibrován model hydrologické bilance Bilan (bilan.vuv.cz), který je dlouhodobě vyvíjen ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., dále jen VÚV. Více o modelu pojednává článek viz [3]. Kalibrace modelu proběhla na základě pozorovaných srážek, teploty a průtoků v měsíčním kroku za období 1963–2010, data pocházejí z databáze Českého hydrometeorologického ústavu. Kapacita zásoby půdní vlhkosti Spa [mm] je jeden z osmi kalibrovaných parametrů a vyjadřuje schopnost půdy zadržet vodu. Když je v půdním profilu zadrženo více než Spa [mm] vody,

Tabulka 1. Hodnoty vybraných veličin na povodí bez opatření a s navrženými opatřeními; CN III – hodnota pro III. typ předchozích vláhových podmínek, S3 – maximální retence pro III. typ předchozích vláhových podmínek, Spa – kapacita zásoby půdní vlhkosti, SW – zásoba vody v půdě, RM – modelovaný odtok
 Table 1. Values of selected variables before and after proposed measures; CN III – curve number for the third type antecedent moisture condition (AMC), S3 – maximal retention for the third type AMC, Spa – capacity of soil moisture storage, SW – soil water content, RM – modeled runoff

	CN III [-]	S3 [mm]	Spa [mm]	SW [mm]	RM [mm]
bez opatření	86	41	127,6	74,3	43,4
s opatřeními	84	48	132,6	77,4	41,6



Obr. 2. Roční chod vybraných složek hydrologické bilance v povodí; červeně bez opatření, modře s opatřeními; RM – modelovaný odtok, BF – základní odtok, SW – zásoba vody v půdě, GS – zásoba podzemní vody, RC – dotace podzemní vody
 Fig. 2. Seasonal variation of selected variables of hydrological balance; before (red) and after (blue) proposed measures; RM – modeled runoff, BF – baseflow, SW – soil water storage, GS – ground water storage, RC – recharge of ground water

nastává průsak (perkolace) vody z půdy do horninového prostředí. Parametr Spa je možné použít jako ukazatel průměrné retenční kapacity půd v povodí. V práci [1] jsou uvedeny regresní vztahy využívající geomorfologii povodí a hodnotu odtokové křivky (CN) k odhadu parametru Spa:

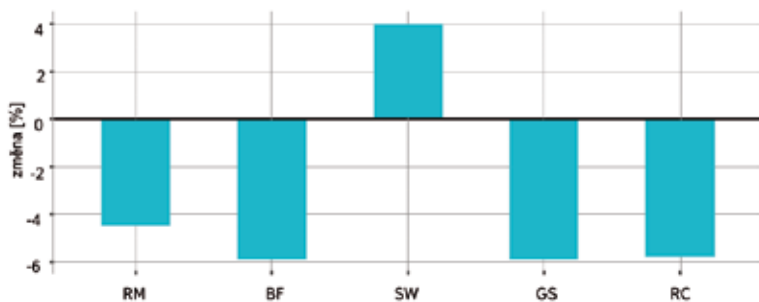
$$Spa = 0,71 S3 + 88,91 Dd - 8,89 St + 65,76$$

S3 – maximální retence pro III. typ předchozích vláhových podmínek [mm],
 Dd – hustota říční sítě povodí [km/km²],
 St – průměrný sklon říční sítě [%].

Maximální retence vychází ze vztahu:

$$S3 = \frac{25400 - 254 CN}{CN}$$

Na základě změny hodnoty CN (navržená opatření) se přenastaví hodnota parametru Spa v modelu Bilan. Po opětovné simulaci s novou hodnotou Spa lze kvantifikovat vliv opatření na složky hydrologické bilance. Celková hodnota CN v povodí po navržených opatření byla vypočtena váženým průměrem přes dílčí plochy.



Obr. 3. Relativní změna složek hydrologické bilance po navržených opatřeních; RM – modelovaný odtok, BF – základní odtok, SW – zásoba vody v půdě, GS – zásoba podzemní vody, RC – dotace podzemní vody

Fig. 3. Relative change of hydrological variables after proposed measures; RM – modeled runoff, BF – baseflow, SW – soil water storage, GS – ground water storage, RC – recharge of ground water

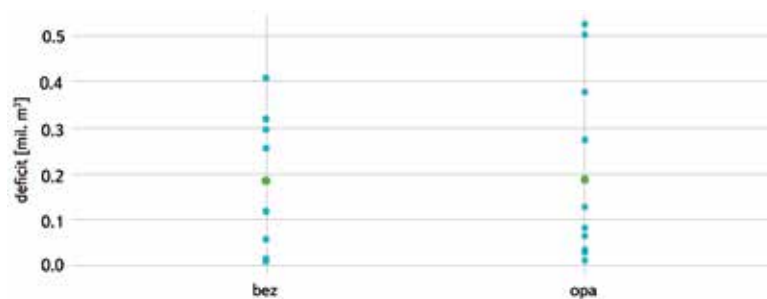
VÝSLEDKY A DISKUSE

Kapacita zásoby půdní vlhkosti (S_{pa}) se s navrženými opatřeními zvýší o 5 mm a zásoba vody v půdě (SW) o 3 mm. V důsledku toho poklesne celkový odtok (RM) z povodí o 2 mm. Výsledky modelování hydrologické bilance za období 1963–2010 shrnuje *tabulka 1*. Zvětšením retence se podaří v povodí zadržet ročně v průměru o 943 950 m³ vody více. Toto relativně malé číslo (vzhledem k rozsahu navržených opatření) je dáno především nízkým průměrným ročním úhrnem srážek 540 mm a relativně vysokým územním výparem 498 mm. Na povodí s vyšší průměrnou srážkou by bylo množství zadržené vody zcela určitě vyšší. Na druhou stranu, pokud výslednou hodnotu převedeme na průtok, dostaneme 30 l/s, což vzhledem k minimálnímu zůstatkovému průtoku (MZP) 95 l/s není zanedbatelné. MZP byl vypočten podle vzorce $MZP = 0,73 * Q_{10}$ (Q_{10} – 10% kvantil z řady měsíčních průtoků) a odpovídá MZP na základě nové metodiky uvedené v [4].

Tabulku 1 doplňují grafy na *obr. 2* a *3*. Roční chod vybraných složek hydrologické bilance se v podstatě nemění. V důsledku navržených opatření dochází ke zvětšení zásoby vody v půdě (SW), ostatní složky hydrologické bilance vykazují pokles. Je zajímavé, že v tomto konkrétním případě dochází ke snížení dotace podzemních vod v zimních měsících a tím i k poklesu zásob podzemní vody. To pravděpodobně souvisí s tím, že více vody se udrží v půdě, a ta je následně využita rostlinami ve vegetačním období.

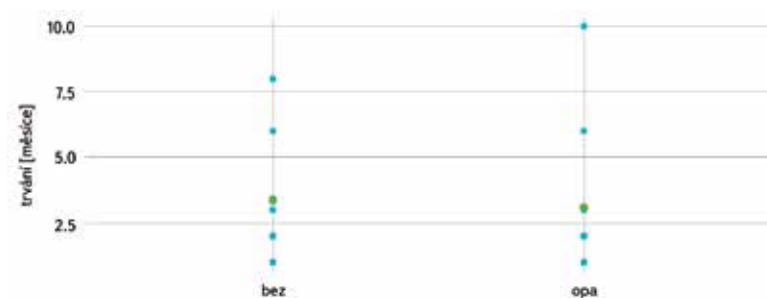
Deficitní objemy byly počítány na základě prahového průtoku, který byl dán MZP vypočteným podle vzorce $MZP = 0,73 * Q_{10}$ (Q_{10} – 10% kvantil z řady měsíčních průtoků), který odpovídá MZP na základě nové metodiky uvedené v [4]. K výpočtům byly použity měsíční průtoky za období 1963–2010. Analýza deficitních objemů ukázala, že se po navržených opatřeních zvýšila četnost, velikost i doba trvání deficitních objemů, viz *obr. 4* a *5*. Průměrná hodnota deficitu se nezměnila, naopak průměrná délka deficitního období lehce klesla. Z hlediska množství vody ve vodních tocích se tedy provedená opatření projevují spíše negativně. Pokles množství vody ve vodoteči je na úkor zvýšeného množství vody zadržené v půdě, tj. zlepšení podmínek pro vegetaci.

V povodí Trkmanky se také nalézá LAPV Terezín s celkovým potenciálním objemem 5,6 mil. m³ a zatopenou plochou 316 ha. Pro tuto nádrž můžeme očekávat nadlepšený průtok 149 l/s s 95% zabezpečeností, což odpovídá ročně v průměru 4,7 mil. m³ vody. Výsledky pocházejí z projektu Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod, viz www.lapv.vuv.cz. Pro výpočet byl použit model WATERES (github.com/tgmwri/wateres), který je



Obr. 4. Hodnoty deficitních objemů – bez (bez) a s (opa) navrženými opatřeními; zeleně zobrazen průměr

Fig. 4. Deficit volumes in the basin before (bez) and after (opa) measures; green dots represent mean



Obr. 5. Délka trvání deficitních událostí – bez opatření (bez) a s navrženými opatřeními (opa); zeleně zobrazen průměr

Fig. 5. Duration of drought event – before measures (bez) and after proposed measures (opa); green dots represent mean

vyvíjen v rámci projektu. MZP pod nádrží je vypočten podle [3] 48 l/s, tedy v obdobích sucha by ještě zbývalo 100 l/s, např. pro závlahy, což je v průměru 3krát více, než mohou poskytnout navržená přírodě blízká opatření.

ZÁVĚR

V předloženém článku je navržen možný postup kvantifikace vlivu přírodě blízkých opatření na složky hydrologické bilance. Bylo zjištěno, že na povodí Trkmanky by navržená opatření, provedená na 43 % celkové plochy povodí, pomohla zadržet v průměru za rok o 943 950 m³ více vody v půdě. Zvýšení celkové retence je ale na úkor celkového odtoku z povodí a pravděpodobně by se zvýšila četnost, velikost a trvání deficitních objemů. Na povodích tohoto typu, kde se vyskytuje nízký úhrn srážek a poměrně vysoký výpar, se jeví smyslupnější dělat přírodě blízká opatření za účelem snižování eroze a zlepšení kvality půdy než za účelem zvyšování celkové retence. V případě postavení nádrže Terezín lze dodávat v suchých obdobích až 100 l/s (MZP je cca 50 l/s), což je v přepočtu 3 153 600 m³ za rok.

Nádrž v intenzivně obhospodařovaném povodí se ovšem neobejde bez rozsáhlých protierozních opatření a změny agrotechnických postupů v jejím povodí, které redukuje odnos půdy a její akumulaci v nádrži, což by mělo za následek zanášení a zmenšení akumulačního prostoru.

Poděkování

Studie byla provedena v rámci úkolu Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016.

Literatura

[1] MÁČA, P. a kol. Využití geomorfologických charakteristik pro odhad celkové retence v povodí. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2016, roč. 58, č. 6, s. 54–57.

[2] MZE a MŽP. *Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území*. Ministerstvo zemědělství a Ministerstvo životního prostředí, 2011.

[3] VIZINA, A. a kol. Nové možnosti modelu BILAN. *VTEI*, 2015, roč. 57, č. 4–5. ISSN 0322-8916.

[4] BALVÍN, P. a kol. Stanovení minimálních zůstatkových průtoků v České republice, konference Rybníky 2016.

Autoři

Ing. Roman Kožín^{1,2}

✉ roman.kozin@vuv.cz

Ing. Petr Bašta²

✉ bastap@fzp.czu.cz

Ing. Vojtěch Moravec²

✉ vmoravec@fzp.czu.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita

Příspěvek prošel lektorským řízením.

MODELING THE EFFECT OF NATURE-RELATED MEASURES ON THE WATER BALANCE IN THE TRKMANKA BASIN

KOZIN, R.^{1,2}; BASTA, P.²; MORAVEC, V.²

¹TGM Water Research Institute, p. r. i.

²Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences in Prague

Keywords: nature-related measures – water balance – retention – water reservoir

The effect of nature-related measures on the water balance was modeled in the Trkmanka basin. The basin is located in the Moravia, south-east region of the Czech Republic. The area is intensively farmed and under the project “Strategy for protection against the negative impacts of floods and erosion phenomena by nature-related measures in the Czech Republic” (www.vodavkrajine.cz) a large number of complex erosion control measures of almost 132 km² were proposed, representing 43% of the total catchment area (*Fig. 1*). These measures are intended to reduce soil erosion and to increase the overall retention of the river basins. The aim of the paper is to quantify the impact of the proposed measures on the selected components of the water balance using the BILAN model. Then compare the effect of these measures with the potential Terezín reservoir.

Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů

MIRIAM DZURÁKOVÁ, KAMILA ZÁRUBOVÁ, JANA UHROVÁ, MILOŠ ROZKOŠNÝ, LUKÁŠ SMELÍK, DENISA NĚMEJCOVÁ, SVĚTLANA ZAHŘÁDKOVÁ, PAVLA ŠTĚPÁNKOVÁ, JAROMÍR MACKŮ

Klíčová slova: sucho – retence vody – přírodě blízká opatření – opatření v ploše povodí – malé vodní nádrže – opatření na tocích – biologické složky

SOUHRN

V rámci prací na sestavení návrhu koncepce ochrany před následky sucha na území České republiky byla provedena analýza a hodnocení potenciálu přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. Vyhodnoceny byly vybrané typy opatření v ploše povodí (na zemědělské i lesní půdě), malé vodní nádrže a opatření na tocích, včetně jejich potenciálního vlivu na biologickou složku ekologického stavu. Výsledkem jsou doporučení vhodných typů opatření pro zvýšení retence vody v krajině, která zároveň přispějí ke zlepšení ekologického stavu vodních útvarů nebo jej alespoň nezhorsí. Účinnost navrhovaných opatření byla ověřována v pilotním povodí Husího potoka, a to modelováním v programu HEC-HMS.

ÚVOD

Řešení vycházelo z hodnocení typů opatření, které byly definovány v projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice a které jsou publikovány na portálu www.vodavkrajine.cz. Jednalo se o návrhy komplexních a propojených systémů protipovodňových a protierozních opatření v ploše povodí na zemědělské půdě (organizační, agrotechnická a biotechnická), návrhy malých vodních nádrží, opatření na lesní půdě a opatření na vodních tocích a v nivách.

Pro účely posouzení opatření z hlediska zvýšení retence vody v krajině byly do souboru těchto typů opatření přidány k hodnocení i mokřadní biotopy. Vhodnost použití malých vodních nádrží (MVN) byla posuzována samostatně pro každý typ MVN podle [1]. Rovněž revitalizace toků byly hodnoceny podrobně, z pohledu jednotlivých návrhových prvků systému.

OPATŘENÍ V PLOŠE POVODÍ NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ

Vhodně navržená ochranná opatření v krajině plní vždy řadu funkcí (protierozní, protipovodňovou, ochranu před suchem, ale i ekologickou) zásadně podporujících ochranu krajinných systémů a jejich obnovu v místech předchozího narušení způsobeného převážně za přispění lidské činnosti. Vhodně navržená

protipovodňová a protierozní opatření mají i velice pozitivní vliv při ochraně před následky sucha, protože celková ochrana povodí sleduje tyto základní cíle:

- co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy;
- omezit soustředování odtoku do stružek, tzn. podpořit jeho rozptýlování;
- zpomalovat a neškodně odvádět povrchový odtok tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu;
- prodloužit dobu retence vody v ploše povodí.

Omezení délky svahu, zkrácení dráhy odtoku, snížení rizika vzniku soustředěného povrchového odtoku a snížení jeho rychlosti i objemu spolu úzce souvisí a jedná se o hlavní funkce zejména liniových biotechnických opatření. Zvýšení vsaku vody do půdy a prodloužení doby infiltrace závisí jak na zpomalení povrchového odtoku, tak i na stavu půdy (nakypřená půda vodu lépe vsákne) a krajinném pokryvu. Narušení a degradace půdy hrozí zejména u půdy nechráněné krajinným pokryvem. Řešením proti tomu jsou opatření, jejichž součástí je zatravnění nebo jiná ochrana půdního povrchu. S ohledem na tyto účinky a další, uvedené podrobněji ve zprávě [2], jsou vhodnými krajinnými prvky, podporujícími udržení vody v krajině, právě zasakovací prvky. Ty splňují hlavní aspekty pro zmírnění účinků sucha – podpora infiltrace a prodloužení doby vsaku i zpomalení povrchového odtoku. Jedná se zejména o zasakovací příkopy a průlehy, hrázky doplněné průlehy, přehrážky v údolnicích, zasakovací pásy apod. Tyto prvky je vhodné doplnit o travnatý pás s doprovodnou zelení, čímž se zvýší i jejich ekologická funkce a mohou být začleněny do územního systému ekologické stability (ÚSES).

Plošná opatření na zemědělské půdě (organizační, agrotechnická i na speciálních kulturách) jsou žádoucí opatření ve všech ohledech. Z hlediska řešení problematiky sucha je důležitý zejména jejich vliv na zpomalení povrchového odtoku a zvýšení infiltrace. Pro většinu plošných opatření na orné půdě platí, že zlepšují vodní režim v půdě a omezují důsledky eroze, což snižuje nežádoucí vnos erodovaných částic a na ně vázaných polutantů do vodního prostředí, což je v důsledku pozitivní pro vodní organismy, a tedy i ekologický stav. Změnami ve využití a způsobu obdělávání zemědělských pozemků, ideálně doplněných biotechnickými prvky, lze docílit zmírnění projevů sucha v krajině.

Při návrhu opatření podporujících zadržení vody v krajině je vhodné vycházet z historických map znázorňujících místa původního umístění krajinných prvků před kolektivizací, při které došlo k jejich rozorání (meze, polní cesty, mokřady atd.), a obnovovat je.

Tabulka 1. Vhodnost plošných, lesních, biotechnických opatření a malých vodních nádrží k řešení problematiky sucha

Table 1. Suitability of area measures (on agricultural and forest land), biotechnological measures and small water reservoirs to solution of drought issues

Typ opatření	Vhodnost k řešení problematiky sucha z hlediska		
	Vodohospodářského	Vlivu na biologické složky určující ekologický stav/potenciál (ES/EP)	Vlivu na fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologické složky ES/EP
Plošná opatření:			
organizační	+	+	++
agrotechnická	+	+	++
speciální kultury	+	+	++
Biotechnická opatření:			
zasakovací průleh/příkop	+++	+	+++
svodný průleh/příkop	+	+	++
zasakovací pásy	+++	+	+++
stabilizace dráhy soustředěného odtoku	+	+	+
hrázky	++	+	+
meze	+	+	+
terasy	0	-	0
přehrážky	++	+	+
Malé vodní nádrže (podle ČSN 75 2410):			
vodárenské	+++	-	+ -
průmyslové	-	-	-
závlahové	++	-	-
energetické	-	-	+ -
kompensační	-	-	-
aktivizační	-	-	-
retenční suché	+++	+	++
retenční s nadržním	+++	+	+
čistící a usazovací	+	+	++
rybochovné	-	-	-
hospodářské	-	-	-
vyrovnávací	-	-	0
klauzury (lesní)	-	-	+ -
rekreační	-	-	-
krajinotvorné	+	+	+
rekultivační	-	-	+ -

Vhodnost k řešení problematiky sucha z hlediska

Typ opatření	Vodohospodářského	Vlivu na biologické složky určující ekologický stav/potenciál (ES/EP)	Vlivu na fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologické složky ES/EP
Opatření v lesích:			
tvorba polyfunkčního lesa	+	0	+
omezení smrku ve 3. a 4. LVS	+	+	+
podrostití a násečný hospodářský způsob	+	0	+
dodržování vhodných postupů při těžbě	+	0	0
vhodná fragmentace lesa	+	0	0
nízký tvar lesa (výmladkový, pařezina)	+	+	+
ochranné pásy lesa kolem vodárensky významného toku	+	++	++
důsledná sanace potěžebních či jiných technologických narušení půdy	+	0	+
hrazení strží	+	+ -	+
hrazení bystřin	+ -	+ -	+ -
ochrana lesních pramenů a pramenišť	+	+	+

Legenda: -, 0, +, ++, +++ – míra vhodnosti opatření od nevhodného po nejvhodnější

MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

V rámci opatření typu malých vodních nádrží je hlavním pozitivem z pohledu zlepšení retence vody v povodí akumulace vody a její možné využití v období sucha. S ohledem na funkce MVN, z nichž mnohé sice vodu akumulují, ale není možné ji v suchých obdobích využívat (např. z důvodu výskytu rybí obsádky), lze za nejvhodnější označit retenční nádrže suché a s malým stálým nadržemím, částečně i zásobní nádrže (zejména závlahové), které vytvářejí disponibilní zásoby vody pro využití v období sucha. Suché nádrže, zejména mimo vodní tok, na drahách soustředěného odtoku (DSO), kde netvoří migrační bariéru pro živočichy, zadržují vodu z přívalových srážek, čímž zpomalují povrchový

odtok. Retenční nádrže s malým stálým nadržemím mohou v suchém období sloužit jako mokřady, čímž je podpořena retence vody v krajině. V období srážek se voda v retenčním prostoru akumuluje a obdobně jako u suchých nádrží může být později upouštěna. Tyto nádrže by se však neměly stávat útočištěm nepůvodních nebo invazivních druhů (např. ryba střevlička východní), popř. v důsledku eutrofizace i zdrojem zhoršené kvality vodního prostředí v navazujících úsecích toků a zdrojem nadměrné biomasy fytoplanktonu. Návrh zátopy by měl zohlednit i tyto možné negativní dopady. Ideálně by měla být výška vodního sloupce těchto nádrží do 0,6 m. Závlahové nádrže mají hlavní výhodu v akumulaci vody určené primárně pro závlahové systémy, z pohledu retence či zasakování vody jsou bezvýznamné, pro vodní ekosystémy negativní. Malé



Obr. 1. Ukázka zatravněného příkopu
Fig. 1. Example of a grassy ditch



Obr. 2. Pásové střídání plodin v k. ú. Šardice
Fig. 2. Band rotation of crops, Šardice

vodní nádrže jsou velmi diskutovaná opatření. Podle výsledků ze srážko-odtokových modelů lze konstatovat, že dokáží zadržet poměrně velké množství vody v povodí a následné nadlepšování průtoků v suchém období může mít pozitivní vliv na vodní toky pod nimi až několik dní. Vše však závisí na typu a ovladatelnosti spodních výpustí, zvoleném způsobu manipulace a manipulačním řádu. Často bývá v projektech nádrží uváděno, že nádrž bude v suchých obdobích sloužit k nadlepšování průtoků, po realizaci k tomu však nedochází (zejména u rybochovných či rekreačních nádrží, kde naopak v suchých obdobích téměř veškerou vodu zadržují a vypouští se pouze nezbytné stanovené minimum). Tuto problematiku by mohla alespoň částečně vyřešit například vhodná změna legislativy a zejména její důsledné dodržování.

K identifikaci ploch zaniklých vodních prvků v krajině je možné využít certifikovanou mapu Současný stav historických rybníků na území České republiky [3], která je v podobě interaktivní aplikace [4] dostupná v informačním systému HEIS VÚV TGM, v. v. i. Pro rámcové posouzení využití ploch zaniklých vodních prvků v krajině pro účely vodního hospodářství, realizaci vodních a mokřadních prvků (protipovodňová ochrana, opatření proti suchu apod.) lze využít certifikovanou metodiku [5] zabývající se hodnocením ploch zaniklých rybníků z hlediska optimalizace jejich využití.



