



## **Metodika pro navrhování adaptačních opatření k eliminaci dopadů nedostatku vody**

**Adam Beran, Ladislav Kašpárek, Adam Vizina, Petr Vyskoč  
a kolektiv**





# **Metodika pro navrhování adaptačních opatření k eliminaci dopadů nedostatku vody**

**Certifikovaná metodika**

**Adam Beran, Ladislav Kašpárek, Adam Vizina, Petr Vyskoč  
a kolektiv**

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

Praha 2019

**Autoři:**

Ing. Adam Beran, Ing. Ladislav Kašpárek, CSc., Ing. Adam Vizina, Ph.D.,  
Ing. Petr Vyskoč, Ing. Václav Svejkovský, Ing. Tomáš Pail,  
RNDr. Pavel Poledníček, Ing. Magdalena Nesládková

**Lektoři:**

Ing. Jaroslav Beneš  
RNDr. Pavel Punčochář

**Vědecká redakce:**

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

**Osvědčení o schválení (certifikaci) metodiky č. 12894/2019-MZE-15112 vydáno dne 6. 3. 2019 Ministerstvem zemědělství.**

**Dedikace**

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu QJ1520318 Zajištění dostupnosti vodních zdrojů ve vybraných oblastech Karlovarského kraje, financován Ministerstvem zemědělství ČR.

© Adam Beran a kol., 2019

ISBN 978-80-87402-70-2 (brož.)

ISBN 978-80-87402-71-9 (on-line, pdf)

# Obsah

<b>1. Cíl metodiky .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Popis metodiky .....</b>	<b>5</b>
2.1. Definování požadavků na využití vodních zdrojů .....	6
2.2. Stanovení dostupnosti vodních zdrojů.....	7
2.2.1 Zřízení monitoringu povrchových vod v zájmových oblastech .....	9
2.2.2 Ochranná pásma zdrojů povrchových a podzemních vod pro hromadné zásobování obyvatelstva pitnou vodou .....	9
2.3. Modelování vodohospodářské bilance.....	10
2.3.1 Modelování zásobní funkce vodohospodářských soustav.....	10
2.3.2 Vyhodnocení zabezpečení požadavků na zdroje .....	13
2.3.3 Zajištění minimálních zůstatkových průtoků a stupeň ovlivnění hydrologického režimu .....	14
2.3.4 Nejistoty vyhodnocení .....	14
2.3.5 Specifikace požadavků na odběry vody .....	14
2.3.6 Množství vypouštěných vod a srážkové vody .....	15
2.3.7 Vliv odběrů podzemní vody na povrchové vody.....	16
2.3.8 Podrobnost řešení .....	16
2.4. Výběr adaptačních opatření.....	17
2.4.1 Hodnocení účinnosti jednotlivých opatření.....	17
<b>3. Srovnání novosti postupů.....</b>	<b>20</b>
<b>4. Popis uplatnění certifikované metodiky .....</b>	<b>21</b>
<b>5. Ekonomické aspekty .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Seznam použité související literatury.....</b>	<b>23</b>
<b>7. Seznam publikací, které předcházely metodice .....</b>	<b>24</b>
<b>8. Summary .....</b>	<b>27</b>



## 1. Cíl metodiky

Metodika představuje nástroj pro posouzení a doporučení výběru adaptačních opatření ke snížení nepříznivých účinků vlivu záporné vodohospodářské bilance na ploše zájmového území s uvážením očekávaných dopadů klimatických změn. Navržená opatření přispívají ke správnému hospodaření s povrchovými a podzemními vodami, k udržitelnému užívání vody pro zajištění vodohospodářských služeb a ke zlepšování vodních poměrů. Metodika přispívá k zajištění dostatečné efektivity vybraných skupin opatření s ohledem na aktuální hydrologické podmínky i s ohledem na očekávané dopady klimatické změny. Využití sestává z postupného aplikování následujících kroků: definování požadavků na využití vodních zdrojů, stanovení dostupných vodních zdrojů, modelování vodohospodářské bilance a výběr vhodných adaptačních opatření. Jednotlivé kroky jsou popsány níže.

Cílem metodiky je poskytnout ucelený metodický postup pro navrhování adaptačních opatření potřebných při řešení problémů s nedostatkem vodních zdrojů na zájmovém území. Má sloužit zejména pro zaměstnance státních podniků Povodí, také pro krajské vodoprávní úřady.

## 2. Popis metodiky

Navržený metodický postup pro navrhování adaptačních opatření na území se zápornou vodohospodářskou bilancí je v souladu s hlavními dokumenty schválenými vládou ČR. Jedná se zejména o dokumenty: Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR, Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, Metodika pro přípravu Plánů pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody, zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) č. 254/2001 Sb. (v úvahu brána i připravovaná část týkající se sucha a nedostatku vody). Navržené postupy pro zvládání situací nedostatku vody obsažené v metodice by měly sloužit jako podklad pro zpracování navrhovaných opatření obsažených v procesu plánování v oblasti vod podle § 23 vodního zákona. Součástí metodiky je i její příloha – zpráva „Zajištění dostupnosti vodních zdrojů ve vybraných oblastech Karlovarského kraje – Pilotní řešení zájmových oblastí“, ve které jsou postupy uváděné v metodice řešeny na konkrétní pilotní studii pro území Karlovarského kraje. Závěrečná zpráva projektu je dostupná na internetové adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/vodnizdrojkev>, nebo u autorů metodiky.

Metodika poskytuje nástroj pro řešení nedostatku vody, tj. případu, kdy množství disponibilních vodních zdrojů není dostatečné pro uspokojení požadavků společnosti.

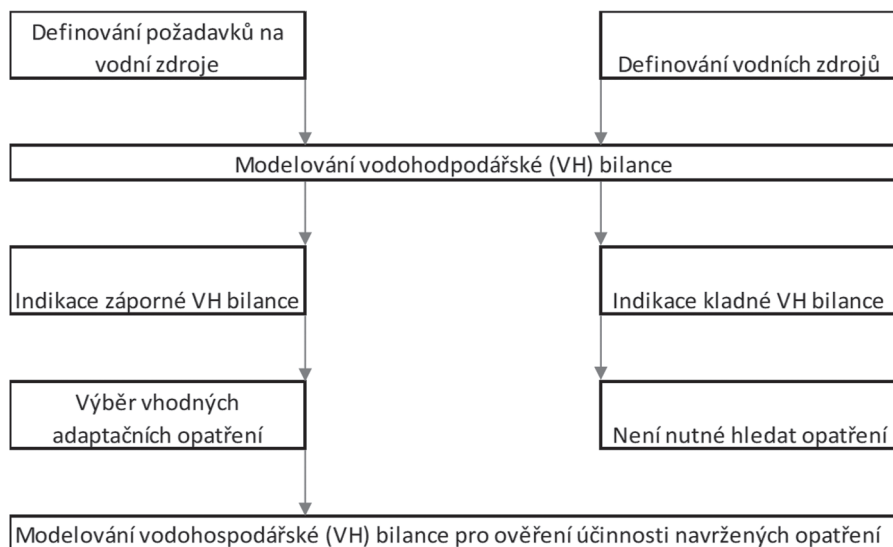
Zájmové území:

Zájmovým územím se rozumí např. hydrologicky uzavřené povodí, území kraje apod. Velikost zájmového území se nedoporučuje menší než 10 km<sup>2</sup>. Na takto malém povodí je sice možné modelovat hydrologickou bilanci, nicméně možnosti takové vodohospodářské soustavy jsou značně omezené. Horní hranice rozlohy je bez omezení.