Obr. 3. Suchá nádrž v k. ú. Nenkovice, zátopa využívána k pastvě koní
Fig. 3. Dry retention basin, a floodplain is used to horse pasture, Nenkovice

OPATŘENÍ V LESNÍCH EKOSYSTÉMECH

Co se týče opatření na lesní půdě nebo obecněji v lesním ekosystému, les jako významný krajinný prvek je značně zranitelný ve vztahu ke klimatické změně, která se projevuje teplotními a srážkovými výkyvy, včetně period sucha. Jde především o velkou setrvačnost zdánlivě se neprojevující žádnou nebo málo přesvědčivou reakcí. O to razantnější může být následný kolaps celého systému, např. v návaznosti na dlouhodobá sucha. Z dlouhodobého pohledu by

opatření měla směřovat především k postupné revizi systémů lesnické typologie, tvorbě hospodářských souborů a s nimi souvisejících rámcových směrnic hospodaření alespoň v suchem nejvíce ohrožených lokalitách a lokalitách, které mají vysoký potenciál k zadržování vody (lokality s výrazně aktivními vodními bilancemi).

Prvořadým úkolem operativních opatření je udržet srážkovou vodu v lesních porostech. Od přístupu směřujícímu k rychlému odvedení srážkové vody, např. z lesních odvozních cest, skládek dříví a jiných manipulačních ploch, do recipientů a následně mimo lesní porosty je třeba jednoznačně přejít k přístupu zadržování a postupnému využívání veškeré vody přicházející do lesních povodí. Opatření jsou přitom poměrně jednoduchá, od opatření v porostech, kdy např. po těžbách je vhodnější klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrsťevnici, na plochách je vhodné ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy), po vlastní technická opatření např. zaústování svodných příkopů a rigolů do drénů, revitalizace vodních toků, výstavba malých vodních nádrží atp. Vliv lesa a hospodaření v lesích na vodní režim krajiny je v podmínkách ČR natolik zásadní, že hospodaření s vodou v lesích by se do budoucna mělo stát plnohodnotnou součástí lesnických činností.

Pro efektivní zadržení vody v lesích je primárním předpokladem udržení lesa a jeho inventáře v optimální kondici (tzn. v odpovídající dřevinné skladbě v odpovídajících podmínkách, se zdravou lesní půdou, zdravým lesním porostem a optimálním lesním inventářem).

Klíčovými nástroji adaptačních opatření jsou změny dřevinného složení, včetně introdukce nových druhů, zvýšení biodiverzity, snížení doby obmýti zranitelných dřevin a využívání nepasečných hospodářských způsobů. Obecně nejdůležitějším opatřením je zvyšování adaptačního potenciálu lesů druhovou, genovou a věkovou diverzifikací porostů.

Strategickou záležitostí představuje vyhodnocení hydrické a protierozní funkce lesa a jeho zakotvení do rámcového plánování. Vyplývá z toho stanovit na úrovni přírodních lesních oblastí hydrický potenciál lesní půdy včetně vlivu lesních porostů. Na to navazují těžebně-dopravní technologie, které zásadním způsobem ovlivňují hydrický režim lesa.

Všechna výše zmíněná opatření v lesích mají také zpravidla pozitivní vliv na ekologický stav vodních toků. Opatření jsou zaměřena zejména na zadržení srážkové vody v lesních porostech a zajišťují infiltrace srážkové vody do hlubších vrstev zvodní, popř. převádí povrchový odtok na odtok podpovrchový. V případě hrzení strží je vhodné přednostně využívat polopropustné hráze. Při průchodu vody zvodní dochází k procesům samočištění a do říčních systémů vtéká „vyčištěná“ podzemní voda s lepšími fyzikálně-chemickými a chemickými parametry, která podporuje rozvoj vodní bioty a nemění habitatovou strukturu vodních biotopů.

Doporučení vhodných typů opatření v ploše povodí (na zemědělské a lesní půdě) a MVN jsou přehledně znázorněna v *tabulce 1*.

OPATŘENÍ NA VODNÍCH TOCÍCH A V NIVÁCH

Přírodě blízké úpravy vodních toků (revitalizace, renaturace) a jejich niv (revitalizace tůní, mokřadních ploch apod.) jsou souborem dílčích opatření, které v souvislosti s hydrologickým suchem slouží zejména ke třem účelům. Prvním je akumulace vody v podzemní vodě niv, druhým je vytvoření refugij pro vodní biotu a třetím je podpora samočištění.

Revitalizace jsou tak opatřeními, která i při realizaci v omezeném prostoru stávajících koryt toků vytváří vodním organismům operativní prostor pro únikovou migraci a refugia pro přežití při výskytu sucha. Přínos pro řešení problematiky sucha z pohledu vodohospodářského a ekologického se zvyšuje s komplexností provedení revitalizačních a renaturačních zásahů. V projektech řešených VÚV TGM bylo zjištěno, že vliv revitalizace na zlepšení ekologického stavu závisí i na jakosti vod. Dopad na zlepšení fyzikálně-chemických

Tabulka 2. Vhodnost opatření na tocích a mokřadních biotopů k řešení problematiky sucha
 Table 2. Suitability of watercourses measures and wetland habitats to solution of drought issues

Typ opatření	Vhodnost k řešení problematiky sucha z hlediska		
	Vodohospodářského	Vlivu na fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologické složky ES/EP	Vlivu na biotu/ biologické složky určující ES/EP
Revitalizace toků v nezastavěných územích:			
komplexní úprava koryta toku v rámci nivy – dlouhý úsek	+++	+++	+++
komplexní úprava koryta toku v rámci nivy – krátký úsek	++	++	++
úprava podélného a příčného profilu, stabilizace koryta toku – dlouhý úsek	++	+++	++
úprava podélného a příčného profilu, stabilizace koryta toku – krátký úsek	+	+	+
migrační prostupnost – rekonstrukce příčných prahů a stupňů – dlouhý úsek	+	+++	++
migrační prostupnost – rekonstrukce příčných prahů a stupňů – krátký úsek	+	+	+
změny v rámci koryta – vyšší morfologická členitost – dlouhý úsek	+	++	+++
změny v rámci koryta – vyšší morfologická členitost – krátký úsek	+	+	++
vegetační doprovod	+	++	+
Revitalizace toků v zastavěných územích:			
komplexní úprava toku v rámci urbanisticky vymezeného prostoru	+++	++	++
úprava podélného a příčného profilu, stabilizace koryta toku	+	++	+
migrační prostupnost – rekonstrukce příčných prahů a stupňů	+	+	+
změny v rámci koryta – vyšší morfologická členitost	+	+	+
ohrázování	0	0	-
vegetační doprovod	+	++	+
Opatření v údolních nivách toků:			
umožnění rozlivů, změna využívání inundace	+++	+++	+++
nivní a odstavená ramena	+++	+++	++
tůně a vodní plochy v parametrech bývalých koryt toku	+++	+	++
obnova potenciálně přirozené nivní vegetace	+	++	++

Vhodnost k řešení problematiky sucha z hlediska

Typ opatření	Vodohospodářského	Vlivu na fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologické složky ES/EP	Vlivu na biotu/ biologické složky určující ES/EP
Mokřadní biotopy:			
šterkové říční náplavy	+	++	+++
pobřežní lemy vodních toků	+	++	+++
litorální pásma vodních nádrží a rákosiny eutrofních stojatých vod	+	+++	+++
tůně	+++	++	+++
mokřadní plochy s vodní hladinou	+++	++	+++
mokřadní plochy bez hlubší vodní hladiny na orné půdě	+++	+	+
mokrý/podmáčená louka, nivní louky	++	+	++
mokřadní vrbiny	+++	++	++
mokřadní olšiny	+++	+++	++
lužní lesy	+++	+++	++
vrchoviště	+++	+	++
slatinná a přechodová rašeliniště	+++	+	++
prameniště a údolnice (luční, lesní)	+++	+	++
umělé mokřady s filtračním tělesem	+++	+++	+

Legenda: -, 0, +, ++, +++ – míra vhodnosti opatření od nevhodného po nejvhodnější

parametrů vodního prostředí se zvyšuje s délkou revitalizačních úprav. Např. při řešení projektu ProFor – Výzkum procesů samočištění drobných, silně degradovaných toků v oblasti Weinviertel a jižní Moravy: Vývoj metodiky pro trvale udržitelná opatření ke zlepšení jakosti vod v letech 2009–2011 bylo prokázáno, že pro odstranění určitého množství živin ve vodě je u malého vodního toku v zemědělsky intenzivně využívané krajině jižní Moravy s úpravou členitosti dna a svahů v rámci stávajícího regulovaného koryta potřeba mnohem kratší délka toku, než v případě regulovaného, napřímeného úseku s jednotvárnou kynetou. Podobné úpravy toků, které nezasahují příliš do majetkových poměrů, mohou pomoci zlepšit situaci v míře znečištění navazujících páteřních toků, pomoci k dočištění vypouštěných čištěných odpadních vod na kratším úseku (přínos v obdobích s nízkou vodností toků). Opatření v údolních nivách, která zvýší jejich diverzitu a rozsah, zvýší i jejich potenciál zásaku vod při rozlivech. Obecně realizace všech typů mokřadních biotopů v krajině podporuje zadržení vody, výpar v místě, rozšiřuje plochy ohrožených a cenných biotopů.

Mokřady a břehové zóny podél vodních toků plní tyto hydrologické a ekosystémové služby a funkce [6]:

- zadržení vody během mokrých období a protipovodňová ochrana,
- rezervoár vody během suchých období,
- zadržení sedimentů a přidružených polutantů (jejich uložení),
- zadržení nutrientů (absorpce, denitrifikace) a polutantů na jejich cestě do říčního systému,
- zajištění přirozeného prostředí pro rybníctví,
- zachování biologické diverzity.

Mokřady patří mezi nejúčinnější prvky pro obnovu krátkého vodního cyklu v krajině. Živiny a látky unášené vodou se zde využívají a usazují, neodcházejí z povodí, recyklují se. Mají vyrovnávací funkci pro průtok vody a filtrační funkci pro sedimenty a rozpuštěné nutrienty a polutanty. Pomáhají zmírňovat dopady povodní, zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích, zmírňují dopady sucha a redukují proces eroze. Historické porozumění vzniku mokřadů a jejich dynamice je základním předpokladem pro efektivní opatření pro jejich management, ochranu a obnovu. V současnosti končí životnost některých drenáží na zemědělské půdě a taková území se navrací do zamokřeného stavu. Informace o lokalizaci těchto ploch mohou být součástí podkladů pro rozhodování o zachování spontánně vznikajících mokřadů nebo pro realizaci nových.



Obr. 4. Koryto potoka Borová před revitalizací (vlevo), revitalizované koryto v roce 2006 (vpravo)

Fig. 4. Borová stream before revitalization (on the left), revitalized riverbed in 2006 (on the right)

Klíčovými mokřadními prvky v krajině jsou prameniště a na ně navazující plochy a údolnice. Tyto mokřady by měly být chráněny, vyjmuty z obhospodařování pozemků a zahrnuty do realizací komplexních opatření (protierozních, protipodňových, revitalizačních atd.). Mokřadní biotopy jsou součástí niv vodních toků a při plánování revitalizačních opatření by měly být jejich součástí. Při návrhu konkrétních mokřadních prvků je třeba vždy zvážit jejich následný vývoj, možnost zanášení, zarůstání a případně plánovat cílový stav prvků.

Doporučení vhodných typů opatření na vodních tocích a v nivách jsou přehledně znázorněna v *tabulce 2*.

Hodnocení účinnosti a vhodnosti navrhovaných typů opatření

V pilotním povodí Husího potoka bylo provedeno zpracování komplexního návrhu opatření s cílem zvýšení retence vody v povodí. Základem byla volba vhodných morfologických profilů pro následnou realizaci retenčních malých vodních nádrží doplněná návrhem ochranných, organizačních a biotechnických opatření v ploše povodí. Návrhy následně prošly vyhodnocením jejich



Obr. 5. Revitalizované koryto potoka Borová v roce 2016

Fig. 5. Revitalized riverbed of Borová stream in 2016

vlivu na odtok z povodí a retenci vody v krajině za pomoci hydrologického modelování srážko-odtokovým modelem v programu HEC-HMS [7].

Z výsledků (*tabulka 3*) vyplývá, že i aplikací organizačních a agrotechnických opatření na orné půdě, tedy tzv. nižších opatření, které lze aplikovat bez povolení vodoprávními úřady či složitějších dokumentací, lze zvýšit retenci vody v krajině o několik procent (téměř 9 % v modelovaném případě). S tzv. vyššími opatřeními (TTP, biotechnická opatření, vodní nádrže) zvýšení retence vody v povodí prudce stoupá (až 42 % v modelovaném případě).

Doporučení jednotlivých typů opatření v ploše povodí (na zemědělské i lesní půdě), typů malých vodních nádrží i opatření na tocích vedoucích ke zvýšení retence vody v krajině jsou shrnuta v *tabulkách 1 a 2*, včetně vhodnosti jejich použití z hlediska vodohospodářského vlivu na biologické složky určující ekologický stav vodních útvarů a vlivu na fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické parametry podporující biologické složky ekologického stavu. V přílohách P1–P7 zprávy [2] jsou podrobněji uvedeny výhody a nevýhody (klady a zápory) jednotlivých typů opatření.

Pro exaktnější hodnocení vlivu opatření na ekologický stav vodních útvarů je doporučeno zavést dlouhodobou účelovou podporu monitoringu kvality vod a bioty před a po realizaci přírodních blízkých opatření v ploše povodí

Tabulka 3. Vliv navržených opatření na zadržení vody v povodí

Table 3. Effect of proposed measures on water retention in the catchment area

Typ opatření	Kulminační průtok [m^3/s]	Objem odtoku [m^3]	Zadržený objem v krajině [m^3]
bez opatření	7,6	802 000	–
PEO	6,9	730 300	71 700
TTP	6,5	683 500	118 500
RN	5,3	520 400	281 600
RN + PEO	4,9	484 500	317 500
RN + TTP	4,7	463 400	338 600

(Vysvětlivky: PEO – protierozní opatření (organizační a agrotechnická), TTP – trvalý travní porost, RN – retenční nádrž)

a na tocích. Průzkumy by měly být komplexní a opakované v určitém časovém kroku. Za účelem snížení nejistoty v hydrologickém modelování (zejména nejistoty vstupních dat) je vhodné doplňovat měřicí systémy (srážkoměry, hladinoměry) i do malých povodí.

ZÁVĚR

Přírodě blízká opatření v ploše povodí i na vodních tocích jsou opatření, která spolu úzce souvisí. Je nutné si uvědomit, že tato opatření přispívají nejen ke snížení povodňového nebezpečí a snížení ztráty půdy smyvem, ale podporují i zasakování a akumulaci vody v krajině a zpomalují povrchový odtok. To jsou hlavní aspekty pro zvládnutí problematiky sucha – podpora infiltrace a prodloužení doby vsaku i zpomalení povrchového odtoku.

Využití jednotlivých typů opatření by mělo být hierarchicky uspořádáno s ohledem na aktuální stav posuzovaného území. Přednost je nutno dávat měkkým typům opatření s reverzibilním charakterem (opatření na zemědělské a lesní půdě, budování mokřadů, tj. zelená opatření). Budování nádrží, jejich obnova nebo případně převody vody mezi povodími (technická opatření) by měly být brány v potaz jako poslední článek komplexního systému řešení. U technických opatření je potřebné upřednostnit optimalizované využití stávajících kapacit před budováním nových staveb.

Optimálním řešením pro krajinu jako celek je komplexní přístup k řešení problematiky sucha, tzn. navrhovat kombinaci vhodně se doplňujících všech typů opatření.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Literatura

[1] ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže, Praha, 2011.

[2] DZURÁKOVÁ, M. a kol. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol 3702. Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Zpráva, Brno: VÚV, 2016, 224 s.

[3] PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R., FRAJER, J., NETOPILO, P. a kol. Současný stav historických rybníků na území České republiky. Specializovaná mapa s odborným obsahem. Certifikace MZe ČR č. j. 83277/2013 MZE-14130, 31. 10. 2013.

[4] DLABAL, J., PICEK, J., DZURÁKOVÁ, M., ROZKOŠNÝ, M., PAVELKOVÁ, R., DAVID, V. Hodnocení území na bývalých rybníčních soustavách (vodních plochách) s cílem posílení udržitelného hospodaření s vodními a půdními zdroji v ČR – interaktivní aplikace [on-line], 2015, 30. 1. 2014

[5] DAVID, V., DAVIDOVÁ, T., VRÁNA, K., KOUDELKA, P., PAVELKOVÁ, R. a ROZKOŠNÝ, M. Hodnocení ploch zaniklých rybníků z hlediska optimalizace jejich využití. Certifikovaná metodika pro praxi. Certifikace MZe ČR č.j. 19004/2015-MZE-15100. Praha: ČVUT, 2015, 57 s.

[6] HATTERMANN, F.F., KRYSANOVA, V., and HESSE, C. Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Science Journal*, vol. 53, No. 5, 2008, p. 1001–1012.

[7] HEC – Hydrologic Engineering Center. US Army Corps of Engineers [online], 2010 [cit. 2010-06-13]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/>

Autoři

Ing. Miriam Dzuráková¹

✉ miriam.dzurakova@vuv.cz

Ing. Kamila Zárubová¹

✉ kamila.zarubova@vuv.cz

Ing. Jana Uhrová, Ph.D.¹

✉ jana.uhrova@vuv.cz

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.¹

✉ milos.rozkosny@vuv.cz

Ing. Lukáš Smelík, Ph.D.¹

✉ lukas.smelik@vuv.cz

RNDr. Denisa Němejcová¹

✉ denisa.nemejcova@vuv.cz

doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D.¹

✉ svetlana.zahradkova@vuv.cz

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.¹

✉ pavla.stepankova@vuv.cz

Dr. Ing. Jaromír Macků²

✉ macku@brno.uhul.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem

POTENTIAL OF THE NATURE-FRIENDLY MEASURES APPLICATION FOR WATER RETENTION IN THE LANDSCAPE AND IMPROVEMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES

DZURAKOVA, M.; **ZARUBOVA, K.;** **UHROVA, J.;** **ROZKOSNY, M.;** **SMELIK, L.;** **NEMEJCOVA, D.;** **ZAHRADKOVA, S.;** **STEPANKOVA, P.;** **MACKU, J.²**

¹TGM Water Research Institute, p. r. i.

²The Forest Management Institute

Keywords: drought – water retention – nature-friendly measures – measures in the catchment area – small water reservoirs – measures on watercourses – biological quality elements

An analysis and assessment of the nature-friendly measures potential for water retention in the landscape were carried out as a part of the work on the concept of protection against drought impacts in the Czech Republic. Selected types of area measures (on agricultural and forest land), small water reservoirs and measures on watercourses were assessed, including their potential impact on the biological elements of the ecological status. The recommendations of appropriate types of measures to increase the water retention in the landscape are the result of this assessment. These recommended types of measures will contribute to the improvement of the ecological status of the water bodies or at least not impair it. The effectiveness of the proposed measures was verified in the Husí brook pilot catchment by modeling in the HEC-HMS software.

Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy

**MARTIN DURČÁK, MICHAL STRAKA, SVĚTLANA ZAHŘÁDKOVÁ,
MAREK POLÁŠEK, DENISA NĚMEJCOVÁ, PETR TUŠIL, JIŘÍ ŠAJER**

Klíčová slova: sucho – stav vod – ekologický stav – opatření – vodní útvar – biologické složky

SOUHRN

V rámci řešení dílčího úkolu Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy projektu zahrnující činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016 byla zpracována zejména rešeršní analýza potenciálního vlivu sucha na jednotlivé složky a ukazatele hodnocení stavu vodních útvarů jako prostředku pro hodnocení kvality vodních ekosystémů ve smyslu směrnice 2000/60/ES [1], rešerše možných opatření pro eliminaci negativních vlivů sucha na vodní ekosystémy, návrh stupňů ohrožení suchem pro jednotlivá území Natura 2000 s vazbou na vodu, analýza druhových vlastností pro vybrané skupiny vodních organismů ve vztahu k rizikům spojeným s výskytem sucha a shrnutí možných dopadů vodních nádrží na zajištění ochrany vodních a na vodu vázaných ekosystémů.

ÚVOD

Suchem mohou být ovlivněny všechny typy vod a s nimi i druhy na vodu vázaných organismů včetně některých terestrických druhů rostlin a živočichů (např. obojživelníci, ptáci, savci), které jsou s vodou úzce spjaty – ať už habitatově, reprodukčně, či potravně [2].

Při vysychání toků či biotopů stojatých vod dochází ke snižování výšky vodního sloupce v recipientu a může docházet až k úplné ztrátě povrchové vody. To může mít na vodní ekosystém přímé i nepřímé vlivy [3]. Přímé vlivy spočívají ve ztrátě vody, ztrátě habitatů pro vodní organismy a v přerušení povrchového propojení se sousedními vodními biotopy. Nepřímé vlivy představuje zhoršení kvality vody, změna potravních zdrojů a změna intenzity a struktury mezidruhových interakcí.

Při vysychání dochází ke změnám podmínek ve vodním prostředí, které mohou postupně vést až ke stavu, kdy se pro vodní organismy stává neobyvatelným. Na účinky sucha reagují dvěma nezávislými způsoby – resistencí a resiliencí. Resistencí je myšlena schopnost odolávat nepříznivým podmínkám např. ve formě semen, spor, odolných vajíček apod. Resiliencí pak schopnost vrátit se na daný biotop po zlepšení nevyhovujících podmínek. Většina vodních organismů jako reakci na sucho využívá kombinaci obou těchto schopností [4]. Při přetrvávajícím suchu dochází k oslabování významu resistance a resilience se stává stále více důležitou.

VÝSLEDKY ŘEŠENÍ

Hlavní výstupy řešení dílčího úkolu:

- *Hodnocení stavu vodních útvarů podle vybraných biologických složek* – pro analýzu vlivu sucha v roce 2015 na ekologický stav vodních útvarů na území celé České republiky byl použit datový soubor 3 889 vzorků fyto-bentosu (rok odběru 2007–2015), 426 výsledků sledování makrofyt (2007–2015) a 4 844 vzorků makrozoobentosu (2007–2016).
- *Návrh stupňů ohrožení suchem pro jednotlivá území Natura 2000 s vazbou na vodu* – byl proveden návrh stupňů relativního ohrožení hydrologickým suchem pro jednotlivá území Natura 2000 s vazbou na vodu se zohledněním životních nároků pro jednotlivé druhy živočichů, k jejichž ochraně byly vymezeny, typů lokalit, kde se tyto živočichové v rámci chráněného území vyskytují, a zohledněním regionalizace rizika vysychání drobných vodních toků na území České republiky.
- *Analýza rizik spojených s výskytem sucha pro vybrané skupiny vodních organismů* – analýza byla zaměřena na druhové vlastnosti taxonů makrozoobentosu a makrofyt se zvláštním zřetelem na druhy uvedené v červeném seznamu [5, 6] a druhy zvláště chráněné podle vyhlášky č. 395/1992 Sb. a představuje ukázkou možného přístupu k hodnocení citlivosti druhů vůči vysychání. Dále byla zpracována analýza druhových vlastností zvláště chráněných druhů mihulí a ryb.
- *Vliv sucha na jednotlivé složky a ukazatele hodnocení stavu vodních útvarů jako prostředku pro hodnocení kvality vodních ekosystémů ve smyslu směrnice 2000/60/ES* – rešerše byla orientována na popis potenciálních vlivů sucha na jednotlivé biologické složky podle směrnice 2000/60/ES, popis vlivu sucha na změny habitatové diversity v tekoucích vodách, popis vlivu změn vybraných parametrů (teplota vody, nasycení kyslíkem, pH a konduktivity, průtok) na vodní organismy a popis potenciálních vlivů hydrologického sucha na chemické a fyzikálně-chemické složky podporující biologické složky.
- *Možné dopady vodních nádrží na zajištění ochrany ekosystémů tekoucích vod* – rešerše byla zaměřena na vlivy vodních nádrží na jakost vody v tocích, hydromorfologické charakteristiky vodních toků a na biologická společenstva v tocích včetně shrnutí hlavních možných dopadů na makrozoobentos, ryby a akvatickou flóru.
- *Seznam vybraných přírodních blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jejich vliv na ekologický stav* – byl zpracován přehled vybraných typů opatření pro eliminaci negativních vlivů sucha na vodní ekosystémy včetně expertního posouzení jejich vlivu na ekologický stav.

SHRNUTÍ ZÁVĚŘŮ A DOPORUČENÍ

Vlivem vysychání dochází k postupným změnám fyzikálně-chemických a chemických parametrů vody, které se následně mohou projevit i na oživení vod. Vlivem zmenšujícího se celkového objemu vody dochází ke zvyšování koncentrací některých látek (např. amoniakálního dusíku, rozpuštěných organických látek, solí atd.), naopak koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě klesá (při mimořádné fotosyntetické aktivitě řasových nárostů může během dne docházet k dočasnému zvyšování). Dochází k úbytku dostupných habitatů a k prostorové izolaci refugií.

Ve stojatých vodách, obzvláště v mělkých nádržích, často dochází k rozvoji vodního květu. K rozvoji vodního květu nemusí dojít v případě, pokud je nádrž dotována vodou nezatíženou živinami a pokud nemá vnitřní zdroje živin v sedimentu. Z hlediska vztahu fytoplankton-makrofyta může být sucho spouštěčem změny alternativního stabilního stavu v mělkých nádržích směrem k dominanci fytoplanktonu i obráceně směrem k dominanci makrofyt. Většina taxonů makrozoobentosu stojatých vod je schopna relativně dobře se vypořádat s důsledky období sucha, někteří zástupci dokonce vyžadují alespoň krátkodobé vyschnutí pro dokončení svého vývoje, to se však týká zejména taxonů obývajících periodické tůně. Zvýšení teploty a snížení obsahu kyslíku ve vodě se negativně projevuje na rybích populacích (obr. 1). Tento negativní vliv se nejvíce projevuje na mělkých uměle vytvořených (habitatově jednotvárných) produkčních vodách.

V tekoucích vodách dochází při vyschnutí (obr. 2) k vymizení nárostů biofilmů a řas, ale po znovuzaplavení dochází velice rychle k jejich obnově. Jednotlivé druhy makrozoobentosu jsou k vysychání různě citlivé, z vodního hmyzu jsou obecně považovány za citlivější zástupci jepic, pošvatek a chrostíků, zatímco zástupci brouků nebo ploštic patří mezi relativně odolné skupiny. Pro vodní živočichy, zejména pro ryby a permanentní složku makrozoobentosu v tekoucích vodách je mimořádně důležitá migrační prostupnost, která umožňuje alespoň části populace nalézt refugia, ve kterých mohou přežít nepříznivé období (např. zbytkové tůně – viz obr. 3).



Obr. 1. Reofilní druhy ryb nejsou schopny dlouhodobě přežít nepříznivé podmínky v izolovaných tůních; potok Kameničná (fotografie: M. Straka, 13. 8. 2015)
Fig. 1. The fish reofilic species are unable to survive the long-term adverse conditions in isolated pools; Kameničná stream (photo: M. Straka, 13. 8. 2015)



Obr. 2. Vyschlé koryto potoku Luha u Vlčí skály; Moravský kras (fotografie: D. Němejcová, 29. 7. 2015)
Fig. 2. The dry riverbed of Luha stream; Moravský kras (photo: D. Němejcová, 29. 7. 2015)



Obr. 3. Zbytkové tůně; potok Luha u Vlčí skály, Moravský kras (fotografie: D. Němejcová, 29. 7. 2015)
Fig. 3. Residual pools; Luha stream near Vlčí skála, Moravský kras (photo: D. Němejcová, 29. 7. 2015)

Přítomnost refugií je klíčovým parametrem pro resistenci a resilienci bioty téměř ve všech typech prostředí. Ta je ve stojatých i tekoucích vodách zajištěna především dostatečně hustou mozaikou biotopů a pestrou morfologií, tj. střídání peřejí a tůní, přirozený sedimentačně-erozní režim s prostupností do hlubších vrstev dna (hyporeálu), přirozený vegetační kryt tvořící stín a úkryty. Úbytek přirozených stanovišť, stejně jako nepřirozená morfologie břehů a dna tekoucích i stojatých vod výrazně zvyšuje citlivost ekosystému vůči vysychání.

Z tohoto hlediska jsou pro stabilitu ekosystému v oblastech, které bývají postiženy suchem, důležitá revitalizační opatření zaměřená na zlepšení hydromorfologického stavu vodních toků včetně nivy. Zlepšení hydromorfologického stavu antropogenně ovlivněných vodních toků je možné dosáhnout zejména přírodě blízkou úpravou koryta a břehů, vytvářením refugií

a odstraněním migračních bariér, zejména příčných překážek typu jezů a hrází. Nanejvýš vhodné je využití renaturačních procesů (např. změna koryta následkem povodní po povodňovém průtoku). Součástí revitalizace/renaturace koryta toků musí být i blízké okolí (příbřežní zóna, niva). Přirozená stromová, popř. keřová, vegetace stíní volnou vodní hladinu a podporuje vytváření příznivějšího mikroklima a tlumí denní teplotní extrémy.

Jedním z řady navrhovaných adaptačních opatření na omezení negativních dopadů sucha je často i výstavba a obnova vodních nádrží, zejména malých vodních nádrží. Umělé vodní nádrže jsou považovány za jeden z nejvýznamnějších negativních typů lidského ovlivnění fluvialních systémů. Mimo zásadní změny vlastního zaplaveného území, kde zanikají původní biotopy a vznikají biotopy s lenitickým charakterem (stojaté vody), ovlivňují nádrže závažně i úseky toků pod zátopou a do určité míry i nad ní.

Nádrže významně fragmentují říční systémy – přerušují poproudový transport vody a sedimentů, čímž z hlediska geomorfologického indukují početné odezvy včetně agradace a siltace nad hrází a ovlivnění průtoků pod hrází. To je provázeno změnou charakteru dna, průtokového režimu a degradací toku pod hrází. Nádrže také mění teplotní a živinový režim v toku. V toku vznikají bariéry (hráz, zátopa), které organismy většinou nemohou překonat. Uvedenými vlivy a vlivy souvisejícími se závažně mění podmínky pro veškerou biotu v toku. Dochází ke změnám biologické diverzity, mění se druhové složení, namísto citlivějších druhů (specialistů) nastupují druhy odolnější (generalisté, včetně druhů nepůvodních). Změny v taxonomickém složení jsou příčinou změn funkčních. Nejnápadněji se změny projevují na vodních bezobratlých, což je skupina nejlépe indikující změny v tekoucích vodách a která není, na rozdíl od ryb, cíleně člověkem ovlivňována.

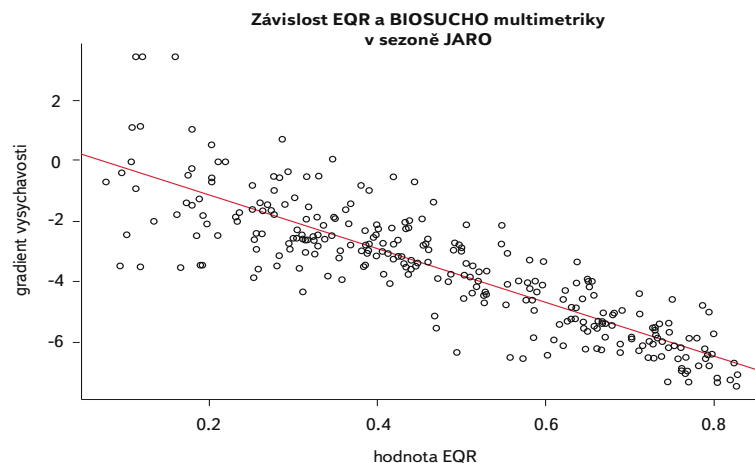
Změny ve složení bioty vyvolané působením nádrží nejsou významné jen z hlediska ochrany přírody, ale – a to zejména – z hlediska odolnosti ekosystémů k jejich narušování a tedy i snížení poskytovaných ekosystémových služeb. Význam těchto služeb je aktuálně docenován v důsledku projevů globální klimatické změny. Ekosystémové služby mohou být poskytovány tzv. zdravými toky, tedy těmi, jejichž stav je přirozený nebo přirozenému blízký. Degradované ekosystémy poskytují tyto služby omezeně nebo vůbec. Vyšší podíl malých vodních nádrží v povodí má také za následek zvýšené riziko vysychání drobných vodních toků se všemi důsledky pro biotu. Výstavba a obnova malých nádrží na tocích (zejména rybochovných) by neměla být, a to z hlediska jejich negativního vlivu na biologické složky ekologického stavu, podporovaným opatřením v boji proti suchu.

V rámci projektu BIOSUCHO (TA02020395) [7] byla vytvořena Metodika retrospektivní bioindikace vyschnutí toku, která umožňuje zpětně indikovat epizody vyschnutí toků na základě analýzy taxonomického a funkčního složení vzorků makrozoobentosu (vodní bezobratlí). Metodika by mohla být využita pro hodnocení úspěšnosti opatření směřujících k omezení negativních dopadů sucha na vodní toky.

Na základě analýzy dat a získaných znalostí v rámci projektu BIOSUCHO bylo zjištěno, že vyschnutí toku, tj. přerušení kontinuity vodní hladiny, může vyvolat při následném hodnocení ekologického stavu vodního útvaru na reprezentativním profilu pokles hodnoty ekologického kvalitativního poměru multimetrického indexu (EQR MMI) makrozoobentosu a způsobit i nepříznivý posun v klasifikaci ekologického stavu.

Závislost výsledků hodnot EQR MMI makrozoobentosu a hodnot diskriminačního skóre indexu BIOSUCHO je patrná z obr. 4 – čím větší je pravděpodobnost výskytu sucha na lokalitě, tím nižší je hodnota EQR MMI.

V oblastech s rizikem vysychání toků (tyto oblasti je možné identifikovat na základě Mapy rizika vysychání drobných vodních toků [7]) navrhujeme využívat výpočet indexu BIOSUCHO podle metodiky retrospektivní bioindikace vyschnutí toku, jako doplňkové k hodnocení ekologického stavu. Pokud bude tok podle vzorku vyhodnocen, že byl ohrožen vyschnutím anebo vyschl, bylo by vhodné toto uvést do výsledků hodnocení dat a správce povodí tak získá informaci o dalším případném riziku nedosažení dobrého ekologického stavu.



Obr. 4. Závislost hodnot EQR MMI (v grafu označeno EQR) a hodnot diskriminačního skóre indexu BIOSUCHO (v grafu označeno gradient vysychavosti) v sezoně JARO; hodnota gradientu vysychavosti stoupá s vyšší pravděpodobností výskytu sucha v předchozím období

Fig. 4. The dependence of the EQR MMI values (EQR in the chart) and the BIOSUCHO discriminatory score values (in graph – gradient of desiccation) in the SPRING season; the discriminatory score value raises with higher probability of dry phase occurrence in previous period

Z výše uvedených důvodů doporučujeme pro zvládání sucha v maximální míře využít:

- plošných opatření vedoucích k vyšší retenci vody v povodích (změny hospodaření na zemědělských a lesnických plochách, obnova mokřadů a prameništ atd.) a současně
- opatření vedoucích k vyšší prostupnosti a diverzitě vodního prostředí (revitalizace a renaturace vodních toků, odstraňování příčných překážek v toku či obnova laterálních vodních biotopů, tedy poříčních tůň, mokřadů, podmáčených ploch či pramenných oblastí).

NEJISTOTY STÁVAJÍCÍ ÚROVNĚ ŘEŠENÍ

Dopady sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy nebyly na území České republiky nijak intenzivně studovány a ve střeoevropském prostoru existuje pouze omezené množství prací zabývajících se systematicky touto tematikou.

Obecné vlivy dopadů sucha na vodní organismy, na hydromorfologii a fyzikálně-chemické a chemické parametry vodních ekosystémů jsou rámcově známé a jsou zdokumentovány a publikovány. Konkrétní datové zdroje k dopadům sucha jsou však těžko dostupné a mají mnoho různých omezení. Důležitými zdroji informací získaných na území České republiky jsou především data z Programu monitoringu povrchových vod, data z mimořádného monitoringu v suchém roce 2015 státního podniku Povodí Vltavy a výsledky projektu BIOSUCHO (TA02020395).

Data z Programu monitoringu povrchových vod umožňují nahlédnutí na vývoj ekologického stavu vodních útvarů v suchých letech, ale je třeba vytvořit dostatečný časový a finanční prostor, který umožní detailní statistickou analýzu dat ekologického stavu (biologických složek a jejich podpůrných parametrů).

Z opatření pro eliminaci negativních vlivů sucha na vodní ekosystémy je v literatuře relativně dobře podložen velký význam revitalizací/renaturací vodních toků pro odolnost ekosystému vůči suchu jak v Evropě, tak i na jiných kontinentech (Austrálie, Afrika, Severní Amerika). Vliv revitalizačních a renaturačních opatření pro eliminaci negativních vlivů sucha na biologické složky

hodnocení ekologického stavu, zejména kvantifikace pozitivního efektu těchto opatření na biologické složky, dosud na území České republiky běžně zkoumán a hodnocen není. V rámci řešení dílčího úkolu jsme se potýkali s nedostatkem konkrétních naměřených dat, která bychom mohli použít pro podporu rešeršních výstupů. Dostatečně také nejsou dokumentovány samočistící procesy, které v našich tocích (a jejich dně) v období sucha probíhají.

Negativní vlivy vodních nádrží na ekosystém tekoucích vod jsou popsány v odborné literatuře a jsou dokumentovány. Datových podkladů, které dokumentují vliv jednotlivých typů malých vodních nádrží na biotu tekoucích vod v období sucha, je k dispozici z Programu monitoringu povrchových vod poměrně málo anebo pro některé typy malých vodních nádrží úplně chybí. Výzkum vlivu malých vodních nádrží na vodní a vodu vázané ekosystémy včetně bioty v období sucha by měl být účelově podpořen. Data, která jsou již k dispozici, by měla být podrobena detailní analýze s ohledem na biotu a na procesy v toku probíhající.

Plošná opatření na zemědělské či lesnické půdě a jejich význam pro vodní faunu a flóru lze hodnotit většinou jen odborným odhadem, protože na území České republiky chybí konkrétní zkušenosti s jejich vlivem. Monitorovací profily Programu monitoringu povrchových vod se v dostatečné blízkosti plošných opatření na zemědělské či lesnické půdě nevyskytují, anebo na nich nejsou monitorovány biologické složky, proto nejsou k dispozici relevantní data. I v tomto případě doporučujeme formou účelové podpory podpořit komplexní monitoring bioty, kvality vod, a to včetně režimu transportu sedimentů a hydrologických parametrů před realizací plošných opatření a v určitých intervalech po jejich realizaci (1 rok, 3–5 a 10 let).

Potřeba dalšího výzkumu vlivu sucha na vodní a vodu vázané ekosystémy je z výše uvedeného zřejmá. Je třeba lépe pochopit dopady sucha a následné procesy v suchem postiženém toku a jeho povodí (typy bariér, způsoby rekolonizace, predace, samočištění, fyziologické změny aj.).

ZÁVĚR

Přirozené ekosystémy disponující dostatkem různorodých habitatů a dostatečnou prostupností pro migrující organismy se dokáží vyrovnávat s případnými epizodami sucha lépe než člověkem řízené umělé systémy. Zároveň mají přirozené či přírodě blízké plochy vyšší schopnost zadržovat vodu, kterou v obdobích s nedostatečnými srážkami dotují okolní krajinu a vodní toky. Výstavba technických opatření jde často proti těmto principům a tato opatření znesnadňují vodním ekosystémům a jejich obyvatelům přirozenou obnovu a snižují schopnost čelit suchým obdobím.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky.

Literatura

[1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

[2] EDWARDS, F.K., BAKER, R., DUNBAR, M., and LAIZÉ, C. *A review of the processes and effects of droughts and summer floods in rivers and threats due to climate change on current adaptive strategies*. Wallingford: Centre for Ecology & Hydrology, 2012, 75 p.

[3] LAKE, P.S. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48, 2013, p. 1161–1172.

[4] HERSHKOVITZ, Y. and GASITH, A. Resistance, resilience and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia*, 2013, 719, p. 59–75.

[5] FARKAČ, J., KRÁL, D. a ŠKORPÍK M. (eds) Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Praha: AOPK ČR, 2005, 760 p.

[6] GRULICH, V. Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. *Preslia*, 2012, 84, p. 631–645.

[7] ZAHŘÁDKOVÁ, S., HÁJEK, O., TREML, P., PAŘIL, P. a kol. Hodnocení rizika vysychání drobných vodních toků v České republice. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 6, s. 4–16. ISSN 0322-8916.

Autoři

Ing. Martin Durčák

✉ martin.durcak@vuv.cz

Mgr. Michal Straka, Ph.D.

✉ michal.straka@vuv.cz

doc. RNDr. Světlana Zahrádková, Ph.D.

✉ svetlana.zahradkova@vuv.cz

Mgr. Marek Polášek

✉ marek.polasek@vuv.cz

RNDr. Denisa Němejcová

✉ denisa.nemejcova@vuv.cz

Ing. Petr Tušil, Ph.D., MBA

✉ petr.tusil@vuv.cz

Ing. Jiří Šajer

✉ jiri.sajer@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

EVALUATION OF THE IMPACTS OF DROUGHT ON AQUATIC AND WATER-BOUND ORGANISMS IN SURFACE WATER BODIES

DURCAK, M.; STRAKA, M.; ZAHRADKOVA, S.; POLASEK, M.; NEMEJCOVA, D.; TUSIL, P.; SAJER, J.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: drought — water status — ecological status — measures — water body — biological quality elements

Within the framework of the sub-task “Evaluation of the impacts of drought on aquatic and water-bound organisms in surface water bodies” a project involving activities to support the state administration in the drought issue in 2016 was prepared mainly a review of the potential impacts of drought on individual elements and indicators of water status assessment as a means of assessing the quality of aquatic ecosystems within the meaning of Water Framework Directive 2000/60/EC, the search for possible measures to eliminate the negative effects of drought on aquatic ecosystems, the design of drought levels for individual Natura 2000 areas, selected taxonomical groups of aquatic organisms in relation to the risks associated with drought and a summary of possible impacts of water reservoirs to ensure the protection of aquatic and water-bound ecosystems.

Příprava a zpracování Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky

TOMÁŠ HRDINKA, MAGDALENA NESLÁDKOVÁ, TEREZA DAVIDOVÁ, PAVEL PUNČOCHÁŘ

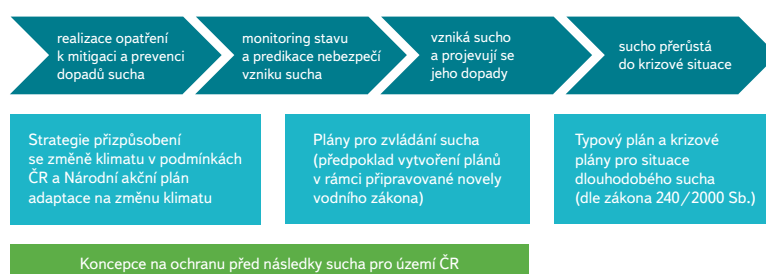
Klíčová slova: sucho – nedostatek vody – meziresortní komise VODA-SUCHO – retence vody v krajině – vodní zdroje – stav půdy – kvalita vody

SOUHRN

Od roku 2014 probíhají aktivity směřující k nastavení koncepčního politického rámce pro zajištění ochrany území ČR před následky sucha a nedostatku vody. Příspěvek ve své úvodní části shrnuje rozhodující fáze procesu přípravy Koncepce na ochranu před následky sucha pro území ČR v rámci meziresortní pracovní skupiny VODA-SUCHO a dále uvádí nejdůležitější teze koncepce. V návaznosti na popis rozhodujících pozorovaných změn hydroklimatických poměrů v ČR jsou představeny vize a strategické cíle dokumentu. Pro jejich dosažení byla navržena opatření, která jsou rozdělena do pěti tematických pilířů koncepce. Nad rámec těchto pěti pilířů budou zapotřebí opatření legislativního a ekonomického charakteru, která jsou předpokladem pro úspěšnou implementaci navrhovaných opatření. Proces zvyšování ochrany území ČR před následky sucha a nedostatku vody musí probíhat na několika úrovních najednou. Je třeba přistoupit k přijímání preventivních opatření, která by měla vést ke zvyšování retence vody v krajině v co největším plošném rozsahu, dále je třeba zajistit operativní řešení období sucha a nedostatku vody a v neposlední řadě je třeba připravit realizaci strategických opatření, která mají potenciál významně snížit zranitelnost území vůči nedostatku vody. Zvláštní pozornost je třeba věnovat osvětě a vzdělávání obyvatelstva v tématu zodpovědného hospodaření s vodou.