Časový horizont:

Stanovení hydrologické a vodohospodářské bilance předpokládá analyzování 30letých řad (a delších) pro postihnutí přírodních variabilit hydrologických a klimatických veličin. Modelované řady scénářů je vhodné generovat v rozmezí 10–50 let do budoucna, delší výhledy se nedoporučují vzhledem ke značným nejistotám spojeným s budoucím vývojem klimatu a socioekonomickým vývojem.

Schéma postupu:



## 2.1. Definování požadavků na využití vodních zdrojů

Výběr efektivních adaptačních opatření je řízen požadavky na využití vodních zdrojů, resp. zajištěním vodohospodářských funkcí. Nejdůležitější vodohospodářskou funkcí je zajištění kritické infrastruktury podle předpisů upravujících krizové řízení a dalších provozů poskytujících nezbytné služby, naopak nejméně závažnou vodohospodářskou funkcí je zajištění vodních zdrojů pro rekreační účely.

Jednotlivé požadavky na vodní zdroje je třeba definovat jak pro současnost, tak pro výhledový časový horizont. Požadavky jsou charakterizovány mírou zabezpečení podle příslušných předpisů a charakterem omezení. Požadavky na využití vodních zdrojů by měly být ve formě požadovaných odběrů vod, např. tis. m<sup>3</sup>/měsíc. Kromě množství by měla být uvedena požadovaná míra jejich zabezpečení.

Navržené pořadí důležitosti významu způsobu užití vody (navržené pořadí je vnímáno v souladu s Plány pro zvládnání sucha a stavu nedostatku vody):

- 1) zajištění kritické infrastruktury podle předpisů upravujících krizové řízení a dalších provozů poskytujících nezbytné služby,
- 2) zásobování obyvatelstva pitnou vodou,
- 3) živočišná zemědělská výroba,
- 4) hospodářské využití a ekologická funkce vody,
- 5) ostatní využití.

Priority způsobu využití vody je třeba posuzovat v jednotlivých případech podle konkrétních společenských potřeb, vždy tedy závisí na posouzení konkrétního případu.

## 2.2. Stanovení dostupnosti vodních zdrojů

Podle zákona č. 254/2001 Sb. jsou vodním zdrojem povrchové nebo podzemní vody, které jsou využívány nebo které mohou být využívány pro uspokojení potřeb člověka, zejména pro pitné účely. Povrchové vody jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu a podzemními vodami se rozumí vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami. Při definování dostupných vodních zdrojů se povrchové vody dělí na vodní toky a vodní nádrže, jelikož jejich možné využití má odlišné charakteristiky.

Vhodná délka časových řad charakterizujících vodní toky a vodní nádrže je v ideálním případě 30 let a více.

Pro využití vodního toku jako vodního zdroje jsou důležité tyto charakteristiky (databáze ČHMÚ úsek Hydrologie, případně databáze státních podniků Povodí, při neexistenci vodoměrných stanic je vhodné zavést vlastní monitoring na zájmové lokalitě – v koordinaci s podniky Povodí):

- Průměrný průtok – množství vody, které proteče průtočným profilem vodního toku za časovou jednotku (nejčastěji uváděno v m<sup>3</sup>/s, resp. l/s). Rozlišuje se průměrný denní průtok, měsíční průtok, roční průtok a dlouhodobý průměrný průtok.



- Čáry překročení – grafickou či tabulkovou formou sdělují informaci, kolikrát nebo po jakou dobu byla určitá hodnota znaku v určitém období dosažena nebo překročena. Při charakterizaci vodního toku se jedná o informaci o tom, kolikrát za pozorované období byla v daném místě dosažena, či překročena určitá hodnota průtoku vody. Z funkce překročení průměrných denních průtoků se počítají M-denní průtoky, jež jsou při určování dlouhodobé bilance na určitém území nezbytné.
- Sezonní variabilita průtoku – udává informaci o vodním toku – v jakých ročních obdobích (měsících) se v průtočném profilu vyskytuje více či méně vody (např. zda je vodní tok ovlivněn letním vysycháním, či je významně zasažen jarním táním apod.).
- Minimální zůstatkový průtok – průtok, který je nutno ponechat ve vodním toku v daném profilu nebo úseku pro udržení jeho ekologických funkcí a umožnění obecného nakládání s povrchovými vodami.

Pro využití vodní nádrže jako vodního zdroje jsou důležité tyto charakteristiky (databáze státních podniků Povodí, případně dalších správců/majitelů vodních nádrží):

- zásobní objem – množství vody, které je možné využít jako zdroj vody pro uspokojení potřeb,
- okamžitý objem – zásoba vody, která se během roku podle potřeb a předpovědi počasí mění,
- čára zatopených ploch/čára objemů – průběh závislosti plochy hladiny/objemu vody v nádrži na výšce hladiny v nádrži,
- přítok a odtok do nádrže – pro dlouhodobé možnosti využití zásob vody ve vodní nádrži,
- minimální zůstatkový průtok – průtok, který je nutno ponechat ve vodním toku v daném profilu nebo úseku pro udržení jeho ekologických funkcí a umožnění obecného nakládání s povrchovými vodami.

Pro využití zdrojů podzemních vod jsou důležité tyto charakteristiky (informativní hodnoty lze získat z Klasifikace území ČR z hlediska potřeby hodnocení zdrojů podzemních vod (Herrmann, 2008) a z výsledků projektu Rebilance (k dispozici od ČGS), pro reálné řešení je potřeba zadat samostatnou studii):

- využitelné množství podzemních vod,
- omezující podmínky pro určení minimální hladiny podzemní vody.