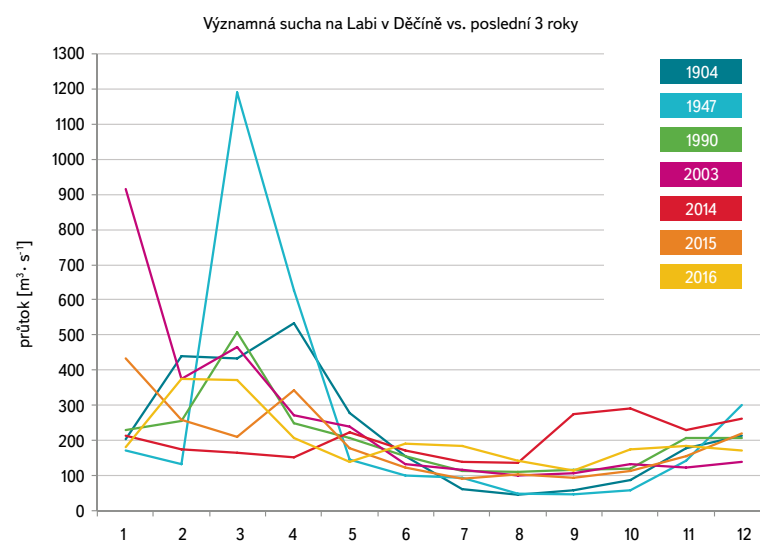
ÚVOD

Sucho a povodně představují hydrologické extrémy, které mají potenciál ohrozit život a zdraví lidí, způsobit značné hmotné škody a poškodit stávající ekosystémy. Po katastrofálních povodních v roce 1997 začala být problematika ochrany před povodněmi v ČR systematicky řešena. V roce 2000 vznikla Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky. Na ni navázala novelizace zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (dále jen vodní zákon), v rámci které vznikla nová hlava věnovaná ochraně před povodněmi. Byla zahájena tvorba plánů pro zvládání povodňových rizik a následně proběhla realizace mnoha opatření. Jako evidentní se proto jeví potřeba analogicky ošetřit i extrém opačný – sucho. Činnosti vedoucí k nastavení koncepčního politického rámce pro zajištění ochrany území ČR před následky sucha byly zahájeny v souvislosti s výrazným suchem, které započalo v roce 2014 a které ještě v současnosti na značné části území ČR přetrvává. Prvním koncepčním dokumentem, který se problematice sucha blíže věnuje, je Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR a navazující Národní akční plán pro adaptaci na klimatickou změnu. Samostatně se tématu zvládání sucha a nedostatku vody věnuje Koncepce na ochranu před následky sucha pro území ČR, jejíž příprava a hlavní teze jsou



Obr. 1. Stávající nebo připravované koncepční a implementační dokumenty relevantní v jednotlivých fázích sucha

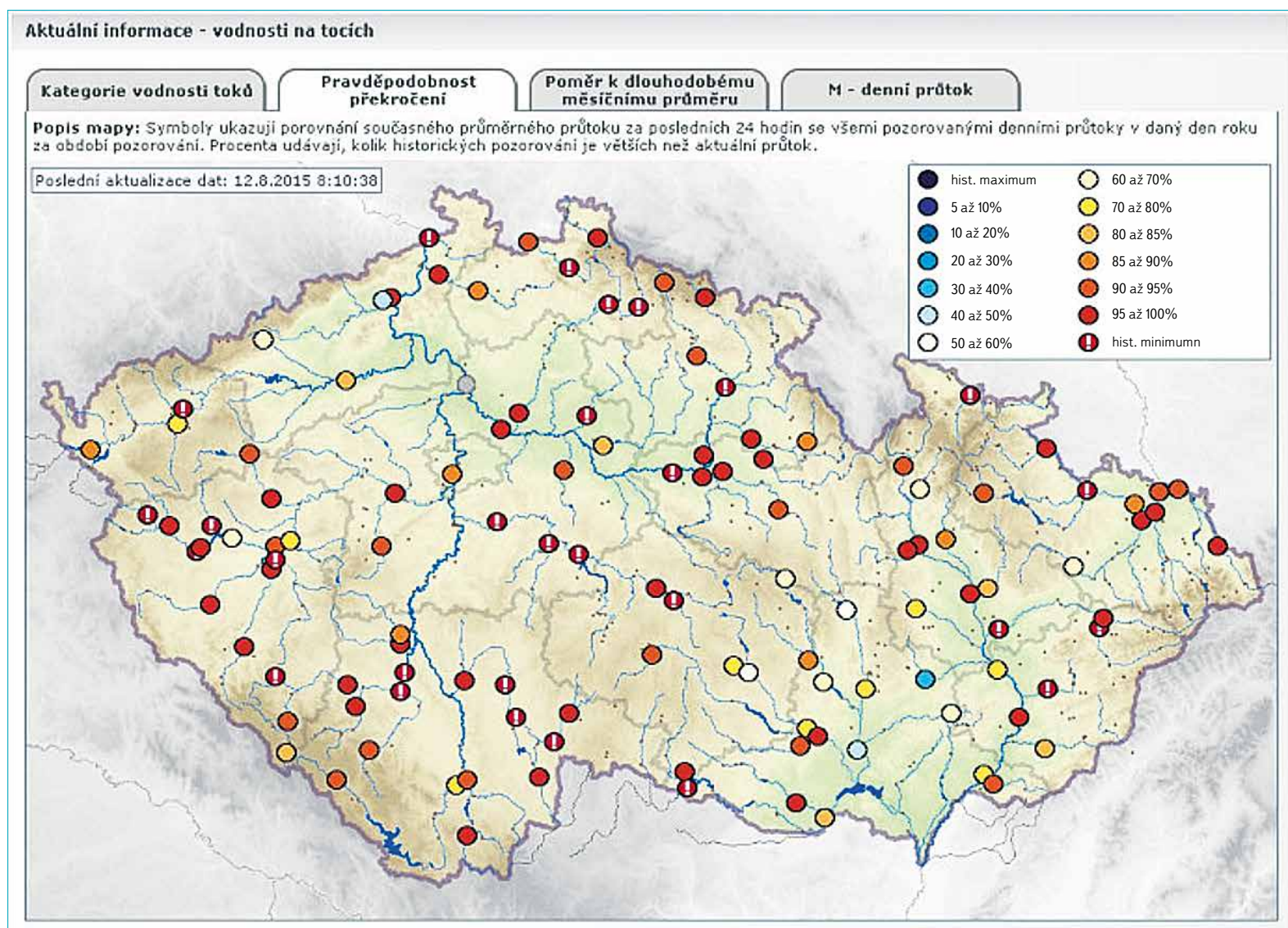
Fig.1. Structure of existing or prepared policy documents relevant to different stages of drought



Obr. 2. Porovnání průměrných měsíčních průtoků v Labi ve stanici Děčín během vybraných epizod sucha od roku 1900

Fig. 2. Mean monthly discharge of the Elbe River in Děčín during the significant periods of drought after 1900

popsány dále. Kromě zlepšení procesu zvládání rizika sucha je potřeba rovněž připravit i potřebné mechanismy a nástroje ochrany společnosti pro řízení případné krizové situace. Schéma na obr. 1 znázorňuje stávající nebo připravované koncepční a plánovací dokumenty relevantní pro dané fáze sucha.



Obr. 3. Pravděpodobnost překročení průtoků ve vodoměrných stanicích ze dne 12. 8. 2015 jako ukazatel hydrologického sucha; na mnoha stanicích byla zaznamenána historická minima (zdroj: www.hydro.chmi.cz)

Fig. 3. The exceeding probability of river discharges on 12th August 2015 used as the indicator of drought severity; several gauging stations reported historical minimum records (source: www.hydro.chmi.cz)

PŘÍPRAVNÝ PROCES – ČINNOST MEZIRESORTNÍ KOMISE VODA-SUCHO

Proces přípravy Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky (dále koncepce) spustil souběh událostí v roce 2014. Prvotní a zásadní příčinou byla nepříznivá hydrologická situace na počátku roku 2014, kdy byly zaznamenány jedny z historicky nejnižších průtoků v profilu Labe–Děčín (obr. 2). K zahájení společného koncepčního řešení sucha dále přispěla zesílená spolupráce a shoda z hlediska věcných cílů obou zásadních resortů na poli vodní a vodohospodářské politiky, tedy resortů Ministerstva životního prostředí (dále MŽP) a Ministerstva zemědělství (dále MZe).

Dne 9. dubna 2014 se ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i. (dále VÚV TGM), uskutečnilo první jednání pracovní skupiny SUCHO, zřízené na žádost ministra životního prostředí Mgr. Richarda Brabce. V červenci téhož roku došlo k zásadnímu navázání spolupráce s pracovní skupinou VODA,

zřízenou v roce 2013 ministrem zemědělství Ing. Marianem Jurečkou. Tato skupina se v první řadě zabývala otázkami opatření ve spojitosti s povodněmi (jako reakce na povodně v roce 2013) a související vodní erozí, a to především na zemědělské půdě. Vzhledem k aktuálnímu průběhu tehdejší hydrologické situace však pracovní skupina VODA přislíbila pomoc i při řešení otázek sucha, a to hlavně z pohledu půdního sucha a vytvoření dostatečných zásob závlahové vody v podmínkách měnícího se klimatu České republiky. Dne 9. října 2014 se uskutečnilo první společné jednání výkonného výboru meziresortní komise VODA-SUCHO (dále komise), zřízené podle jednacího řádu komise „pro zpracování koncepce řešení problematiky sucha a nedostatku vody včetně přípravy preventivních a podpůrných opatření napříč resorty“.

Komise je tvořena výkonným výborem, složeným ze zástupců gesčně odpovědných resortů, jejich zřízených organizací a dalších relevantních subjektů a rozsáhlejším poradním orgánem tvořeným zástupci vědeckých institucí, vysokých škol, vodohospodářských společností a zemědělských podniků.



Obr. 4. Pokles hladiny vody v zásobním prostoru vodní nádrže Orlik v srpnu 2015 (zdroj: MAFRA/Profimedia)

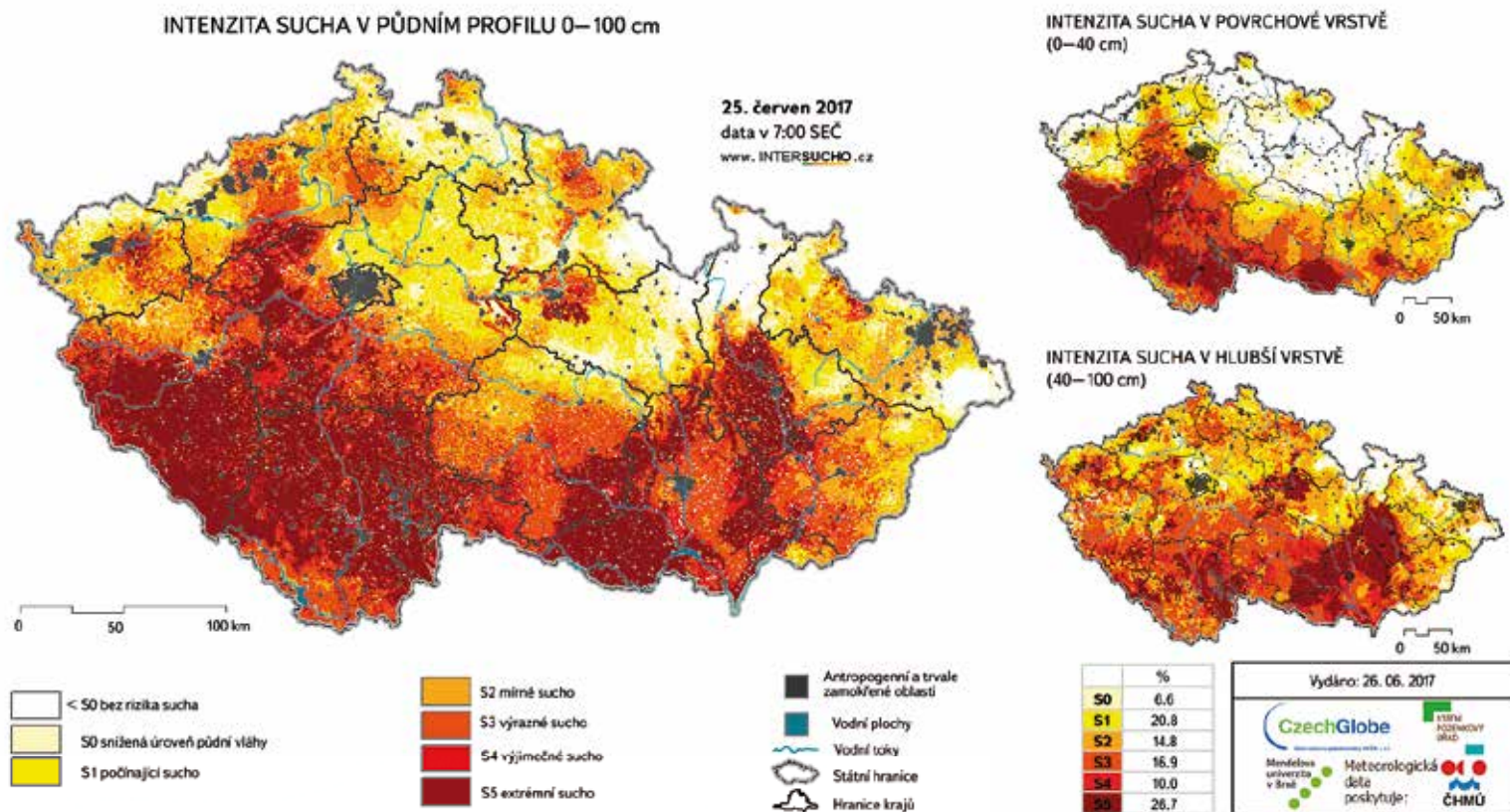
Fig. 4. Water level decline in the Orlik water reservoir in August 2015 (source: MAFRA/Profimedia)

Výkonný výbor se za dobu působení komise pravidelně scházel k věcně-politickým jednáním, na kterých usměrňoval prvotní vize koncepce, zajistil přípravu podkladových materiálů pro potřeby vytvoření koncepce a posléze řešil základní otázky struktury a směřování (strategických cílů) koncepce. V průběhu let 2015 (tj. v období, kdy hydrologické sucho v ČR vrcholilo, obr. 3 a obr. 4) a 2016

byly do komise přizváni zástupci dalších relevantních resortů, konkrétně resorty Ministerstva vnitra, Ministerstva financí, Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva pro místní rozvoj a Ministerstva dopravy. V roce 2017 byl přizván zástupce Ministerstva zdravotnictví.

V roce 2014 byl nejprve na půdorysu komise rozpracován návrh základních typů opatření (monitorovací a informativní, legislativní, organizační a provozní, ekonomická, technická, environmentální a jiná) pro předcházení a řešení negativních dopadů sucha. Tento dokument byl 29. července 2015 schválen vládou ČR přijetím usnesení č. 620/2015 (dále usnesení), zavazujícím gesčně odpovědné resorty k naplňování přibližně 50 úkolů (především k zpracování studií, sběru a třídění dat o území postihovaných suchem) jako věcný podklad pro tvorbu koncepce, a to do konce roku 2016. Na řešení zadaných úkolů se v rámci resortu MŽP odborně podílel zejména VÚV TGM prostřednictvím řešení úkolu Naplňování činností k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016.

V srpnu 2016 byl představen 1. návrh osnovy koncepce, který byl za účasti všech členů komise dále rozpracován tak, aby postihl všechny aspekty sucha, kterým může Česká republika v blízké až středně vzdálené budoucnosti čelit. Dne 23. března 2017 se ve VÚV TGM uskutečnil odborný pracovní seminář za účasti členů poradního orgánu a výkonného výboru komise k naplnění jednotlivých bodů osnovy koncepce podklady připravenými na základě plnění usnesení. Výsledkem jednání byl mimo jiné požadavek na úpravu osnovy a struktury koncepce v souladu s metodikou Ministerstva pro místní rozvoj. Nový formát koncepce byl představen v dubnu 2017 (viz dále), zpracování náplně koncepce bylo dokončeno na konci května 2017. Počátkem června 2017 byl dokument odeslán do meziresortního připomínkového řízení. V souladu s usnesením



Obr. 5. Intenzita zemědělského sucha na území ČR ukazující přetrvávající problémy se suchem v létě 2017 (zdroj: CzechGlobe, www.intersucho.cz)

Fig. 5. Intensity of agricultural drought showing the ongoing drought situation in summer 2017 (source: CzechGlobe, www.intersucho.cz)



Obr. 6. Hydrologické sucho na jižní Moravě (profil Jevišovka-Plaveč, plocha povodí 290 km², 5. června 2017, průtok 5,4 l.s⁻¹)

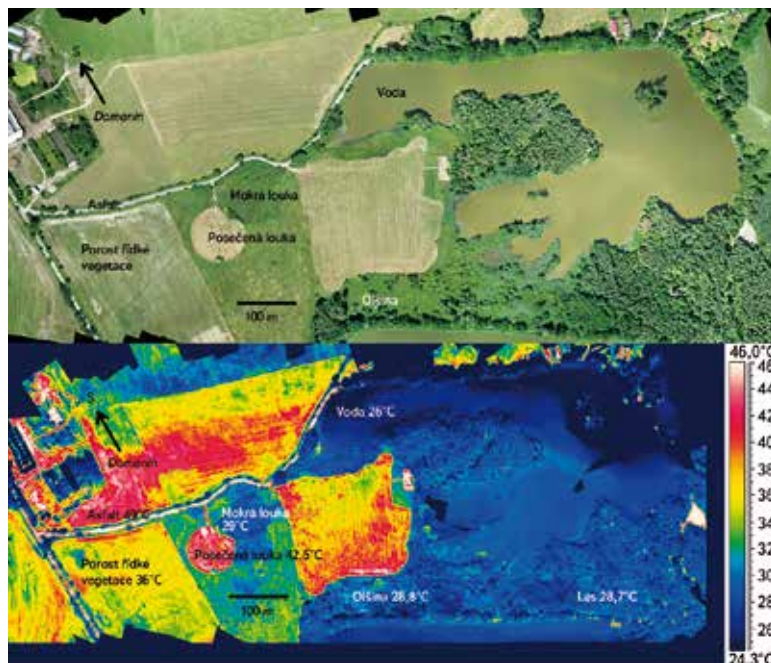
Fig. 6. Hydrological drought in southern Moravia (gauging profile Jevišovka-Plaveč, watershed area 290 km², 5th July 2017, discharge 5.4 l.s⁻¹)

byla koncepce předána k projednání vládou ČR do konce června 2017. V případě rozhodnutí o nutnosti strategického posouzení vlivu koncepce na životní prostředí (proces SEA) by mohl být termín přijetí koncepce adekvátně posunut. Stálou aktuálností potřeby vzniku koncepce více než 3 roky po zahájení její přípravy dokládají přetrvávající problémy se suchem (obr. 5 a 6), aktuální data u vybraných toků v oblasti jižní a střední Moravy dokonce ukazují na intenzivnější hydrologické sucho v roce 2017, než v suchém roce 2015.

SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI KONCEPCE

Úvodní část dokumentu je věnována stručnému rozboru problematiky sucha a nedostatku vody v ČR. Pro její zpracování byly využity výsledky z úkolů uložených v rámci usnesení vlády č. 620/2015 a rovněž výsledky výzkumných úkolů a projektů řešených ve VÚV TGM, v. v. i., VÚMOP, v. v. i., aj. Rozhodující zjištěnou změnou klimatu je zvýšení teploty vzduchu v posledních třiceti letech přibližně o 1°C oproti průměru z let 1961–1985 [1]. S rostoucí teplotou vzduchu souvisí zvyšování potenciálního i skutečného výparu z povodí, přičemž nárůst skutečného výparu je vždy limitován množstvím dostupné vláhly. Skutečný výpar roste především v zimě, kdy je vzhledem k vyšší teplotě vzduchu a rostoucím srážkám k dispozici dostatek vody. Obecně platí, že suché a teplé oblasti se stávají suššími a teplejšími a chladné a vlhké oblasti se stávají vlhčími a teplejšími. Dochází tak k postupnému zvětšování oblastí s pasivní vodní bilancí, kde rostoucí potenciální výpar přesahuje hodnotu ročních srážek a narůstá tak zranitelnost území ČR vůči suchu [2].

Z výsledků porovnání dostupnosti půdní vláhly mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2014 vyplývá, že na většině území v polohách pod 600 m n. m. došlo ke zvýšení počtu dní s nedostatkem půdní vláhly v průměru o 10–15 dní v období od dubna do června [3]. Podle hydrologických a pedologických analýz poklesla retenční kapacita půd přibližně o 40 %, oproti stavu půdy před rokem 1950, tedy době, kdy ještě půda nebyla systematicky odvodňována, zcelována do velkých půdních bloků a obdělávána s uplatněním těžké zemědělské mechanizace. Odhadovaný rozdíl mezi stávajícím stavem a potenciální retenční kapacitou půdy činí přibližně 3 mld. m³ [4]. Způsob hospodaření na zemědělské a lesní půdě zpětně ovlivňuje klimatické procesy. Odvodněná území ponechaná



Obr. 7. Porovnání teploty povrchu zemědělské krajiny s různým množstvím vody v půdě a různým vegetačním krytem; vysoký rozdíl v povrchové teplotě je evidentní i mezi zamokřenou neposekanou loukou a loukou čerstvě posekanou [5]

Fig. 7. Surface temperature of different land cover in agricultural landscape; high difference in observed values between cut and wet mature grasslands is reflected [5]

dlouhou část roku bez transpirující vegetace se během teplých slunečních dní významně rychleji prohřívají (obr. 7), a tím urychlují ztrátu nejen půdní vláhly, ale i ztrátu vodní páry z přivrchné vrstvy atmosféry [5]. Podobným způsobem působí i nárůst ploch zastavěných území.

Z hlediska zranitelnosti vůči hydrologickému suchu je pozorován nepříznivý trend poklesu odtoku v letním období, který je v ročním průměru kompenzován nárůstem odtoku v zimním období [6]. Od roku 2015 přetrvává sucho v podzemních vodách, které bylo hodnoceno jako srovnatelné s událostmi z počátku 90. let, a jedná se o dvě nejzávažnější epizody sucha v podzemních vodách od roku 1961. Výsledky modelování dopadů změny klimatu na vláhovou bilanci půdy a hydrologickou bilanci bohužel nasvědčují tomu, že pozorované trendy budou zřejmě dále zesilovat.

Součástí úvodní části koncepce je rovněž posouzení zranitelnosti území z hlediska nedostatku povrchové a podzemní vody. Nedostatek vody nastává v případech, kdy požadavky na odběry vody nejsou zabezpečovány z dostupných zdrojů s dostatečnou spolehlivostí. Do oblastí rizikových z hlediska nedostatku povrchových vod spadají 3 % plochy území ČR, do oblastí potenciálně rizikových 18 % plochy území. Z celkem 89 významných vodních nádrží bylo v souvislosti s plněním jejich zásobní funkce hodnoceno jako potenciálně rizikových 19 nádrží. Do kategorie potenciálně rizikových hydrogeologických rajónů bylo zařazeno 18 % plochy území ČR [7].

Sucho a nedostatek vody vytváří další tlak na jakost povrchových a podzemních vod a rovněž na stav vodních a na vodu vázaných ekosystémů. Se suchem souvisí zvýšené riziko požárů a tento jev je třeba koncepčně řešit zabezpečením dostatečných vodních zdrojů pro hašení.

STRATEGICKÁ ČÁST KONCEPCE

Z jednání komise VODA-SUCHO vyplynulo, že sucho a nedostatek vody je komplexní problém, který je třeba řešit v meziresortní spolupráci s uvážením předsahu tématu do oblasti ochrany a péče o půdu, jakost vody a vodní ekosystémy a socioekonomické vazby. Koncepty byly definovány tři strategické cíle (viz box). Prvním cílem je zajištění dostatečné informovanosti o riziku sucha a připravenosti na tyto události pomocí tzv. Plánů pro zvládání sucha a všeobecné osvěty. Plány pro zvládání sucha budou zajišťovat operativní řešení vznikající nepříznivé situace, podobně jako Povodňové plány řeší opačný extrém. Dále je třeba dosáhnout udržení rovnováhy mezi dostupnými vodními zdroji a potřebou vody napříč sektory i v měnících se klimatických a socioekonomických podmínkách a zmírňovat dopady sucha na akvatické i terestrické ekosystémy prostřednictvím obnovy přirozeného vodního režimu krajiny.

Naplnění strategických cílů bude vyžadovat implementaci řady opatření, která vyplývají z výsledků úkolů realizovaných na základě usnesení vlády č. 620/2015 a z konzultačního procesu realizovaného v letech 2014–2017 v rámci meziresortní komise VODA-SUCHO. Tato opatření byla rozdělena do pěti tematických pilířů, které je třeba začít naplňovat souběžně a využít tak vzájemné synergického působení těchto opatření na celkové snížení následků sucha a nedostatku vody (obr. 8).

Vize Koncepce ochrany před následky sucha na území ČR

Česká republika je odolná vůči nebezpečným projevům sucha a nedostatku vody i v měnících se klimatických a socioekonomických podmínkách. Odolnost je založena na porozumění riziku sucha, na připravenosti a schopnosti včas reagovat na výskyt sucha a na realizaci preventivních a strategických opatření za účelem minimalizace dopadů sucha a nedostatku vody na společnost, hospodářství a přírodní ekosystémy. Občané ČR vnímají zodpovědnost za množství a jakost dostupných vodních zdrojů, za ovlivňování vodního režimu krajiny a individuálně přispívají ke snižování zranitelnosti vůči suchu a nedostatku vody.

Strategické cíle

1. Zvýšit informovanost o riziku sucha prostřednictvím monitoringu a predikce výskytu sucha, zajistit připravenost na události sucha pomocí plánů pro zvládání sucha a všeobecné osvěty.
2. Zabezpečit udržení rovnováhy mezi vodními zdroji a potřebou vody napříč sektory i v měnících se klimatických a socioekonomických podmínkách.
3. Zmírňovat dopady sucha na akvatické i terestrické ekosystémy prostřednictvím obnovy přirozeného vodního režimu krajiny.

TEMATICKÉ PILÍŘE KONCEPCE

1. Vytvoření informační platformy o suchu a nedostatku vody

Prvním krokem při zvládání rizika sucha a nedostatku vody je vytvoření společné informační platformy pro monitoring sucha a stavu vodních zdrojů. Opatření navržená v rámci tematického pilíře směřují k naplnění prvního strategického cíle a zajišťují srozumitelné informace o aktuálním stavu sucha a vodních zdrojů včetně očekávaného vývoje, aby bylo možné včas zahájit přijímání potřebných operativních opatření v souvislosti s probíhající nepříznivou hydrologickou situací. První pilíř zahrnuje opatření na doplnění a úpravu monitorovacích sítí Českého hydrometeorologického ústavu, vytvoření propojeného předpovědního a varovného informačního systému na sucho, opatření na operativní optimalizaci odběrů vody v období sucha a další.

2. Posilování odolnosti a rozvoj vodních zdrojů

Druhý tematický pilíř je zaměřen na posilování odolnosti a rozvoje vodních zdrojů. Představuje reakci na pozorované nepříznivé trendy v množství a jakosti dostupných vodních zdrojů a rovněž na nepříznivé dopady změny klimatu. Do této skupiny opatření primárně spadají opatření na ochranu množství a jakosti dostupných vodních zdrojů, opatření na stávající vodárenské infrastrukturu a strategické aktivity zaměřené na přípravu a realizaci nových vodních zdrojů pomocí nových víceúčelových nádrží, umělé infiltrace povrchových vod do vod podzemních a další. Do tohoto pilíře byla zařazena rovněž opatření na rozvoj zemědělské závlahy a opatření na zlepšení požární ochrany.

3. Zemědělství jako nástroj ochrany množství a jakosti vody a ochrany půdy

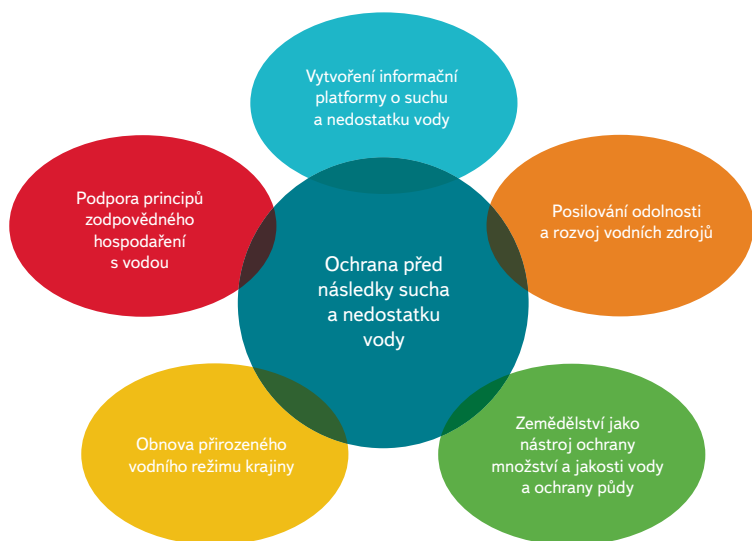
Třetí tematický pilíř směřuje k udržení rovnováhy mezi dostupnými vodními zdroji a požadavky na vodu v zemědělství a lesnictví. Opatření navržená v rámci tohoto pilíře představují reakci na zhoršující se vláhovou bilanci, klesající retenční a infiltrační schopnosti zemědělské půdy, nepříznivé dopady vodní eroze, znečištění vody látkami na výživu a ochranu rostlin a zhoršení stavu lesních porostů v souvislosti s probíhající klimatickou změnou. Cílem opatření navržených v rámci tohoto tematického pilíře je snížení následků sucha v zemědělství. Navržená opatření zahrnují optimalizaci monitoringu stavu zemědělské půdy, opatření na zvyšování množství organické hmoty v půdě, opatření na zvýšení protierozní ochrany půdy, opatření na zlepšení ochrany jakosti vody před znečištěním z prostředků na ochranu a výživu rostlin a další.

4. Obnova přirozeného vodního režimu krajiny

Čtvrtý tematický pilíř zahrnuje veškeré aktivity k nápravě nepříznivých důsledků systematického odvodnění krajiny a zásahů člověka do sítí vodních toků. Cílem opatření přijatých v souladu s touto prioritou je zvýšení retence vody v krajině a zvyšování odolnosti vodních ekosystémů vůči hydrologickým extrémům. Patří sem především opatření na obnovu přirozených funkcí vodních toků a niv, obnova mokřadů v krajině a opatření na lesní půdě.

5. Podpora principů zodpovědného hospodaření s vodou napříč sektory

Pátý tematický pilíř je zaměřen na úsporné využívání vody, možnosti její recyklace a snižování míry znečištění vody, která se navrací do přirozeného prostředí. V této oblasti je k dispozici řada nových technologií, které zatím nejsou v praxi uplatňovány a mohou výrazně přispět ke snižování následků sucha a nedostatku vody na společnost, hospodářství a na životní prostředí.



Obr. 8. Tematické pilíře koncepce na ochranu před následky sucha a nedostatku vody – pět úrovní, na kterých je třeba zahájit nebo zintenzivnit činnosti spojené s přijímáním nezbytných opatření

Fig. 8. Five spheres of interest in the Policy of Protection from Impacts of Drought and Water Scarcity where the measures have to be implemented

IMPLEMENTACE OPATŘENÍ KONCEPCE

Pro úspěšnou implementaci navrhovaných opatření je naprosto klíčová účinná spolupráce resortů Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí od úrovně nejvyšších orgánů státní správy až po nejnižší úroveň místně příslušných institucí veřejné správy, správy povodí a ochrany přírody a krajiny.

K zajištění realizace navrhovaných opatření bude třeba přikročit k úpravám stávající legislativy a bude třeba navrhnout způsoby udržitelného financování veškerých aktivit spojených s realizací opatření. Pro posílení procesu implementace opatření v praxi bude třeba nastavit podmínky a podpory u jednotlivých opatření tak, aby byly dostatečně ekonomicky motivační. Klíčovým procesem při zavádění opatření do praxe je osvěta a vzdělávání veřejnosti.

Změny ve stávající legislativě by měly směřovat k vypracování nové hlavy vodního zákona zaměřené na prevenci a operativní zvládnutí sucha a nedostatku vody. Dále bude třeba přistoupit k revizi způsobu financování státních podniků Povodí a správy povodí a k vyrovnání plateb za odebrané množství podzemních a povrchových vod. Předmětem novelizace vodního zákona a souvisejících předpisů by měla být rovněž problematika ochranných pásem vodních zdrojů, hospodaření se srážkovou vodou a odpadní vodou. Koncepce též obsahuje potřebu dokončení tzv. protierozní vyhlášky a nařízení vlády o způsobu a kritériích stanovení minimálního zůstatkového průtoku ve vodních tocích.

ZÁVĚR

Ze stávajícího vývoje meteorologické a hydrologické situace vyplývá, že období let 2014 až 2017 se zapisuje do statistik jako jedno z nejvýznamnějších období sucha. Rovněž se jeví jako pravděpodobné, že se nejedná pouze o náhodný výkyv počasí, ale že s podobným charakterem klimatu se musíme naučit žít. Aktuální nepříznivou hydrologickou situací je třeba vnímat i jako mimořádnou příležitost nastartovat procesy nutné pro zajištění odolnosti České republiky vůči následkům sucha a nedostatku vody.

Tyto procesy musí probíhat na několika úrovních najednou a je třeba do nich zapojit co nejširší spektrum zainteresovaných skupin. Je třeba urychlit a zefektivnit realizaci těch opatření, která působí především preventivně a lze je přijmout v co nejkratším časovém horizontu a v co největším plošném měřítku. Jedná se především o opatření na zemědělské půdě, opatření na zadržování vody v krajině a opatření na snižování spotřeby vody. Dále je třeba se zaměřit na klíčová opatření, která povedou k nastavení procesů pro operativní řešení sucha a nedostatku vody. To je oblast, která zahrnuje přípravu nové hlavy vodního zákona a přípravu plánů pro zvládnutí sucha. Současně s těmito procesy musí probíhat příprava složitějších strategických opatření, která mají potenciál razantně snížit zranitelnost území vůči nedostatku vody – do této skupiny patří opatření na stávající vodárenské a vodohospodářské infrastruktuře včetně zajištění nových nebo alternativních zdrojů vody. Zvláštní pozornost je třeba věnovat systematickému vzdělávání obyvatelstva a osvětě. Do budoucna je třeba věnovat pozornost bilanci vody v jednotlivých částech hydrologického cyklu včetně vodní páry v atmosféře. Ukazuje se, že pro efektivní adaptaci na nové klimatické poměry bude klíčové najít účinná opatření směřující ke stabilizaci cyklů energie a vody.

Poděkování

Na tomto místě je třeba poděkovat všem členům meziresortní komise VODA-SUCHO a další odborníkům z výzkumných organizací a komerční sféry, kteří svými příspěvky do diskuse, konzultacemi a řadou podkladových materiálů přispěli k vypracování společného koncepčního dokumentu a k vytvoření společného konsensu v oblasti ochrany před následky sucha. Vypracování koncepce bylo finančně podpořeno Ministerstvem životního prostředí ČR.

Literatura

- [1] HANEL, M. Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice – Scénáře změny klimatu, zpráva k projektu, 2015, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
- [2] VIZINA, A. a kol. Hydrologická bilance množství vody v celostátní úrovni podrobnosti v době sucha, Činnosti k podpoře státní správy v problematice sucha v roce 2016, zpráva k projektu. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. Dostupné z: http://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/hydrologicka_bilance_mnozstvi_vody.pdf
- [3] TRNKA, M., BRÁZDIL, R., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., DOBROVOLNÝ, P., ZAHRADNÍČEK, P., et. al. Soil moisture trends in the Czech Republic between 1961 and 2012. *International Journal of Climatology*, 2014, vol. 35, No. 13, p. 3733–3747.
- [4] VOPRAVIL, J. a kol. Optimalizace využívání zemědělské půdy z pohledu podpory infiltrace a retence vody s dopady na predikci sucha a povodní v podmínkách České republiky, výzkumná zpráva k projektu NAZV – QJ1520026, 2016, Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
- [5] HESSLEROVÁ, P., POKORNÝ, J., BROM, J., and REJŠKOVÁ-PROCHÁZKOVÁ, A. Daily dynamics of radiation surface temperature of different land cover types in a temperate cultural landscape: Consequences for the local climate. *Ecological Engineering*, 2013, vol. 54, p. 145–154.
- [6] DAŇHELKA, J., KULASOVÁ, B., BOHÁČ, M., KOURKOVÁ, H., KUKLA, P. a KREJČÍ, J. Extrémní hydrologické jevy v kontextu klimatické variability a změny klimatu. *Meteorologické zprávy*, 2013, roč. 66, č. 3, s. 78–87. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/novy/2013/Meteo-2013-03.pdf>
- [7] VYSKOČ, P. a kol. Vyhodnocení vlivu sucha na užívání vod. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2016, zpráva k projektu, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

Autoři

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.¹

✉ tomas.hrdinka@vuv.cz

Ing. Magdalena Nesládková¹

✉ magdalena.nesladkova@vuv.cz

Ing. Tereza Davidová, Ph.D.²

✉ tereza.davidova@mzp.cz

RNDr. Pavel Punčochář, CSc.³

✉ pavel.puncochar@mze.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

²Ministerstvo životního prostředí ČR

³Ministerstvo zemědělství ČR

Příspěvek prošel lektorským řízením.

POLICY OF PROTECTION FROM IMPACTS OF DROUGHT AND WATER SCARCITY IN THE CZECH REPUBLIC – CONSULTATION AND PROCESSING

**HRDINKA, T.¹; NESLADKOVA, M.¹;
DAVIDOVA, T.²; PUNCOCHAR, P.³**

¹TGM Water Research Institute, p. r. i.

²Ministry of the Environment of the Czech Republic

³Ministry of Agriculture of the Czech Republic

Keywords: drought – water scarcity – inter-ministerial commission WATER-DROUGHT – landscape water retention – water resources – water quality

In the context of a severe drought period, which has started in 2014, an inter-ministerial commission WATER-DROUGHT was established to prepare a strategic policy document on protection from impacts of drought and water scarcity in the Czech Republic. The result of the consultation process – the Policy of Protection from Impacts of Drought and Water Scarcity – was submitted to the Government for approval in June 2017. The analytical part of the document describes the main observed adverse trends in climatic and hydrological conditions in last three decades including several maps of vulnerability to drought and water scarcity. Expected impacts of climate change on water balance were also discussed and described. The strategic part of the document defines vision and strategic goals, which include improving the knowledge of current and future risk of drought and water scarcity, preparedness based on operational plans and measures and awareness rising, and ensuring balance between available water resources and water demand across all sectors and restoring the natural water regime of the landscape. The protection from impacts of drought and water scarcity has to be managed on several levels – preventive, operational and strategic. The attention has to be focused on public awareness raising for better and more responsible water management.



Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR

RADEK VLNAS

Klíčová slova: sucho – nedostatek vody – vodní zdroje – plán

SOUHRN

Příspěvek představuje přípravnou fázi návrhu obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR v procesu připomínkování. Plán je základní dokument ochrany před následky sucha. Slouží ke koordinaci činností v daném území v období sucha a nedostatku vody. Jedná se o souhrn popisu území z hlediska vodních zdrojů a systému zásobování vodou, organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod v oblasti základních lidských potřeb a majetku, hospodářské činnosti a životního prostředí souvisejících s nároky na vodu v období sucha.

ÚVOD

Z usnesení vlády ČR č. 620 ze dne 29. července 2015 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody vyplynul v souvislosti s přípravou Konceptce ochrany před následky sucha pro území České republiky požadavek přípravy návrhu obsahu plánů, jejichž cílem je koordinace činností v období sucha a nedostatku vody.

Následující text představuje základní východiska pro tvorbu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR (dále jen plán). Plán by měl sloužit pořizovatelům a zhotovitelům při zadání a přípravě plánu především na úrovni kraje, ale také pro obce s rozšířenou působností.

ZÁKLADNÍ POJMY

Suchem se rozumí hydrologické sucho jako výkyv hydrologického cyklu, který vzniká zejména v důsledku deficitu srážek a projevuje se poklesem průtoků ve vodních tocích a poklesem stavu podzemních vod.

Stavem sucha se rozumí míra nebezpečí sucha vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zejména průtoky ve vodních tocích, hladiny podzemních vod a stav srážek nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném plánu pro zvládnutí sucha.

Nedostatkem vody se rozumí dočasný stav s potenciálním dopadem na základní lidské potřeby, hospodářskou činnost a životní prostředí, kdy v důsledku sucha požadavky na užívání vod převyšují dostupné zdroje vod, a proto je nezbytné omezovat hospodaření s vodou a přijímat další opatření.

Plán pro zvládnutí sucha a nedostatku vody je dokument, který je podkladem pro rozhodování komise pro zvládnutí sucha a nedostatku vody a vodoprávního úřadu o opatřeních ke zvládnutí sucha a nedostatku vody. Jeho hlavním cílem je návrh opatření k zajištění dostatku vody k pokrytí základních společenských potřeb, minimalizaci negativních dopadů sucha na vodní útvary a minimalizaci dopadů sucha a nedostatku vody na hospodářskou činnost.

Komise pro zvládnutí sucha (dále jen komise) je orgánem s rozhodovací pravomocí pro přijímání opatření při hrozbě vzniku nedostatku vody podle plánu.

ORGÁNY PRO ZVLÁDNUTÍ SUCHA A NEDOSTATKU VODY

Orgánem pro zvládnutí sucha a nedostatku vody je vodoprávní úřad a od jejího svolání do ukončení činnosti komise. Komise rozhoduje podle plánu o opatřeních, a to zejména podle ustanovení § 6 odst. 4, § 59 odst. 4 a § 109 odst. 1. Komise jsou zřizovány na ústřední úrovni, úrovni krajů a fakultativně též na úrovni obcí s rozšířenou působností.

Předsedou komise je hejtman kraje. V komisi je zastoupen vodoprávní úřad, odbor krizového řízení, podniky Povodí, Český hydrometeorologický ústav, Hasičský záchranný sbor, Krajská hygienická stanice, Policie ČR. Poradní hlas mají vodou zásobující organizace, správci vodních toků a významní odběratelé vody.

Pokud dojde k vyhlášení krizového stavu podle zvláštního zákona, je komise součástí orgánu krizového řízení.

OPATŘENÍ PROTI NEDOSTATKU VODY

Opatření proti nedostatku vody lze přibližně rozdělit na opatření přípravná, realizovaná v období mimo sucho nebo při hrozícím nedostatku vody, a na opatření realizovaná v průběhu sucha a nedostatku vody.

1. Přípravná opatření a opatření při nebezpečí nedostatku vody jsou:

- a. stanovení limitů kategorií sucha,
- b. stanovení limitů pro přijímání opatření při nedostatku vody,
- c. příprava a aktualizace plánu,
- d. vytváření a příprava záložních zdrojů vody,
- e. příprava záložních (mobilních) úpraven vody,
- f. zavádění technologií omezujících spotřebu vody,

g. zavádění technologií ke zlepšení jakosti vypouštěné vody,

h. příprava a činnost předpovědní a hlásné služby,

i. příprava on-line systému monitoringu aktuální spotřeby a požadavků na vodu,

j. organizační a technická příprava,

k. příprava účastníků ochrany před nedostatkem vody,

l. upozornění na výskyt sucha,

m. zahájení informační kampaně,

n. evidenční a dokumentační práce.

2. Opatření při nedostatku vody uvedené v chronologickém sledu v závislosti na intenzitě průběhu situace nedostatku vody jsou:

a. průběh informační kampaně,

b. omezení obecného nakládání s vodami podle § 6 odst. 4 vodního zákona,

c. mimořádné manipulace na vodním díle podle § 59 odst. 4 vodního zákona,

d. využití technologií omezujících spotřebu vody,

e. omezení odběrů s platným vodoprávním rozhodnutím podle § 109 odst. 4 vodního zákona,

f. opatření k zajištění náhradního odběru podle § 109 odst. 4 vodního zákona,

g. dočasné snížení minimálních zůstatkových průtoků,

h. dočasné snížení minimálních hladin podzemní vody,

i. dočasné úprava limitů pro jakost vypouštěných odpadních vod (snížení limitů čistíren, jejichž technologie to umožňuje, zvýšení limitů u podniků po vyčerpání ostatních prostředků k omezení spotřeby vody (recirkulace)),

j. zabezpečení náhradních funkcí a služeb v území zasaženém nedostatkem vody.

Opatření k omezení dopadů sucha na vodárenství, průmysl a zemědělství jsou často v konfliktu s jakostí vody a s cíli ochrany přírody (např. snížení odtoků z nádrží pod minimální zůstatkové průtoky může spolu s vysokými teplotami vést ke zhoršení jakosti vody).

HODNOCENÍ SUCHA

Velikost, intenzitu a délku trvání sucha z hlediska vodních zdrojů vyhodnocuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s podniky Povodí. Vodními zdroji se rozumí povrchové a podzemní vody podle ustanovení vodního zákona¹. Český hydrometeorologický ústav provádí hodnocení sucha z hlediska srážek, evapotranspirační bilance, průtoku v tocích, stavu podzemních vod, podniky Povodí hodnotí zásob vody v nádržích. Monitoring a vyhodnocení hydrometeorologických veličin probíhá v týdenním kroku podle schématu na obr. 1.

V případě dosažení silného, resp. mimořádného, sucha v území ORP nebo kraje vydá ČHMÚ upozornění na výskyt sucha v povrchových nebo podzemních vodách územně příslušnému vodoprávnímu úřadu. Výskyt silného sucha odpovídá stupni upozornění bdělost, mimořádné sucho odpovídá stupni upozornění pohotovost. Vydání upozornění na sucho je jedním z impulsů ke svolání komise, dalším je překročení místních směrodatných limitů uvedených v plánu. Vodoprávní úřad po zvážení aktuální situace a výhledu dalšího vývoje plnění požadavků na vodu rozhodne o svolání komise.

HODNOCENÍ NEDOSTATKU VODY

Vodoprávní úřad v souladu s plánem a ve spolupráci se správcem povodí vyhodnotí, zda na základě ohlášeného stavu sucha nebo překročení místních směrodatných limitů uvedených v plánu vzniká nedostatek vody na celém jeho území či jeho části, a navrhne svolání komise. Svoláním komise vzniká stav nedostatku vody.

Směrodatné limity jsou stanovovány podle schopnosti systému plnit požadavky uživatelů na vodu podle bilance reálného stavu vodních zdrojů v území a požadavků na vodu. Limitem v rámci jednoduchého systému zásobování může být např. stav konkrétního vodního zdroje (průtok, hladina podzemní vody, objem nádrže, ...), na druhé straně v rámci vodohospodářské soustavy její schopnost plnit požadavky na vodu především preferovaných uživatelů po stanovenou dobu.

Hierarchie uživatelů při plnění nároků na vodu v období nedostatku vody je navržena podle významu způsobu užití vody pro společnost následovně:

-
- A. Skupina A – celostátně důležité provozy, vybrané průmyslové podniky (zejména s nepřetržitým provozem) a tepelné elektrárny, prvky kritické infrastruktury;
-
- B. Skupina B – zásobování obyvatelstva pitnou vodou, významné průmyslové podniky a živočišná zemědělská prvovýroba²;
-
- C. Skupina C – průmyslové podniky oblastního významu;
-
- D. Skupina D – ostatní zemědělská prvovýroba;
-
- E. Skupina E – ostatní užívání vod.

Přijímání opatření, při nichž dochází k omezení práv uživatelů vody s platným vodoprávním rozhodnutím, by mělo odpovídat této hierarchii.

Po vzniku stavu nedostatku vody je zahájena nebo pokračuje informační kampaň (veřejnost, uživatelé), jsou aktualizovány informace o potřebě vody významných uživatelů, zajištěn monitoring množství a jakosti vodních zdrojů, připravována technická a organizační opatření.

V situaci, kdy se sucho projevuje napjatou bilancí při plnění nároků na odběry nebo pro zachování minimálních zůstatkových průtoků nebo minimálních hladin podzemní vody, je podle plánu především omezováno obecné nakládání s vodami, jsou zaváděna opatření především za účelem omezení spotřeby

(technologická opatření na straně průmyslových uživatelů) a přerozdělování zásob vody, navrhovány mimořádné manipulace na vodních dílech, omezovány odběry méně významných uživatelů podle hierarchie dané plánem.

Při dalším poklesu vodních zdrojů může docházet k vzniku škod většího rozsahu nebo ohrožení životů a majetku v důsledku nedostatku vody pro zásobování pitnou vodou, zajištění provozu krizové infrastruktury a významných podniků. Podle plánu dále probíhají činnosti za účelem omezení spotřeby vody a přerozdělování zásob vody, dochází k omezování dalších uživatelů v rámci hierarchie, může být umožněno dočasné snížení minimálních zůstatkových průtoků, minimálních hladin podzemní vody nebo dojit k úpravě limitů jakosti vypouštěných odpadních vod.

OBSAH PLÁNU

Plán by měl obsahovat následující části: titulní list, úvodní část, věcnou část, organizační část, grafickou část a přílohy.

Plán pořizuje a průběžně aktualizuje pro své území v přenesené působnosti krajský úřad ve spolupráci s příslušnými správci povodí a Českým hydrometeorologickým ústavem. Plán může pořídit pro svůj správní obvod také obecní úřad obce s rozšířenou působností. Plán menších celků musí být v souladu s plánem vyššího stupně, soulad potvrzuje příslušný orgán ochrany před suchem.