Při definování dostupných vodních zdrojů na zájmovém území lze vodní zdroje charakterizovat v denním, měsíčním či ročním kroku. Při výpočtu bilance u velmi malých vodních nádrží či při návrzích převodů vody mezi vodními zdroji je vhodné využít nejpodrobnější denní krok. V ostatních případech postačí jednotlivé charakteristiky vyčíslit v měsíčním kroku, jenž dostatečně postihne sezonní variabilitu povrchových a podzemních zdrojů vody. Vyhodnocení v denním kroku se

však nevylučuje. Charakteristika jednotlivých vodních zdrojů by se měla zaměřit na tři časové roviny, a sice na charakterizování:

- současného stavu – zhodnocení stavu za posledních 30 let pro postihnutí možných variabilit v chodu jednotlivých veličin,
- trendů v pozorování – identifikace a popis pozorovaných trendů v hodnotách sledovaných veličin za celé období pozorování,
- výhledových období – na základě klimatických scénářů namodelovat předpokládaný chod sledovaných veličin ve výhledových časových horizontech; jedná se o střednědobé budoucí časové horizonty (např. 10–50 let).

Součástí stanovení dostupných vodních zdrojů a zároveň součástí procesu navrhování adaptačních opatření je i jejich detailní monitoring, který může sloužit k zpřesnění vstupů pro hydrologické a vodohospodářské modelování. V případě, že se na zájmovém území nacházejí vodárenské nádrže, je vhodné zabývat se navržením ochranných pásem těchto nádrží.

### **2.2.1 Zřízení monitoringu povrchových vod v zájmových oblastech**

Na základě doplnění stávající monitorovací sítě (ČHMÚ, státní podniky Povodí) je možné přesněji vymezit problémové lokality v zájmových oblastech, jež jsou z hlediska celkového systému náchylnější k výskytu období nedostatku vody. Hydrologický monitoring by se měl skládat z měření vodních stavů, vyčíslení průtoků, případně z doplnění srážkoměrné sítě.

### **2.2.2 Ochranná pásma zdrojů povrchových a podzemních vod pro hromadné zásobování obyvatelstva pitnou vodou**

Na základě seznámení se s lokalitou potenciálně ohroženou dopady sucha může být prospěšné provést analýzu současných ochranných pásem zdrojů povrchových a podzemních vod (dále jen OPVZ) a v případě konkrétní potřeby je možné navrhnout rozšíření, případně zavedení OPVZ na zájmové lokalitě. Správně navržená OPVZ dokáží ochránit jak jakost vod, tak mohou pomáhat se zadržováním vody v krajině.

## 2.3. Modelování vodohospodářské bilance

Pro posouzení dostupnosti vodních zdrojů je v Česku využíván institut vodní bilance, konkrétně vodohospodářské bilance množství povrchových a podzemních vod. Obsah a způsob sestavení vodní bilance určuje vyhláška č. 431/2001 Sb., postup zpracování vodohospodářské bilance dále podrobněji specifikuje příslušný metodický pokyn (MZe, 2002). Vodohospodářská bilance je definována ve třech časových úrovních jako bilance (a) minulého kalendářního roku, (b) současného a (c) výhledového stavu. Vzhledem ke stochastickému charakteru přírodních podmínek je využití bilance minulého roku k posouzení dostupnosti vodních zdrojů jen velmi omezené. Určitou indikaci problémových lokalit povrchových vod může poskytovat pouze při vyhodnocení jejich výsledků (bilančních stavů) za delší časové období, a to za předpokladu, že v tomto období nedocházelo k významným změnám v užívání vod a pravidlech regulace odtoku na vodních dílech. Pro vyhodnocení dostupnosti vodních zdrojů z hlediska potřeb na jejich užívání jsou naopak vhodným nástrojem vodohospodářská bilance současného a výhledového stavu. Výstupem vodohospodářské bilance povrchových vod je vyhodnocení bilančních stavů a potažmo identifikace lokalit, které jsou, nebo v budoucnu mohou být z hlediska zajištění potřeb užívání vody problémové (nacházejí se v pasivním nebo napjatém bilančním stavu). Metodický pokyn určuje postupy pro vyhodnocení vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu pouze rámcově. Hodnocení vodohospodářské bilance množství podzemních vod je blíže specifikováno v širším rámci postupů hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod pro potřeby zpracování plánů povodí (Prchalová a kol., 2013). V případě vodohospodářské bilance množství povrchových vod současného a výhledového stavu je potřebné – zejména v případě zajištění požadavků na užívání pomocí vodohospodářských soustav – využít metod modelování. Jako vhodnou metodu lze aplikovat simulační modelování zásobní funkce vodohospodářské soustavy (Vyskoč, Zeman, 2008).

### 2.3.1 Modelování zásobní funkce vodohospodářských soustav

Princip aplikace simulačního modelu zásobní funkce vodohospodářské soustavy lze s určitou mírou zjednodušení popsat takto (Vyskoč, Zeman, 2008):

Na reálném povodí je vymezena vodohospodářská soustava povrchové vody, sestávající z prvků, které charakterizují chování soustavy z hlediska množství povrchových vod. Jedná se o prvky/profilu (a) plnicí funkci regulace odtoku (vodní nádrže a převody vody), (b) s vlivem/požadavkem na zdroje vody (odběry a vypouštění vody, zajištění minimálních průtoků, hladin a dalších aktivit) a (c) plnicí kontrolní funkci (hodnocení vlivu užívání vody na průtokový režim v bilančních profilech). V simulačním modelu je tak reálná soustava reprezentována pouze těmito významnými profilem. Vliv ostatních prvků je k profilům soustavy agregován.

Síť vodních toků je, jako entita propojující prvky vodohospodářské soustavy, do modelu zavedena tzv. průtokovou cestou, určující sled prvků ve směru toku vody. Simulační model simuluje chování soustavy v diskrétních časových krocích na základě znalosti časových řad přirozených průtoků (tj. neovlivněných užíváním vody a regulací průtoku), požadavků užívání vody, technických parametrů prvků soustavy a do modelu zavedených pravidlech hospodaření na vodních dílech. Struktura prvků soustavy a nároků na užívání vody jsou v simulačním modelu považovány za konstantní a chování takto fixované soustavy je v rámci hydrologického podkladu prošetřeno v různých hydrologických situacích. K rozdělování vody ze zdrojů mezi uživatele dochází v každém časovém kroku podle manipulačních pravidel. V terminologii modelování se jedná o aplikaci statického popisného simulačního modelu. Model simuluje zásobní funkci soustavy v průběhu délky hydrologického podkladu. Základem je rovnice vodní nádrže:

$$WK = WZ + OP - O - E \quad (1)$$

při omezení:

$$0 \leq WK \leq V_z \quad (2)$$

kde WK je obsah vody v nádrži na konci časového kroku,  
WZ obsah vody na začátku časového kroku,  
OP ovlivněný přítok vody do nádrže,  
O odtok vody z nádrže,  
E výpar z vodní plochy v nádrži,  
 $V_z$  zásobní objem nádrže,

a rovnice pro stanovení hodnoty ovlivněného přítoku do profilu soustavy:

$$OP = PP + \Delta s + X_s \quad (3)$$

kde OP je přítok do profilu ovlivněný činností vodních nádrží, resp. realizovanými odběry a vypouštěními v povodí nad profilem,  
PP přirozený (neovlivněný) průtok v profilu,  
 $\Delta s$  změna průtoků vlivem nádrží ( $\Delta s = \sum(WZ - WK)$ ),  
 $X_s$  změna průtoků vlivem realizovaných odběrů ODB a vypouštění VYP ( $X_s = \sum VYP - \sum ODB$ ).