Revize základní části se provádí při výrazných změnách s komentářem změn. Revize operativní části se provádí 1x ročně ověřením platnosti všech údajů plánu, zejména s ohledem na personální obsazení a telefonní spojení.

Titulní list

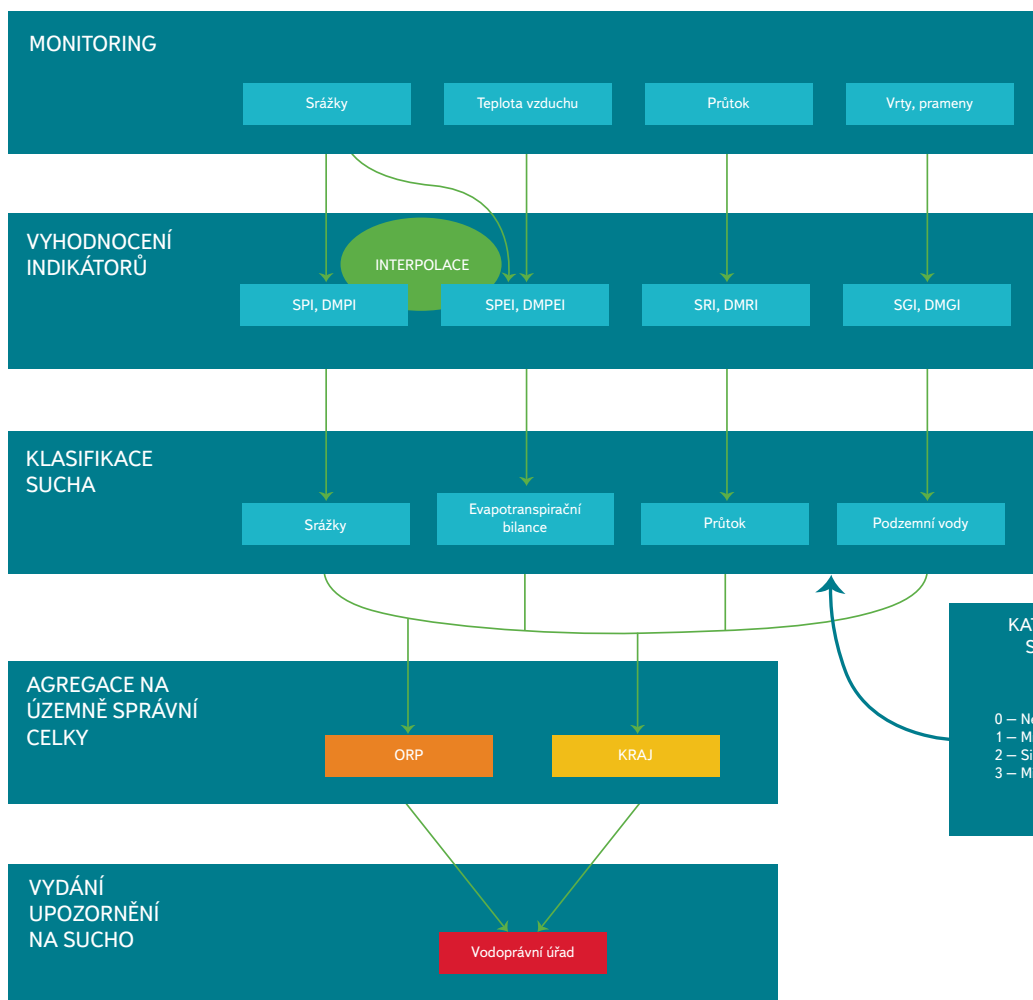
Titulní list by měl obsahovat název plánu, orgány pro zvládání sucha a jejich sídlo, zpracovatele plánu, datum zpracování, schvalující úřad a datum schválení, záznamy (nebo odkaz do textu) o aktualizaci, potvrzení souladu s plánem vyšší úrovně, příslušné související (geograficky, technicky z hlediska zásobování vodou související) orgány pro zvládání sucha.

Úvodní část

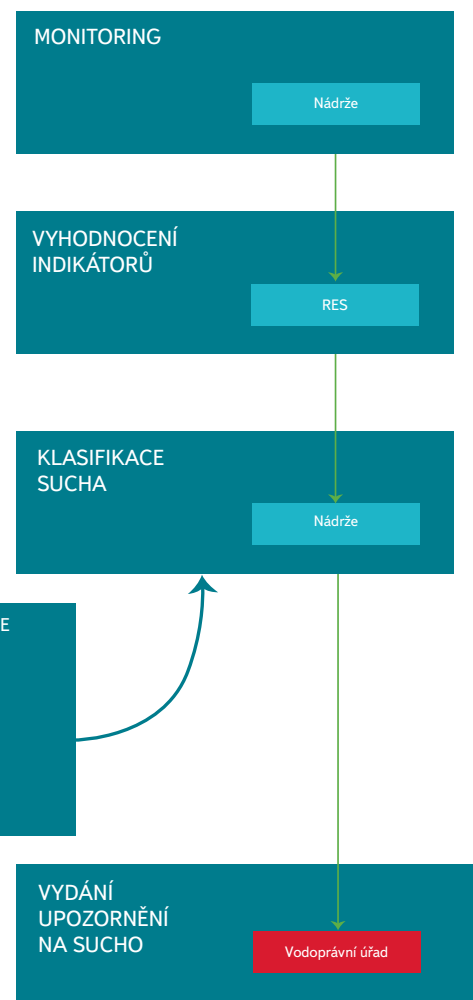
Úvodní část by měla obsahovat:

- pravidla pro aktualizace;
- použité symboly a zkratky;
- použité termíny a definice, vysvětlení pojmů (sucho, nedostatek vody, opatření ... – citace právních předpisů apod.);
- orgány pro zvládání sucha a nedostatku vody (citace právních předpisů apod.);
- popis hodnocení sucha (kdo vyhodnocuje, co, jak, kategorie sucha – formou odkazu...);
- statut orgánu pro zvládání sucha a nedostatku vody (úvodní ustanovení, činnost orgánu pro zvládání sucha a nedostatku vody, druhy komisí (složení pracovního štábu komise, poradního orgánu komise, skupiny evidenčních a dokumentačních prací), jejich kompetence, jednací řád, spolupráce komise s ostatními orgány, fyzickými a právními osobami, zabezpečení činnosti komise, závěrečné ustanovení);
- jmenné seznamy, adresy a způsob spojení účastníků ochrany před nedostatkem vody a úkoly pro jednotlivé účastníky této ochrany, způsob komunikace.

ČHMÚ



POVODÍ, s. p.



Obr. 1. Schéma monitoringu sucha, jeho vyhodnocení a vydání upozornění na sucho
 Fig. 1. Scheme of drought monitoring, evaluation and issue a dry alert

Věcná část

Věcná část by měla obsahovat charakteristiku zájmového území (kraje, obce nebo podniku, dále jen území), druh a rozsah ohrožení, směrodatné limity pro přijímání opatření a další údaje potřebné pro zabezpečení dostatku vody pro zásobování vodou a pro funkci ekosystémů. To znamená především:

Popis řešeného území za běžného stavu:

- popisné údaje a charakteristiky území – vymezení území, charakteristiky geografické, hydrologické, hydrogeologické, socioekonomické;
- popis zdrojové části zásobování – zdroje povrchových a podzemních vod včetně rezervních (jejich lokalizace, vydatnost, limity využití), systém vodohospodářských soustav, jejich klíčové prvky, odkazy na manipulační řády vodohospodářských soustav a vodních děl;
- seznam významných odběratelů podle druhu vody (povrchová, podzemní) a užití vody (pitná, energetika, průmysl, zemědělství, rybnářství, ostatní nakládání – využití klasifikace podle OKEČ); nároky odběratelů na vodu podle vodoprávních povolení, běžných nároků, nároků v období sucha, limitních nároků na množství a jakost vody umožňujících zachování funkcí odběratele);
- rezervní zdroje vody;

- popis způsobu úpravy a dopravy vody a jeho případná propojenost a zastupitelnost;
- popis jakosti vody v tocích, seznam hlavních znečišťovatelů, jejich lokalizace a druh znečištění, vymezení za sucha citlivých úseků vodních toků;
- vyhodnocení proběhlých epizod sucha – jejich příčiny, projevy, postižené území, délka sucha, roční období, dopady na množství povrchové a podzemní vody, dopady na jakost vody, popis přijatých opatření proti nedostatku vody a jejich účinnost;
- popis pravděpodobných rizik nedostatku vody v území – příčiny, postižení uživatelé vody druhu a užití vody, délka nedostatku vody, roční období, dopad na povrchové a podzemní vody, dopad na jakost vod, možné dopady nedostatku vody na životy a zdraví osob, na funkci kritické infrastruktury, ekonomické dopady, dopady na životní prostředí, na citlivé úseky toků pod zdroji znečištění, mezinárodní dopady.

Popis řešeného území v období sucha a nedostatku vody:

- seznam účastníků systému ochrany před suchem (jejich povinnosti v operativní části);

- popis rozhodujících veličin (množství a jakost povrchové a podzemní vody), jejich monitoringu, zodpovědnost za monitoring (kdo provádí, jakým způsobem předává informace, odkazy na zdroje aktuálních informací);
- kritéria a místní směrodatné limity pro stanovení nedostatku vody;
- schéma toku informací výstražných informací ČHMÚ, informačních zpráv vodohospodářských dispečinků podniků Povodí, zpráv zásobujících organizací;
- postupy a prostředky (technická zařízení) pro snížení následků sucha a nedostatku vody – druh, způsob použití, místo uložení, majitel či správce.

Organizační část

Organizační část by měla obsahovat zejména:

- systém řešení sucha a nedostatku vody – druhy komisí, jejich složení, kompetence, vazby, jednací řád, způsob komunikace;
- obecné principy pro (včetně uvedení zodpovědné organizace, popř. osoby):
 - zjištění provozního stavu zdrojových a přepravních systémů (existující poruchy, opravy, omezení),
 - zjištění rozsahu deficitu a dopadů (počet obyvatel, zdravotnictví, sociální služby, bezpečnost, ostatní služby, socioekonomické dopady, životní prostředí),
 - zajištění kontroly situace přímo v terénu,
 - čtenější monitoring množství a jakosti vody,
 - prognózy vývoje,
 - priority zásobování,
 - přijatá opatření,
 - realizace opatření,
 - kontrola realizace opatření,
 - modifikace opatření na základě dalšího vývoje situace,
 - doporučené činnosti a opatření při fázích sucha pro jednotlivé účastníky procesu zvládnání sucha.
- kompetence účastníků ochrany před nedostatkem vody;
 - krajský úřad: zajištění činnosti komise, kontrola opatření, předávání informací,
 - vodoprávní úřad: kontrola opatření (omezení odběrů apod.) v povodí týkajících se vodních toků a vodních děl (obecné nakládání s povrchovými vodami, nakládání s vodami v případech nezajišťujících prioritní zásobování vodou) ve spolupráci se správci povodí a správci vodních toků,
 - ČHMÚ: monitoring aktuálního stavu povrchových a podzemních vod, vývoje meteorologické situace, prognóza meteorologická a hydrologická,
 - správci povodí: stav nádrží a prognóza jeho vývoje, kontrola nakládání s vodami, sledování jakosti vod v tocích, monitoring znečišťovatelů vod, realizace opatření, manipulace na vodních dílech,

- zásobující organizace: návrh a realizace opatření v sítích, náhradní zásobování vodou,
- správci vodních toků: realizace opatření, spolupráce se správcem povodí, vlastníci vodních děl, manipulace na vodních dílech,
- Hasičský záchranný sbor: nouzové zásobování (náhradní úprava vody...),
- Krajská hygienická stanice: hygienický dohled nad kvalitou vody, prevence epidemií v souvislosti se suchem,

- návaznost na krizové řízení – popis konkrétní situace a kritérií, kdy by došlo k přechodu na krizové řízení.

Grafická část

Grafická část obsahuje zpravidla následující mapy a/nebo schémata:

- mapa území, sídla komisí;
- mapa vodohospodářské soustavy;
- mapa vodovodní sítě;
- mapa zdrojů a úpraven vody (včetně rezervních);
- výsledky monitoringu jakosti vod ve zdrojích;
- mapa významných odběratelů vody;
- mapa hlavních znečišťovatelů vody.

Přílohy

Přílohou plánu jsou např.:

- odkazy na plány nižších úrovní, popř. významných uživatelů vody;
- dokumentační práce, vyhodnocení epizod sucha včetně vzniklých škod, příčin negativně ovlivňujících zvládnání nedostatku vody, účinnosti přijatých opatření a návrhy na úpravu přijímaných opatření;
- související havarijní a krizové plány (popř. odkazy).

Poznámky

1. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
2. Zemědělskou prvovýrobou se rozumí chov hospodářských zvířat, pěstování zemědělských plodin, včetně sklizně, výroba mléka, popř. vajec a produkce hospodářských zvířat před porážkou.

Poděkování

Autor děkuje Ing. Petru Březinovi za spolupráci při přípravě struktury návrhu obsahu plánu a dále členům meziresortní skupiny pro přípravu novely vodního zákona za podnětné připomínky.

Autor

Ing. Radek Vlnas

✉ radek.vlnas@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

THE DROUGHT MANAGEMENT PLAN IN THE CZECH REPUBLIC

VLNAS, R.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: drought – water scarcity – water sources – plan

The paper presents the preparatory phase of the draft of the drought management plan in the Czech Republic in the commenting process. The plan is a basic document of drought protection. It is to be used to coordinate activities in a given area during periods of drought and water scarcity. The plan is a summary of the area's description in terms of water resources and the water supply system, organizational and technical measures needed to prevent or mitigate damage to basic human needs and property, economic activity and the environment related to water demands during the drought.





Autoři VTEI

Ing. Martin Durčák

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Ostrava

✉ martin.durcak@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Martin Durčák je od roku 1999 zaměstnancem ostravské pobočky VÚV TGM, v. v. i. V roce 1994 ukončil inženýrské studium na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně, obor Vodní hospodářství a vodní stavby. V rámci své profesní činnosti se zabývá zejména problematikou monitoringu povrchových vod a plánování v oblasti vod.

Ing. Miriam Dzuráková

VÚV TGM, v. v. i., pobočka Brno

✉ miriam.dzurakova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Miriam Dzuráková pracuje ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2003, do roku 2005 na oddělení GIS v Praze, od roku 2005 je zaměstnancem oddělení hospodaření s vodou na pobočce v Brně. Inženýrské studium v oboru Geoinformatika ukončila na Fakultě BERG Technické univerzity v Košicích v roce 2000. Podílí se na řešení výzkumných projektů týkajících se zejména povodňové problematiky, a to ve vztahu k implementaci směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik do podmínek České republiky.

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ tomas.hrdinka@vuv.cz
www.vuv.cz



RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D., získal titul doktor přírodních věd na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v oboru Fyzická geografie a geoekologie, kde pak v témže oboru dosáhl titulu Ph.D. V rámci doktorského studia pracoval tři roky jako asistent na Katedře fyzické geografie a geoekologie. Od roku 2010 pracuje ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v. v. i., jako hydrolog. Účastnil se mnoha projektů v ČR i zahraničí, jako například Rebilance zásob podzemních vod v České republice za podpory MŽP apod.

Ing. Roman Kožín

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ roman.kozin@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Roman Kožín je zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2010. V roce 2009 ukončil magisterský obor Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V současné době je studentem doktorského studijního programu se zaměřením na hydrologické modelování. Podílel se na řešení projektů, např. Návrh adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR. V současnosti spolupracuje na projektu Možnosti kompenzace dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod.

Ing. Filip Strnad

ČZU v Praze

✉ strnadf@fzp.czu.cz
www.fzp.czu.cz



Ing. Filip Strnad je v současné době studentem doktorského studijního programu Environmentální modelování se zaměřením na modelování statistických charakteristik sucha. V roce 2011 ukončil magisterský obor Krajinné inženýrství – Voda v krajině na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Podílí se na řešení řady projektů, např. Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod, Půdní a hydrologické sucho v měnícím se klimatu atd.

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ adam.vizina@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Adam Vizina, Ph.D., je zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2007. V roce 2014 ukončil doktorský studijní program Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Zabývá se hodnocením hydrologické bilance pro současné a výhledové podmínky, hodnocením hydrologických extrémů a hydrologickým modelováním. Je hlavním řešitelem několika výzkumných i soukromých projektů.

Ing. Radek Vlnas

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ radek.vlnas@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Radek Vlnas je zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2008. V roce 1996 ukončil obor Vodní hospodářství na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze. Od té doby působí v oddělení podzemních vod Českého hydrometeorologického ústavu v Praze. Zabývá se modelováním odtoku, problematikou hydrologické bilance a sucha.

Ing. Petr Vyskoč

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ petr.vyskoc@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Petr Vyskoč je zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., od roku 1989. V roce 1987 ukončil inženýrské studium na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze, obor Vodní hospodářství a vodní stavby. Dlouhodobě se zabývá problematikou informatiky ve vodním hospodářství, a to zejména v souvislosti s provozem a vývojem Hydroekologického informačního systému, plánováním v oblasti vod, vodohospodářskou bilancí a řešením vodohospodářských soustav.

Rozhovor s prof. Ing. Zdeňkem Žaludem, Ph.D., profesorem na Mendelově univerzitě v Brně na téma změny klimatu

Sucho a nedostatek vody je v současné době stále častěji možné vidět v českých médiích. Je tento mediální prostor adekvátní danému problému nebo jde spíše o dramatisování situace?

Sdělovací prostředky reagují především na aktuální situace a vzhledem k vyššímu výskytu extrémních situací, jako jsou epizody sucha, vlny veder, výskyt intenzivních srážek, je jejich komentování přirozeně častějším mediálním tématem. Z pohledu člověka odtrženého od přírody se může množství a frekvence tohoto typu informací zdát skutečně vysoká. Jde o to, že máme velmi vysokou životní úroveň, zajištěný dostatek pitné vody, energie, potravin apod. Situaci odlišně vnímají ti, kteří naše ekosystémy sledují, či jsou na ně pracovním odkázáni. Vodohopodáři, krajináři, botanici, zoologové, lesníci, ale především zemědělci změny v krajině vidí a pociťují je. Nejen krátkodobě trvající extrém, ale i dlouhodobý vývoj. Vyhodnocení klimatických řad, ale i údajů z oblasti vodní bilance, fenologie, výskytu sucha, trvání vegetačního období, počtu extrémů apod. svědčí o postupných změnách v naší krajině. Na mnoha místech jsou změny velmi rychlé, a to dokonce tak, že např. farmáři během jedné, dvou generací pozorují změnu tradičních vzorců chování zemědělských ekosystémů. Pokud by se v krajině nic nedělo, jak si máme vysvětlit, že dva významné poslední projekty v oblasti vody/sucha v krajině byly iniciovány právě zemědělskou veřejností, konkrétně Agrární komorou ČR, jakožto nejsilnější zemědělskou organizací u nás. Byli to jejich zástupci, kteří nás požádali o vybudování monitorovacího a předpovědního systému zemědělského sucha (www.intersucho.cz) a o posouzení dopadů zvyšujících se hydrometeorologických extrémů na zemědělství (Generel vodního hospodářství krajiny ČR).

Jaký vliv má na tuto problematiku změna klimatu?

Jsou dvě zásadní příčiny zvyšujících se problémů s vodou v krajině. První příčina, která vede k nedostatku vody v naší krajině, je její charakter vytvářený velkými půdními bloky a způsob zemědělského hospodaření silně orientovaného na rostlinnou výrobu. Pokud se zaměříme na produkční funkci, asi by se nenašel zemědělec, který by volal po rozdrobení půdních bloků a který by si přál malá políčka. Na druhé straně je tato scelená krajina velmi citlivá na intenzivní srážky a na erozi. Zvláště na svazích se projevuje fakt, že tato krajina neumí zadržet vodu a je tak logicky mnohem náchylnější na sucho. Eroze, ale i utuženost půdy je důsledkem velkých honů. Tento stav vyčerpal své počáteční výhody a je nadále neudržitelný. Nutné je si uvědomit i současný charakter našeho zemědělství, který erozi a utuženosti napomáhá. Ekonomicky nevýhodnou živočišnou výrobu opustila velká část zemědělců, a tím se snížila produkce organických hnojiv a především zastoupení tzv. zlepšujících plodin, jako jsou např. pícniny. Nejsou-li potřeba krmiva, mění se skladba pěstovaných plodin, která se omezila na několik málo komerčně zajímavých rostlin, často pěstovaných na nepotravinářské účely. Omezení střídání plodin a především absence organické hmoty vede k degradaci půdy a snížení schopnosti zemědělské krajiny zadržet vodu.

A co se týče změny klimatu, dovolím si jen pár faktů. Za posledních 150 let se teplota na území ČR zvýšila o cca 1,1 °C a množství srážek zůstává stejné. Vyšší teplota znamená vyšší výpar, a tím je voda více ve formě vodní páry v atmosféře a chybí v půdě. Od teplejšího povrchu se více energie předává do atmosféry. Více

energie v atmosféře znamená více hydrometeorologických extrémů. Rovněž platí, že díky silnějšímu zahřátí aktivního povrchu (půdy, vegetace apod.), zvláště v letních měsících, zesilují vzestupné vzdušné proudy, které brání výskytu tzv. zahradnických dešťů, a více se objevují intenzivní srážky, často s erozním či dokonce povodňovým dopadem. Ano, množství srážek zůstává v roční sumě stejné, ale mění se jejich rozložení. Mimochodem, pokud by vás zajímala průměrná roční teplota ČR (průměr 1800–2016 = 7,0 °C), v posledních třiceti letech (1987–2016 = 8,3 °C), resp. poslední tři roky 2014 = 9,4 °C, 2015 = 9,4 °C a 2016 = 8,7 °C. Tyto tři roky patřily k nejteplejším rokům (2014 a 2015 absolutně nejteplejší) od poloviny 18. století. V tomto kontextu lze konstatovat, že nic nenaznačuje, že by se vzestupný teplotní trend měl změnit a začít klesat.

Jaké změny lze očekávat na území České republiky v polovině 21. století?

Pro popis dopadů změny klimatu jsme vytvořili veřejnosti určený web www.klimatickazmena.cz, kde si jeho návštěvník může prohlédnout dopady změny klimatu nejen na zemědělství a lesnictví, ale i na výskyt meteorologických extrémů, změnu vodního režimu a dopady na krajinu. Na portálu pracujeme s třemi různými scénáři chování lidstva (nejpravděpodobnější je tzv. RCP 4.5), pěti různými klimatickými modely (střední odhad, spíše vlhčí či spíše sušší charakter klimatu), vše pro tři časové horizonty 2021–2040, 2041–2060 a 2081–2100.

Zajímavé je, že všechny modely se shodují ve zvyšování teploty. Není divu, emise jsou již v atmosféře a pro příštích dvacet let nepomohou žádná opatření. Bude pokračovat zvyšování teploty.

Jaké sektory jsou nejohroženější a proč?

Jednoznačně zemědělství a lesnictví. Z pohledu zemědělství, ale i vinařství, ovocnářství či zelinářství rozhoduje o úspěchu daného ročníku výskyt hydrometeorologických extrémů. V teplejších zimách je více kapalných srážek a méně sněhových, voda se neakumuluje ve sněhové pokrývce a více odtéká. Zimní měsíce tvoří období, kdy se především ze sněhu doplňují zásoby podzemních vod. Bez něj se tento proces zpomaluje. A někdy se díky absenci sněhu ani nenasytí půdní profil, což je zásadní pro úspěšný start polních plodin na jaře. Navíc, bez sněhu plodiny, zvláště v nižších polohách, více vymrzají. Teplejší klima přináší prodloužení doby vegetace. Rozkolísané nástupy jar budou začínat dříve a otevrou se tak delší časová okna pro vpády studeného vzduchu, což stále častěji budou pociťovat (a již pociťují) obzvláště ovocnáři a vinaři, ovšem i zemědělci, protože polní plodiny dříve spotřebují vodu v půdě, a tím pocítíme stále silněji pozdně jarní a letní sucho. Zvláště nižší polohy budou mít častěji roky, kdy jim plodiny v zimě při silných holomrazech (nízká teplota vzduchu bez sněhové pokrývky) vymrznou a na jaře budou trpět přísuškou. Zvláště plodiny jarní, které nemají tak silný kořenový systém. Zásadní informací je zvyšující se podíl suchých (dlouhodobě prosychajících) půdních vlhkostních režimů na jižní Moravě a hlavně dramatická redukce promyvného režimu, a to i v pramených oblastech. To následně ovlivní řadu procesů v půdě včetně akumulace organické hmoty. Bude pokračovat nárůst hydrometeorologických extrémů, které převážně souvisí s nedostatkem/nadbytkem vody. Jsou to spojené nádoby, dvě strany jedné mince. Více energie v atmosféře vede skutečně k vyšší



frekvenci extrémních hodnot meteorologických prvků. A stále častější budou jejich kombinace. Jednou z nejnámennějších je časově současný výskyt vysokých teplot a sucha. To jsou pro rostliny již velmi limitující podmínky vedoucí k drastickému omezení růstu a produkce.

Samostatnou kapitolou je lesnictví. Jen jeden příklad. Smrky, naše nejvíce pěstovaná dřevina, často podléhají kůrovci. Víte, že zdravý smrk kůrovci často odolá? Ale strom oslabený suchem ne. A právě kombinace škůdců a sucha je důvod výrazného poškození našich lesů, především v nižších nadmořských výškách. Nejvíce tento jev pozorujeme v Olomouckém či Moravskoslezském kraji.

Je možné dopady zmírnit?

V dnešní době lze realizovat mnoho opatření. Základem všeho je však diagnóza. Zde bych v oblasti sucha odkázal na webový portál www.intersucho.cz, na kterém jsou v gridu 500 x 500 m v týdenním kroku publikovány mapy půdní vlhkosti a zemědělského sucha pro celou ČR. Navíc nabízí prognózu sucha až na 8 týdnů. Přehled o aktuálním suchu tedy máme a díky našim zpravodajům i o jeho aktuálních dopadech včetně snížení výnosů. Pokud hovoříme o zemědělském a hydrologickém suchu v krajině, tedy zvyšujícímu se nedostatku vody v půdě a ve vodních tocích, resp. nádržích, je plánována a realizována řada opatření proti dopadům sucha, ale současně také povodním. Nejde to hned, je to běh na dlouhou trať. Každé z nich má své ale. V určitých lokalitách potřebujeme nové nádrže nejen pro nadlepšení průtoků v době sucha, ale i pro zadržení velké vody, ale to znamená zaplavení krásného údolí. Jinde je potřeba změnit charakter krajiny, ale to naráží např. na neochotu zemědělců zmenšit

kvůli jejich zakoupené velké mechanizaci velkoplošné půdní bloky, jinde by pomohlo změnit skladbu plodin, ale proč pěstovat něco, co neprodám? Půdě by pro zadržení vody rozhodně pomohla organická hmota, tedy především více skotů, ale dnešní kráva nadojí 2x více než kráva před dvaceti lety, a tedy při současné spotřebě a soběstačnosti mléka jich nepotřebujeme tolik. Potřebovali bychom nové trhy jak pro dojného, tak i masného skota. Bylo by výborné propojit vodohospodářské soustavy, ale budou chtít vlastníci na svých pozemcích věčná břemena? Když jsem u vlastníků a nájemců – proč by měl uživatel realizovat opatření proti suchu či erozi, když tím zvýší cenu pozemku, a tím fakticky za kvalitnější pozemek svůj budoucí nájem? Na mnoha místech by se měly vybudovat kapkové závlahy a opět jsme u vlastnických vztahů. Kilometrový páteřní kanál půjde přes pět vlastníků a jeden řekne, že toto břemeno nechce. Jak to asi dopadne? Je to o motivaci vlastníků, ale i uživatelů půdy. Je to také o vhodném načasování, pokud by stát po roce 1997 či 2002 razantně zasáhl, nikdo by proti protipovodňovým opatřením včetně nádrží neprotestoval. Ale lidská paměť je krátká. Kromě toho jsou to všechno investice ve výši stovek miliard. Ale je to o prioritách. Pokud stát najde především legislativní a motivační nástroje, půjde to.

Konají příslušná ministerstva? A existují dotační pobídky? A jaké by měly být?

Opatření, jak zadržet vodu v krajině, jsou častým námětem na MŽP a MZe. Především tato ministerstva a na ně napojené ústavy, jako jsou např. Státní pozemkový úřad, podniky Povodí, či vodoprávní úřady, jsou zodpovědní za strategii boje se suchem. A je jim ke cti, že se touto problematikou zabývají. Otázkou je, zda máme v současnosti „osvícené ministry“, nebo nás dopady měnícího se klimatu již významně dostihly. S největší pravděpodobností jde o kombinaci obojího. Směr dotačních titulů musí jít jednak do krajiny a její schopnosti zadržet vodu, ale i do technologií, např. hospodaření v suchem ohrožených oblastech či hospodaření s vodou na úrovni jednotlivce a obcí. Je pozitivní, že jdou tímto směrem již i současné dotační tituly, ať již z MZe, jako je Podpora retence vody v krajině – rybníky a vodní nádrží, Prevence před povodněmi, Podpora konkurenceschopnosti agropotravinářského komplexu – závlahy, či přímo na využití srážkové vody. Jako poslední vyhlásilo MŽP titul Dešťovka pro oblasti postižené suchem, kde podporuje budování zahradních nádrží, ale i sofistikovanější systémy na přečištění již využitě vody pro její opětovné využití. Je-li parametrem úspěšnosti dotačního titulu (ne o všechny je vždy 100% zájem) rychlost vyčerpání, pak rozhodně úspěšný byl.

Má na dotační politiku vliv věda a výzkum?

Výzkumné prostředí v dané oblasti, ve kterém vznikají relevantní vědecké práce, je tvořeno širokým týmem expertních organizací. Například na klíčové publikaci s názvem Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost (mj. ke stažení v aktualitách na www.intersucho.cz) se podílelo 45 autorů. Tým vedli odborníci z Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, Masarykovy univerzity, Mendelovy univerzity v Brně, ale spolupracovali na něm fakticky všechny oborově zaměřené VaV organizace u nás. Nejen tato publikace, o kterou byl i mezi pracovníky ministerstev značný zájem, ale i vyžádané semináře s touto problematikou na MZe či diskuse na MŽP dávají podněty pro zodpovědné pracovníky obou sektorů na tvorbu dotačních titulů. Jsme zváni do odborných komisí, kde sdělujeme své poznatky o vodě v krajině a o dopadech změny klimatu. Obdobně často diskutujeme s pracovníky příslušných ministerstev odborů informace z našich expertních webů o aktuálních, ale i očekávaných údajích o vodě v krajině. Samotná tvorba dotačních titulů nepatří do naší kompetence, ale informace, na základě kterých vznikají, jsou s námi v posledních letech konzultovány.

Vodohospodářské aspekty převodů vody v rámci ochrany před následky sucha a nedostatku vody v ČR

SOUHRN

Téma uplatňování převodů vody ve vodním hospodářství se stává opět aktuální v souvislosti s přípravou opatření na ochranu před následky sucha a nedostatku vody. Vystává však rovněž řada otázek, na které by bylo dobré znát odpověď ještě před tím, než se s realizací nových převodů vody začne. Na první z otázek odpovídal prof. Broža v předcházejícím vydání časopisu VTEI – Mají převody vody potenciál přispět k operativnímu řešení sucha a nedostatku vody? Jeho odpověď zní: bez akumulacího prostoru pravděpodobně ne, ve spojení s nádrží však zvyšují „hydrologický“ potenciál povodí dané vodní nádrže [1]. Tento příspěvek do diskuse se zabývá následujícími otázkami: Jaká jsou potenciální environmentální rizika spojená s propojením dvou povodí? Jak je to s převody vody v souvislosti s cíli ochrany vod v souladu s Rámcovou směrnicí o vodě?

ÚVOD

V souvislosti s významným hydrologickým suchem v roce 2015 a rovněž v souvislosti s plněním úkolů vzešlých z usnesení vlády č. 620 z roku 2015 připravují podniky Povodí studie proveditelnosti nových převodů vody. Převodem vody rozumíme technickou infrastrukturu, která zajišťuje přivedení vody z místa, kde je jí dostatek, do místa, kde se jí nedostává (ať už dlouhodobě, nebo při hydrologickém suchu), nebo odvedení části povodňového odtoku do toku nebo nádrže, kde neškodí. Může se jednat o umělé vodní toky, kdy se převádí voda v říční síti (označované rovněž jako kanály, stoky, přivaděče aj.), převod může mít rovněž podobu trubního propojení – zpravidla v rámci vodárenských systémů [2]. Převod vody může probíhat nejen z toku do toku, ale rovněž s uplatněním nádrže na jedné, na druhé nebo na obou stranách.

Budování převodů vody má na území ČR bohatou historii a souviselo s rozvojem klíčových hospodářských činností dané doby. Význam převodů vody pro operativní zvládnutí nedostatku vody během málovodné epizody je však diskutabilní, neboť sucho svým plošným působením zpravidla povede k poklesu disponibilního průtoku nejen v deficitní oblasti, ale rovněž i v oblasti zdrojové [1]. S realizací převodů vody je spojena řada environmentálních rizik (viz box 1). Voda je zpravidla odebírána z oblastí, které jsou přirozeně na vodu bohaté a ekologicky cenné nebo mohou být převodem vody ochuzeny oblasti níže po toku, jejichž společenstva byla vázána na původní na vodu bohatý hydrologický režim [3]. Vzhledem k prohlubujícím se problémům s nedostatkem vody v některých povodích však budou mít opatření tohoto typu svá opodstatnění, především z důvodů posílení hydrologického potenciálu povodí vodní nádrže s nedostatečnou zabezpečeností vodohospodářských účelů. Nový převod vody tak může přispět k výraznému snížení zranitelnosti řešeného území (včetně vodních toků) vůči dlouhodobému suchu a nedostatku vody.

POTENCIÁLNÍ ENVIRONMENTÁLNÍ DOPADY PŘEVODŮ VODY

Otázkou potenciálních environmentálních dopadů převodů vody se zabývala studie realizovaná v rámci podpory výkonu státní správy v souvislosti s přípravou Konceptu na ochranu před následky sucha na území ČR. Cílem studie bylo na základě literární rešerše popsat potenciální environmentální dopady převodů vody a navrhnout metodiku posuzování záměru nového převodu vody na ekologický stav (potenciál) dotčených útvarů povrchových vod. Na základě rešerše literatury, která by odpovídala podmínkám a rozměrům převodů vody v ČR, a na základě konzultace napříč výzkumnými odbory VÚV TGM, v. v. i., byla identifikována rizika uvedená v boxu 1.

NOVÉ PŘEVODY VODY VE VZTAHU K DOSAHOVÁNÍ CÍLŮ OCHRANY VOD

Nové převody vody představují významný antropogenní vliv spojený s novou trvalou změnou fyzikálních poměrů v obou dotčených vodních útvech. Z hlediska dosahování cílů ochrany vod v souladu s Rámcovou směrnicí o vodní politice 2000/60/EK bude pro realizaci nových převodů vody nutné posoudit jejich potenciální vliv na stav dotčených vodních útvarů. V případě, že hrozí zhoršení jejich ekologického stavu (u umělých vodních útvarů hovoříme o potenciálu), je třeba posoudit, zda bude možné uplatnění výjimky z těchto cílů podle § 23a odstavce 7 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (dále jen vodní zákon). Výjimku je možno udělit v případě, že jsou splněny podmínky stanovené v § 23a odstavci 8 vodního zákona. První podmínkou je odůvodnění projektu – musí se jednat o nadřazený veřejný zájem, nebo musí být přínosy pro životní prostředí a společnost při dosahování cílů ochrany vod převáženy přínosy nových změn pro lidské zdraví, udržení ochrany obyvatel nebo udržitelný rozvoj. Druhou podmínkou je, že prospěšné cíle, které z těchto změn nebo úprav vodního útvaru vyplývají, nelze dosáhnout jinými prostředky (nebo jinde), jež by byly z hlediska životního prostředí významně lepší. Třetí podmínkou je, že musí být navržena zmírňující opatření, která eliminují nepříznivé dopady projektu na ekologický stav (potenciál) dotčených vodních útvarů. Záměry, na které se vztahuje výjimka z dosahování environmentálních cílů, musí být uvedeny a zdůvodněny v plánu povodí.

Převody vody představují záměry, na které se v závislosti na parametrech stavby mohou vztahovat požadavky zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (dále EIA). Zatím nebylo dosaženo jednoznačného konsenzu, zda požadavky na parametry plánované stavby vyplývající z vodního zákona popsané výše budou součástí procesu EIA nebo zda posuzování dopadů záměru na stav vodních útvarů bude řešeno samostatně a proces EIA až následně u záměrů, které pod působnost zákona č. 100/2001 Sb. spadají.

Zmírňující opatření, která by měla snížit dopad převodu vody na stav dotčených vodních útvarů, zahrnují především průběžnou kontrolu zachování minimálního zůstatkového průtoku ve zdrojovém vodním toku, revitalizaci nebo renaturaci zdrojového toku v ovlivněném úseku, aby byla zajištěna dostatečná morfologická členitost s úkryty pro organismy, pokud možno průběžný provoz

Identifikovaná potenciální environmentální rizika spojená s převody vody:

- zhoršení jakosti vody ve zdrojovém vodním toku v úseku pod odběrem pro převod v souvislosti s dlouhodobým snížením vodnosti a snížením ředící kapacity toku,
- zhoršení migrační prostupnosti v ochuzeném úseku toku během málovodných období a zvýšení zranitelnosti zdrojového toku vůči suchu,
- změna chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů jakosti v dotovaném toku nebo nádrži, která může nepříznivě ovlivnit stávající oživení,
- nepřírozené kolísání průtoků v dotčených vodních tocích v souvislosti s převodem vody, zvýšené kolísání hladiny vody v dotčených nádržích, a tím nepříznivé ovlivnění břehových a litorálních společenstev, nepříznivé ovlivnění jakosti vody vlivem břehové eroze,
- riziko rozšíření invazivních druhů do nově propojených oblastí,
- zhoršení jakosti převáděné vody v přivaděči podél trasy převodu vlivem průsaků z vnějšího prostředí nebo vlivem stagnace vody v systému a následného proplachu při vyšším průtoku,
- ovlivnění splaveninového režimu dotčených vodních toků,
- ovlivnění hladin podzemní vody a charakteru jejího proudění v souvislosti se změnou hydrologického režimu v dotčené oblasti a v souvislosti s výstavbou,
- nepříznivý vliv na jakost vody v dotčených vodních útvarech během výstavby.

Box 1. Identifikovaná potenciální environmentální rizika spojená s převody vody

převodu vody, aby bylo eliminováno významné nepřírozené kolísání hladin v dotčených útvarech, navržení odběrného objektu s ohledem na zachování podélné prostupnosti koryta aj. Jakost převáděné vody by neměla představovat riziko pro organismy žijící v dotovaném vodním útvaru. Je vhodné zajistit odstranění hrubých nečistot, vyrovnání teploty převáděné vody a oxyličení (viz box 2) a další. Vhodně navržená zmírňující opatření mohou eliminovat nutnost uplatnění výjimky z cílů ochrany vod pro daný záměr. Pro zajištění datových podkladů pro studie dopadů záměru na stav dotčených vodních útvarů a na životní prostředí obecně doporučujeme zavedení účelového monitoringu ukazatelů chemických a biologických složek stavu dotčených vodních útvarů a monitoring průtoků v propojovaných profilech již ve fázi předprojektové přípravy.

Požadavek na uplatnění výjimky pro daný záměr uvádí správce povodí ve svém stanovisku správce povodí (podle § 54 odst. 4 vodního zákona). Základní postup pro udělování výjimek z dosažení cílů ochrany vod je popsán v metodickém pokynu Ministerstva zemědělství ČR č. j.: 20380/2016-MZE-15120 k posouzení možnosti vlivu záměru na stav dotčeného vodního útvaru při vydávání povolení, souhlasů a závazných stanovisek vodoprávních úřadů. Na základě ustanovení § 106 odst. 1 vodního zákona je k řízení o udělení výjimky příslušný vodoprávní úřad obecního úřadu obce s rozšířenou působností, vyjma záměrů uvedených v ustanovení § 107 vodního zákona, pro které je k udělení výjimky příslušný krajský úřad. Podrobná metodika pro posuzování dopadů plánovaného opatření na stav vodních útvarů a pro rozhodování o udělení výjimky podle § 23a vodního zákona zatím není k dispozici. V této oblasti teprve podpůrné dokumenty vznikají (a to jak na úrovni Evropské komise, tak na národní úrovni).

Obecně platná zmírňující opatření pro snížení nepříznivých dopadů převodů vody:

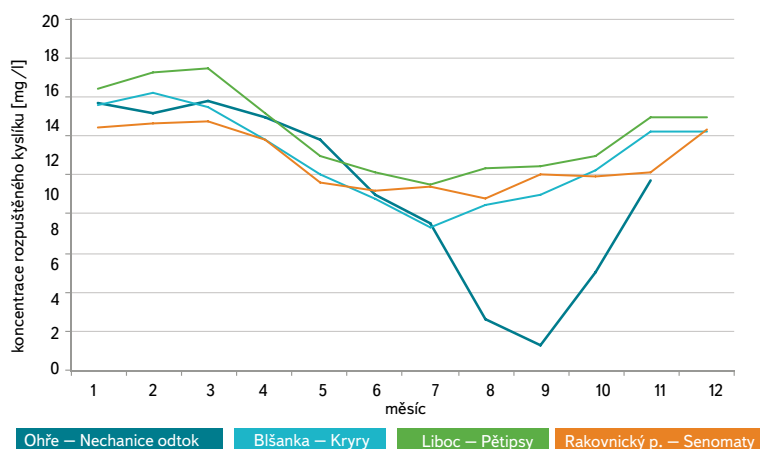
- ochrana jakosti převáděné vody po délce trasy převodu před potenciální kontaminací průsaky z okolního prostředí a případně opatření pro omezení nepříznivých procesů spojených se stagnací vody v přivaděči u tlakových systémů,
- zachování minimálního zůstatkového průtoku ve zdrojovém vodním toku,
- kontrola výskytu invazivních a nepůvodních druhů organismů v propojovaných vodních útvarech,
- zachování nebo opětovné vytvoření (např. revitalizací, renaturací) dostatečné morfologické členitosti dotčených úseků vodních toků (tůň, meandrů aj.) – míst pro úkryt, odpočinek a rozmnožování živočichů a podmínek pro přirozený vývoj koryta, který k takové členitosti vede,
- zachování podmínek pro přirozené břehové porosty – při poklesu hladiny a obnažení břehů mohou břehové pásy zarůstat náletovou či ruderalní vegetací včetně invazivních druhů rostlin,
- operativní řízení odběru vody v závislosti na aktuálním průtoku ve zdrojovém vodním útvaru (vodním toku nebo nádrži) a v závislosti na požadovaném užívání vody v dotovaném vodním útvaru, opatření může být zakotveno v manipulačním řádu stavby a technicky umožněno automatickým uzávěrem na odběrném objektu,
- úprava jakosti převáděné vody před vypuštěním do dotovaného vodního útvaru – odstranění plavenin, sedimentace hrubého znečištění v ukliďovacím nátokovém objektu, provzdušnění, úprava teplotního režimu v nádrži,
- odběrný objekt a zaústění převodu je třeba navrhovat s ohledem na hydromorfologii propojovaných toků tak, aby nebyla ohrožena stabilita břehů a dna koryta, nesmí představovat příčnou překážku v toku omezující podélnou prostupnost vodního toku.

Box 2. Zmírňující opatření pro snížení nepříznivých dopadů převodů vody

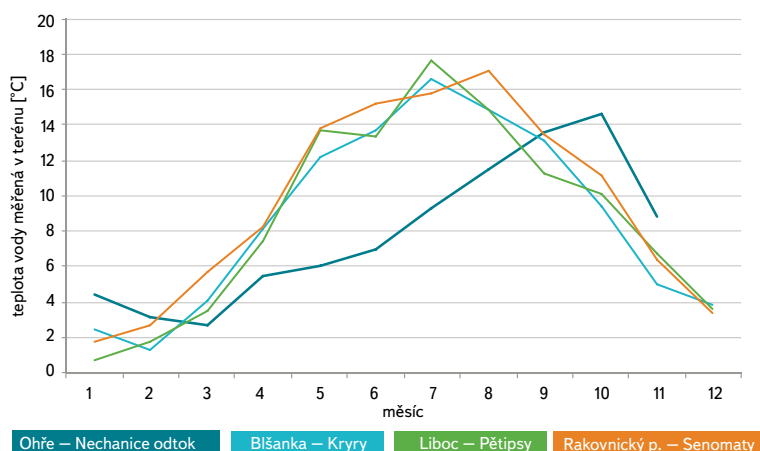
Zde je vhodné podotknout, že systematické nadlepšování průtoků v období sucha pro zlepšení hydrologických poměrů vodních útvarů původně neovlivněných vodních toků není vhodným argumentem pro zdůvodňování nových fyzikálních změn na útvarech povrchových vod. V kontextu přípravy opatření pro zvládání sucha a nedostatku vody je dobré vzít v úvahu, že Rámcová směrnice pro vodní politiku umožňuje uplatnění výjimky z dosažení environmentálních cílů v případech, které byly zapříčiněny okolnostmi přírodní povahy nebo vyšší mocí, které jsou výjimečné a které nemohly být rozumně předpovídané, jako v případě extrémních povodní, deštětravajícího sucha nebo v důsledku havárií (článek 4.6 Rámcové směrnice o vodní politice). Na druhou stranu by však institut výjimky neměl sloužit jako všeobecný argument pro neplnění cílů ochrany vod.

POTENCIÁLNÍ DOPADY NOVÝCH PŘEVODŮ VODY NA STÁVAJÍCÍ INFRASTRUKTURU

Při přípravě záměru na nový převod vody je třeba vzít v úvahu potenciální dopady změny hydrologického režimu na stávající infrastrukturu a povolená nakládání s vodami. Převod vody může představovat pro zdrojový vodní tok významný odběr, který mění hydrologické podmínky v úseku pod odběrným objektem pro převod. Minimální zůstatkový průtok pod místem převodu musí



Obr. 1. Porovnání koncentrací rozpuštěného kyslíku v jednotlivých měsících za období 2010–2015 (v profilu na Ohři pod Nechanicemi v září bylo k dispozici pouze jedno pozorování) (zdroj: ČHMÚ, IS ARROW)



Obr. 2. Porovnání teplotního režimu ve zdrojovém a v dotovaných útvarech povrchových vod za období 2010–2015 (zdroj: ČHMÚ, IS ARROW)

být stanoven tak, aby byly zohledněny povolené odběry v dotčeném úseku a zároveň aby byly zajištěny požadavky na obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku. Změna vodnosti toků nebo změna úrovně hladiny vody v nádržích dotčených převodem může změnit podmínky pro provoz instalovaných vodních elektrárn.