Při vlastním výpočtu se v každém profilu soustavy (směrem po průtokové cestě) porovnává požadovaný průtok (obecně jako součet minimálního zůstatkového průtoku a odběru v profilu, resp. množství vody potřebného pro využití) s hodnotou (funkcí soustavy nad profilem ovlivněného) přítoku do profilu. Je-li profil v dosahu aktivního působení zdroje s možností nadlepšení, doplní se případný deficit ze zdroje/zdrojů (nádrží, případně prostřednictvím převodů vody v rámci daných manipulačních pravidel) s případným zavedením jejich spolupráce. V profilech soustavy jsou pak v každém kroku řešení vyhodnocovány aktivity prvků soustavy (obsah vody/hladiny v nádržích, realizované odběry a vypouštění, převáděná množství vody, přirozené a ovlivněné průtoky).

Používání simulačního modelu v měsíčním kroku (pro denní krok jsou nutné denní hodnoty) vyžaduje tato vstupní data:

- údaje o struktuře polohy:
  - identifikace sítě vodních toků,
  - lokalizace jevů/profilů (relevantních z hlediska bilance množství povrchových vod) vzhledem k říční síti;
- hydrologické podklady:
  - časové řady neovlivněných průměrných měsíčních průtoků ve všech profilech, které v modelu reprezentují vodohospodářskou soustavu (výstupy hydrologické bilance ve vodoměrných stanicích a průtoky odvozené hydrologickou analogií),
  - časové řady průměrného měsíčního výparu z volné hladiny vodních nádrží;
- požadavky užívání vody, tj.:
  - měsíční hodnoty odběrů povrchových vod,
  - měsíční hodnoty vypouštění do povrchových vod,
  - měsíční hodnoty odběrů podzemních vod,
  - požadavky na režim hladin/průtoků (energie, plavba, rekreace apod.);
- požadavky na zachování minimálních průtoků, resp. na režim průtoků;
- technické parametry objektů v profilech soustavy:
  - rozdělení objemů vodních nádrží,
  - charakteristiky vodních nádrží (čáry zatopených ploch a objemů),
  - technické capacity převodů vody;
- manipulační pravidla pro regulaci průtoku nádržemi a převody vody:
  - pravidla hospodaření s vodou v zásobním prostoru vodních nádrží.

Při plnění vstupních dat simulačního modelu lze využít následující datové zdroje:

- evidence vedené podle vyhlášky č. 252/2013 Sb., jako součást informačního systému veřejné správy, a to konkrétně:
  - evidence vodních toků,
  - evidence hydrogeologických rajonů,
  - evidence vodních nádrží,
  - evidence množství povrchových vod,
  - evidence odběrů povrchových vod,
  - evidence odběrů podzemních vod,
  - evidence vypouštění odpadních vod,
  - evidence vypouštění důlních vod,
  - evidence akumulace povrchových vod ve vodních nádržích;
- manipulační řady vodních nádrží;
- ohlašované údaje pro sestavení vodní bilance podle vyhlášky č. 431/2001 Sb.;
- vodoprávní rozhodnutí;
- evidence vodních toků a hydrologických povodí vedená v Digitální bázi vodohospodářských dat (DIBAVOD), zejména geografická vrstva hydrologických úseků vodních toků;
- Majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací vedené podle vyhlášky č. 428/2001 Sb.;
- Plány rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů ČR (PRVKÚK), případně další koncepční materiály rozvoje krajů.

### **2.3.2 Vyhodnocení zabezpečení požadavků na zdroje**

Simulačním modelem vytvořené časové řady aktivit lze následně statisticky vyhodnotit, tj. např. určit pravděpodobnost zabezpečení požadavků na užívání vody a minimálních průtoků, pravděpodobnosti překročení hladin vody v nádržích, čáry překročení průměrných měsíčních průtoků apod. Pro posouzení míry zajištění požadavků na užívání vody (odběrů, minimálních průtoků) a následné určení bilančních stavů lze aplikovat charakteristiky a kritéria uvedená v ČSN 75 2405, tj. jako určující charakteristiku vyhodnotit simulovanou zabezpečení podle trvání a porovnat ji s požadovanou hodnotou určenou podle významnosti požadavku na užívání.

### 2.3.3 Zajištění minimálních zůstatkových průtoků a stupeň ovlivnění hydrologického režimu

Užívání vod ovlivňuje, resp. je limitováno požadavky na zachování ekologické funkce vod a obecného nakládání s vodami, tj. požadavky na zachování minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích a hladin podzemních vod a obecněji potom požadavky na zachování či dosažení dobrého ekologického stavu nebo potenciálu povrchových vod a dobrého kvantitativního stavu podzemních vod (směrnice 2000/60/ES). Součástí vyhodnocení dostupnosti vodních zdrojů by proto mělo být i posouzení zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků (vyhodnocení zabezpečení podle trvání) a vyhodnocení dopadu užívání vod na přirozený hydrologický režim. Pro potřeby zpracování plánů povodí je specifikován pracovní postup určení významných vlivů na hydromorfologii, jehož součástí je i vyhodnocení stupně ovlivnění přirozeného hydrologického režimu (Koženíš a kol., 2018). Postup vychází z ČSN EN 15 843 a je založen na porovnání přirozených a užíváním vody ovlivněných průtoků.

Uvedený postup simulačního modelování a vyhodnocení vodohospodářské bilance množství povrchových vod lze aplikovat při bilanci současného (tj. hodnocení současných požadavků na užívání vod při stávajících kapacitách vodních zdrojů a manipulačních pravidlech a stávajících hydrologických podmínkách) i výhledového stavu (tj. pro výhledové požadavky na užívání vod a při možných změnách hydrologických podmínek, např. v důsledku klimatické změny), včetně vyhodnocení možných efektů opatření (úpravy požadavků na užívání, úpravy manipulačních pravidel, rozšíření retenčních kapacit apod. – viz dále) v rizikových (bilančně pasivních či napjatých) lokalitách.

### 2.3.4 Nejistoty vyhodnocení

Pro aplikaci bilančních postupů je v Česku vytvořena rozsáhlá datová základna vedená na celostátní nebo regionální úrovni. Před jejím využitím je nicméně účelné vstupní data podrobněji analyzovat (vzhledem k jejich reprezentativnosti), aby byla vyhodnocena a případně i snížena (pokud jsou k dispozici podrobnější údaje) případná míra nejistot hodnocení (zejména v bilančně napjatých lokalitách). Analýza dat je účelná v následujících dílčích oblastech:

### 2.3.5 Specifikace požadavků na odběry vody

Bilance zdrojů a potřeb vody vyžaduje kvantifikaci požadavků na užívání vodních zdrojů, zejména odběry vody. Evidence odběrů povrchových a podzemních vod vedená pro potřeby vodní bilance podle příslušné vyhlášky č. 431/2001 Sb., obsahuje údaje o skutečných odběrech vody v měsíčním kroku a o hodnotách povoleného množství odběru. Skutečné odběry vody nicméně nemusí dostatečně přesně reprezentovat současné požadavky na odběry: odebrané množství se

může měnit v závislosti na mnoha faktorech souvisejících např. s provozem průmyslových podniků (odstávky provozu apod.) nebo výskytem sucha (omezení odběrů v důsledku nedostatku vody ve vodních zdrojích, zvýšené nároky na odběry pro závlahy v důsledku nedostatku vody v půdě apod.). Problém s určením požadavků na odběry a příslušných zdrojů může nastávat rovněž v případě zásobování pitnou vodou vodárenskými systémy, kdy odběr může být uskutečněn z více zdrojů (vodních toků či nádrží), odebrané množství z určitého zdroje může být proměnlivé např. v závislosti na dalších pro provoz důležitých faktorech. Rovněž povolené množství odběru se v mnoha případech dlouhodobě liší (je často výrazně nižší) než skutečně odebírané množství. Při určení požadavků na odběry vody reprezentujících současnost či určitý výhledový stav je tedy účelné podrobněji vyhodnotit variabilitu skutečných odběrů za několikaleté období a rovněž jejich poměr k povoleným hodnotám. V případě požadavků na odběry pro zásobování pitnou vodou je před bilančním hodnocením (a později při návrhu zmírňujících opatření ke snížení rizika nedodávky) rovněž účelné znát strukturu vodárenských soustav. Při určení budoucích potřeb vody pro zpracování výhledové bilance lze v případě sektoru veřejných vodovodů a energetiky na obecné úrovni vycházet např. z případové studie scénářů pro období 2030–2050 (Ansorge a kol., 2015), v případě konkrétních lokalit zásobovaných z veřejných vodovodů potom z údajů Plánů rozvoje vodovodů a kanalizací území krajů ČR (PRVKÚK).

### 2.3.6 Množství vypouštěných vod a srážkové vody

Množství vypouštěné vody do povrchových vod v evidenci vedené pro potřeby vodní bilance v sobě zahrnuje i vody srážkové a balastní. To může v málovodných obdobích výsledky vodohospodářské bilance zkreslovat (z hlediska posouzení míry zajištění požadavků na užívání vod a zachování minimálních zůstatkových průtoků se výsledky mohou jevit jako příznivější) a zastírat identifikaci bilančně pasivních nebo napjatých lokalit. Pro korektní vyhodnocení vodohospodářské bilance je tedy účelné množství vypouštěných odpadních vod o srážkové a balastní vody očistit. Významný podíl srážkových a balastních vod ve vypouštění se týká zejména vypouštění z veřejných kanalizací a vypouštění důlních vod (kdy se často jedná o čerpání a vypouštění srážkových a podzemních vod). V případě vypouštění z veřejných kanalizací lze vypouštěné množství o srážkové vody „očistit“ pomocí dat Majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací vedené podle vyhlášky č. 428/2001 Sb. Údaje jsou vedeny pouze jako celoroční, při rozdělení do měsíčního kroku lze prostřednictvím Majetkové a provozní evidence dohledat odběr vody, ze kterého je příslušná lokalita zásobována a následně pro vypouštění vod použít stejné měsíční rozdělení vypouštěného množství jako u příslušného odběru podle měsíčních hodnot evidovaných pro potřebu vodní bilance podle vyhlášky č. 431/2001 Sb. Nicméně obecně platí, že odběry pro veřejné vodovody vykazují nízkou sezonní variabilitu a variabilita ve vypouštěném množství během



roku je způsobena právě podílem srážkových vod. Určit a uvažovat v simulačním modelu sezonní variabilitu vypouštění může být účelné pouze při posuzování bilančně problémových lokalit.

### **2.3.7 Vliv odběrů podzemní vody na povrchové vody**

I když vodohospodářská bilance množství podzemních vod je hodnocena samostatně, vliv odběrů podzemních vod se započítává do vodohospodářské bilance množstvím povrchových vod. Vliv odběrů podzemních vod na průtoky (jejich ochuzení) je v dosud převažující praxi zjednodušeně v plném rozsahu odebraného množství projektován na nejbližší vodní tok v hydrologickém povodí, bez zohlednění hydrogeologické struktury. To může vést ke zkreslujícím výsledkům v případě hlubokých pánevních hydrogeologických struktur. V tomto ohledu je proto účelné odběry podzemní vody rozdělit na (a) odběry, jejichž vliv se projevuje v nejbližším vodním toku, a na (b) ostatní odběry, pro které je před určením místa jejich vlivu na povrchové vody účelné zpracovat studii založenou na podrobnějších znalostech dané hydrogeologické struktury, současných a výhledových odběrech podzemní vody a požadavcích na ekologické průtoky, případně aplikovat matematické modelování proudění podzemních vod. Hydrogeologické rajony hlubokých pánevních hydrogeologických struktur představují rajony s vymezenými kolektory. Kolektory byly vymezeny v rámci hydrogeologické rajonizace v roce 2005.

### **2.3.8 Podrobnost řešení**

Výše uvedené postupy vodohospodářské bilance a související datová základna, tj. evidence odběrů, vypouštění a akumulací vod vedená podle vyhlášky č. 431/2001 Sb., jsou určeny k celostátní aplikaci a odtud se odvíjí i odpovídající měřítko jejich podrobnosti: údaje o skutečných odběrech, vypouštění a akumulaci vod jsou ohlašovány a evidovány v měsíčním kroku, a to pouze pokud překračují stanovený množstevní limit. Tato podrobnost nemusí být lokálně dostatečná v případě kumulativního vlivu více „podlimitních“ odběrů, vypouštění a akumulací. Možný kumulativní vliv těchto odběrů byl např. zaznamenán v zemědělských oblastech (Kašpárek a kol., 2008), v případě odběrů pro veřejné vodovody lze tento vliv částečně vyhodnotit podle dat Majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací (kde je množstevní limit pro zařazení do evidence nižší). Z hlediska časového kroku může být řešení v měsíčním kroku nedostačující např. v případech kompenzačního nadlepšování průtoku dále pod vodními nádržemi nebo u odběrů vody s výraznou variabilitou v průběhu měsíce (např. odběr pouze v pracovních dnech apod.), které nejsou zajišťovány vodními nádržemi.

Finálním výstupem modelování vodohospodářské soustavy je uvedení míry zabezpečení pro jednotlivé odběry a modelované profily (vodní tok, nádrž).

Jako nástroj pro aplikaci výše uvedeného postupu je k dispozici software, jež je výsledkem projektu QJ1520318, stejně jako metodika. Software je vybaven uživatelským rozhraním umožňující jeho rutinní použití (údaje jsou prezentovány prostřednictvím uživatelských tabulek, grafů a map). Součástí programu je uživatelská příručka, technická dokumentace a instalační program. Software je volně dostupný na adrese <http://heis.vuv.cz/projekty/vodnizdrojekv>, nebo u autorů metodiky.

## 2.4. Výběr adaptačních opatření

Adaptační opatření jsou uvedena postupně, podle časové náročnosti a finanční nákladnosti při jejich případném zavádění. Nicméně při jejich aplikování není nutné postupovat od třídy I. postupně, ale podle zvážení konkrétního případu a jeho priority je nutné vybrat neefektivnější opatření pro danou situaci. Je třeba kombinovat hlediska reálných možností realizace, ekonomická hlediska a míru spolehlivosti funkce i v dlouhodobém výhledu. Např. při dlouhodobých problémech se zajištěním vody pro pitné účely přímo přistoupit k neefektivnějším opatřením z třídy III. (II.), jako je např. návrh nových vodních nádrží, případně návrh převodů vody mezi povodími.

Návrh adaptačních opatření je již výsledkem simulačního modelování zásobní funkce vodohospodářské soustavy, kdy je účinnost jednotlivých opatření testována na základě modelování. Návrh schématu vodohospodářské soustavy Karlovarského kraje s návrhem adaptačních opatření a modelování zásobní funkce systému jsou uvedeny v závěrečné zprávě projektu (<http://heis.vuv.cz/projekty/vodnizdrojekv>).

Míra účinnosti jednotlivých opatření musí být předmětem posouzení jednotlivých případů. Stejně tak je v případě potřeby např. možné zvážit změnu časového kroku výpočtů z měsíčního na denní.

### 2.4.1 Hodnocení účinnosti jednotlivých opatření

Třídy opatření (vychází z Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR):

**I. Do první třídy adaptačních opatření se řadí preventivní adaptační opatření (Mrkvíčková a kol., 2012). Mohou být zaváděna průběžně a jejich cílem je zabránit výskytu nežádoucího stavu nebo snížit následky nepříznivých stavů sucha.**

#### *Podpora využívání moderních technologií ve vodárenství*

V suchých obdobích se zhoršuje kvalita povrchových vod zejména z důvodu nedostatečného mísení vod vzhledem k menším průtokům ve vodních tocích.

Je potřeba zavádět nejmodernější způsoby čištění odpadních vod, jež napomohou zajistit výrobu pitné vody i z vody surové se zhoršenou kvalitou. Nicméně v první řadě je nutné usilovat o předcházení zhoršení kvalitativního stavu eliminací znečištění v povodí, pokud tato opatření nepostačí, následně přistoupit k dalšímu kroku, což může být zavedení modernějších technologií ve vodárenství.

#### *Podpora modernizace a rozvoje zemědělských závlah*

Současný systém závlah zemědělských pozemků se potýká s velkými ztrátami vody, například vlivem výparu při postřikování. Ztráty mohou být způsobené také opotřebením potrubí, jež vodu na pozemky přivádí. Investováním do efektivnosti využití vody pro závlahy, zejména využitím moderních způsobů závlahy (kapková závlaha), lze dosáhnout významného zmenšení množství odebírané vody.

**II. Ve druhé třídě se nacházejí opatření pro zvyšování odolnosti systému. Tato opatření vedou k posilování jednotlivých prvků vodohospodářské soustavy pro lepší odolnost proti suchu.**

#### *Převody vody mezi povodími a zvýšení integrace vodohospodářských soustav*

Pokud se na lokalitě ohrožené dopady sucha nacházejí povrchové zdroje s přebytkovou pozitivní bilancí vodních zdrojů, lze uvažovat o převodu tohoto přebytkového množství do vodních toků, popř. vodních nádrží, kde je bilanční deficit vody. Jako velmi vhodné se jeví propojení stávajících přehradních nádrží do vodohospodářských soustav. Vhodnou manipulací na nádržích lze docílit efektivního hospodaření s vodními zdroji a zabezpečit odběr vody v místech postižených nedostatkem vodních zdrojů. Možnosti využití převodů vody by měly být hodnoceny na základě množství vody, jež dokáží zabezpečit spolu s ekonomickou náročností daného opatření. Výhodou je možnost převádění vody nejen v rámci povodí, ale i mezi povodími.

#### *Připojování skupinových a lokálních vodovodů do vodárenských soustav*

Při existenci více na sobě nezávislých sítí skupinových a lokálních vodovodů lze jako velice efektivní opatření zvolit jejich připojení do vodohospodářských soustav, které disponují dostatečnými zdroji. Zabezpečený skupinový vodovod dokáže posílit funkci vodovodní sítě, jež může mít problémy se zabezpečením dostatku vodních zdrojů. Opatření je složité zejména při řešení majetkoprávních vztahů daných sítí a při analyzování stávající vodovodní infrastruktury.

### *Propojování vodárenských soustav*

Možnost propojení více na sobě nezávislých vodárenských soustav, které se mohou vzájemně dotovat v případě výskytu problematických období pro zabezpečení dostatku vody. Nutná je přesná identifikace dostupných vodárenských soustav.

### *Obnova stávajících a výstavba nových závlahových nádrží*

Zřízení závlahové akumulární nádrže, ze které budou řešeny závlahy na zemědělských pozemcích, je řešením pro ty lokality, kde je možné předpokládat naplnění nádrže ze stávající vodoteče (v době dostatečných průtoků), nebo je možné uvažovat o převodu vody z blízkých vodních zdrojů (vodní nádrž, vodní tok).

### *Uplatnění technologií umělé infiltrace a břehové infiltrace pro zvýšení zdrojů podzemní vody*

Technologie umělé infiltrace má v České republice dlouhou tradici a velký potenciál, nicméně je stále využívána jen v malé míře. Infiltrováním srážkové vody do horninového prostředí vzniká zásoba vody v podzemních zdrojích a zamezuje se tím rychlému povrchovému odtoku bez užitku. Infiltrovaná voda je „uskladněna“ v podzemních kolektorech a připravena k využití.

**III. Při nemožnosti zavedení předešlých tříd opatření, nebo při jejich selhání je nutné přistoupit k nejnákladnějšímu a procesně nejsložitějšímu způsobu adaptačního opatření z poslední třetí třídy.**

### *Nové víceúčelové přehradní nádrže*

Výstavba nových přehradních nádrží je obvykle nejefektivnějším adaptačním opatřením pro řešení problému nedostatku vodních zdrojů jak pro zajištění odběrů pro pitné účely, tak pro zajištění minimálních ekologických průtoků. Vodní nádrže na vodních tocích dokáží zadržet velké objemy vody, které deficit ve vodohospodářské soustavě dokáží nejefektivněji doplnit.

Článek 4.7 směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady ze dne 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky říká, že členské státy neporuší tuto směrnici, když neúspěch při zamezení zhoršení z velmi dobrého na dobrý stav útvaru povrchové vody je důsledkem nových trvalých rozvojových činností člověka, pokud přínosy poskytované změnami vodního útvaru nemohou být, z důvodů technické neproveditelnosti nebo pro neúměrné náklady, rozumně dosaženy jinými prostředky, jež by byly významně lepší z hlediska životního prostředí. Z toho vyplývá, že součástí návrhu zřízení nádrže má být

prokázání, že požadovaných cílů nelze dosáhnout jinými prostředky. Což znamená, že je třeba posoudit, zda je možné požadovaných přínosů dosáhnout pomocí jiných opatření při vynaložení úměrných nákladů.

Na území ČR je 65 lokalit územně chráněných pro akumulaci povrchových vod (dále jen LAPV), tyto lokality jsou uvedeny v dokumentu „Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území“, který byl v roce 2011 pořízen společně Ministerstvem životního prostředí ČR a Ministerstvem zemědělství ČR. Přítomnost LAPV v zájmových oblastech zasažených nedostatkem vodních zdrojů dává možnost pro jejich potenciální využití.

#### *Nové významné zdroje podzemní vody*

Významných nových zdrojů podzemních vod v posledních letech ubývá, nicméně se stále, byť v omezené míře, vyskytují. Při vymezování nového zdroje podzemní vody je nutné zvážit dotčení stávajících odběrů na povodí a také posoudit omezení z hlediska minimálních hladin a minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích navazujících na tyto zdroje podzemních vod. Další podmínkou je zohlednění kvalitativních ukazatelů nového vodního zdroje.

### **3. Srovnání novosti postupů**

Dílcí postupy obsažené v metodice jsou již většinou známé, nicméně metodika jako celek je jedinečná svým komplexním přístupem. Důraz je kladen na celistvost řešení problematiky navrhování adaptačních opatření od počátku definováním potřeb na vodní zdroje, popisem dostupných vodních zdrojů na zájmové lokalitě, modelováním potřeb a možností vodohospodářské soustavy pro definování kritických míst a až poté metodika přistupuje k samotnému výběru adaptačních opatření. Jedinečnost spočívá také v použití zpřesněných vstupních dat a nejaktuálnějších scénářů změn klimatu.

Metodika vznikla na základě zkušeností získaných při zpracovávání studií dopadů klimatické změny a při řešení zajištění dostupnosti vodních zdrojů na území Karlovarského kraje v rámci projektu QJ1520318 „Zajištění dostupnosti vodních zdrojů ve vybraných oblastech Karlovarského kraje“. Dále vychází z výsledků dalších projektů a obdobných studií realizovaných ve VÚV TGM, v v. i., v rámci výzkumné činnosti.

## 4. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika slouží jako ucelený nástroj pro navrhování adaptačních opatření při řešení problémů s dopady postupující klimatické změny způsobující snižování dostupnosti vodních zdrojů. Je primárně určena státním podnikům Povodí a krajským vodoprávním úřadům zajišťujícím státní správu ČR. Její využití je možné také pro soukromé projekční firmy řešící problémy dopadů klimatických změn na sektor vodního hospodářství. Metodika není vhodná na řešení opatření operativního charakteru, ale je zaměřena na řešení problémů s nedostatkem vody dlouhodobějšího charakteru i s uvážením dopadů probíhající změny klimatu. Metodika byla testována na pilotních povodích na zájmovém území Karlovarského kraje, který náleží převážně do oblasti povodí Ohře, její použití je platné pro celé území ČR. Případová studie modelování zásobní funkce vodohospodářské soustavy Karlovarského kraje s návrhem adaptačních opatření je uvedena jako příloha vlastní metodiky. V průběhu aplikování metodiky mohou být konkrétní postupy konzultovány s autory případové studie.

## 5. Ekonomické aspekty

Navrhování adaptačních opatření pro zamezení nedostatku vody má velký přínos pro celou společnost, neboť řešení až samotných důsledků by bylo pravděpodobně mnohokrát nákladnější než jejich předcházení. Vzhledem k šíři a individuálnosti problematiky je nemožné odhadnout ekonomické přínosy. Hlavní předpokládaný přínos je nastavení procesu adaptování změnám klimatu, projevujícím se snižováním dostupnosti vodních zdrojů. S komercializací metodiky se přímo nepočítá.

Charakter a rozsah řešené problematiky je tak složitý a variabilní, že není možné přesně určit ekonomickou náročnost zavedení navržených postupů. Samotný proces navrhování adaptačních opatření popsany v tomto dokumentu není sám o sobě levným, ani rychlým řešením. Nicméně náklady na jeho zpracování jsou řádově menší než náklady na vlastní realizaci opatření. Pro uživatele se bude lišit zejména velikost a složitost zájmového území, míra podrobnosti prováděných analýz, bude záležet na počtu klimatických scénářů a jejich budoucích časových výhledů, na nárocích na simulační modelování vodohospodářské bilance aj. Dále se jedná o přímé náklady spojené s nákupem dat od ČHMÚ a v případě zavedení detailnějšího monitoringu se pak počítají náklady na nákup a instalaci měřicích přístrojů (vodoměrné stanice, srážkoměry apod.) a náklady na vyhodnocení dat z monitoringu.



## 6. Seznam použité související literatury

ANSORGE, L., DLABAL, J., HANEL, M., KUČERA, J., PETRUŽELA, L. a ZEMAN, M. *Scénáře potřeb vody pro období 2030–50. Sektory veřejných vodovodů a energetiky. Případová studie.* Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2015. 59 s.

ČSN 75 2405. Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

ČSN EN 15 843. Jakost vod – Návod pro určení stupně hydromorfologie, str. 22.

HERRMANN, Z. *Klasifikace území ČR z hlediska potřeby hodnocení zdrojů podzemních vod.* Hradec Králové, 2008.

Hydrogeologická rajonizace 2005. VÚV TGM, v. v. i., ČGS, Aquatest a. s., GEOtest, a. s., ČHMÚ. Dostupné z: <[heis.vuv.cz/projekty/hgr2005](http://heis.vuv.cz/projekty/hgr2005)>

KAŠPÁREK, L. a MRKVIČKOVÁ, M. *Studie potřeb vody pro povodí vodních toků Blšanka a Liboc. Závěrečná zpráva.* VÚV TGM, v. v. i., 2008, str. 57.

Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky, schválena vládou ČR 24. července 2017 usnesením č. 528, MZe ČR a MŽP ČR.

KOŽENÝ, P., VYSKOČ, P., MAKOVCOVÁ, M., UHLÍŘOVÁ, K., BALVÍN, P., PRCHALOVÁ, H. a kol. *Pracovní postup určení významných vlivů na morfologii a hydrologický režim.* Verze 2.0. VÚV TGM, v. v. i., 2018, str. 811.

Metodický pokyn MZe pro sestavení vodohospodářské bilance oblasti povodí ze dne 28. 8. 2002. Dostupný z: <<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/legislativa/metodicke-pokyny/zakon-o-vodach>>

MRKVIČKOVÁ, M., KOŽÍN, R., HANEL, M., BERAN, A., BRABEC, J., NOVICKÝ, O. a FRIDRICHOVÁ, R. *Navrhování adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR.* Praha: VÚV TGM, v. v. i., Česká republika. 2012.

Národní akční plán adaptace na změnu klimatu 2015. Implementační dokument Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR. Ministerstvo životního prostředí, 2015.

Plán pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR v přípravě pro schválení vládou ČR, MZe ČR a MŽP ČR.

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

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 ustávající rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Článek 4, příloha V.

Strategie přizpůsobení ke změně klimatu v podmínkách ČR, schválena vládou ČR 26. října 2015 usnesením č. 861, MŽP ČR.



VLNAS, R. *Metodika pro přípravu Plánů pro zvládnání sucha a stavu nedostatku vody*. Metodický pokyn – v přípravě. 2018.

Vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).

VYSKOČ, P. a ZEMAN, V. *Metodický postup zpracování vodohospodářské bilance současného a výhledového stavu množství povrchových vod*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2008. 32 s.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

## 7. Seznam publikací, které předcházely metodice

BERAN, A. a HANEL, M. Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 23–26. ISSN 0322-8916.

BERAN, A., HANEL, M., NESLÁDKOVÁ, M. a VIZINA, A. Increasing water resources availability under climate change. Elsevier. *Procedia Engineering*, 2016, Vol. 162, p. 448–454. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.087>

BERAN, A., HANEL, M., NESLÁDKOVÁ, M., VIZINA, A. a KOŽÍŇ, R. Climate change impacts on water balance in Western Bohemia and options for adaptation. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2018. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/ws.2018.080> (In Press).

BERAN, A., HORÁČEK, S. a HANEL, M. Zjednodušení metody výpočtu potenciální evapotranspirace v nové verzi modelu BILAN. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2011, roč. 53, č. 3, s. 17–20. ISSN 0322-8916.

BERAN, A. a VIZINA, A. Odvození regresních vztahů pro výpočet výparu z volné hladiny a identifikace trendů ve vývoji měřených veličin ve výparoměrné stanici Hlasivo. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2013, roč. 55, č. 4, s. 48. ISSN 0322-8916.

HANEL, M., BERAN, A. a KAŠPÁREK, L. *Scénáře změny klimatu*. Technická zpráva. VÚV TGM, v. v. i., 2015.

HANEL, M., BERAN, A. a KAŠPÁREK, L. *Hydrologická bilance povodí 3. řádu*. Technická zpráva. VÚV TGM. v. v. i., 2015.

HANEL, M., KAŠPÁREK, L., MRKVIČKOVÁ, M., HORÁČEK, L., VIZINA, L., NOVICKÝ, O. a FRIDRICHOVÁ, R. *Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2011.

HANEL, M., KAŠPÁREK, L., PELÁKOVÁ, M., BERAN, A., and VIZINA, A. *Evaluation of changes in deficit volumes: support for protection of localities suitable for construction of reservoirs. Considering Hydrological Change in Reservoir Planning and Management*, 2013.

VLNAS, R., NOVICKÝ, O., KAŠPÁREK, L., HANSLÍK, E., VIZINA, A., FIALA, T. a ŠIMEK, P. *Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území ČR*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2010.

KAŠPÁREK, L., VYSKOČ, P., VIZINA, A. a PICEK, J. *Klimatická změna a vodní zdroje v povodí Labe*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2008.

KAŠPÁREK, L., VYSKOČ, P., VIZINA, A., PICEK, J., RICHTER, P., CIHLÁŘ, J., SMRČKA, F., KOTEROVÁ, V. a kol. *Výhledová studie potřeb a zdrojů vody v oblasti povodí Ohře a dolního Labe – východní část, II. Etapa*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., a Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., 2010.



## **8. Summary**

The methodology is a tool for assessing and recommending the selection of adaptation measures to reduce the adverse effects of the negative water balance on the area of interest, taking into account the expected impacts of climate change. The proposed measures contribute to the proper management of surface and groundwater resources, to the sustainable use of water to provide water services and to improve water conditions. The methodology contributes to ensuring sufficient effectiveness of selected groups of measures with regard to current hydrological conditions and with regard to the expected impacts of climate change. The use consists of the gradual application of the following steps: defining the requirements for the use of water resources, determining the available water resources, modelling the water balance and selecting appropriate adaptation measures.

The aim of the methodology is to provide a comprehensive methodological procedure for the design of adaptation measures needed to solve problems with lack of water resources in the area of interest. It is intended primarily for employees of Povodí state enterprises, also for regional water authorities.

# **Metodika pro navrhování adaptačních opatření k eliminaci dopadů nedostatku vody**

Vydal Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., v Praze 2019

## **Redakční rada:**

Ing. Libor Ansorge, Ph.D., Ing. Adam Beran, Ing. Jiří Kučera,

RNDr. Diana Marešová, Ph.D., Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D.,

RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Ing. Michal Vaculík, Mgr. Aleš Zbořil

Počet stran: 28, náklad: 200 ks

Odpovědný redaktor: Eliška Königová

Grafické zpracování: Martin Černožský

Tisk: VAMB, s. r. o.

ISBN 978-80-87402-70-2 (brož.)

ISBN 978-80-87402-71-9 (on-line, pdf)