U povolených vypouštění odpadních vod je nutno posoudit potenciální dopad na plnění povolených emisních limitů, které jsou na základě tzv. kombinovaného přístupu odvislé od ukazatelů jakosti vody v recipientu. Tyto hodnoty se však mohou v souvislosti se změnou hydrologického režimu změnit.

Při hodnocení dopadů plánovaného záměru je třeba vzít v úvahu, zda jsou v dotčených úsecích vodních toků vymezeny oblasti se specifickými požadavky na jakost vody z důvodů ochrany vodních zdrojů. Jedná se o ochranná pásma vodních zdrojů, zranitelné oblasti, povrchové vody využívané ke koupání – tzv. koupací vody – a oblasti zajišťující podporu života ryb – tzv. rybne vody.

USPOŘÁDÁNÍ PRÁV, POVINNOSTÍ A POPLATKŮ PŘI PŘEVÁDĚNÍ VODY

Připravované projekty převodů vody zpravidla vedou jednak k zajišťování obecného nakládání s vodami a dále zabezpečují vodu pro další hospodářské využití. Poměrně složitým aspektem budování převodů vody je budoucí uspořádání práv a povinností provozovatele nově vybudovaného systému vůči budoucím odběratelům a vůči životnímu prostředí a nastavení struktury a výše plateb za odebrané množství převáděné vody v případě jejího hospodářského využití. Parametry smluvních uspořádání mezi provozovatelem a odběrateli úzce souvisí s výsledným technickým řešením připravované infrastruktury. Jedná se o načasování, velikost a spolehlivost dodávky vody. Při rozhodování o nastavení těchto parametrů hraje klíčovou roli míra rizika, kterou je budoucí odběratel ochoten akceptovat a jaký charakter bude jeho odběr mít, zda bude odebrat až v okamžiku, kdy jeho vlastní zdroje jsou již vyčerpány a bude tedy požadovat nárazové pokrytí celé své potřeby, nebo zda bude odebrat průběžně menší množství vody i za cenu většího celkového množství převedené vody. Až na základě těchto informací je možno přistoupit k dimenzování stavby a k odhadování investičních a provozních nákladů a následně k ceně převáděné vody. Ve své podstatě se jedná o iterativní proces, kdy je hledáno řešení přijatelné pro všechny smluvní strany. Obecně platí, že čím větší je ochota odběratele nést riziko, tím nižší jsou náklady na stavbu a provoz infrastruktury a naopak [4]. Nastavení smluvních požadavků a parametrů infrastruktury je možno optimalizovat s využitím modelu vodohospodářské soustavy pro proměnné hydrologické podmínky.

PŘEVOD VODY Z NÁDRŽE NECHRANICE DO POVODÍ RAKOVNICKÉHO POTOKA

Z připravovaných záměrů na výstavbu převodů vody je dále diskutován záměr na výstavbu převodu vody z nádrže Nechanice do povodí vodních toků Blšanka, Liboc, Rakovnický potok, Hasina a Smolenský potok. Jedná se o region, který je dlouhodobě zranitelný vůči suchu a nedostatku vody zejména pro zemědělství. Pro daný záměr byla v roce 2016 vypracována studie proveditelnosti [5].

Záměrem převodu vody je zajistit dostatečný průtok v dotovaných tocích pro obecné nakládání s vodami a pro zemědělskou závlahu. Vzhledem k rozdílnému kyslíkovému a teplotnímu režimu v plánovaném odběrném profilu pod nádrží Nechanice a v dotovaných vodních tocích (viz obr. 1 a 2) však bude nutné převáděnou vodu vypouštět do stávajících nebo za tímto účelem nově zrealizovaných nádrží. Studie proveditelnosti navrhuje zaústění přivaděče do nádrže Vidhostice na Mlýneckém potoce (zásobní prostor 861 tis. m³), který je levostranným přítokem Blšanky, a v povodí Rakovnického potoka je uvažováno variantně buď se zaústěním převodu do Velkého Jeseníckého rybníka (zásobní prostor 606 tis. m³), nebo do nově připravované nádrže Senomaty (zásobní prostor nádrže 539 tis. m³). Stávající návrh parametrů potrubí byl dimenzován na pokrytí nedostatkového průtoku s pravděpodobností překročení 95 % stanoveného z rozdílu průtoků modelovaných pro výhledové období 2071–2100 a součtu minimálního zůstatkového průtoku stanoveného k uzávěrovému profilu dotovaných vodních toků a požadavků na odběry vody pro závlahy chmelnic. Při výpočtech nebylo uvažováno s akumulací vody v nádržích. Takové řešení však vede k neúměrně velké dimenzi potrubí, technologií a následně investičním a provozním nákladům. Potenciální problém by mohla představovat jakost převáděné vody. Jakost vody odebrané z nádrže Nechanice by se následkem stagnace v tlakovém systému mohla výrazně zhoršit, minimálně hrozí kolísání ukazatelů jakosti v souvislosti se změnami průtoku.

Pro další fázi přípravy projektu doporučujeme přehodnocení minimálních zůstatkových průtoků uvažovaných při dimenzování stavby. Tyto hodnoty by měly odpovídat požadavkům a limitům ekosystémů v úsecích ovlivněných



Obr. 3. Malá montovaná závlahová nádrž realizovaná přímo v místě odběru vody pro závlahu (fotografie: Josef Ježek, Chmelařský institut, s. r. o.)

nadlepšováním z přivaděče. Návrh by měl počítat s efektivním zapojením akumulace v nádržích v rámci budované vodohospodářské soustavy, aby bylo možné zajistit průběžný provoz systému a operativně řídit jeho provoz. Pro zvýšení využitelnosti převáděné vody pro závlahu by bylo vhodnější řešení s uplatněním většího počtu menších závlahových nádrží (viz obr. 3).

ZÁVĚR

Převody vody představují strategické opatření, které má potenciál významně snížit zranitelnost dotovaného území vůči nedostatku vody. Zároveň se však jedná o opatření, které vede k nové trvalé změně fyzikálních poměrů dotčených útvarů povrchových vod, a bude tedy vyžadovat podrobnější posouzení potenciálního vlivu na dosahování cílů ochrany vod v dotčených útvarech, případně splnění podmínek pro získání výjimky z plnění těchto cílů a návrh zmírňujících opatření. S tímto povědomím je třeba přistupovat k zadávání studií proveditelnosti a další projektové dokumentace u tohoto typu opatření. Opatření by mělo být uplatňováno především tam, kde je třeba zajistit dostatečně spolehlivý vodní zdroj pro konkrétní hospodářské využití. Opatření na zajištění stabilního minimálního zůstatkového průtoku pro obecné nakládání s vodami v období sucha by měla mít charakter nikoliv technických infrastrukturních opatření, ale primárně by měla být přijímána opatření v ploše povodí zaměřená na obnovení přirozeného vodního režimu krajiny.

Literatura

- [1] BROŽA, V. Vodohospodářský efekt převodů vody. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2017, roč. 59, č. 3, s. 37–38. ISSN 0322-8916.
- [2] HANEL, M. a kol. *Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., 2011. ISBN 978-80-87402-22-1.
- [3] KINGSFORD, R.T. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia – Review. *Austral Ecology*, 2000, vol. 25, p. 109–127.
- [4] CALDELL, C. and CHARACKLIS, G.W. Impacts of Contract Structure and Risk Aversion on Interutility Water Transfer Agreements. *Journal of water resources planning and management*, 2014, vol. 140, No. 1.
- [5] SWECO HYDROPROJEKT, a. s. a VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA, a. s. Převedení vody z povodí Ohře do povodí Blšanky a Rakovnického potoka – Průvodní a souhrnná technická zpráva. Praha, 2016.

Autoři

Ing. Magdalena Nesládková
✉ magdalena.nesladkova@vuv.cz

Ing. Jiří Šajer
✉ jiri.sajer@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.



Nedivme se, že je sucho

Historické civilizace vyschly, archeologové je nachází pod nánosy písku. Nejstarší velká civilizace byla v Mezopotámii na území dnešní Sýrie mezi řekami Eufrat a Tygris. Záběry ze Sýrie můžeme vidět každý den – je to vyschlá země bez stromů, bez vegetace, bez vody. Jakou chybu udělaly historické civilizace, že vyschly, poučili jsme se?

Nepoučili jsme se, opakujeme jejich chyby v globálním měřítku a za pomoci strojů. Lidé kolonizují lesnatou krajinu s močály, vypalují lesy a zakládají pole a pastviny. Les totiž uživí pouze 1–2 osoby na km². Jak populace roste, přeměňuje les na zemědělskou půdu. Hlavní zemědělské plodiny jsou obilniny a ty vznikly ze stepních rostlin, nesnesou zatopení vodou. Zemědělec proto odvodňuje pole, odvodňuje mokřady, odvodňujeme i města, abychom se zbavili komárů, malárie a nenosili na botách bláto domů. Ideálem pořádku je vydlážděná plocha a krátce sekaný trávník. Krajina postupně vysychá, přehřívá se sluncem, přestávají mlhy, netvoří se rosa, ubývá drobných odpoledních srážek. Jak výpar převládá nad srážkami, člověk přivádí vodu z kopců, racionálně zavlažuje, tj. dává vodu jen plodinám, holá půda se přehřívá, ohřátý vzduch odnáší vodu z krajiny, půda se postupně zasoluje. Vody, které bylo kdysi nadbytek, se nedostává, zemědělství upadá, hlas zemědělců není ve městě vyslyšen, nastává nedostatek a rozklad impéria. Tak popisuje rozvoj a úpadek civilizací archeolog Clive Ponting ve své knize Green History of the World, The Environment and the Collapse of Great Civilizations.

Na území České republiky bylo od roku 1948 do konce 80. let rozoráno na 270 000 ha luka pastvin, 145 000 ha mezi (což odpovídá délce 800 000 km), 120 000 km polních cest, 35 000 hájků, lesíků, remízků a bylo odstraněno na 30 000 km liniové zeleně, více než milion hektarů polí je odvodněno trubkovou drenáží, 14 000 km malých toků bylo napřímeno, zahloubeno a z toho 4 500 km toků bylo zatrubněno. Z naší krajiny zcela zmizela síť drobných toků. Na rozlehlých půdních blocích jezdí dnes vysokou rychlostí velké zemědělské stroje. Půda postupně ztrácí organické látky, nadržuje vodu. Města se rozrostla a voda je svedena do kanalizace.

Za jasného dne ve vegetační sezoně od března do října přichází na metr čtverečný až 1 000 W sluneční energie, na 1 km² tedy přichází 1 GW, což je množství energie srovnatelné s produkcí jednoho bloku Jaderné elektrárny Temelín. Pokud slunce svítí na odvodněné plochy bez vody a vegetace, tak se tyto plochy ohřívají na 50–60 °C, od nich se ohřívá vzduch, který unáší vysoko do atmosféry vodní páru a vysouší okolní stromy i vodní plochy. V lese je v parném létě chládek, protože se stromy ochlazují výparem vody, z lesa stoupá vodní pára jen pomalu vzhůru a voda se může vracet zpět jako drobný déšť poté, co vodní pára kondenzuje odpoledne a v noci zpět na vodu kapalnou. Nic takového se nemůže dít nad rozsáhlým odvodněným polem, betonovými povrchy parkovišť a rozsáhlými halami o povrchové teplotě 50 °C. Když v červenci v České republice sklídíme řepku a obilí, obnaží se na 18 000 km² ploch bez vody a vegetace, které se ohřívají, a teplý vzduch, který z nich stoupá, představuje energii 4 000–6 000 GW. Takový sloupec horkého vzduchu brání přísunu vlhkosti od Atlantiku a rozpouští případnou oblačnost. Sedláci říkali „na suché pole neprší“, sedláci téměř vymřeli a o klimatu a o vodě se jedná v klimatizovaných místnostech a více se dá na modely než na zkušenost hospodáře v krajině.

Na jednání poradního sboru Koncepte na ochranu před následky sucha pro území České republiky prosazovali přítomní odborníci protichůdné názory, například: „rybníky nebudeme stavět, protože se z nich odpařuje mnoho vody v teplém letním počasí, z mokřadů se také odpařuje mnoho vody, a proto je nebudeme obnovovat. Z polí bez vegetace se voda nemůže odpařovat, protože tam není, tudíž suché plochy šetří vodu.“ Jiní tvrdí: „úhyn lesa na Šumavě nemohl snížit vodnost pramenů Vltavy, protože je přeci zřejmé, že suchý les odpaří méně vody nežli les živý.“ Jiní vědci kategoricky tvrdí: „les je tmavý a otepluje planetu, protože absorbuje více sluneční energie než světlé pole.“ Další doporučují barvit plochy bíle, aby více odrážely světlo. Na vysvětlenou dodávám: z rybníků a mokřadů se vypařuje více

vody proto, že ji odebírá suchý vzduch z odvodněných přehřátých ploch. Mokřady, podobně jako lesy, si udržují nízkou teplotu pod 30 °C, vzduch nasycený vodou z nich stoupá pomalu vzhůru a voda se může vracet v podobě drobného deště, rosy a mlhy. Mlha a oblačnost tlumí příkon sluneční energie a zabraňuje vzniku ranních mrazů. Ještě v 70. letech bývala brzy ráno i v létě hustá mlha od Veselí nad Lužnicí do Sezimova Ústí, srážela se nad blaty, nad mokřými loukami. Vzrostlý les na Šumavě vyčesával několik set mm horizontálních srážek ročně, uschlý les to nedokáže, naopak urychluje ztráty vody.

Současná klimatická věda se soustředila na zabránění vzrůstu průměrné globální teploty, který je údajně způsoben zvýšenou koncentrací skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, metan a oxidy dusíku. Obáváme se vzrůstu průměrné teploty a přitom častěji zmraznou meruňky, broskve a na jihu Čech i borůvky. Problém je v odvodnění a nedostatku vody způsobeném dlouholetým špatným hospodařením v krajině. Ve východní Africe klesla za posledních 50 let plocha lesa z 60 % na 2 %. Z lesů stoupal vlhký vzduch do vysokých hor a tam přirůstal ledovec, dnes ledovec odtává následkem přísunu ohřátého vzduchu z odvodněných a odlesněných nížin. Španělsko ztratilo vodu poté, co byly vykáceny lesy na stavbu lodí. Kolumbus, když připlul k Jamajce, zapsal: „každý den odpoledne zde prší, tak tomu bývalo na ostrovech u Španělska, než jsme vykáceli lesy.“ Na území USA bylo od příchodu Evropanů odvodněno na 46 milionů hektarů mokřadů a nahrazeno zemědělskými plodinami, vzduch se na takové ploše ohřívá energií 175 000 GW, vytváří se tepelné rozdíly, kterými jsou poháněna tornáda a teplý vzduch se přesouvá i nad oceán.

Pod každým metrem čtverečním půdy chybí u nás několik set litrů vody, ta je v oceánu. Náprava je možná jedině soustavným zadržováním vody v krajině na plochách, na půdních blocích a podporou trvalé vegetace. Zemědělská produkce klesnout nemusí, zemědělská produkce klesá následkem sucha. Nejsušší oblasti jsou právě tam, kde je odvodněná zemědělská půda, to platí i pro Slovensko a území východního Německa. Potřebujeme zadržet dešťovou vodu a ochladit území výparem vody přes vegetaci, potom se bude voda do chladné krajiny vracet. Suchá území dále vysychají, naopak krajina ochlazovaná vegetací přitahuje dešťové srážky. Veřejnost musí žádat od vědců jasná vysvětlení a vědci by se měli zodpovídat z toho, co hlásají. Zatím vysycháme a opakujeme chyby předchozích civilizací.

Začátkem června jsme byli v Turkmenistánu na konferenci států Střední Asie o vodě a klimatu. Aralské jezero vyschlo a prohlubuje se nedostatek vody v celé oblasti. Oblaha je zde bez mraků mírně zastíněna všude přítomným drobným prachem z písku. Naměřili jsme příkon slunečního záření do 800 W.m⁻², tedy méně než u nás za jasného dne. Teplota v Ašchabádu a okolí byla ovšem nad 35 °C, tedy vyšší než u nás. Teplotu zvedají odlesněné okolní svahy kopců a hor vyhřáté na 60 °C, z těch přichází horký vzduch a přehřáté plochy sálají do svého okolí. V okolí Ašchabádu vysazují stromy na úctyhodné ploše 2 500 km² ve snaze vrátit vodu a snížit prašnost. U každého stromku je hadička přivádějící závlahovou vodu.

U nás zatím necháváme les schnout s tím, že to nemá vliv na hydrologii území. Odstraňujeme stromy a travnaté plochy ve městech, zrychlujeme odtok vody. Zemědělská pole jsou kryta rostoucí vegetací jen několik měsíců v roce. Opakujeme chyby starých civilizací, nedivme se, že je sucho občas přerušeno přívalem deštěm, vždyť krajinu i města přeměňujeme systematicky ve step, místy v poušť.

Autor

doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc.
ENKI, o. p. s.

Varovný systém pro pražskou vodárenskou soustavu před znečištěním mikropolutanty

Lékaři s trochou nadsázky tvrdí, že zdravý člověk neexistuje, setkat se lze pouze s pacientem špatně vyšetřeným. Toto tvrzení lze aplikovat i na pitnou a odpadní vodu. Ještě před několika lety oba tyto typy vody splňovaly většinu všech kritérií, které předpokládá dnešní česká i evropská legislativa. Tak je tomu i nyní, protože právní předpisy vycházely z laboratorních postupů, které celou řadu látek neuměly stanovit s dostatečnou citlivostí. Velmi rychlý rozvoj analytických laboratorních metod však nyní odhaluje ve vodách řadu látek, o jejichž existenci ve vodním prostředí jsme neměli tušení. Pro tuto velmi pestrou skupinu látek se začala používat zkratka PPCP (Pharmaceuticals and Personal Care Products). Jedná se např. o léčiva, která se dostávají do odpadních vod z kanalizace. Současné čistírenské technologie jsou často málo účinné, v krajním případě na některé látky vůbec nereagují. V rámci monitoringu projektu AQUARIUS na pilotní lokalitě Horní Beřkovic se pod mechanicko-biologickou čistírnou odpadních vod v letech 2015–2016 systematicky objevoval hydrochlorothiazid, sulfamethoxazol, sulfapyridin, sulfanilamid, karbamazepin, včetně jeho metabolitu carbamazepine-10,11-epoxide [1, 2]. Tyto látky byly registrovány ve velmi nízkých koncentracích řádově v desítkách až stovkách nanogramů na litr (pouze karbamazepin, gabapentin a hydrochlorothiazid byly analyzovány v koncentracích řádově v mikrogramech na litr). Podobné výsledky byly registrovány i na košenových čistírnách odpadních vod v povodí vodárenské nádrže Želivka [3–5].

Tyto zkušenosti vedly k formulaci projektu Varovný systém pro pražskou vodárenskou soustavu před znečištěním mikropolutanty včetně softwaru pro predikci průtoků a koncentrací PPCP, který je v průběhu let 2017–2018 v rámci projektu Pól růstu I. realizován pracovníky VÚV TGM, v. v. i.

Jeho cílem je na pražských vodárnách Káraný a Želivka kvantifikovat obsahy 46 sledovaných farmak a jejich derivátů od zdroje surové vody až po celý proces výroby. Pro vodárnu v Podolí, která je v současné době v záložním režimu, jsou sledovány pouze časové změny obsahů farmak v surové vodě. Systém monitoringu je postaven na sledování PPCP v měsíčních intervalech na 5 profilech Jizery v prostoru mezi Mladou Boleslaví a Káraným a na 7 měrných profilech přítoků do vodárenské nádrže Želivka. Dále je sledována kvalita vody po čištění v rámci technologie břehové infiltrace a klasické infiltrace pomocí van v Káraném a po aplikaci tradičních čistírenských postupů na Želivce. V období nízkých vodních stavů v letních měsících je frekvence sledování zkrácena na polovinu.

Získaná dvouletá řada dat umožní posoudit časové změny sledovaných farmak v surové vodě, a to v závislosti na průtoku, a dále stanovit efektivitu jejich odstraňování na jednotlivých pražských vodárnách. Jedním z nejvýznamnějších výstupů projektu je na základě poznatků z popsaného monitoringu nastavit mechanismy kontroly farmak v zdrojové povrchové vodě při různých hydrologických situacích. Z předchozích projektů totiž jasně vyplývá zvyšující se koncentrace mikropolutantů v souvislosti se snižujícím se průtokem. Zatímco zdroj PPCP, kterým jsou čistírny odpadních vod, má víceméně konstantní výkon, ředící schopnost vodních toků v letních měsících většinou rychle klesá. Kvalitativní i kvantitativní data monitoringu proto umožní vývoj varovného systému, který je založený na modelování hydrologické bilance a odpovídajících koncentrací farmak.

Literatura

- [1] ROZMAN, D., HRKAL, Z., ECKHARDT, P., NOVOTNÁ, E., and BOUKALOVÁ, Z. Pharmaceuticals in groundwaters: a case study of the psychiatric hospital at Horní Beřkovic, Czech Republic. *Environmental Earth Sciences*, 2014, vol. 73, No. 7, p. 3775–3785. ISSN 1866-6280.
- [2] ROZMAN, D., HRKAL, Z., VÁŇA, M., VYMAZAL, J., and BOUKALOVÁ, Z. Occurrence of Pharmaceuticals in Wastewater and Their Interaction with Shallow Aquifers: A Case Study of Horní Beřkovic, Czech Republic. *Water*, 2017, vol. 9, No. 3, p. 218. ISSN 2073-4441.
- [3] CHENA, Y., VYMAZAL, J., BŘEZINOVÁ, T., et al. Occurrence, removal and environmental risk assessment of pharmaceuticals and personal care products in rural wastewater treatment wetlands. *Science of The Total Environment*, 2016, vol. 566–567, p. 1660–1669.
- [4] VYMAZAL, J. and DVOŘÁKOVÁ BŘEZINOVÁ, T. Removal of saccharin from municipal sewage: The first result from constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal*, 2016, Vol. 306, p. 1067–1070. ISSN 1385-8947.
- [5] VYMAZAL, J., DVOŘÁKOVÁ BŘEZINOVÁ, T., KOŽELUH, M., and KULE, L. Occurrence and removal of pharmaceuticals in four full-scale constructed wetlands in the Czech Republic—The first year of monitoring. *Ecological Engineering*, 2017, 98, p. 354–364. ISSN 0925-8574.

Autoři

Ing. Anna Hrabánková

✉ anna.hrabankova@vuv.cz

RNDr. Josef Vojtěch Datel, Ph.D.

✉ josef.datel@vuv.cz

doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

✉ zbynek.hrkal@vuv.cz

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

✉ adam.vizina@vuv.cz

Ing. Pavel Balvín

✉ pavel.balvin@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.

VTEI/2017/4

Od roku 1959

**VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE**
**WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION**

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství.
Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 59



VTEI.cz

Vydává: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

Redakční rada:

Mgr. Mark Rieder (šéfredaktor), RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D.,
RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriateľ,
Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Josef Nistler,
Ing. Jana Poárová, Ph.D., RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma

Vědecká rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník,
Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Výkonný redaktor:

Lenka Jeřábková
T: +420 220 197 465
E: lenka.jerabkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s. r. o., www.abalon.cz

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v říjnu.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365



HISTORICKÉ MINIMUM VODY V NÁDRŽI ORLÍK

Následkem letního a podzimního sucha byla hladina vltavské vody údolní nádrže Orlík počátkem října 2015 přibližně o 12 metrů níže, než je obvyklé. Obnažené břehy u Vystrkova jsou pohledem na jednu z nejnižších hodnot od zprovoznění nádrže v 60. letech minulého století.

Text a fotografii dodal Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz