

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2018 / 5

TÉMA

Sucho

22/ HAMR: online systém pro zvládání sucha — operativní řízení během suché epizody

36/ Jaký je současný stav sucha v České republice a je důvod se obávat?

40/ Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR

Dr. Ing. Eustach Mölzer (přednosta ústavu 1920–1928)

V září tohoto roku uplynulo 140 let od narození Dr. Ing. Eustacha Mölzera. Tento první přednosta Státního ústavu hydrologického se věnoval (vzhledem k četným veřejným funkcím – viz níže) vedení ústavu jen v omezené míře – provozním vedoucím pracoviště byl většinou Dr. Ing. Jan Smetana. Dr. Ing. Eustach Mölzer se narodil v rodině Antonína a Augustiny, rozené Jágrové 1. 9. 1878. Jeho otec byl zakladatelem nejstarší české továrny na výrobu varhan, která se nacházela v Kutné Hoře. Tamtéž navštěvoval vyšší státní reálku – poté pokračoval na Vysoké škole technické v Praze, kde studoval obor stavebního inženýrství (dokončil jej v roce 1902). Krátce působil na pražském městském stavebním úřadu v oddělení vodního a mostního stavitelství. Od roku 1903 byl zaměstnán na Ředitelství pro stavbu vodních cest (v době své činnosti zde spolupůsobil při projektech a stavbách na Labi a Vltavě – zejména vypracoval projekt zdymadla ve Střekově /přitom se též podrobně věnoval studiu konstrukcí pohyblivých jezů/). V roce 1908 obdržel bronzovou medaili za to, že uspořádal expozici vodocestného ředitelství na jubilejní výstavě Obchodní živnostenské komory pražské. Následně byl pověřen přesnou nivelací Labe od Mělníka po Přelouč – později pak též projekčními pracemi v souvislosti s požadavkem splavnit úsek Vltavy z Prahy do Štěchovic (dospěl k návrhu na postavení jediného zdymadla místo dvou dříve uvažovaných). V roce 1910 se věnoval organizaci stavební správy velkých rekonstrukčních prací na Labi u Přelouče. Koncem roku 1914 byl pověřen dozorem nad stavbou smíchovského nábreží podle vlastního projektu. S ohledem na historii našeho ústavu je zapotřebí zmínit především rok 1919, kdy byl jmenován přednostou Státního ústavu hydrologického.

V roce 1919 se stal rovněž členem pražského zastupitelstva a od roku 1923 předsedou správy Elektrických podniků hlavního města Prahy – významně se zasloužil o rozvoj a modernizaci pražských dopravních sítí (trolejbusové spojení Hanspaulky navrhoval v roce 1927 – avšak až 5. června 1936 se uskutečnila první zkušební jízda trolejbusu na trati od střešovické vozovny přes Ořechovku a Bořislavku na Hanspaulku ke sv. Matěji). Od roku 1923 pak působil jako předseda Státní regulační komise hlavního města Prahy a okolí, která byla zřízena na základě zákona č. 88/1920 Sb. (zde soustředil své úsilí

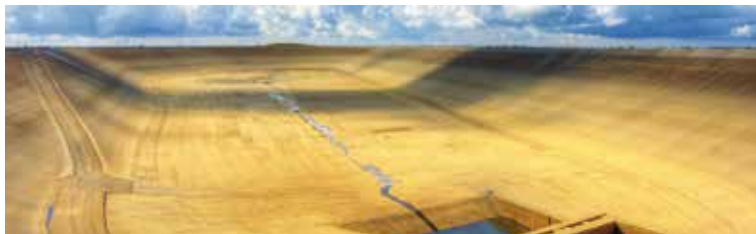
na vytvoření organizačně-správních základů pro budoucí stavební rozvoj našeho hlavního města podle moderních urbanistických zásad /závazný regulační a zastavovací plán/). Byl mj. členem technické komise Klubu Za starou Prahu a mecenášem mnoha českých výtvarných umělců (uspořádal např. sbírku obrazů ve prospěch Elektrických podniků). Rovněž hojně publikoval ve Věstníku Národního technického muzea. Politicky byl nejprve činný v České straně pokrokové (tzv. Masarykově straně realistické /která zanikla v roce 1918/), od roku 1918 pak ve straně národně-sociální (byl členem jejího výkonného výboru). Za tuto stranu byl členem zastupitelstva i rady pražské – byl i nominován do správních orgánů, jmenovaných vládou pro řízení sjednocené Velké Prahy. Od roku 1923 byl opětovně volen do ústředního městského zastupitelstva i rady. Byl aktivním členem Masarykovy akademie práce, Slovanského ústavu, Státní rady elektrárenské a uhelné a předsedou Autoklubu republiky Československé. Za svou činnost obdržel řadu vyznamenání. Francouzská vláda mu udělila hodnost „Officier de l' instruction publique“, Jugoslávie mu propůjčila řád sv. Sávy III. stupně, Société des Ingenieurs de France mu věnovala čestnou plaketu. V roce 1939 odešel z aktivní služby – i přes svůj věk nezháležel a velmi iniciativně se věnoval bytové problematice (především v Praze). S ohledem na začátek Pražského povstání 5. května je zapotřebí též zmínit jeho účast v tzv. trojčlenném revolučním kolegiu Národního výboru Praha v obsazení: národní socialista Mölzer, zástupce komunistů Vacek a člen sociální demokracie Prokop (pozdější propaganda bohužel ne zcela objektivně zmiňovala pouze Vacka /na dva zbývající členy „pozapomněla“ – viz též Vávřův, po čistě umělecké stránce vynikající, film „Osvobození Prahy“) – toto kolegium prostřednictvím rozhlasu veřejně vyhlásilo definitivní konec Protektorátu Čechy a Morava. Následně pak Dr. Ing. Eustach Mölzer v roce 1947 působil ve funkci předsedy Technického muzea. Tento vynikající vodohospodář, pražský zastupitel, urbanista, mecenáš, zakladatel pražské trolejbusové dopravy, politicky angažovaný demokrat a národní socialista zemřel 27. ledna 1953.

Ing. Arnošt Kult



fotografie: Ing. Jiří Pícek

Obsah



3 Úvod

4 Sucho, krajina a koncepce II.

Adam Vizina

6 Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jeho uplatnění ve webové mapové aplikaci pro veřejnost

Miriam Dzuráková, Pavla Štěpánková, Viktor Levitus



12 Studie hodnocení účinku přírodě blízkých opatření v povodí Olešné u Pelhřimova pomocí modelů BILAN, HEC-HMS a HYPE

Adam Vizina, Luděk Strouhal, Miriam Dzuráková, Vojtěch Moravec, Eva Melišová

22 HAMR: online systém pro zvládání sucha – operativní řízení během suché epizody

Adam Vizina, Martin Hanel, Miroslav Trnka, Jan Daňhelka, Irina Gregorieová, Petr Pavlík, Martin Heřmanovský

30 Zjišťování účinnosti akčního programu podle nitrátové směrnice 91/676/EHS v době klimatické změny

Anna Hrabánková



35 Autoři

36 Jaký je současný stav sucha v České republice a je důvod se obávat?

Redakce

40 Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR

Radek Vlnas

46 Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodě blízkých opatření

Adam Beran, Denisa Němejcová, Michal Straka, Josef Krása, Václav David



52 Seminář Suché období 2014–2017: vyhodnocení, dopady a opatření

Jan Daňhelka



Vážení čtenáři,

dostává se Vám do rukou číslo, které je celé věnováno tématu, které silně rezonuje naší společností, a tím je sucho. Přestože by se mohlo zdát, že se jedná o tematiku již vyčerpanou, tak opak je pravdou. Pomalu se u nás zabydluje středomořské klima, a to se všemi důsledky. Sice některé studie uvádějí, že poslední století je velmi vlhké a stávající sucho je vlastně návrat ke klimatu, které bychom v naší oblasti správně měli mít, tak je to útěcha poměrně malá, neboť na komfort mít vodu kdykoli a téměř v jakémkoli množství jsme si zvykli. Určitě nám nepomůže ani vědomí, že máme rezervy, protože s vodou plýtváme (donedávna jsme dokonce odvodňování dotovali), popř. že si některé domácnosti či obce mohou za nedostatek vody samy, protože se v době hojnosti nepřipravovaly na období nedostatku a nebudovaly vodovody.

Zemědělské sucho se začíná projevovat již jako setrvalý stav a zemědělci uvažují o změně skladby pěstovaných plodin a lesníci pak z důvodu napadení kůrovcem, který je za stávajícího sucha schopen během roku zplodit již i tři generace brouků, chtějí obměnit smrk za jiné stromy. Listnaté stromy ale lesníkům moc nevyhovují a uvažují tak o rovnějších stromech rostoucích v Americe, takže můžeme očekávat, že tu opět budeme mít amerického brouka, tentokrát však ve formě kůrovce, který si na douglasce pochutnávat umí. Nás vodohospodáře však děsí především sucho hydrologické, kdy nás klesající hladina podzemních vod může skutečně ohrozit, nebo alespoň ovlivnit způsob života nejen náš, ale i dalších generací.

Tematika sucha se již stává natolik závažná, že je i na politickém kolbišti vidět snaha spojit síly a hledat řešení. Je pravda, že se tu a tam stále objevují tendence hanět i kvalitní aktivity jiných resortů nebo stran, ale situace je již kultivovanější a zodpovědnější. Mezi klíčové snahy spojit síly pak můžeme uvést jak koncepci VODA-SUCHO schválenou v roce 2017 a realizovanou prostřednictvím komise VODA-SUCHO založené již roku 2014, tak i nejnovější komisi pro sucho v Senátu nebo Národní koalici pro boj se suchem vyhlášenou společně MŽP, MZe a MMR. A právě s některými řešeními, navrženými již zmíněnou skupinou, se v tomto čísle můžete seznámit.

Jsem optimistou a věřím, že máme v rukou způsoby, jak stávající stav zlepšit. Je pravda, že se můžeme, stejně jako Jára Cimrman, který byl mistrem ve zkoumání slepých uliček, na nikam nevedoucí cestě ocitnout, ale soustředěný výzkum nám může pomoci se zorientovat a nasměrovat nás na hlavní cesty. Musíme se však o to, ve vlastním zájmu, alespoň pokusit.



Ing. Tomáš Urban
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Sucho, krajina a koncepce II.

Předkládané číslo prezentuje převážně výsledky studií zabývajících se suchem, krajinou a systémovými nástroji podporující zmíněnou problematiku a navazuje na číslo VTEI 4/2017. Zpracování tématu iniciovalo a podpořilo Ministerstvo životního prostředí České republiky. Poslední roky ukázaly, jaká je setrvačnost celého přírodního systému a koloběhu vody a jaké dopady na vodní hospodářství mohou být prohloubeny i v kombinaci průměrné zimy 2017–2018 s rychlým nástupem jara a léta v letošním roce. Na posun počátku vegetačního období, výrazné zvýšení teplot a nerovnoměrnou distribuci srážkových úhrnů upozorňuje odborná veřejnost již více než 20 let, a často tyto názory zůstaly bez výraznější odezvy. V dnešní době se téma sucha a nedostatku vody stalo také politickým tématem a sami politici navrhnou možná řešení.

Byla schválena Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky, připravuje se novela vodního zákona v podobě začlenění hlavy o suchu, probíhají desítky výzkumných činností a mnoho dalších aktivit. Nicméně je důležité si uvědomit, jaká je již zmíněná setrvačnost celého systému, co se opravdu děje a bude dít z hlediska změny klimatu. Pokud se podíváme do historické analogie, tak například suchá perioda v 2. polovině 19. století trvala více než 15 let a celý systém se nestabilizoval ani po dvou nadprůměrných zimách a klimaticky normálních rocích, které nastaly zhruba uprostřed tohoto období, a dále se prohlubovaly deficity na vodních tocích. Velká řada navržených řešení nemusí mít tedy onen chtěný okamžitý dopad, ale je potřeba je připravovat, prověřovat a následně postupně realizovat.

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 stávajícího zásobování vodou v některých oblastech. V dnešní době se naštěstí většinou odborné diskuse nepolarizují do sporu opatření v krajině versus vodní nádrže, ale panuje až vzácná shoda na tom, že opatření v krajině jsou nezbytná, ale nemusí být dostatečná (viz seminář Suché období 2014–2017). Dalším bodem je zaměřit se na osvětu veřejnosti, která je rovněž nedostatečná.

Odborné články v tomto čísle VTEI představují činnosti, které byly provedeny jako podkladové studie pro řešení zmíněné problematiky. První příspěvek se zabývá Katalogem přírodních blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jeho uplatnění ve webové mapové aplikaci, která je dostupná na webových stránkách <http://www.suchovkrajine.cz>. Katalog představuje soubor opatření, která jsou vhodná pro zvýšení retence vody v krajině a zároveň nemají významný negativní vliv na ekologický stav vodních útvarů. O samotném vyhodnocení vybraných opatření na povodí Olešné informuje příspěvek Studie hodnocení účinku přírodních blízkých opatření v povodí Olešné u Pelhřimova pomocí modelů BILAN, HEC-HMS a HYPE, který hodnotí dopady na množství a kvalitu vod včetně příválových srážek. Další příspěvek seznamuje se systémem HAMR (Hydrologie, Agronomie, Meteorologie a Retence), který poskytuje podporu a informace pro rozhodování v období sucha na jednotlivých úrovních managementu. Systém je založen na propojení půdního modelu s modelem hydrologické a vodohospodářské bilance.

Příspěvek Zjišťování účinnosti akčního programu podle nitrátové směrnice 91/676/EHS v době klimatické změny pojednává o akčním programu a zásadách správné zemědělské praxe, monitoringu zemědělského hospodaření a monitoringu vod na 10 pilotních lokalitách v rámci celé České republiky.

Pro samotné rozhodování jsou nezbytné Plány pro zvládání sucha a nedostatku vody; vložený informační článek představuje strukturu a obsah takového plánu. Nezbytnou součástí vodního hospodářství je monitoring, který byl zaměřen na problémové lokality z hlediska nedostatku vodních zdrojů a ohrožení erozí. Cílem tohoto měření je porovnat dopad jednotlivých opatření. O samotném způsobu měření a výběru lokalit informuje článek Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodních blízkých opatření. Nezbyvá nic jiného, než uzavřít úvodní slovo stejným připomenutím jako v minulém roce; problematika sucha je výzvou nejen pro vodní hospodářství, ale pro celou společnost.

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



Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a jeho uplatnění ve webové mapové aplikaci pro veřejnost

MIRIAM DZURÁKOVÁ, PAVLA ŠTĚPÁNKOVÁ, VIKTOR LEVITUS

Klíčová slova: katalog opatření — sucho — retence vody — přírodě blízká opatření — opatření v ploše povodí — malé vodní nádrže — opatření na tocích — webová mapová aplikace

SOUHRN

Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině je jedním z výstupů řešení problematiky sucha v gesci Ministerstva životního prostředí. Hlavním cílem bylo sestavit soubor opatření, která jsou vhodná pro zvýšení retence vody v krajině a zároveň nemají významný negativní vliv na ekologický stav vodních útvarů. Tento katalog představuje metodickou pomůcku pro návrhy systémů opatření při adaptaci území na projevy extrémních hydrologických situací – především sucha a povodní. Jednotlivé katalogové listy popisují možné způsoby realizace a využití opatření v území včetně krátkého shrnutí jejich případných vlivů na složky životního prostředí a společnost. Katalog by měl napomoci k jednotnému přístupu při přípravě, návrhu a realizaci účinných systémů opatření v rámci hydrologických celků. Pro podporu realizace opatření v ploše povodí a na vodních tocích a za účelem posílení osvěty veřejnosti byla v souladu s katalogem opatření připravena interaktivní webová mapová aplikace. Typová opatření pro zadržení vody v krajině, kde jsou na vzorových lokalitách navrženy komplexní soubory opatření s popisem jejich očekávaných účinků.

ÚVOD

Sucho je jedním z projevů globální změny klimatu. Jedná se o dočasný přirozený jev, který může vést k nedostatku vody, kdy požadavky na užívání vodních zdrojů přesahují jejich přirozenou dlouhodobou obnovitelnost. Mění se přírodní podmínky spolu se změnami socioekonomických poměrů vedou k rostoucímu tlaku na potřebu vodních zdrojů, a ty v mnoha případech již nedostávají potřebám. Řada států proto přijala strategické dokumenty definující soubor adaptačních a mitigačních opatření vůči projevům klimatických změn, včetně nedostatku vody.

Na území České republiky se do budoucna očekává víceméně stejný roční úhrn srážek v porovnání s minulými obdobími, mění se však jejich charakter a distribuce v čase i prostoru. Lze očekávat mnohem vyšší četnost hydrologických extrémů – přívalových srážek a povodní a zejména období sucha [1].

Vláda České republiky iniciovala v roce 2015 svým usnesením přípravu realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody, která následně vyústila ke schválení strategického dokumentu Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky [2] (dále jen Koncepce) dne 24. července 2017.

Součástí Koncepce, jako jedna z jejích příloh, je uveden seznam plošných a liniových opatření na zemědělské a lesní půdě a opatření na tocích a v údolních nivách, která jsou obecně vhodná pro zvýšení retence vody v krajině a zároveň zlepšují (nebo alespoň nezhoršují) ekologický stav vodních útvarů. V návaznosti na tento seznam byl zpracován podrobný Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině s detailním popisem vybraných parametrů, charakteristik a účinků typových opatření.

KATALOG PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ

Práce na sestavení Katalogu přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině (dále jen Katalog) navázaly na výstupy projektů a úkolů řešených pracovníky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (dále jen VÚV TGM). Mezi ně patří především projekt Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice [3], jehož výsledky jsou publikovány na portálu www.vodavkrajine.cz. Cílem projektu byly návrhy komplexních systémů protipovodňových a protierozních opatření v ploše povodí na zemědělské i lesní půdě a opatření na vodních tocích a v nivách. Při sestavování Katalogu bylo rovněž využito poznatků získaných z řešení projektu Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekonomické udržitelnosti [4].

Katalog vychází také z dílčích výstupů úkolů řešených pro MŽP v rámci podpory výkonu státní správy v problematice sucha v letech 2016–2018 [5, 6]. V průběhu těchto let byl vypracován seznam opatření na zemědělské a lesní půdě a na tocích a údolních nivách, která jsou obecně vhodná pro zvýšení retence vody v krajině. Při jejich výběru byl kladen důraz na to, aby tato opatření minimálně nezhoršovala ekologický stav vodních útvarů.

Katalog vymezuje pět druhů opatření, která se dále dělí na 26 typů opatření (*tabulka 1*). Některé typy opatření jsou dále členěny na detailní typy (např. průlehy, příkopy) nebo komponenty (např. revitalizace). Rovněž typ opatření malé vodní nádrže (dále MVN) je rozdělen na detailní typy podle ČSN Malé vodní nádrže [7]. Zařazeny byly ty, které se ukázaly jako vhodné pro zadržení vody v krajině. Pro komplexní pohled na retenci vody byl Katalog doplněn o dva další druhy opatření, a to agrolesnická opatření a hospodaření s dešťovou vodou.

Tabulka 1. Vymezení druhů a typů opatření v katalogu

Table 1. Specification of categories and types of measures in the catalog

Druh opatření	Typ opatření	Detailní typ opatření	Druh opatření	Typ opatření	Detailní typ opatření
PLOŠNÁ OPATŘENÍ NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ	organizační	návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku	MALÉ VODNÍ NÁDRŽE	malé vodní nádrže	vodárenské
		trvalé zatravnění a zalesnění			závlahové
		protierozní osevní postupy a protierozní rozmísťování plodin			retenční suché
		pásové střídání plodin			retenční nádrže s malým zásobním prostorem
		technologie ochranného zpracování půdy			čisticí a usazovací
	agrotechnická	hrázkování/důlkování			krajinotvorné nádrže ležící mimo vodní tok
		mulčování	OPATŘENÍ V LESÍCH		tvorba polyfunkčního lesa s pestrou dřevinou skladbou
		setí do krycí plodiny			omezení smrku ve 3. a 4. LVS
	opatření na speciálních kulturách	zatravnění meziřadí			podpora hospodářských způsobů s trvalým půdním krytem s dlouhou nebo nepřetržitou obnovní dobou
		hrázkování/důlkování meziřadí			vhodné postupy při těžbě a důsledná sanace potěžebních či jiných technologických narušení půdy
		mulčování			nízký les
		vrstevnicový směr výsadby			ochranné lesní pásy kolem vodohospodářsky významných vodních toků
BIOTECHNICKÁ OPATŘENÍ	průleh	záchytný			hrazení strží
		svodný			hrazení bystřin
		zasakovací (retenční)			ochrana lesních pramenů a pramenišť
	příkop	záchytný	OPATŘENÍ NA TOCÍCH A V NIVÁCH		opatření na tocích v nezastavěných územích
		svodný			opatření na tocích v zastavěných územích
		zasakovací (retenční)			opatření v údolních nivách toků
	zasakovací pás				mokřadní biotopy
		stabilizace dráhy soustředěného odtoku			
	hrázky	záchytné			
		zasakovací (retenční)			
	meze				
	přehrážky				
	terasy				
	větrolamy				

Tabulka 2. Struktura katalogového listu
Table 2. Structure of the catalog sheet

Katalogový list opatření			
ID opatření			
Druh opatření			
Popis			
Technické parametry			
Podmínky realizace			
Možné střety			
Interakce/synergie			
Stanovení nákladů			
Časové hledisko	Příprava a realizace	krátkodobá	0–3 let
		střednědobá	4–6 let
		dlouhodobá	7 a více let
	Rychlost efektu	krátkodobá	0–3 let
		střednědobá	4–6 let
		dlouhodobá	7 a více let
Řez/situace			
Pokud je k dispozici			
Fotodokumentace příkladů realizací			
Pokud je k dispozici			
Hodnocení vlivu opatření			
Detailní typ			
Charakteristika			
A) Vliv na kvantitu vody			
B) Vliv na hydromorfologii toku			
C) Vliv na kvalitu vody			
D) Vliv na vodní a vodu vázané ekosystémy			
E) Vliv opatření na krajinu a suchozemské ekosystémy			
F) Socioekonomický dopad			
N) Ekonomické náklady na realizaci a údržbu			

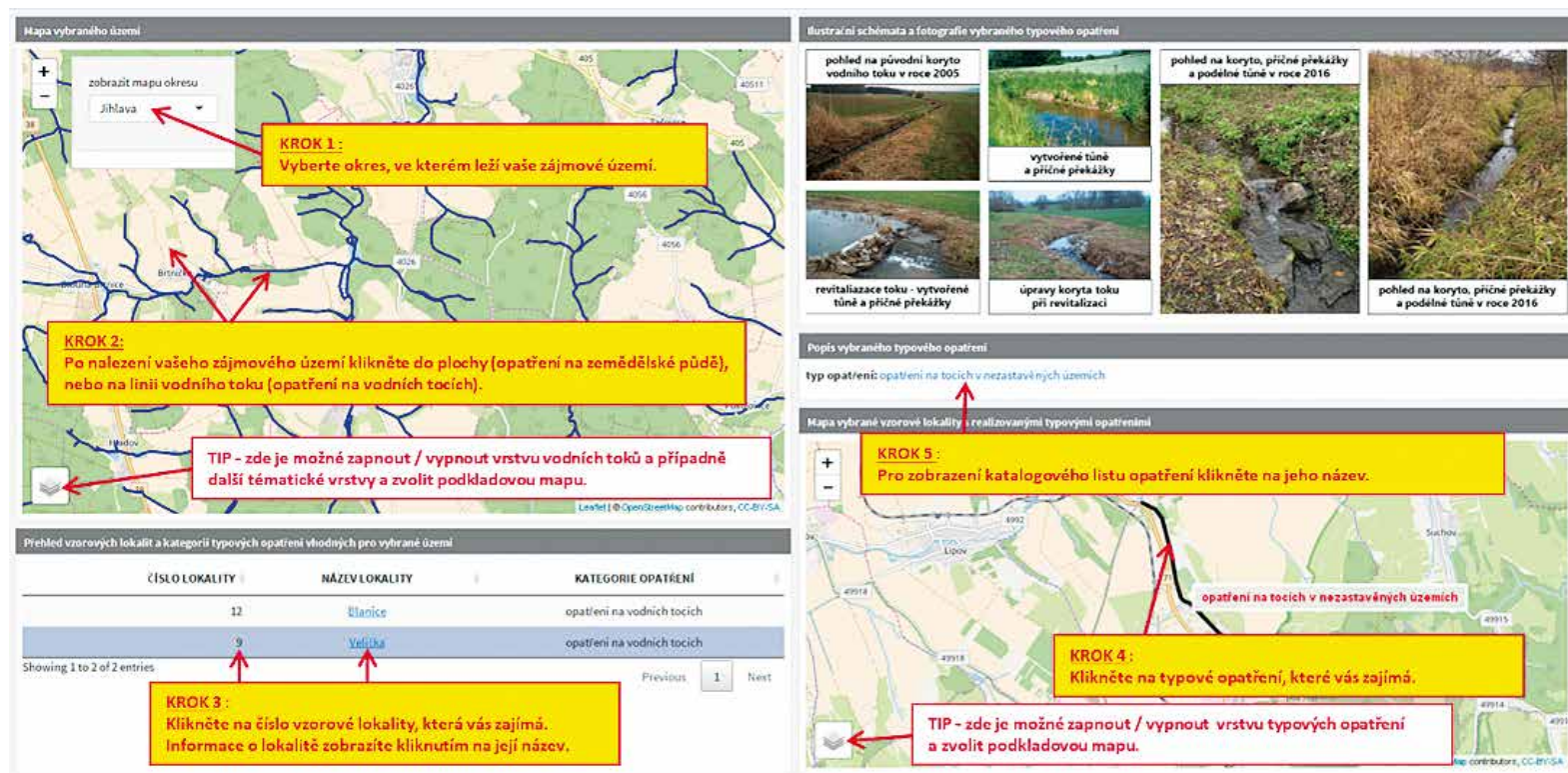
Všechny typy opatření jsou popsány formou jednotného katalogového listu (tabulka 2), který obsahuje základní charakteristiky opatření, popis jejich interakce a vlivu na složky životního prostředí i společnost, schematické nákresy opatření, fotodokumentaci příkladů jejich realizací a rovněž časové hledisko přípravy a realizace a rychlosti dosažení očekávaného efektu jednotlivých opatření. Osnova katalogového listu je částečně inspirována i strukturou katalogu opatření pro plánování [8] podle směrnice 2000/60/ES.

Tabulka 3. Kritéria hodnocení účinnosti opatření
Table 3. Criteria for evaluating the effectiveness of the measure

A. Vliv na kvantitu vody	
1 – snížení objemu odtoku	
2 – snížení rychlosti odtoku	
3 – zvýšení vsaku do půdního profilu a podzemních vod	
4 – vytvoření zásoby vody pro využití v období sucha	
5 – nadlepšování průtoků v období sucha	
B. Vliv na hydromorfologii toku	
1 – podpora přirozené struktury dnových sedimentů	
2 – habitatová diverzita (refugia pro vodní organismy)	
3 – zvýšení migrační prostupnosti	
4 – podpora přirozeného vývoje vodního toku	
C. Vliv na kvalitu vody	
1 – podpora samočisticích procesů	
2 – omezení eutrofizace povrchových vod	
3 – omezení vnosu znečištění cizorodými látkami	
4 – snížení odnosu půdy do povrchových vod	
D. Vliv na vodní a vodu vázané organismy	
1 – vliv na ryby	
2 – vliv na makrozoobentos	
3 – vliv na fytoobentos	
4 – vliv na cévnaté rostliny	
5 – vliv na obojživelníky	
E. Vliv na krajinu a suchozemské ekosystémy	
1 – snížení erozní činnosti	
2 – tvorba nových biotopů	
3 – podpora biodiverzity	
4 – rozčlenění obhospodařovaných ploch do menších celků	
5 – zlepšení migrační prostupnosti	
F. Socioekonomický dopad	
1 – podpora rekreace a turistiky	
2 – zvýšení estetické hodnoty krajiny	
3 – snížení degradace půdy	
4 – zvýšení pracovních příležitostí pro místní obyvatele	
5 – podpora živočišné výroby	
6 – změna mikroklimatu	

Celkem bylo vytvořeno 13 katalogových listů pro opatření na zemědělské půdě a samostatný list pro MVN. Opatření na lesní půdě jsou uvedena na celkem devíti katalogových listech a pro opatření na tocích a v nivách existují čtyři katalogové listy. Agrolesnická opatření a hospodaření s dešťovou vodou jsou stručně charakterizovány každé na jednom listě.

Součástí prací na sestavení Katalogu bylo také hodnocení opatření z hlediska jejich účinnosti a efektivnosti na zvýšení retence vody v krajině. Výběr hodnotících kritérií byl koncipován tak, aby zohlednil i možné dopady opatření na ekologický stav vodních útvarů. Celkem bylo definováno šest skupin těchto kritérií, pro které bylo stanoveno od 4 do 6 hodnotících hledisek (tabulka 3).



Obr. 1. Webová mapová aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině
Fig. 1. Web map application Typical measures for water retention in the landscape

Slovní popis hodnocení je součástí každého katalogového listu a odráží výsledky semikvantitativního hodnocení efektivity opatření, které bylo realizováno metodou multikriteriální analýzy. Toto hodnocení je podrobně popsáno v závěrečné zprávě VÚV TGM, viz [6], a výsledky ve formě nástroje hodnocení efektivity opatření jsou součástí metodického návodu [9], který je volně dostupný na portálu www.suchovkrajine.cz.

Katalog je dostupný na informačním webovém portálu Sucho v krajině (<http://suchovkrajine.cz>) v části Výstupy.

APLIKACE TYPOVÁ OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ

Souběžně s Katalogem byla připravena webová mapová aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině (dále jen Mapová aplikace), která je postavena na technologiích programovacího jazyka R [10] a nástrojů HTML5 [11]. Jako podklad využívá Mapová aplikace mapy ve formátu OpenStreetMap (polohopisná mapa) [12] a ortofotomapsu ČÚZK.

Mapová aplikace je koncipována jako nástroj pro podporu realizace opatření v ploše povodí a na vodních tocích a za účelem posílení informovanosti široké veřejnosti. Základem Mapové aplikace je soubor tzv. vzorových lokalit s realizovanými nebo navrženými komplexy opatření. Celkem bylo vybráno 17 vzorových lokalit pro opatření na zemědělské půdě a 11 vzorových lokalit pro toky a nivy mimo zastavěné území. Cílem bylo zvolit co nejrozmanitější lokality podle charakteru území a zároveň postihnout co nejširší škálu typů opatření.

Pro každou vzorovou lokalitu opatření na zemědělské půdě byly na základě klastrové analýzy sestaveny soubory základních fyzicko-geografických charakteristik vztahovaných k povodím 4. řádu. Kombinace hodnot těchto charakteristik pak umožňují přiřadit jednu nebo více vzorových lokalit k jednotlivým povodím 4. řádu s podobnými charakteristikami jako možné řešení opatření na zemědělské půdě.

Vzorové lokality na tocích a v nivách jsou kategorizovány podle příslušnosti toku do řádu podle Strahlera v kombinaci s nadmořskou výškou. Vhodné úpravy toků v intravilánu jsou popsány pomocí jednoho informačního listu, který uvádí více příkladů. Vzorové lokality opatření na lesní půdě budou doplněny v další fázi tvorby Mapové aplikace.

Uživatel aplikace může všechny příklady využít pro návrhy systému opatření, a to v libovolné řešené lokalitě v ČR s přihlédnutím na charakteristiky a potřeby daného zájmového území. Mapová aplikace nabídne uživateli seznam vzorových lokalit s komplexy opatření, které jsou pro dané území jako vzor nejvhodnější (obr. 1), a to na základě kategorizace popsané výše. Ke každé vzorové lokalitě je možné v aplikaci otevřít tzv. informační list lokality, který obsahuje podrobnější popis lokality, realizovaných nebo navržených opatření v ní, včetně popisu jejich účinků z pohledu zlepšení zadržení vody v krajině a výsledků modelování vlivu opatření na objem zadržené vody i na její kvalitu. Zároveň se v jednom z oken aplikace zobrazí situační náčrtek umístění opatření v prostoru, v dalším fotodokumentace, popř. schéma vztahující se k danému typu opatření a rovněž link na příslušný katalogový list.

Webová mapová aplikace je dostupná na webovém portálu Sucho v krajině (<http://suchovkrajine.cz>) v části Mapové kompozice.



ZÁVĚR

Katalog přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a mapová aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině byly vytvořeny s cílem přiblížit problematiku zvýšení retence vody v krajině široké veřejnosti. Katalog je určen jako metodická pomůcka především pro projektanty pozemkových úprav a územně plánovacích dokumentací, zpracovatele studií proveditelnosti, orgány státní správy a samosprávy, a to s cílem napomoci jednotnému přístupu při přípravě, návrhu a realizaci komplexních systémů opatření v rámci hydrologického celku. Měl by se stát nedílnou součástí plánovacích procesů, ať již podle směrnice 2000/60/ES nebo směrnice 2007/60/ES, kde by měl doplnit již stávající katalogy opatření.

Zejména pro širokou veřejnost je určena webová aplikace Typová opatření pro zadržení vody v krajině, v rámci které uživatelé získají představu, jakým způsobem je ve vybraném území možné řešit zadržování vody v krajině, a to prostřednictvím vybraných příkladů vhodných opatření (nebo systémů opatření) na vzorových lokalitách. V současnosti je aplikace připravena pro řešení opatření na zemědělské půdě a na tocích a v nivách.

Postup, jak Katalog i Mapovou aplikaci využít při návrzích opatření, představuje metodický návod na výběr vhodných opatření pro zadržení vody v krajině [9]. Tento metodický návod by měl napomoci k jednotnému přístupu při přípravě, návrhu a zpracování účinných systémů opatření v rámci hydrologického celku.

Oba představované nástroje jsou součástí webového portálu „Sucho v krajině“, který slouží jako informační platforma o jednotlivých krocích směřujících k naplňování úkolů definovaných v Konceptu ochrany před následky sucha pro území České republiky schváleným vládou ČR v červenci 2017.

Opatření zařazená do Katalogu a představená v Mapové aplikaci ve formátu vzorových lokalit tvoří základ pro návrhy komplexních systémů opatření při adaptaci území na projevy extrémních hydrologických situací – nedostatku vody i povodní. Tyto dva extrémy nelze od sebe oddělovat. Obecně mají všechna vhodně navržená opatření stejné cíle – podpoření vsaku vody do půdy, zpomalení povrchového odtoku, prodloužení doby zadržení vody v krajině, bez ohledu na to, zda jsou opatření navrhována jako ochrana před negativními dopady sucha či povodní. Vhodně navržená ochranná opatření v krajině, která jsou Katalogem doporučována, by také měla podporovat ochranu krajinných systémů i obnovu v místech předchozího narušení způsobeného převážně za přispění lidské činnosti.

Poděkování

Příspěvek popisuje výstupy úkolu Podpora výkonu státní správy v problematice sucha řešeného pro Ministerstvo životního prostředí v letech 2016–2018.

Literatura

- [1] HANEL, M., KAŠPÁREK, L., MRKVIČKOVÁ, M. a kol. *Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2011, 108 s. ISBN 978-80-87402-22-1.
- [2] Koncept ochrany před následky sucha pro území České republiky [on-line]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/koncepce-a-strategie/koncepce-na-ochranu-pred-nasledky-sucha.html>
- [3] Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodně blízkými opatřeními v České republice. (Ministerstvo životního prostředí, financováno z Operačního programu Životní prostředí, řešeno 2014–2015) [on-line]. Dostupné z: <http://www.vodavkrajine.cz/>
- [4] Nové postupy optimalizace systémů integrované ochrany území v kontextu jejich ekonomické udržitelnosti (Ministerstvo zemědělství, projekt QJ1520268, řešeno 2015–2018).
- [5] DZURÁKOVÁ, M. a kol. *Potenciál aplikace přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol 3702. Závěrečná zpráva*. Brno: VÚV TGM, v. v. i., 2016, 224 s.
- [6] DZURÁKOVÁ, M. a kol. *Vyhodnocení přírodně blízkých opatření, katalog opatření. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2017 – úkol 3702. Závěrečná zpráva*. Brno: VÚV TGM, v. v. i., 2018, 35 s.

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

[8] Katalog opatření. MZe, MŽP, 2005.

[9] KOLEKTIV AUTORŮ. *Metodický návod na výběr vhodných opatření pro zadržení vody v krajině. Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2017*. Brno: VÚV TGM, v. v. i., 2018, 11 s.

[10] The R Project for Statistical Computing [online]. Dostupné z: <https://www.r-project.org>

[11] HTML5 Finalized [online]. OSNews. Dostupné z: http://www.osnews.com/story/28003/HTML_5_Finalized

[12] OpenStreetMap [online]. Dostupné z: <http://www.openstreetmap.cz/>

Autoři

Ing. Miriam Dzuráková

✉ miriam.dzurakova@vuv.cz

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

✉ pavla.stepankova@vuv.cz

Ing. Viktor Levitus

✉ viktor.levitus@vuv.cz

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

Příspěvek prošel lektorským řízením.

CATALOGUE OF GREEN WATER RETENTION MEASURES IN THE LANDSCAPE AND ITS APPLICATION IN THE WEB MAP APPLICATION

DZURAKOVA, M.; STEPANKOVA, P.; LEVITUS, V.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: catalogue of measures — drought — water retention — green measures — measures in the catchment area — small water reservoirs — measures on watercourses — web mapping application

A catalogue of green water retention measures in landscape represents one of the results of long term project financed by the Ministry of Environment. The main goal of the catalogue was to summarize a set of measures with positive effects on water retention of landscape, with low impact on ecological status of water bodies. This catalogue represents a methodical tool which can be used for proposals of system of measures for adaptation to extreme hydrological events – drought and floods. The catalogue consists of catalogue sheets describing a possible realization and application of measures in the landscape. Each catalogue sheet includes a short summary of a measure's possible impacts on the environment and society. The catalogue should help to unify the approaches to preparation, proposal and realization of effective systems of measures within hydrological units. Examples of good practise of green water retention measures are introduced in web map application where sample localities with proposed or implemented complexes of measures, including descriptions of expected impacts, are shown.

Studie hodnocení účinku přírodě blízkých opatření v povodí Olešné u Pelhřimova pomocí modelů BILAN, HEC-HMS a HYPE

ADAM VIZINA, LUDEK STROUHAL, MIRIAM DZURÁKOVÁ, VOJTĚCH MORAVEC, EVA MELIŠOVÁ

Klíčová slova: přírodě blízká opatření — revitalizace — hydrologická bilance — extrémní odtoky — látkové toky v povodí — malé povodí — hydrologické modelování

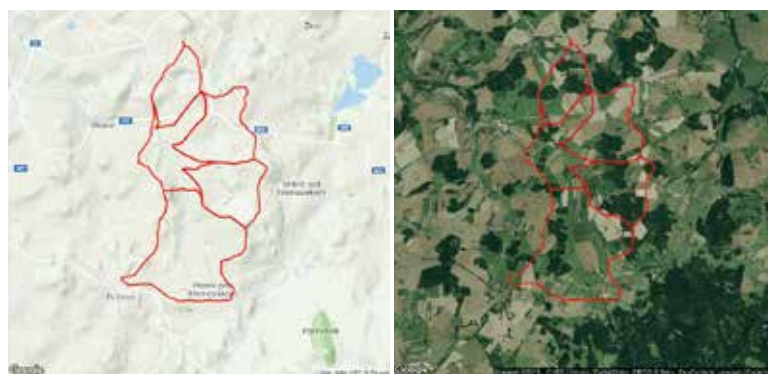
SOUHRN

V rámci několika výzkumných úkolů pro MŽP, zejména v oblasti problematiky zvládání sucha, byl vypracován katalog přírodě blízkých opatření a vytypovány typické lokality pro jejich aplikaci. Účinek navržených opatření na různé aspekty hydrologického režimu povodí byl hodnocen prostřednictvím modelových nástrojů. Předložený příspěvek prezentuje výsledky tohoto hodnocení na jedné z typických lokalit – povodí Olešné u Pelhřimova. Ovlivnění dlouhodobého odtokového režimu bylo simulováno prostřednictvím modelu BILAN, vliv na extrémní odtoky byl hodnocen v modelu HMS a potenciální změny v látkových tocích byly vymezeny formou citlivostní analýzy v modelu HYPE. V případě dlouhodobé bilance byl identifikován lehce pozitivní vliv ve srážkově bohatých letních měsících a lehce negativní vliv ve zbytku roku. Z hlediska extrémních odtoků mají navržená opatření potenciál prakticky zcela zadržet odtokovou odezvu na srážky s dobou opakování 2–5 let, u vyšších pak byla prokázána schopnost značné redukce kulminačních průtoků i objemu odtoku, případně jejich zpoždění. Citlivostní analýza látkových toků ukázala, že přechod z orné půdy na luční porost zapříčiní pokles koncentrace dusíku a rozpustného fosforu, nikoliv však pevného fosforu. Dávkování hnojiv má vliv pouze na fosfor v obou fázích a jejich výsledná koncentrace kladně koreluje s mírou dávkování, dusík zůstává neměnný.

ÚVOD

V předložené studii je zjednodušeně kvantifikován vliv přírodě blízkých retenčních opatření na hydrologický systém v povodí Olešné u Pelhřimova. V povodí byla navržena řada dílčích opatření vybraných z katalogu, který byl sestaven v rámci úkolu pro MŽP. Cílem studie bylo vyhodnocení komplexního dopadu systému opatření jak na dlouhodobý hydrologický režim, tak na extrémní odtoky a látkové toky v povodí. Navržený postup umožňuje orientační stanovení hodnot parametrů modelů BILAN, HMS a HYPE pro povodí, jehož hydrologický systém je ovlivněn zejména plošnými, případně několika liniovými či bodovými přírodě blízkými opatřeními.

Předpokládaným pokračováním této studie je ověření modelových výsledků pomocí fyzického monitoringu. Ten by měl vyhodnotit skutečný dopad navržených opatření na simulované aspekty hydrologického režimu. Takové hodnocení lze však provést pouze srovnáním stávajícího stavu se stavem dosaženým řádově 10 let po realizaci jednotlivých opatření v povodí, což vyžaduje trvalou údržbu a podporu komplexního monitoringu povodí.



Obr. 1. Terénní mapa a letecký snímek lokality s naznačeným dělením na dílčí povodí pro modelování v HMS

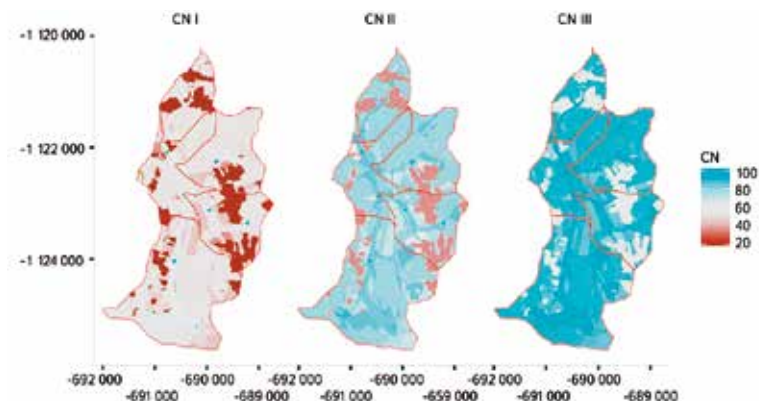
Fig. 1. Terrain map and orthophotograph with subcatchment boundaries used for modelling in HMS

CHARAKTERISTIKA LOKALITY A NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

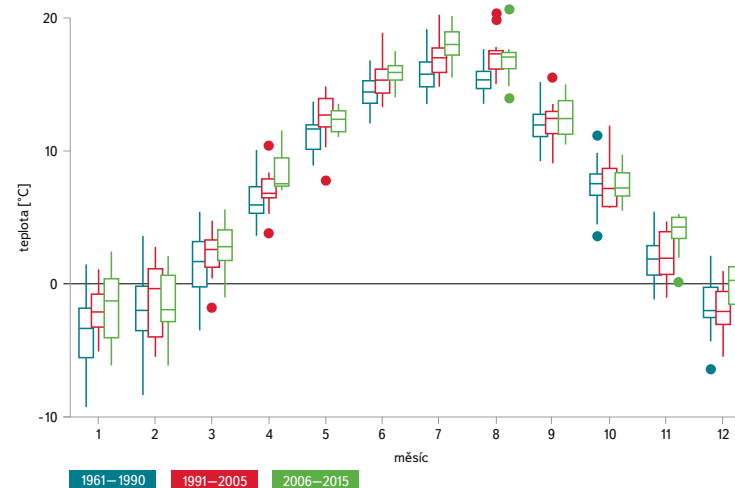
Povodí posuzovaného povodí Olešné se nachází 4 km východně od Pelhřimova v kraji Vysočina. Část povodí s plánovanými opatřeními je dána závěrovým profilem umístěným 100 m pod zaústěním bezejmenného pravostranného přítoku mezi průmyslovým a zemědělským areálem nad obcí Olešná. Jeho rozloha je 8,9 km², průměrná nadmořská výška 592 m n. m. a průměrný sklon území 7,6 % (odvozeno z DMR4G). Jak je patrné z obr. 1, charakter povodí je spíše vrchovinný s převažujícím podílem zemědělské půdy a jen drobnou venkovskou zástavbou.

Jednou z nejjednodušších charakteristik odtokového režimu povodí zahrnující vliv hydrologických charakteristik půd i půdního pokryvu je číslo odtokové křivky CN. Na obr. 2 jsou zobrazeny jeho hodnoty pro tři úrovně nasycení povodí podle indexu předchozích srážek CN I, CN II a CN III pro současné podmínky bez zahrnutí navrhovaných opatření.

Klimatologické veličiny byly na povodí Olešné vyhodnoceny pro tři časová období: 1961–1990, 1991–2005 a 2006–2015 a jsou znázorněny formou box-plotů na obr. 3 a 4. Jednotlivá období jsou od sebe barevně odlišena. Na obr. 3 lze vidět, že z pohledu průměrných měsíčních úhrnů bylo prostřední hodnocené období 1991–2005 srážkově spíše nadprůměrné a současný stav se přiblížil zpět podmínkám v prvním období 1961–1990.

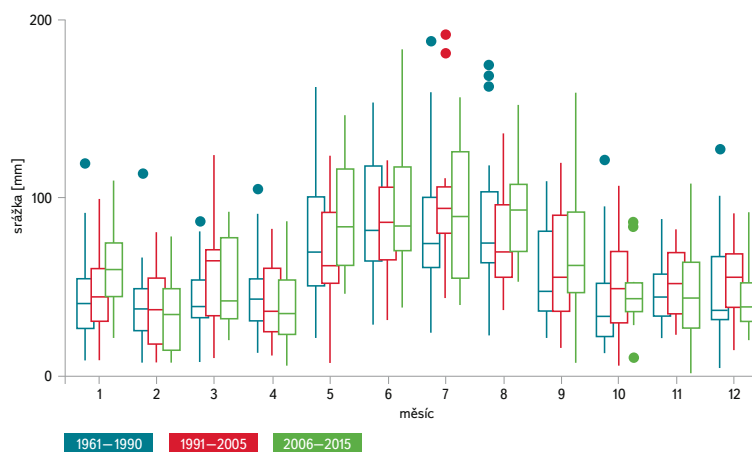


Obr. 2. Rozložení hodnot CN v povodí Olešné pro různé počáteční stavy nasycení
Fig. 2. CN values distribution in Olešná stream catchment for different antecedent precipitation indices



Obr. 4. Průměrné měsíční teploty vzduchu za období 1961–1990, 1991–2005 a 2006–2015 ve formě box-plotů

Fig. 4. Monthly temperature means in 1961–1990, 1991–2005 and 2006–2015 periods in the box-plot form



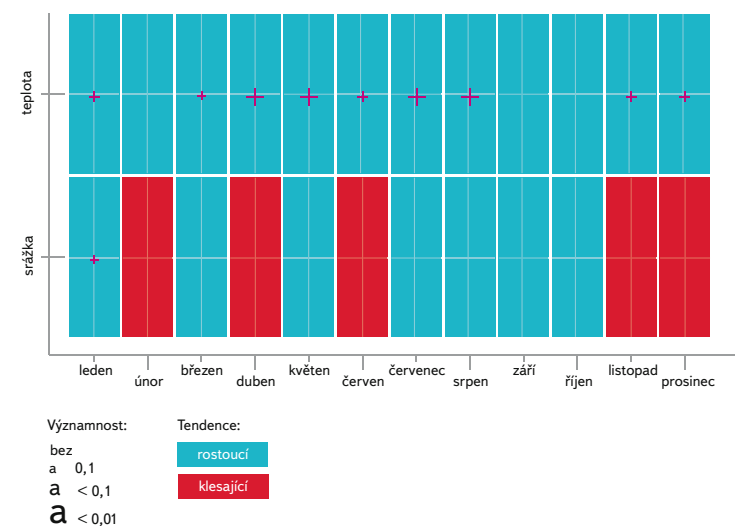
Obr. 3. Měsíční srážkové úhrny za období 1961–1990, 1991–2005 a 2006–2015 ve formě box-plotů

Fig. 3. Monthly precipitation means in 1961–1990, 1991–2005 and 2006–2015 periods in the box-plot form

Z hlediska teplot vzduchu za období 1961–2015 byly hodnoceny průměrné měsíční teploty za shodná období jako v případě srážek, výsledné grafy jsou znázorněny na obr. 4. Můžeme na něm pozorovat zřetelný nárůst teplot, a to především v zimních a letních měsících. Tento nárůst znamená snížení zásoby vody ve sněhu v zimním období, dřívější jarní tání a zároveň nižší jarní odtoky a v létě výrazný nárůst evapotranspirace.

Statistická významnost trendu měsíčních srážkových úhrnů a teplot vzduchu za celé období 1961–2015 byla posouzena Mann-Kendallovým testem. Výsledky jsou zobrazeny na obr. 5. Lze pozorovat statisticky významný nárůst teploty s vysokou hladinou významnosti především v měsících na počátku vegetačního období, kdy naopak srážkové úhrny mají spíše klesající, ač statisticky málo významnou, tendenci. Celkově srážkové úhrny spíše lehce rostou.

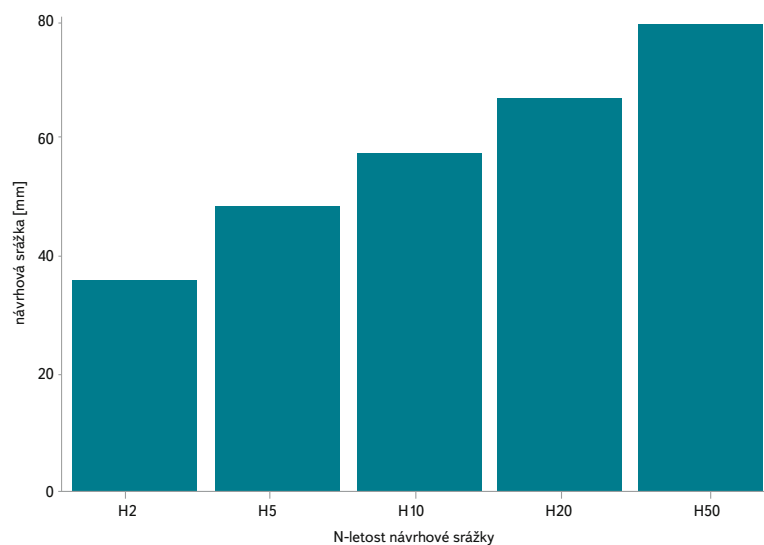
Kromě dlouhodobých klimatických charakteristik byly za účelem posouzení ovlivnění extrémních odtoků odvozeny šestihodinové návrhové srážky s dobami opakování 2–50 let podle metodiky [1]. Úhrny návrhových srážek jsou zobrazeny na obr. 6.



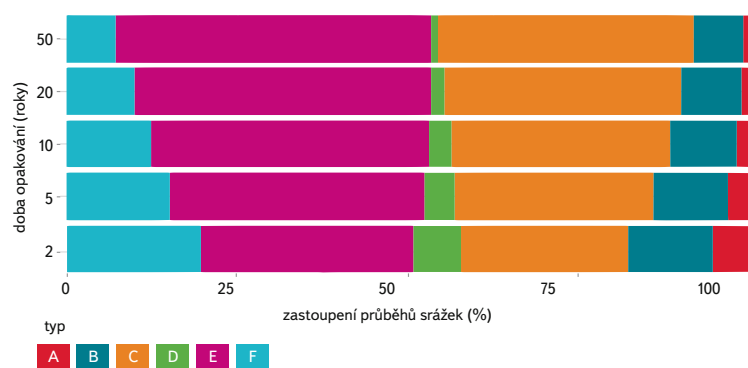
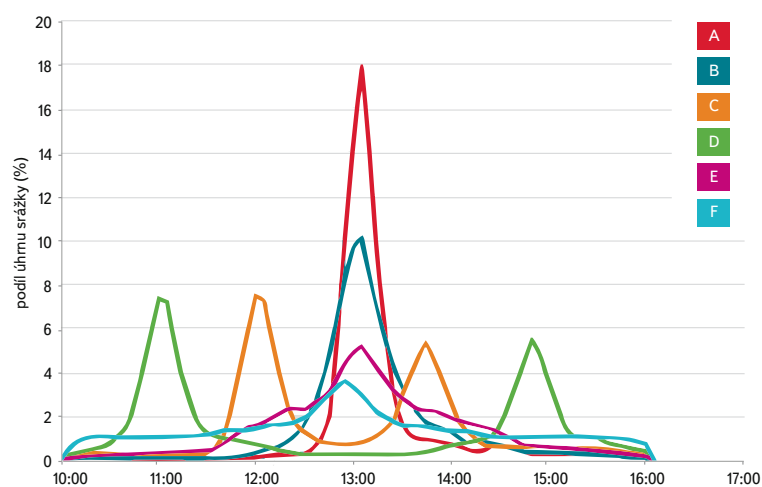
Obr. 5. Analýza trendů měsíčních úhrnů srážek a průměrných teplot vzduchu pomocí Mann-Kendallova testu

Fig. 5. Trend analysis of monthly means of temperatures and precipitation using Mann-Kendall test

Průběh srážky významně ovlivňuje hydrologickou odezvu povodí. Rozmanitost průběhu přírodních srážek je velmi značná a z těchto důvodů byly použity typizované návrhové šestihodinové hyetogramy, průběh jejich pětiminutových intenzit je znázorněn na obr. 7 nahoře. Typy hyetogramů jsou označeny písmeny A až F, kdy typy A, B, E a F mají jednoduchý průběh, typy C a D představují srážky se dvěma vrcholy. Pravděpodobnost výskytu návrhové srážky pro danou dobu opakování N v řešené lokalitě je zobrazena na obr. 7 dole.



Obr. 6. Úhrny šestihodinové návrhové srážky s dobami opakování 2, 5, 10, 20 a 50 let
Fig. 6. Six-hour design rainfall totals of return periods 2, 5, 10, 20 and 50 years



Obr. 7. Návrhové hyetogramy srážky v rozlišení 5 minut (nahore) a pravděpodobnost jejich výskytu v povodí Olešné (dole)

Fig. 7. Design rainfall hyetographs of 5 minutes resolution (top panel) and their occurrence frequency in the Olešná stream catchment (bottom panel)

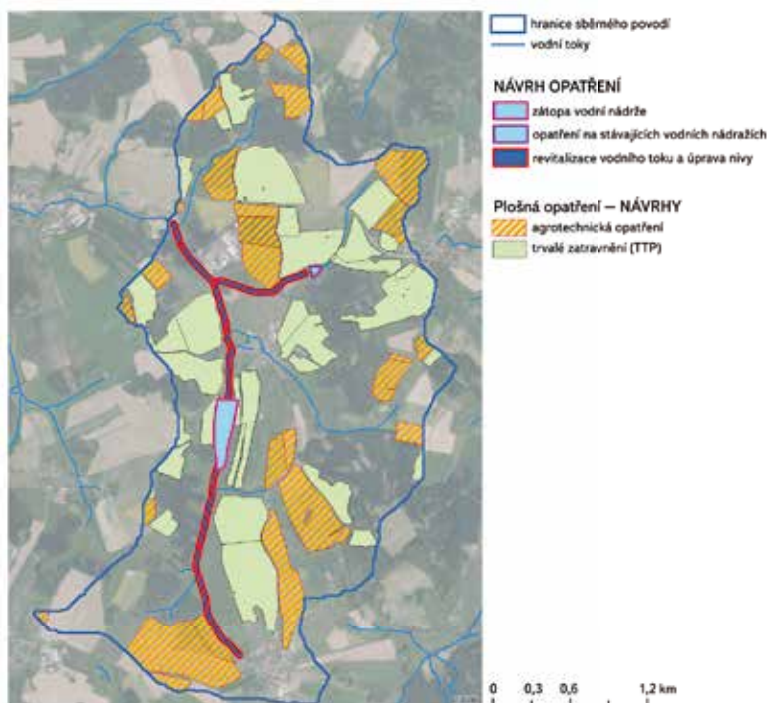
V povodí Olešné byla navržena kombinace technických a přírodních blízkých opatření. Schematicky je znázorněna na obr. 8 a skládá se z následujících dílčích opatření:

- Vodní nádrž
Nová vodní nádrž byla navržena jako protipovodňová ochrana obce Plevnice, s dostatečným retenčním potenciálem pro transformaci povodňové vlny. Nádrž může být realizována jako suchá nebo s částečným nadržením. Konečný typ nádrže vyplyne až z podrobně vyhotovené dokumentace nádrže podle potřeby a kapacity sběrné plochy povodí nad nádrží. Při současné podrobnosti řešení bylo vyčísleno, že pokud by se jednalo o suchou retenční průtočnou nádrž, dokázala by zachytit objem celé stoleté povodňové vlny. Zároveň by ale v případě provedení s částečným nadržením mohla v období sucha zajišťovat akumulaci vody v krajině a napomáhat k infiltraci povrchového odtoku.
- Opatření na stávající vodní nádrži
Návrh předpokládá rekonstrukci objektů, hráze nebo odbahnění podle detailní technické prohlídky, místních podmínek a potřeb.
- Revitalizace vodního toku a nivy
Účelem tohoto opatření je přiblížit morfologii koryta vodního toku směrem k přírodním podmínkám, zajistit migrační zprůchodnění příčných objektů, obnovit proces zaplavování nivy při zvýšených průtocích atd. Návrh předpokládá s revitalizací v celkové délce až 4 600 m.
- Agrotechnická opatření
Cílem agrotechnických opatření je maximální možné zkrácení času, po který není půda chráněna vegetačním pokryvem, a zlepšení půdních vlastností prostřednictvím alternativních způsobů obdělávání. Hlavní funkcí je ochrana půdy, tedy zamezení degradace půdy a snížení erozního smyvu. Celkově je cíleno na zlepšení vodního režimu v půdě. Mezi plošná agrotechnická opatření patří např. technologie ochranného zpracování půdy, hrázování, důlkování, mulčování, setí do krycí plodiny apod.
- Trvalé zatravnění
Toto opatření představuje krajní zásah do existujícího způsobu hospodaření a bývá obvykle navrhováno na mělkých a silně erozně ohrožených půdách s vyšším sklonem. Plně zapojený travní porost je neúčinnější protierozní ochrana, chrání půdu před degradací a celkově napomáhá zlepšení vodního režimu v půdě.

METODIKA

Navržená opatření jsou značně rozmanitá z hlediska velikosti, dimenze (bodová, liniová až plošná) či účelu, tedy přírodního procesu, který mají ovlivňovat. Univerzální a ucelené hodnocení celého systému opatření tedy není dobře dosažitelné. V rámci řešeného projektu bylo dále posuzováno celkem 20 lokalit s omezenými datovými podklady, proto ani příliš detailní modelování nejmódnějšími prostředky nebylo možné aplikovat. Proto byly vybrány tři aspekty hydrologického chování povodí, jejichž ovlivnění realizovanými opatřeními bylo samostatně posuzováno různými metodami a prostředky:

1. změny v dlouhodobém odtokovém režimu byly posouzeny v modelu BILAN v kombinaci s metodou SCS-CN,
2. ovlivnění extrémních odtoků bylo simulováno modelem HMS v kombinaci s metodou SCS-CN,
3. možný vliv opatření na látkové toky v povodí byl kvantifikován pomocí modelu HYPE.



Obr. 8. Navržená technická a přírodě blízká opatření v povodí Olešné

Fig. 8. Design system of natural restoration measures in the Olešná stream catchment

Metoda SCS-CN, aplikovaná ve dvou ze tří uvedených posouzení, je v ČR známa jako metoda odtokových křivek. Metoda je celosvětově oblíbená vzhledem ke své jednoduchosti a stále se hojně využívá, přestože má mnohá teoretická omezení. Používá se ke stanovení velikosti přímého odtoku (povrchový odtok plus rychlý podpovrchový odtok) na základě znalosti intenzity úhrnu příčinné srážky a hydrologických vlastností půdy a půdního pokryvu. Metoda byla testována a ověřena mnohými výzkumy a studiemi odtokových poměrů. V malých povodích existuje dobrá korelace mezi naměřenou výškou odtoku a výškou odtoku stanovenou metodou čísel SCS-CN. Průměrné hodnoty CN pro libovolné území lze snadno určit z běžných datových podkladů s využitím nástrojů GIS. Metoda odtokových křivek může být použita při navrhování vodohospodářských opatření a drobných staveb nacházejících se v ploše povodí nebo na vodních tocích do velikosti povodí 5 km² [2].

Metoda SCS-CN byla odvozena na zemědělsky využívaných povodích, jejichž plocha není větší než 10 km². Zejména pro velká povodí je potřeba u výsledků výpočtu počítat se značnými nepřesnostmi. Dalším faktorem ovlivňujícím přesnost metody zejména pro extrémní úlohy je časové rozložení intenzit srážek, které metoda CN nezohledňuje, neboť pro jakýkoliv zvolený průběh srážky dává totožný objem odtoku. Průměrná hodnota CN se pro konkrétní území určuje jako plošný vážený průměr hodnot pro jednotlivé pozemky. Tato detailní čísla se stanovují obvykle podle metodických tabulek. Pro potřeby projektu byly využity tabulkové hodnoty CN převzaté z originální metodiky [3] a pro netabelované kategorie půdního pokryvu (PP), jako například pro agrotechnická opatření, byly z těchto originálních hodnot odvozeny nové podle odborného posouzení charakteru opatření. Pro přiřazení CN k elementárním odtokovým plochám je potřeba znát druh PP a hydrologickou skupinu půd (HSP). Datová vrstva PP byla odvozena ze ZABAGED se zjednodušením na deseti kategoriích povrchu. Pro určení hydrologické skupiny půd byla využita volně dostupná data BPEJ pro zemědělskou půdu a vrstva Lesních typů

od ÚHÚL překlasifikovaná na HSP podle metodiky [4]. Tabelované hodnoty CN se zpravidla vztahují k průměrnému vlhkostnímu stavu danému indexem předchozí srážky (IPS2), pro potřeby extrémního modelování byly hodnoty CN II dále přepočteny i pro nasycený stav daný indexem IPS3. Z hodnot CN II a III byly dále odvozeny příslušné hodnoty potenciální retence, které byly kromě samotného určení odtokové výšky v modelu HMS použity i pro stanovení parametru *Spa* v hydrologickém modelu BILAN. Prostřednictvím rozdílných hodnot CN pro původní stav povodí a stav po návrhu opatření se do modelů promítne efekt části posuzovaných opatření. Některá další specifická opatření byla v jednotlivých modelech zahrnuta jiným způsobem, podrobněji jsou popsána v následující části metodiky specificky pro konkrétní model.

Opatření a hydrologický model BILAN

Pro modelování hydrologické bilance byl použit model BILAN, který je vyvíjen více než 15 let na oddělení hydrologie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. 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 průměrná teplota vzduchu. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, 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 [5]. Pro modelování hydrologické bilance byla použita měsíční verze modelu, která má osm parametrů. Pro modelovaný odtok má klíčový význam parametr *Spa*, který udává retenci půdy v povodí a parametr *Grd* udávající odtok ze zásob podzemních vod (základní odtok).

Vstupem do modelu jsou denní či měsíční veličiny:

- srážkové úhrny (mm),
- průměrné teploty (°C),
- průměrná vlhkost vzduchu (%),
- pozorované odtokové výšky (mm),
- užívání vody (odběry, vypouštění),
- potenciální evapotranspirace (mm).

Pro hodnocení změn v chování povodí způsobené realizací navržených opatření bylo využito přístupu předchozí práce [6], v níž byl pro stanovení parametru *Spa* identifikován následující lineární model na základě krokové regrese:

$$Spa = 0,71 \times S3 + 88,91 Dd - 8,89 St + 65,76 \quad (1)$$

kde *S3* je maximální retence pro III. typ předchozích vláhových podmínek (mm),
Dd hustota říční sítě povodí (km/km²),
St průměrný sklon říční sítě (%).

Celý soubor představuje statisticky významné vstupní veličiny, což bylo potvrzeno výsledky F testu a t-testů.

Pro parametr *Grd* byl krokovou regresí stanoven následující lineární model:

$$Grd = 0,02 \times St - 0,003 Smax + 0,23 \quad (2)$$

kde soubor deskriptorů je tvořen průměrným sklonem říční sítě *St* (%) a maximálním lokálním sklonem v povodí *Smax* (%). Opět výsledný model obsahuje statisticky významné vysvětlující geomorfologické veličiny podle F testu a t-testů.

Pro samotné stanovení parametrů modelu byly vypočteny pro jednotlivá povodí hydrogeomorfologické charakteristiky jako:

- hustota říční sítě,
- průměrný sklon říční sítě,
- sklonitost povodí,

ze kterých byl následně odvozen parametr *Spa* vyjadřující retenční kapacitu povodí. Pro samotné modelování byla využita časová řada v měsíčním časovém kroku za období 1961–2015 tak, aby obsahovala co největší variabilitu hydrologického režimu.

Opatření v modelu HMS

HMS je veřejně dostupný a bezplatně poskytovaný nástroj vyvíjený v americkém Hydrologic Engineering Center. Jedná se o softwarové prostředí umožňující využití řady výpočetních modelů a metod, z nichž asi nejrozšířenější je metoda odtokových křivek SCS-CN. Velkou nevýhodou této metody je, že hodnota výsledné odtokové výšky není závislá na časovém rozložení příčinné srážky. Odtoková výška ze dvou srážek s totožným úhrnem ale s průběhy např. v podobě rovnoměrného deště nízké intenzity a přívalovou srážkou je rovněž totožná, což neodpovídá fyzikálním principům tvorby přímého odtoku. Z tohoto důvodu je třeba opatrnosti při interpretaci výsledků modelu, neboť objemy odtoku i kulminační průtoky mohou být u přívalových srážek podhodnoceny.

Pro určení výsledného odtoku z příčinné srážky je nutné hyetogram efektivní srážky získaný metodou SCS-CN transformovat do odtokové odezvy. V HMS lze k tomuto účelu využít opět řadu metod, nejznámější je pravděpodobně metoda jednotkového hydrogramu. Jedná se o jedno- či víceparametrickou matematickou funkci rozkládající jednorázový srážkový impuls do odtokové vlny. Parametry určující tvar hydrogramu lze odvodit často z hydrogeomorfologických charakteristik povodí, např. maximální délky odtokové dráhy a průměrného sklonu povodí.

Pro určení dopadů navržených opatření na extrémní odtoky byly v HMS sestaveny modely povodí ve dvou variantách – před a po realizaci opatření. V případě povodí Olešné sestával model celkem z pěti dílčích podpovodí. Pro určení objemu odtoku byly použity průměrné hodnoty CN II pro většinu druhů půdního pokryvu, u orné půdy pak byly použity hodnoty pro nejvíce rizikový scénář, tedy holý úhor. Pro transformaci odtoku byla zvolena metoda SCS jednotkového hydrogramu, která vyžaduje pouze jeden parametr – dobu zpoždění. Ta byla určena z hodnoty CN II, maximální délky odtokové dráhy a průměrného sklonu povodí.

Model povodí Olešné byl zatížen sadou šestihodinových návrhových srážek s dobou opakování $N = 2, 5, 10, 20$ a 50 let, a to v několika variantách průběhu intenzity srážky. Prostorové rozložení návrhové srážky bylo uvažováno homogenní, tedy totožný úhrn pro všechna podpovodí. Tento postup je v souladu se zjištěním Řezáčové [7], že extrémní úhrny je třeba redukovat podle zasažené plochy přibližně od 20 km^2 . Návrhové úhrny byly získány pomocí webové processingové služby (WPS) poskytované pracovištěm ČVUT (rain.fsv.cvut.cz).

Krátkodobé srážky, které jsou nejčastější příčinou extrémních odtoků z malých povodí, se vyznačují značnou časovou variabilitou průběhu. Müller a kol. [8] odvodili na území ČR šest typických průběhů šestihodinových srážek A–F včetně četnosti jejich výskytu v závislosti na poloze a době opakování. Stejně jako návrhové úhrny byly tyto četnosti výskytu ve všech povodích získány s využitím zmíněné WPS služby. Pro modelování v HMS pak byly vybrány typy průběhů s významným zastoupením (více než 17 %) při dvou a více dobách opakování, v povodí Olešné se jedná konkrétně o dva průběhy typu C a E, jak ukazuje graf na obr. 7 dole. Jako návrhový stav byl uvažován průměrný stav nasycení daný indexem předchozího nasycení II, což je v souladu s metodikou [1].

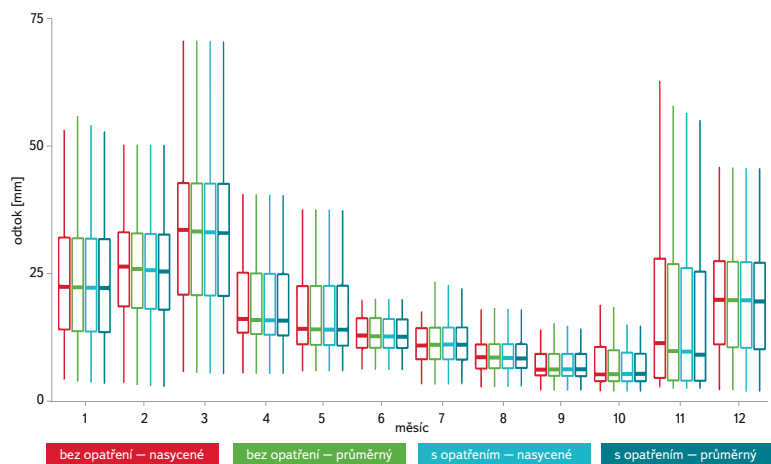
V modelování odezvy povodí na extrémní srážky byl zohledněn výskyt navrženého retenčního prvku – suché nádrže. Výpočet transformace umožňuje HMS na základě definice výpustních objektů a křivek zásobní funkce nádrže či zatopených ploch. Objekty byly specifikovány orientačně na základě dimenzí typických pro daný typ stavby. Zásobní funkce nádrže byly odvozeny v GIS na základě DMT a mapových podkladů.

Posledním typem modelovaného opatření je revitalizace vodního toku a přilehlé nivy. Pro transformaci odtokové vlny ve vodním toku využívá HMS jednoduchou hydrologickou metodu Muskingum-Cunge. Pro definici transformace je nutné zadat délku a sklon říčních úseků, geometrii koryta a jeho hydraulické drsnosti. Délka a sklon byly určeny v GIS, geometrie byla definována zjednodušeně jako jednoduché kapacitní lichoběžníkové koryto pro ovlivněné úseky toku a jako složené lichoběžníkové koryto s širokými bermami pro přírodě blízké úseky. Jako příslušné výchozí drsnosti byly použity hodnoty 0,025, resp. 0,025 či 0,03. Pro úseky s navrženou revitalizací byla v modelu o 30 % prodloužena délka úseku toku, příslušným způsobem snížen podélný sklon, příčný profil změněn na přírodě blízký (mělká kyneta a široké rozlivné bermy) a zvýšena hydraulická drsnost na 0,03 a 0,035.

Modelování opatření v HYPE

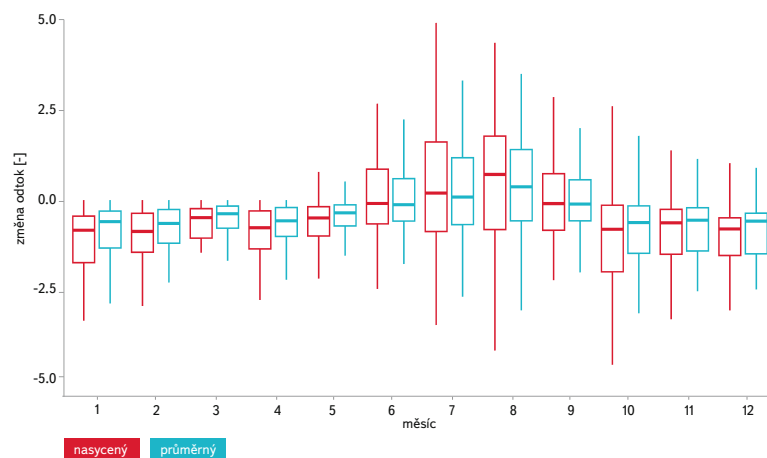
HYPE je semidistribuovaný open-source hydrologický model [9], který slouží k simulaci látkových toků v rámci povodí. Pracuje na bázi fragmentace povodí na podpovodí, která jsou dále rozdělena do skupin hydrologicky responzivních jednotek (HRJ), které jsou výsledkem kombinace rastrových vrstev, jmenovitě vrstvy digitálního modelu terénu, vrstvy sklonitosti, vrstvy krajinného krytu, vrstvy základních hydrogeologických ukazatelů (hloubka hydrologicky aktivní vrstvy půdy a skeletovitost půdy) a volitelně v rámci modelování kvality vody vrstvy plodinových map, popř. drenážních systémů. Jednotlivé HRJ mají unikátní hydrologický režim, jež je ovládán příslušnými parametry modelu. HRJ vstupují do modelu ve formě procentuálního zastoupení každé HRJ v rámci jednotlivých povodí. Model uvažuje až tři půdní vrstvy s rozdílnými hloubkami pro přesnější simulaci pohybu nutrientů půdou. Model pracuje se třemi skupinami parametrů, které jsou vázány buď globálně, nebo na druh krajinného pokryvu, nebo na typ půdy.

Kromě zmiňovaných rastrových vstupů jsou dále vstupem do modelu charakteristiky vodních děl, zejména těch manipulovaných, jmenovitě hloubka, objem, plocha, typ vodní nádrže, průměrný odtok z nádrže, minimální zůstatkový odtok z nádrže a řada dalších. Vstupem do modelu je také procentuální zastoupení vodních ploch na povodí, které bylo odvozeno z vektorové vrstvy nádrží z databáze DIBAVOD. Stejně tak délka hlavního toku a délka vedlejších toků. Protože na experimentálních lokalitách nejsou k dispozici údaje o průtocích ani záznamy o kvalitě vody, byly vybrány analogony (povodí s podobnými charakteristickými vlastnostmi, která měla k dispozici buď měření průtoků, nebo údaje o kvalitě vody, a na která byl model kalibrován), na které byly přeneseny parametry modelu z experimentálních lokalit. Poněvadž zatím nebylo známo uskupení pěstovaných rostlin v daných experimentálních lokalitách, byly aplikovány standardní hodnoty pro obecnou úzkořádkovou obilovinu.



Obr. 9. Průměrné měsíční odtokové výšky ve formě box-plotů pro jednotlivé varianty hodnocení

Fig. 9. Monthly average runoff heights in the box-plot form according to modelled scenario



Obr. 10. Změny měsíčních odtokových výšek ve formě box-plotů (před opatřením a po realizaci opatření)

Fig. 10. Changes in the monthly average runoff heights between current state of the catchment and after application of the designed restoration measures

Z důvodu chybějících údajů pro jednotlivé lokality bylo modelování vlivu adaptačních opatření na jakost vody provedeno formou citlivostní analýzy vnitřních komponent modelu, které lze považovat za formy některých adaptačních opatření. Zmiňovanými komponentami byly:

- změna struktury půdy: uvažována záměna jemnozrnné půdy za půdu hrubozrnnou, a to v 5% kroku, jinými slovy v každém kroku bylo z povodí odebráno 5 % půdy jemnozrnné a přidáno 5 % půdy hrubozrnné;
- změna půdního pokryvu: uvažována záměna orné půdy za luční porost, a to v 5% kroku, jinými slovy v každém kroku bylo z povodí odebráno 5 % orné půdy a přidáno 5 % lučního porostu;
- změna v množství dávkovaných hnojiv: bylo uvažováno odečítání v 10% kroku od standardního dávkování, dokud dávkování nebylo rovno 0 % standardní dávky, a naopak přičítání k standardnímu dávkování, dokud dávkování nebylo rovno 200 % standardní dávky;

- změna v množství atmosférické (suché i mokré) depozice dusíku: bylo uvažováno odečítání ve 25% kroku od standardních hodnot atmosférické depozice, dokud depozice nebyla rovna 0 % standardní depozice, a naopak přičítání k standardní hodnotě atmosférické depozice, dokud depozice nebyla rovna 200 % standardní depozice;
- změna teploty ovzduší o 2 °C: bylo uvažováno zvýšení veškeré vstupní teploty do modelu o 2 °C (tato změna zavedena za účelem zjištění citlivosti modelu na zvýšení teploty v rámci jakosti vody).

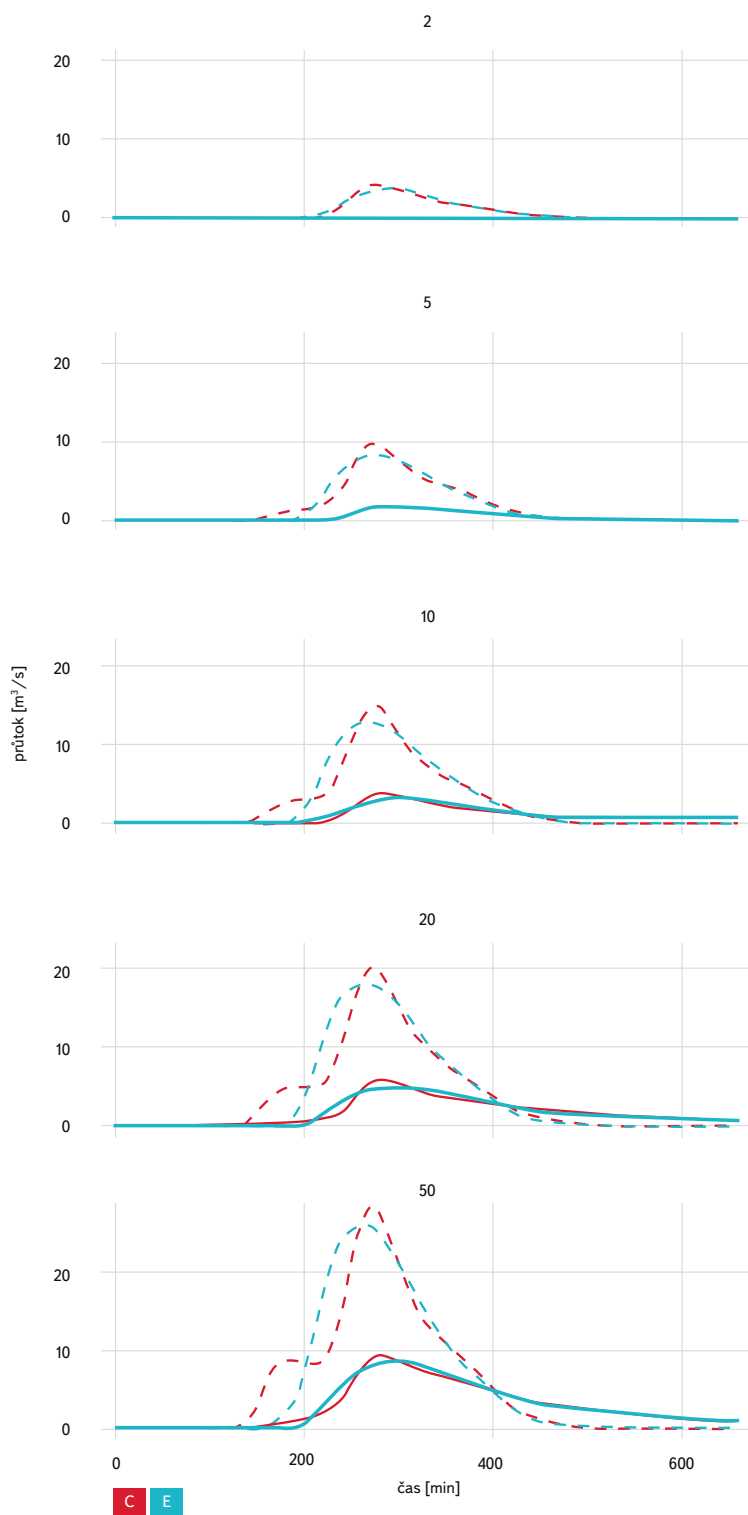
VÝSLEDKY

Podobně jako v případě metodiky jsou zde prezentovány výsledky modelování efektu navržených opatření odděleně pro tři zohledněné aspekty hydrologického chování povodí.

Tabulka 1. Vyhodnocení krátkodobých srážko-odtokových epizod

Table 1. Changes in characteristics of runoff from design short-term rainfall events

N	Průběh	Q1	Q2	V1	V2	T1	T2	dQ	dV	dT
roky	—	m ³ /s	m ³ /s	tis. m ³	tis. m ³	hh:mm	hh:mm	%	%	min
2	C	4,2	0,4	29,0	5,2	14:40	15:50	-90 %	-82 %	70
2	E	3,7	0,5	29,0	5,2	14:50	15:35	-87 %	-82 %	45
5	C	9,9	1,9	69,1	19,1	14:35	14:50	-80 %	-72 %	15
5	E	8,5	1,8	69,2	19,1	14:35	15:05	-78 %	-72 %	30
10	C	14,7	3,6	105,5	38,6	14:35	14:45	-75 %	-63 %	10
10	E	12,8	3,3	105,5	38,7	14:30	15:00	-74 %	-63 %	30
20	C	20,0	5,8	147,7	65,3	14:35	14:45	-71 %	-56 %	10
20	E	17,9	5,2	147,7	65,3	14:25	14:55	-71 %	-56 %	30
50	C	28,2	9,2	213,1	111,2	14:30	14:45	-67 %	-48 %	15
50	E	25,9	8,4	213,1	111,2	14:20	14:55	-68 %	-48 %	35



Obr. 11. Návrhové průtoky podle doby opakování pro jednotlivé typy vln (čárkovaně před opatřením, plně po opatření)

Fig. 11. Maximum discharges of different return period resulting from the most frequent patterns of the causal design rainfall; dashed line for the current state of the catchment, dotted line after application of the designed restoration measures

Ovlivnění dlouhodobé hydrologické bilance

Na obr. 9 jsou vyhodnoceny průměrné odtokové výšky za období 1961–2015 pro danou lokalitu a čtyři scénáře. Na obr. 10 jsou zobrazeny změny odtokových výšek po aplikaci opatření pro průměrný a nasycený stav. Lze pozorovat minimální negativní dopad na dlouhodobý vodní režim a v letních měsících lehký nárůst odtoků.

Ovlivnění extrémních odtoků

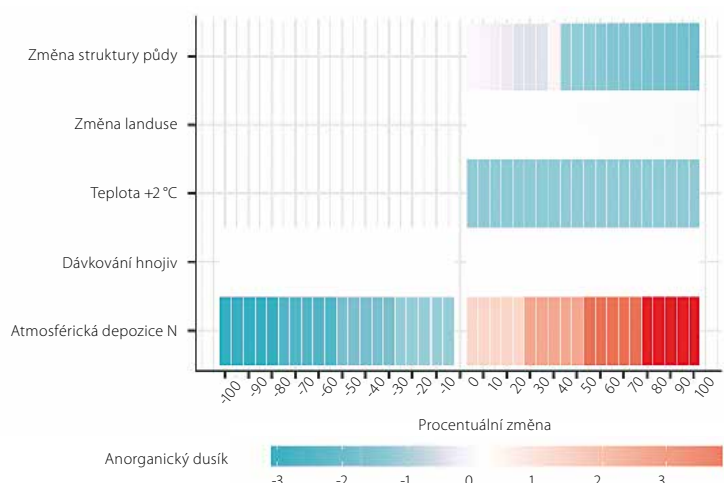
V zájmové lokalitě Olešná byla navržena rozsáhlá organizační a agrotechnická protierozní opatření, revitalizace prakticky všech úseků vodního toku a jedna nová vodní nádrž o rozloze 4,5 ha. Z hlediska průběhů krátkodobých srážek v lokalitě převažují typy C a E. Ovlivnění odtokové odezvy na extrémní návrhové srážky s těmito průběhy a s dobami opakování 2–50 let ukazuje obr. 11 a procentuální snížení kulminačních průtoků, objemu odtoku do konce simulace a posun kulminace je vyčíslen v tabulce 1.

Z uvedených grafů a hodnot je patrné, že navržená opatření mají potenciál prakticky zcela zadržet odtokovou odezvu na srážky s dobou opakování 2–5 let. Při extrémnějších událostech zajistí značnou redukci kulminačních průtoků i objemu odtoku v časovém úseku simulace (11 h). Na redukci má nejvýraznější vliv navržená suchá nádrž, jejíž kapacita je srovnatelná s objemem 100leté povodňové vlny ze svého dílčího povodí. Hodnoty redukce objemu odtoku v tabulce 1 jsou ovlivněny krátkou dobou simulace, během níž nebyl dokončen výpočet transformace odtokových vln v suché nádrži. Výsledné redukce objemu je nutné očekávat ve skutečnosti nižší. Z hlediska průběhu návrhových srážek generuje vyšší kulminační odtoky dvouvrcholová návrhová srážka typu C, rozdíl oproti druhému nejčastějšímu průběhu typu E však není výrazný. Podstatně se oba průběhy liší pouze při posuzování způsobených navrženými opatřeními: Vlnu vyvolanou intenzivnější srážkou typu C zpožďují v průměru o 10 minut, zatímco vlny vyvolané rovnoměrnější srážkou typu E jsou zpožděny více, cca o 30 minut oproti stavu povodí bez navržených opatření.

Ovlivnění látkových toků

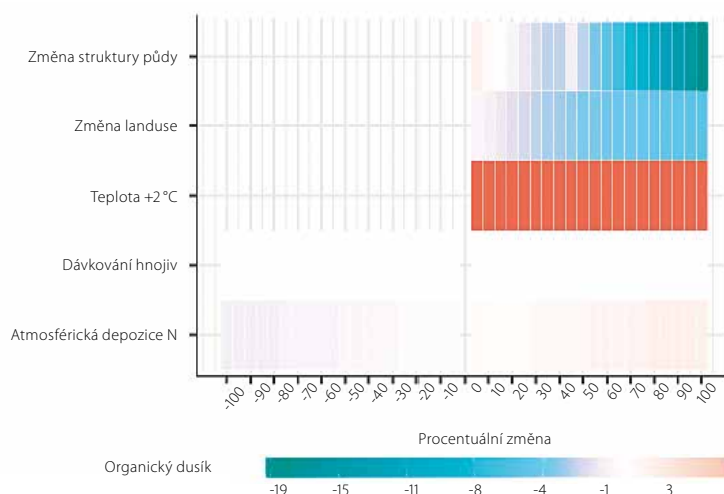
Obrázky 12–15 sumarizují citlivostní analýzu a dávají jasnou představu o tom, jaká komponenta modelu má vliv na tu kterou koncentraci modelovaných látek. Na ose Y lze vidět danou komponentu modelu (adaptační opatření), na ose X pak procentuální změnu dané komponenty, přičemž hodnota (resp. barva) dlaždice udává průměrnou hodnotu změny od výchozí modelované koncentrace. Modrá barva značí pokles od výchozí koncentrace, naopak červená značí nárůst od výchozí koncentrace a bílá barva reprezentuje nulovou změnu.

Hodnotový rozsah je pro každou látku specifický, poněvadž jejich koncentrace v povodích, resp. v tocích je rozdílná. Obecně lze vyvozovat, že s přechodem z jemnozrnné půdy na půdu s hrubší strukturou klesá koncentrace všech čtyř modelovaných látek (jmenovitě anorganický dusík, organický dusík, pevný fosfor a rozpustný fosfor). Přechod z orné půdy na luční porost zapříčiňuje pokles koncentrace dusíku a rozpustného fosforu, nikoliv však pevného fosforu. Dávkování hnojiv má vliv pouze na fosfor v obou fázích a jejich výsledná koncentrace kladně koreluje s mírou dávkování, dusík zůstává neměnný. Stejně tak atmosférická depozice dusíku logicky kladně koreluje s mírou koncentrace dusíku v tocích. Zvýšení teploty o 2 °C způsobuje nárůst pevného fosforu a organického dusíku a naopak pokles rozpustného fosforu a anorganického dusíku.



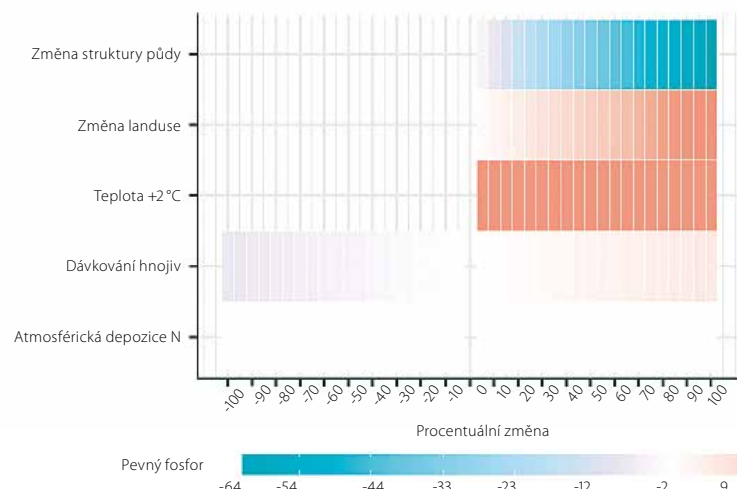
Obr. 12. Modelované změny koncentrací anorganického dusíku

Fig. 12. Simulated changes in the concentration of inorganic nitrogen



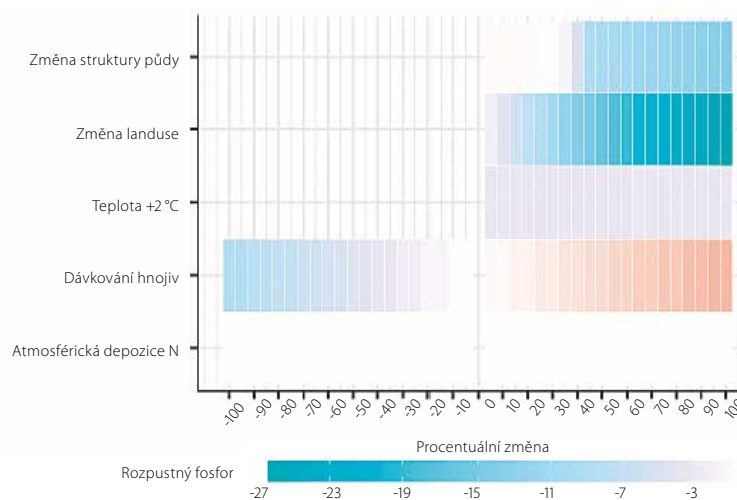
Obr. 13. Modelované změny koncentrací organického dusíku

Fig. 13. Simulated changes in the concentration of organic nitrogen



Obr. 14. Modelované změny koncentrací pevného fosforu

Fig. 14. Simulated changes in the concentration of particulate phosphorus



Obr. 15. Modelované změny koncentrací rozpustného fosforu

Fig. 15. Simulated changes in the concentration of dissolved phosphorus

ZÁVĚR

Na lokalitě Olešná u Pelhřimova budou mít navržená opatření lehce pozitivní vliv ve srážkově bohatých letních měsících, kdy je zpomalen odtok z území a lehce negativní vliv ve zbytku roku. Změny jsou také dány změnou klimatických veličin, kdy nárůstem teplot roste také potenciální a aktuální evapotranspirace.

Navržená opatření mají potenciál prakticky zcela zadržet odtokovou odezvu na srážky s dobou opakování 2–5 let a i pro extrémnější události zajistí značnou redukci kulminačních průtoků i objemu odtoku, případně jejich zpoždění.

Obecně lze vyvozovat, že s přechodem z jemnozrnné půdy na půdu s hrubší strukturou klesá koncentrace všech čtyř modelovaných látek (jmenovitě anorganický dusík, organický dusík, pevný fosfor a rozpustný fosfor). Přechod z orné půdy na luční porost zapříčiňuje pokles koncentrace dusíku a rozpustného fosforu, nikoliv však pevného fosforu. Dávkování hnojiv má vliv pouze na fosfor v obou fázích a jejich výsledná koncentrace kladně koreluje s mírou dávkování, dusík zůstává neměnný.

V rámci projektu bylo obdobně posouzeno 20 lokalit a podrobné výsledky jsou dostupné na webových stránkách www.suchovkrajine.cz.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky a na základě výsledků různých výzkumných úkolů.

Literatura

- [1] KAVKA, P., MÜLLER, M., STROUHAL, L., KAŠPAR, M., BLIŽŇÁK, V., LANDA, M., WEYSKRABOVÁ, L., PAVEL, M. a DOSTÁL, T. *Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině* [online], 2018. Dostupné z: <http://rain.fsv.cvut.cz>
- [2] HAVLÍK, A. a FREMROVÁ, L. TNV 75 2102 Úpravy potoků, 2010.
- [3] SCS. *Urban hydrology for small watersheds*. Technická zpráva. Washington, DC: Engineering Division, Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, 1986.
- [4] MACKŮ, J. Problematika stanovení hydrologických skupin půd v lesích. In: *Krajinné inženýrství 2012*, Praha: Ministerstvo zemědělství, 2012, s. 15–22. ISBN 978-80-87384-03-9.
- [5] VIZINA, A., HORÁČEK, S. a HANEL, M. Nové možnosti modelu Bilan. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 4–5, s. 7–10.
- [6] MÁČA, P., BAŠTA, P., KOŽÍN, R. a HANEL, M. Využití geomorfologických charakteristik pro odhad celkové retence povodí. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2016, roč. 58, č. 6, s. 54–57.
- [7] ŘEZÁČOVÁ, D., PEŠICE, P., and SOKOL, Z. An estimation of the probable maximum precipitation for river basins in the Czech Republic. *Atmospheric Research* [online], B.m.: Elsevier, 1.9., 2015, vol. 77, No. 1–4, p. 407–421. ISSN 0169-8095.
- [8] MÜLLER, M., KAŠPAR, M., and BLIŽŇÁK, V. *Rainfall time structure variability depending on precipitation depths and duration*, 2017.
- [9] ARHEIMER, B., DAHNÉ, J., DONNELLY, C., LINDSTROM, G., and STROMQVIST, J. Water and nutrient simulations using the HYPE model for Sweden vs. the Baltic Sea basin – influence of input-data quality and scale. *Hydrology research*, 2012, vol. 43, No. 4, p. 315–329.

Autoři

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

✉ adam.vizina@vuv.cz

Ing. Luděk Strouhal, Ph.D.^{1,3}

✉ ludek.strouhal@vuv.cz

Ing. Miriam Dzuráková¹

✉ miriam.dzurakova@vuv.cz

Ing. Vojtěch Moravec²

✉ moravec@fzp.czu.cz

Ing. Eva Melišová²

✉ melisovae@fzp.czu.cz

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

²Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

³České vysoké učení technické, Fakulta stavební

Příspěvek prošel lektorským řízením.

STUDY ON THE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF NATURE-FRIENDLY MEASURES IN THE OLEŠNÁ IN PELHŘIMOV CATCHMENT AREA USING THE BILAN, HEC-HMS AND HYPE MODELS

VIZINA, A.^{1,2}; STROUHAL, L.^{1,3}; DZURAKOVA, M.¹; MORAVEC, V.²; MELISOVA, E.²

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

²Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of the Environment

³Czech Technical University, Faculty of Civil Engineering

Keywords: natural restoration measures – catchment renaturation – hydrologic balance – extreme discharges – nutrient fluxes – small catchment – hydrological modelling

A catalogue of natural restoration measures was created within several research programs under Ministry of the Environment of the Czech Republic, especially in the program for hydrological draught mitigation. As a next step suitable catchments for their application were identified. With use of hydrological models, the effect of designed restoration measures on three aspects of hydrological regime was assessed. This case study reports the results of this assessment in the Olešná stream catchment located to the east of Pelhřimov, in the central part of the Czech Republic. Changes in the long-term hydrological regime were assessed by the BILAN model using the daily step and more than 30-years long climatological time series. Effect on the extreme discharges was evaluated in the HEC-HMS and potential changes in nutrient fluxes were quantified with the HYPE model in the form of sensitivity analysis. Concerning the hydrological balance, slightly positive effect was identified in the wet summer months, whereas in the rest of the year the changes were rather negative. Extreme discharges with return periods up to 5 years were almost entirely retained by the measures designed, for longer return periods a high potential in reducing the runoff volumes and peak discharges or in delaying the peaks was proven. The sensitivity analysis of nutrient fluxes in HYPE showed, that turning arable land into grassland leads to decrease in concentrations of nitrogen and dissolved phosphorus, but not in solid phosphorus. The fertilizers dosage influences only the concentration of both forms of phosphorus, whereas the nitrogen remains unaffected.



HAMR: online systém pro zvládání sucha – operativní řízení během suché epizody

**ADAM VIZINA, MARTIN HANEL, MIROSLAV TRNKA, JAN DAŇHELKA,
IRINA GREGORIEOVÁ, PETR PAVLÍK, MARTIN HEŘMANOVSKÝ**

Klíčová slova: sucho – nedostatek vody – nástroj na podporu rozhodování – hydrologická bilance – řízení vodních zdrojů

SOUHRN

Zvýšený výskyt suchých období v České republice s sebou přináší potřebu vytvořit či upravit legislativu. Neméně důležité je vytvoření nástroje, který bude sloužit pro rozhodování v období sucha na jednotlivých úrovních managementu. Princip tohoto nástroje/systému je popsán v tomto článku. Systém je založen na propojení modelu půdního a modelu hydrologické a vodohospodářské bilance. Tyto modely spolu se vstupními klimatologickými daty reprezentují sucho meteorologické, zemědělské a hydrologické. Nástroj bude poskytovat informaci, jaký je současný stav vodních zdrojů a jak by se měl vyvíjet na základě předpovědi, která bude podkladem pro operativní řízení vodních zdrojů.

ÚVOD

V České republice, ale i ve světě ve stále větším počtu oblastí velmi rychle narůstá nedostatek vody a výskyt sucha, který v některých případech dosahuje úrovně živelné katastrofy s masivními dopady. V případě sucha dochází k nárůstu jeho četnosti v některých oblastech včetně střední Evropy. Tento jev úzce souvisí s procesem globální klimatické změny. Problém zabezpečení vodních zdrojů se už začíná projevovat i v oblastech, v nichž obyvatelstvo projevy sucha dosud příliš nepocíťovalo. Navíc míru dopadů sucha a nedostatku vody na obyvatelstvo a průmysl v posledních letech příznivě ovlivnila skutečnost, že došlo k poklesu odběrů vody přibližně o polovinu oproti situaci v roce 1990. Zmírňující efekt tohoto vývoje se však již postupně vytrácí. V roce 2015 byly v ČR zaznamenány problémy se zásobováním obyvatelstva v obcích s nedostatečně spolehlivými vodními zdroji a výrazně vzrostly dopady sucha na zemědělskou produkci a lesní hospodářství, kde se dopady tohoto jevu projevují obvykle nejdříve, a ostatní hospodářské sektory. Došlo ke zvýšení počtu dní s nedostatkem vláhy v klíčovém období pro produkci většiny plodin. Do budoucna lze očekávat, že stávající vodní zdroje nebudou dostatečné, a to nejen z hlediska potenciálně snižujícího se dostupného množství vody, ale i z hlediska nevyhovující jakosti vody. Z těchto důvodů se řada institucí zabývá v posledních více než 10 letech výzkumem problematiky sucha a upozorňuje na problém, který se již začíná výrazně projevovat. Jednou z klíčových výzkumných činností je v současnosti tvorba nástroje pro predikci stavu vodních zdrojů v dlouhodobém měřítku, který je představen v tomto příspěvku.

V současné době rozhodování dispečerů správců povodí v období sucha a nedostatku vody probíhá na základě předchozích zkušeností, bez podpůrných nástrojů. Tento stav by šel přirovnat k situaci zvládání povodní bez jednotlivých prognostických nástrojů a modelů. Dispečeré jsou schopni stav zmírnit,

ale bez podpory expertního systému mohou dělat opatření, která nemusí být optimální a může docházet k ekonomickým ztrátám v případě suché epizody (v případě povodní by mohlo docházet v krajních případech i k ohrožení společnosti). Pro rozhodování má dispečink správců povodí nyní k dispozici:

- manipulační řády vodních děl,
- informace o aktuální klimatické a hydrologické situaci – měřené hodnoty srážek, teploty vzduchu, přítoku a odtoku z nádrží, stavu hladin v nádržích, průtoků atp.,
- informaci o dlouhodobých statistických charakteristikách hydrologických poměrů v daném měsíci,
- informaci o nutných opravách na vodních dílech aj.

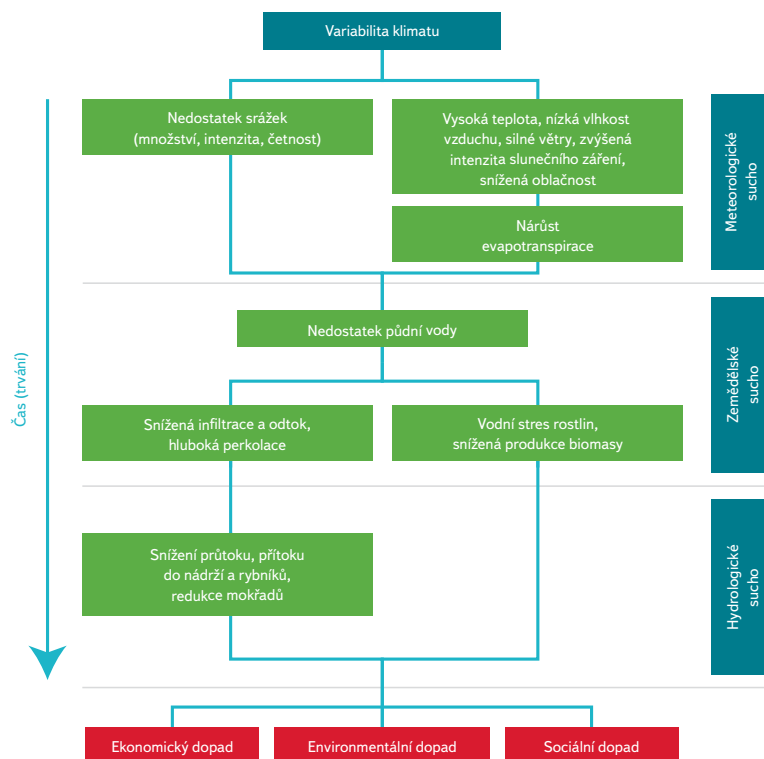
Pro rozhodování v období sucha však dosud zcela chybí informace o předpokládaném vývoji hydrologické situace ve výhledu následujících týdnů až měsíců, která může napomoci optimalizaci řízení vodohospodářských soustav pro efektivní distribuci vody v čase a prostoru. Z těchto důvodů byl na základě iniciativy MŽP vyvinut systém HAMR.

METODIKA

Sucho a nedostatek vody jsou pojmy, které je třeba od sebe správně rozlišovat.

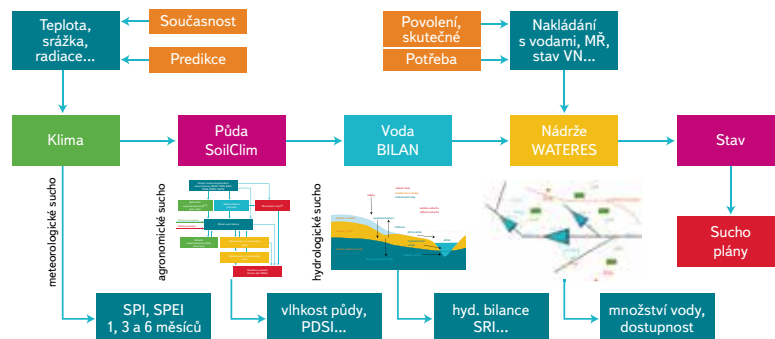
- Sucho představuje dočasný pokles dostupnosti vody a je považováno za přirozený jev. Pro sucho je charakteristický jeho pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. Přirozeně dochází k výskytu sucha, pokud se nad daným územím vyskytne anomálie v atmosférických cirkulačních procesech v podobě vysokého tlaku vzduchu bez srážek, která setrvává po dlouhou dobu nad určitým územím.
- Nedostatek vody je definován jako situace, kdy vodní zdroj není dostatečný pro uspokojení dlouhodobých průměrných požadavků na vodu.

Dopady sucha mohou být méně nápadné – začátek a konec sucha lze stanovit jen velmi obtížně. Účinky sucha mají kumulativní charakter, neboť velikost sucha se zvyšuje s jeho délkou. S dopady sucha se setkáváme ještě několik let po výskytu normálních dešťů [1]. Sucho nepříznivě ovlivňuje různá odvětví lidské společnosti, např. zemědělství, energetiku, zásobování vodou, průmysl, lodní dopravu; může mít i sociální a environmentální dopady. Četná odvětví jsou potenciálně ohrožena v důsledku nedostatku vody v různých složkách hydrologického cyklu zemského povrchu [2–5]. Dopady sucha lze rozdělit do tří základních kategorií: ekonomické, environmentální a sociální (obr. 1).



Obr. 1. Propagace sucha do jednotlivých částí hydrologického cyklu
Fig. 1. Drought propagation by the hydrological cycle

I když bývá kvantifikace škod způsobených suchem velmi obtížná, je jisté, že ztráty způsobené suchem dosahují značných rozměrů. Podle různých studií převyšují odhady ztrát způsobených suchem škody z jiných přírodních katastrof. Například Witt [6] označil sucho jako nejnákladnější přírodní katastrofu, roční náklady na sucho ve Spojených státech odhaduje na 6–8 miliard dolarů, což je více než náklady na hurikány nebo povodně [2]. Sucho také postihuje větší území než jiná přírodní rizika a zároveň postihuje více lidí než jakákoli jiná nebezpečí [1, 7, 8]. V posledních desetiletích má sucho významný dopad na ekonomiku a život ve střední a východní Evropě. Pomineme-li povodně, jsou sucha považována za nejničivější přírodní katastrofy v České republice. I když poslední výskyt sucha u nás nemohl být přímo spojen s člověkem způsobenou změnou klimatu, odhadované dopady sucha ukazují zranitelnost těchto oblastí, co se sucha týče. Navíc nedávná studie Brázdila [9] jasně ukázala, že trendy k výskytu častějšího a intenzivnějšího sucha nelze vysvětlit jinou přirozenou příčinou, jakými jsou kolísání sluneční aktivity, vulkanická činnost či přirozené klimatické oscilace. Vzhledem k předpokládanému zvýšení teploty nad střední Evropou s jen mírným růstem srážek v některých obdobích (jaro, podzim, zima) a poklesu v letním období je velmi pravděpodobné, že se četnost výskytu sucha a jeho závažnost bude v budoucnosti ve střední Evropě zvyšovat a dopady související s těmito událostmi se zhorší. Navíc, rostoucí poptávka po vodě (i rostoucí tlak na další přírodní zdroje) v důsledku populačního růstu, zvyšující se urbanizace a větší důraz kladený na ochranu životního prostředí mění zranitelnost obyvatelstva vůči období sucha [7, 10]. Je však důležité si uvědomit, že v rozvinutých vlhkých a subhumidních oblastech jsou škody způsobené suchem především finančního charakteru, zatímco nejzávažnější důsledky sucha se často vyskytují v rozvojových oblastech s (polo-) suchým klimatem, kde je dostupnost vody nízká již za normálních podmínek, kde se potřeba blíží nebo převyšuje dostupnost přirozenou, kde společnost má jen zřídka možnost zmírnění sucha či přizpůsobení se suchu a kde sucho často ohrožuje samotné životy lidí [2, 11]. Sucho nebo kombinace sucha a lidské činnosti v těchto oblastech mohou vést ke vzniku pouští, přičemž půdní struktura a úrodnost půdy



Obr. 2. Schéma systému pro předpověď hydrologické situace
Fig. 2. Scheme of system HAMR



Obr. 3. Grafické logo systému HAMR
Fig. 3. HAMR graphic logo

jsou degradovány a bio-produktivní zdroje se snižují, nebo mizí [12]. Nicméně lepší monitorování a management vodních zdrojů a pochopení vývoje sucha mohou dopady sucha zmírnit [13].

SYSTÉMOVÝ NÁSTROJ PRO PŘEDPOVĚĎ HYDROLOGICKÉ SITUACE HAMR

Nástroj HAMR je založen na propojení modelu vláhové bilance půdy SoilClim, modelu hydrologické bilance BILAN a modelu vodohospodářské soustavy jednotlivých povodí WATERES za účelem modelování pravděpodobného vývoje hydrologické situace na cca osm týdnů dopředu. Schéma systému je zobrazeno na obr. 2. Jednotlivé komponenty jsou podrobněji popsány níže. Systém nese název HAMR, který v sobě skrývá všechny komponenty systému, a to:

- Hydrologie,
- Agronomie,
- Meteorologie,
- Retence,

a také samotné slovo „hamr“ je přímo spojené s vodou, konkrétně se jedná o dílnu, která je poháněna vodním kolem. Výhodou názvu rovněž je jeho shodnost i v anglickém jazyce. Pro systém HAMR bylo navrženo jednoduše identifikovatelné grafické logo (obr. 3).

Cílem je zajištění podkladů pro operativní řízení nádrží a vodohospodářských soustav pro dispečinky státních podniků Povodí a pro rozhodování „komisi pro zvládání sucha“ svolaných v souvislosti s probíhajícím suchem. Dále je to vytvoření platformy pro sdílení informací o aktuálních požadavcích na vodu ze strany odběratelů pro optimalizaci řízení.

DATA

Vstupem do systému jsou následující data:

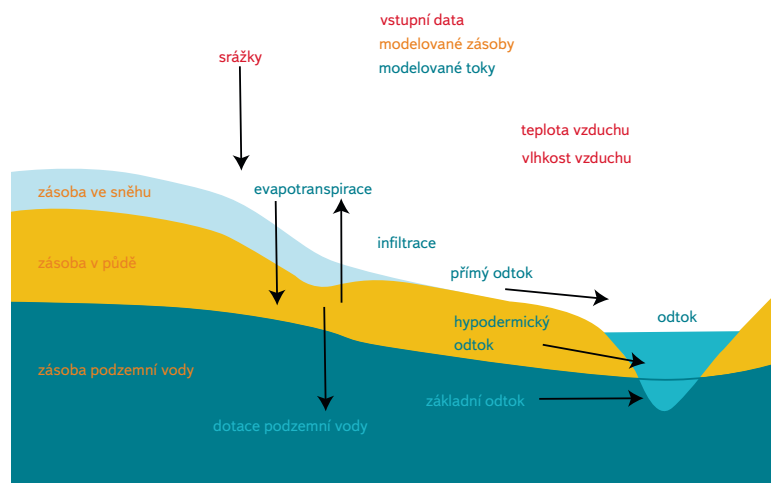
1. klimatologická data:
 - srážkové úhrny,
 - teplota vzduchu,
 - globální radiace,
 - rychlost větru,
2. vodohospodářská data:
 - průtok a jeho charakteristiky (m-denní vody),
 - manipulační řady nádrží,
 - batygrafické křivky nádrží,
 - data o užívání vod z databáze VÚV TGM, v. v. i., v měsíčním časovém kroku (1979–2016),
3. zemědělské informace a charakteristiky půd,
4. jiné:
 - satelitní data.

Data jsou v denním kroku za období 1979–2016 (testovací období) a jsou pro model agregována na podrobnost vodních útvarů (pro mnoho veličin je původní informace podrobnější, která se následně agreguje). Jako testovací povodí pro vývoj systému bylo zvoleno povodí Vltavy.

BILAN

Konceptuální model BILAN [13], simulující hydrologickou bilanci v denním či měsíčním časovém kroku, je ve VÚV TGM, v. v. i., vyvíjen a používán od 90. let 20. století. 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 toků energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, 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. Schéma modelu je uvedeno na obr. 4.

V roce 2011 byla původní softwarová implementace modelu BILAN, napsaná v jazyce Object Pascal, kompletně přepsána do jazyka C++, čímž se výrazně zjednodušil další vývoj modelu. Zároveň byla vytvořena dvě rozhraní k modelu: grafické uživatelské rozhraní (GUI) založené na multiplatformní knihovně Qt a balík pro statistické a programovací prostředí R. Obě rozhraní se vzájemně doplňují (individuální a hromadné zpracování). K dispozici je také online verze modelu na adrese <http://bilan.vuv.cz>. Model BILAN se využívá pro řešení mnoha komerčních a výzkumných projektů, jako jsou například projekty Podpora dlouhodobého plánování a návrhu adaptačních opatření v oblasti vodního hospodářství v kontextu změn klimatu, viz <http://rscn.vuv.cz>, a Možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod, viz <http://lapv.vuv.cz>.



Obr. 4. Schéma modelu BILAN

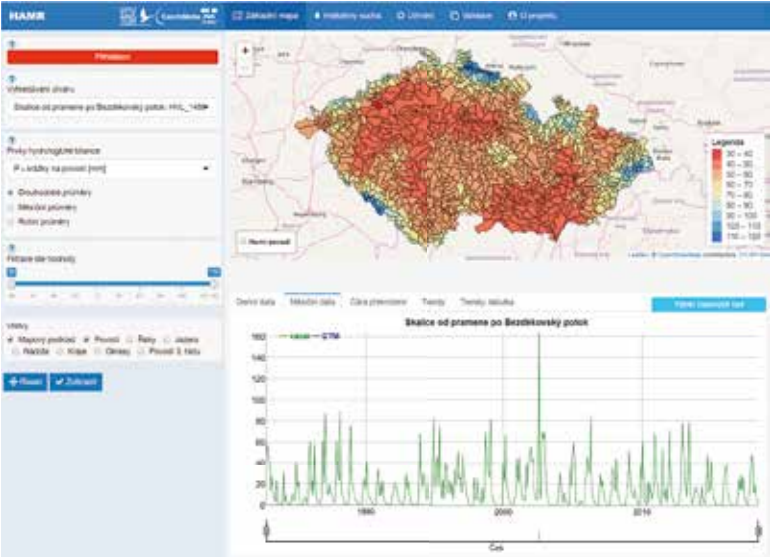
Fig. 4. Scheme of model BILAN

Za pomoci informací z modelu SoilClim [15] byly získány parametry modelu BILAN [14] pro každý z 1 121 útvarů povrchových vod. Vstupní časové řady denních srážkových úhrnů, průměrných teplot a potenciální evapotranspirace pocházely z období 1980–2010. Model v denním kroku byl upraven tak, aby jej bylo možné kalibrovat pomocí vícekritériální funkce s možností operativní volby vah mezi jednotlivými kritérii. Simulace chování odtokových poměrů útvaru vychází zejména z kvantilů m-denních průtoků (Q30d–Q364d), odvozených pracovníky Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) [16] a dlouhodobého průměrného ročního průtoku (Qa). Odchyly od těchto hodnot byly určeny jako průměrné absolutní vzdálenosti. Vzhledem k tomu, že hydrologické indexy (Qa, Q30d–Q364d) postrádají autokorelační strukturu, byly ke kalibraci použity rovněž časové řady skutečné evapotranspirace, opět vypočteny modelem SoilClim. Za kalibrační kritérium při tomto postupu byla zvolena funkce Kling-Gupta Efficiency (KGE) [17]. Optimalizace modelu BILAN byla prováděna pomocí globálního optimalizačního algoritmu Shuffled Complex Differential Evolution. Tento algoritmus pracuje s populacemi modelů a prostřednictvím jejich interakcí nachází optimální hodnoty [18]. Prohledávaný parametrický prostor maximální velikosti zásobníku půdní vody u modelu BILAN (Spa) byl omezen rovněž využitím údajů o celkové půdní zásobě vody z modelu SoilClim. K validaci simulovaných denních průtoků slouží časové řady ze 156 měrných stanic ČHMÚ. Na snížení nejistot u parametrů modelu BILAN se stále pracuje, neboť úspěšnost kalibrací vykazuje významnou variabilitu, způsobenou rozličnými činiteli.

SOILCLIM

Základem pro provoz modelu SoilClim je využití databáze meteorologických prvků v denním kroku (maximální a minimální teploty vzduchu, sumy globální sluneční radiace, úhrnů srážek, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu) pro současné klima, která vychází z měření na jednotlivých stanicích v rámci celé ČR. Tyto hodnoty jsou interpolovány do gridů (500 m × 500 m) pokrývajících ČR. Pro tyto gridy jsou pak stanoveny hodnoty indikátory referenční a aktuální evapotranspirace (ET_r a ET_a), vodní bilance, vlhkosti a teploty půdy a popis půdního klimatu. Ve výpočtech SoilClimu je zohledněna retenční kapacita půdy (pro každý grid) ve dvou vrstvách (0–40 a 40–100 cm) a pravděpodobné zastoupení vegetace (podle informací o LandUse). SoilClim byl vyvinut jako modifikace přístupu FAO-56 [19] a pro podmínky České republiky byl kalibrován a validován Hlavinkou [15]. Tento nástroj pracuje na modulární bázi (skládá se z několika samostatných modulů – sad algoritmů), kdy výstupy ze základních modulů jsou využity jako vstupy do navazujících výpočtů (viz obr. 5).

kteřá je propojená nejenom s mapou, ale i s grafickými výstupy. Mapové objekty jsou vykresleny pomocí Leaflet. Pro zvolené povodí se vypočítají časové řady z měsíčních a denních dat (pomocí balíčku dygraphs), čára překročení pro celé období, roční období a měsíce (pomocí balíčku Plotly) a trendy: grafické znázornění a tabulka s vyhodnocením statistické významnosti (ggplot2). Zvolené povodí se zvýrazní v mapě červeným okrajem. Kliknutím na jiné povodí se přepočítají grafické výstupy a název nově zvoleného povodí s jeho UPOV_ID se promítne do pole „Vyhledávání útvaru“. Základní mapa je zobrazena na obr. 8.



Obr. 8. Základní mapa systému
Fig. 8. Basic map of the system HAMR

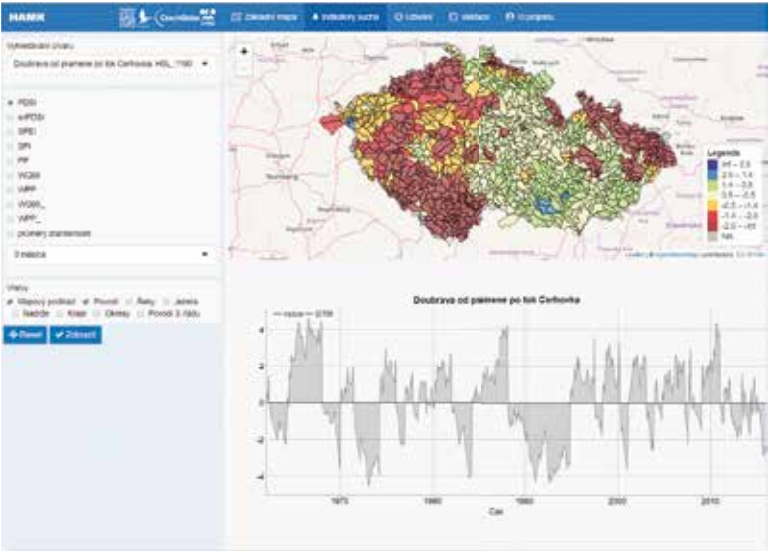
Indikátory sucha

Záložka „Indikátory sucha“ (obr. 9) se skládá z bočního panelu, mapového panelu a grafického panelu. V bočním panelu se obdobně jako v záložce „Základní mapa“ nachází pole „Vyhledávání útvaru“ a „Vrstvy“. Dále v bočním panelu lze zvolit indikátor a krok, do kterého budou data agregována. Dále lze zvolit datum pro vykreslení mapy. Protože data mají měsíční časové měřítko, volba konkrétního dne v kalendáři nehraje pro vykreslení žádnou roli, ale volba data ve formátu „mm-YYYY“ zatím není možná. Momentálně jsou v mapě zobrazeny indikátory SPI (Standardized Precipitation Index), SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) a PDSI (Palmer Drought Severity Index) a scPDSI (Self-calibrating Palmer Drought Severity Index), které jsou počítány klouzavě s krokem 1, 3, 6, 9 a 12 měsíců. Povodí se dělí do sedmi kategorií podle hodnoty příslušného indikátoru tak, aby se dostatečně projevila variabilita, viz tabulka 1.

Tabulka 1. Hodnocení intenzity sucha pro jednotlivé indikátory
Table 1. Dry intensity assessment for individual indicators

∞ až 2,0	extrémně vlhké
2,0 až 1,4	silně vlhké
1,4 až 0,5	mírně vlhké
-05 až -0,5	bez výskytu sucha
-0,5 až -1,4	slabé sucho
-1,4 až -2,0	silné sucho
-2,0 až ∞	mimořádné sucho

Mapové objekty jsou vykresleny pomocí Leaflet. V grafickém panelu se vykresluje časová řada indikátoru pro zvolené povodí pomocí balíčku dygraphs.



Obr. 9. Komponenta indikátory sucha
Fig. 9. Drought indicator component

Užívání

Záložka „Užívání“ obsahuje informace o užívání vody v ČR a je rozdělena do pěti částí: boční panel, panel s mapovým výstupem, dva panely s grafickými výstupy a jeden panel s tabulkovým výstupem. Boční panel obsahuje pole „Vyhledávání útvaru“ a „Vrstvy“. Pole „Vrstvy“ je rozšířeno o vrstvu „Odběratele“, avšak postrádá administrativní členění České republiky. Mapový panel spojuje místa odběru do shluků. Po přiblížení lze na bod kliknout. Po kliknutí se zobrazí popisek s informací o odběrateli a vykreslí se časová řada odběrů. Kliknutím na povodí se obdrží informace o všech odběratelích v tabulkovém panelu a časová řada pro jednotlivé jevy v grafickém panelu (odběry z podzemních vod POD, odběry z povrchových vod POV či vypouštění VYP). Grafické panely jsou vytvořeny pomocí dygraphs. Tabulka je vytvořená pomocí balíčku DT a je interaktivní. Komponenta pro nakládání s vodou je na obr. 10.

Validace

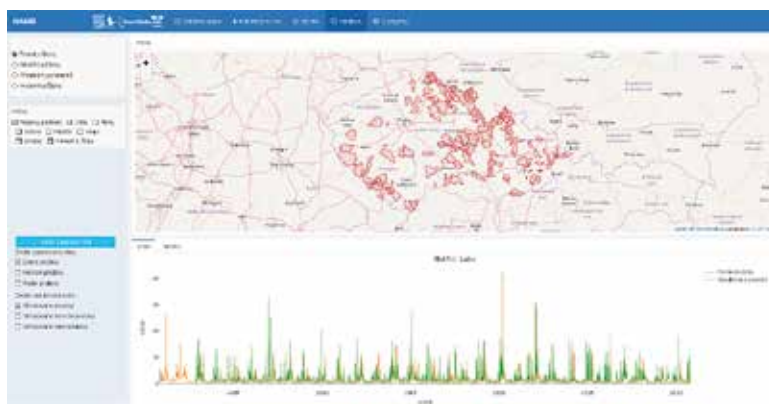
Záložka „Validace“ se dělí na tři části: boční panel, panel s mapovým výstupem a panel s grafickým výstupem. Boční panel obsahuje standardní pole „Vrstvy“ a přepínač mezi následujícími možnostmi: denní průtoky, měsíční průtoky, přepínání parametrů a m-denní průtoky.

Mapový výstup denních průtoků obsahuje polohu 153 měrných stanic a grafický panel pro zvolení konkrétní měrné stanice vytvoří časovou řadu pozorovaných a simulovaných průtoků, které lze vykreslit v denním, měsíčním a ročním kroku pomocí menu „Výběr časových řad“ (nachází se v oblasti bočního panelu). Záložku grafického panelu lze přepnout z grafů na tabulky, které nejsou interaktivní. Tabulka denních průtoků obsahuje pouze základní přehled o datech (počet pozorování, střední hodnotu atd.).



Obr. 10. Komponenta nakládání s vodou

Fig. 10. Water withdrawal component



Obr. 11. Komponenta validace průtoků a parametrů hydrologického modelu

Fig. 11. Validation and estimation component

Mapový výstup měsíčních průtoků obsahuje pozice 542 vodoměrných stanic. Body vodoměrných stanic jsou propojeny s informacemi o UPOVU, do kterého spadají. Kliknutím na bod se objeví popis stanic a vykreslí se horní povodí, obdobně jako v záložce „Základní mapa“. Graf obsahuje časové řady pozorovaných a simulovaných průtoků a tabulka obsahuje číselné vyhodnocení přesnosti simulovaných dat vůči pozorovaným datům. Výpočet je uskutečněn pomocí funkce $gof()$ z balíčku hydroGOF¹.

Po zvolení „Přepínání parametrů“ se v bočním panelu objeví pole s nabídkou parametrů (*Spa, Alf, Dgm, Soc, Mec, Grd*). Momentálně „Přepínání parametrů“ obsahuje pouze panel s mapovým výstupem pro vizualizaci plošného rozložení parametrů. UPOVY jsou zbarveny podle stávajících hodnot parametru (current).

Po zvolení m-denních průtoků se objeví v bočním panelu nabídka m-denních vod (*Q30d, Q60d, Q90d, Q120d, Q150d, Q180d, Q210d, Q240d, Q270d, Q300d, Q330d, Q355d, Q364d*). Také se objeví pole „Vyhledávání útvaru“, které propojuje mapový a grafický panel. Útvary mapového výstupu se zbarvují podle hodnoty proměnné, kterou zvolí uživatel. Grafickým výstupem je Plotly objekt, který obsahuje seřazené hodnoty pozorovaných a simulovaných m-denních průtoků pro zvolené povodí. Tabulkový výstup obsahuje tytéž hodnoty. Komponenta je na obr. 11.

ZÁVĚR

V předloženém příspěvku je ukázka navrženého systému, který by měl být v letošním roce zprovozněn v testovacím režimu, tzn. bude provedeno propojení jednotlivých komponent modelu a model bude kalibrován v rozlišení vodních útvarů. Vzhledem k tomu, že model teprve vzniká, tak není možné prezentovat jeho konkrétní výsledky. Dalším cílem je propojení modelu s aktuálními daty, tzn. propojení na databázi ČHMÚ a tvorbu předpovědi hydrologické a vodohospodářské bilance pro období následujících několika týdnů.

Poznámky

1. <https://rain1.fsv.cvut.cz/docs/projekt.html#vypocet-uhrnu-navrhovych-srazek>

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci úkolů řešených pro Ministerstvo životního prostředí České republiky a na základě výsledků různých výzkumných úkolů.

Literatura

- [1] BLINKA, P. *Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876–2003*. Seminář Extrémní počasí a podnebí. Brno, 2004.
- [2] PETERS, E. *Propagation of drought through groundwater systems: illustrated in the Pang (UK) and Upper Guadiana (ES) catchments*. Wageningen Universiteit, 2003.
- [3] BRATRŠOVSKÁ, L. *Vyhodnocení propagace sucha hydrologickým cyklem na povodí Tiché Orlice a Střely*. Diplomová práce. Praha: ČZU, 2013.
- [4] PANU, U. and SHARMA, T. *Challenges in drought research: some perspectives and future directions*. Hydrological Sciences Journal, 2002, vol. 47, No. S1, p. 19–30.
- [5] HAYES, M.J. *Drought indices*. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, 2000.
- [6] WITT, J.L. *National Mitigation Strategy: Partnerships for Building Safer Communities*. Diane Publishing, 1997.
- [7] TRNKA, M., SEMERÁDOVÁ, D., EITZINGER, J., et al. *Selected methods of drought evaluation in South Moravia and Northern Austria. XI. International poster day. Transport of water, chemicals and energy in soil-crop atmosphere system*. Bratislava: Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, 2003.
- [8] WILHITE, D.A. *Drought as a natural hazard: concepts and definitions*. Drought, a global assessment, 2000, No. 1, p. 3–18.
- [9] BRÁZDIL, R., TRNKA, M., MIKŠOVSKÝ, J., ŘEZNIČKOVÁ, L., and DOBROVOLNÝ, P. *Spring-summer droughts in the Czech Land in 1805–2012 and their forcings*. International Journal of Climatology, Wiley, 2015, vol. 35, No. 7, p. 1405–1421. ISSN 1097-0088. DOI: 10.1002/joc.4065.
- [10] WANDERS, N., VAN LANEN, H., and VAN LOON, A.F. *Indicators for drought characterization on a global scale*, 2010.
- [11] STAHL, K. et al. *Streamflow trends in Europe: evidence from a dataset of near-natural catchments*. Hydrology and Earth System Sciences, 2010, 14, p. 2367–2382.
- [12] KUNDZEWICZ, Z.W. *Water resources for sustainable development*. Hydrological Sciences Journal, 1997, vol. 42, No. 4, p. 467–480.
- [13] VIZINA, A., HANEL, M., MELIŠOVÁ, E. *Analýza propagace sucha pomocí generátoru počasí*. Vodní hospodářství, 2015, roč. 56, č. 6, s. 5–11. ISSN 1211-0760.
- [14] VIZINA, A., HORÁČEK, S., a HANEL, M. *Nové možnosti modelu Bilan*. VTEI, 2015, roč. 55, s. 4–5.
- [15] HLAVINKA, P. et al. *Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates*. Agricultural Water Management, 2011, 98.8, p. 1249–1261.
- [16] BUDÍK, L., ŠERCL, P., KUKLA, P., LETT, P., a PECHA, M. *Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010*. Praha: ČHMÚ, 2014, 72 s.
- [17] GUPTA, H.V., KLING, H., YILMAZ, K.K., and MARTINEZ, G.F. *Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modeling*. Journal of Hydrology, 2009, vol. 377, No. 1–2, p. 80–91.
- [18] MÁČA, P., VIZINA, A., a HORÁČEK, S. *Optimalizace parametrů modelu Bilan metodou SCDE*. VTEI, 2013, roč. 55, č. 4, s. 1–4, příl. Vodního hospodářství č. 8/2013.
- [19] ALLEN, M. *Do it yourself climate prediction*. Nature, 1999, 401, 642.
- [20] TRNKA, M. et al. *Simple snow cover model for agrometeorological applications*. Agricultural and forest meteorology, 2010, 150, 7–8, p. 1115–1127.

Autoři

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

✉ adam.vizina@vuv.cz

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

✉ martin.hanel@vuv.cz

prof. Ing. Mgr. Miroslav Trnka, Ph.D.³

✉ trnka@yahoo.com

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.⁴

✉ danhelka@chmi.cz

Bc. Irina Gregorieová^{1,2}

✉ irina.gregorieova@vuv.cz

Ing. Petr Pavlík^{1,2}

✉ petr.pavlik@vuv.cz

Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.²

✉ hermanovsky@fzp.cz

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

²Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

³Ústav globální změny CzechGlobe

⁴Český hydrometeorologický ústav

Příspěvek prošel lektorským řízením.

HAMR: ONLINE DROUGHT MANAGEMENT SYSTEM – OPERATIONAL MANAGEMENT DURING A DRY EPISODE

VIZINA, A.^{1,2}; HANEL, M.^{1,2}; TRNKA, M.³; DANHELKA, J.⁴; GREGORIEOVA, I.^{1,2}; PAVLIK, P.^{1,2}; HERMANOVSKY, M.²

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

²Czech University of Life Sciences in Prague, Faculty of the Environment

³Institute of Global Change CzechGlobe

⁴Czech Hydrometeorological Institute

Keywords: drought – decision support tools – hydrological balance – water resources management

Increasing occurrence of drought periods in the Czech Republic has highlighted a necessity of legislation modification. At the same time, a need has emerged for tools supporting decision making and water resources management at various levels during the drought periods. The general principles of proposed tool/system are described in the present paper. The system is based on the coupling of models for soil water, hydrological and water resources balance. These models, together with input climate data, are capable of representing meteorological, agricultural and hydrological drought. The system will provide information on current and medium range forecast of water resources state. This will form a basis for operational water resources management.



Zjišťování účinnosti akčního programu podle nitrátové směrnice 91/676/EHS v době klimatické změny

ANNA HRABÁNKOVÁ

Klíčová slova: zranitelné oblasti – dusičnany – akční program – nitrátová směrnice – klimatická změna

SOUHRN

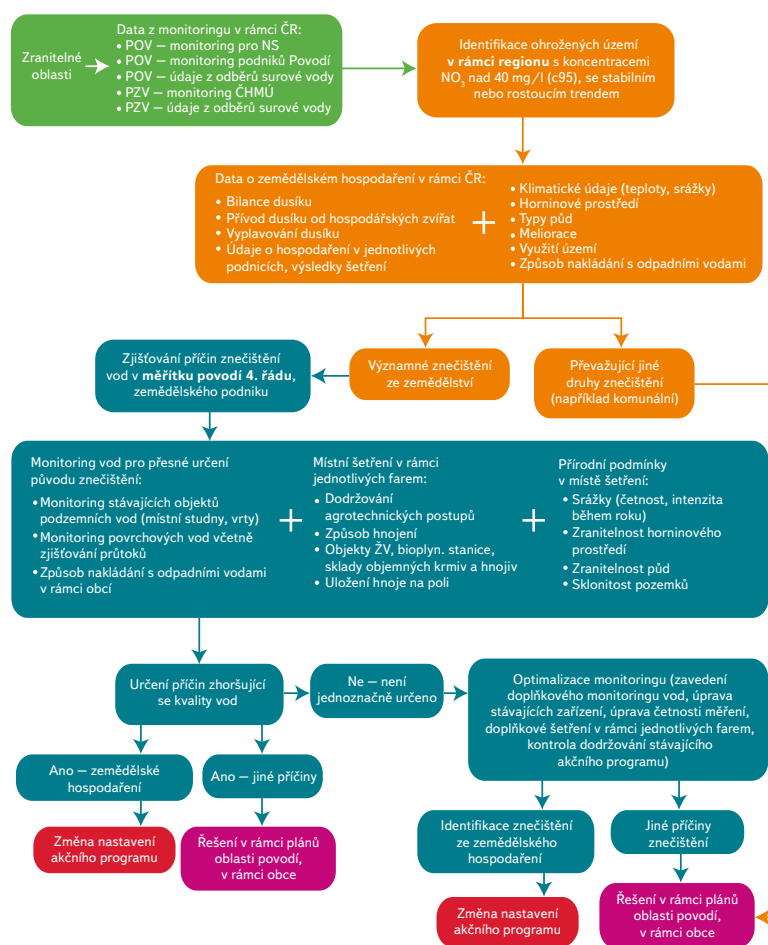
Nitrátová směrnice definuje pravidla pro vymezení zranitelných oblastí a stanovuje nástroje ke snížení znečištění vod dusičnany ze zemědělské produkce. Základním nástrojem je akční program a také zásady správné zemědělské praxe [1]. Plnění zásad správné zemědělské praxe a akčního programu je ve zranitelných oblastech pro zemědělské podnikatele povinné. Účelné nastavení těchto pravidel pak nejenže umožní snížit stávající znečištění dusičnany, ale pomůže takovému znečištění i předcházet. Proto je nezbytné propojení detailního monitoringu zemědělského hospodaření a monitoringu vod, které nám dá nové poznatky o vzájemném ovlivňování hospodaření a kvality vod v různých klimatických a přírodních podmínkách [2]. V současnosti probíhá detailní monitoring akčního programu na 10 pilotních lokalitách v rámci celé České republiky.

ÚVOD

Cílem směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů [3] (dále nitrátová směrnice) je snižovat znečištění vod, které pochází ze zemědělských zdrojů, a předcházet dalšímu takovému znečišťování, a to jednak pro zajištění dodávek kvalitní pitné vody a jednak k ochraně povrchové vody před eutrofizací. V současné době jsou vyhlášeny zranitelné oblasti nařízením vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem, v platném znění [4], které nahradilo původní nařízení vlády č. 103/2003 Sb. Součástí tohoto nařízení je i akční program, což je nastavený program opatření, která mají za cíl snížit znečištění vod dusičnany ze zemědělství prostřednictvím konkrétních postupů.

V podmínkách České republiky je vyhlášen pouze jeden akční program, který je platný pro všechny vymezené zranitelné oblasti. Jednotlivá opatření akčního programu jsou však variantní a jejich uplatnění v zemědělské praxi se řídí půdně klimatickými podmínkami, vyskytujícími se na jednotlivých zemědělských pozemcích. Hlavní postupy uplatněné v akčním programu zahrnují podmínky používání hnojiv, skladování hnojiv a podmínky pěstování plodin. I přes výše uvedená opatření nedochází v některých vymezených zranitelných oblastech ke snížení znečištění povrchových i podzemních vod dusičnany a je třeba zaměřit pozornost na důvody, proč tomu tak je.

Podle nitrátové směrnice o ochraně vod před znečištěním způsobeným dusičnany ze zemědělských zdrojů, článku 5, odstavce 6 jsou členské státy povinny zavést monitorovací programy pro sledování účinnosti akčního programu. V České republice jsou dosud aktivity související se sledováním



Obr. 1. Schéma postupu detailního zjišťování účinnosti akčního programu
Fig. 1. Scheme of the detailed evaluation of the Action Program effectiveness

účinnosti akčního programu vázány téměř výhradně na monitorování vybraných pilotních farem, kde jsou velmi podrobně hodnoceny agrotechnické postupy a vybrané kritické operace [5, 6]. Vedle toho jsou pilotně v povodí Želivky sledovány efekty zemědělského hospodaření na stav povrchových vod ve vybraných profilech na drobných zemědělských tocích. V rámci současného

monitoringu jsou sledovány také další indikátory účinnosti akčního programu, např. bilance dusíku, přeměna a pohyb dusíku v půdě při různých způsobech hospodaření a v různých půdně-klimatických podmínkách.

Hlavním cílem prací pro zjištění příčin pokračujícího znečištění vod je však umožnit užší propojení stávajícího monitoringu zemědělského hospodaření ve zranitelných oblastech s monitoringem kvality vod. K tomuto účelu byla vytvořena v roce 2014 nová metodika detailního zjišťování účinnosti akčního programu, zejména v oblastech se zvýšenými koncentracemi dusičnanů v povrchových a podzemních vodách. Navržená metodika byla následně ověřena na čtyřech vytipovaných pilotních lokalitách v různých půdně-klimatických podmínkách a způsobech hospodaření. Byla vytvořena pravidla a pracovní postupy, které umožní detailní zjišťování a vyhodnocení hlavních zdrojů znečištění vod v konkrétních oblastech a stanovení příčiny zhoršující se kvality vod. Výsledky monitoringu byly využity k upřesňování jednotlivých opatření akčního programu, k optimalizaci monitoringu vod a k vytváření podkladů pro jednání s Evropskou komisí. Potvrdil se předpoklad, že je potřeba postupovat od poznatků na úrovni ČR, popř. většího regionu, a zpřesňovat závěry pomocí podrobnějších šetření a monitoringu až do úrovně farem a malých povodí. Je to z toho důvodu, že některá dostupná data jsou k dispozici pouze v celostátním měřítku (například údaje za kraje nebo okresy) a není možné je přímo vztahovat ke konkrétním mikropovodím nebo farmám. Po takto provedených analýzách v širokém měřítku lze postupovat k menším oblastem, ve kterých jsou k dispozici zase údaje příslušející pouze konkrétním místům. Na *obr. 1* je uvedeno výsledné schéma postupu detailního zjišťování účinnosti akčního programu. Navržený postup předpokládá tři úrovně hodnocení. V celostátním měřítku (zelená barva), v měřítku regionu, popř. povodí 3. řádu (oranžová barva), a nakonec podrobné hodnocení v rámci malých povodí nebo farem (modrá barva). Na základě provedených kroků bude na konci celého procesu zjištěna příčina znečištění vod dusičnany a budou provedena opatření: nejprve optimalizace monitorovacích programů a v případě prokazatelných skutečností pak následné kroky – opatření v rámci plánů oblastí povodí, vyřešení nakládání s odpadními vodami a v případě zemědělského znečištění bude provedena úprava akčního programu (změna způsobu hospodaření v těchto lokalitách).

MONITORING ÚČINNOSTI AKČNÍHO PROGRAMU

Tuto činnost lze rozdělit do dvou hlavních kategorií, které v sobě zahrnují zemědělský monitoring a zjišťování jakosti povrchových a podzemních vod.

Zemědělský monitoring

Sledování účinnosti akčního programu nitrátové směrnice v České republice je zajištěno v rámci monitoringu akčního programu. Na monitoring se pod koordinací Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i., (VÚRV, v. v. i.) [7] podílí pracovníci Výzkumného ústavu zemědělské techniky, v. v. i., (VÚZT, v. v. i.) a Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV TGM, v. v. i.).

Monitoring akčního programu [8] mimo jiné zahrnuje:

- ověřovací průzkum plnění požadavků akčního programu v zemědělských podnicích ve zranitelných oblastech (cca 30–40 pilotních podniků),
- hodnocení vývoje obsahu půdního dusíku z hlediska pěstovaných plodin, používané agrotechniky a průběhu povětrnosti,
- terénní šetření v zemědělských podnicích ve zranitelných oblastech (cca 200 podniků),
- sledování vlivu hospodaření podle akčního programu na jakost vod v pilotním území zranitelných oblastí,

- hodnocení vlivu zemědělského hospodaření, půdně-klimatických podmínek a průběhu povětrnosti na jakost vod ve sledovaných měrných profilech a v 360 dílčích povodích ČR,
- zjišťování toků dusíku ve zranitelných oblastech a modelování pohybu dusíku v půdě a vodě pro předpověď budoucího vývoje jakosti vody,
- sledování vývoje způsobu hospodaření ve zranitelných oblastech na základě dat Českého statistického úřadu, Evidence půdy podle uživatelských vztahů a Evidence hospodářských zvířat.

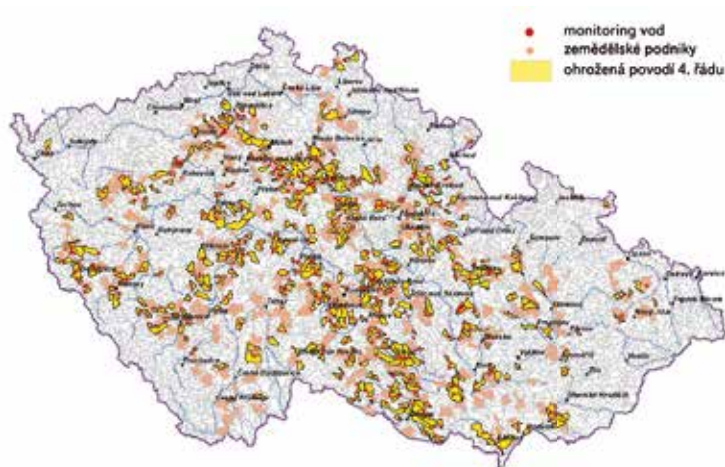
Při šetření na farmě jsou zjišťovány tyto údaje:

- | | |
|----|--|
| A. | základní informace o podnicích (identifikace podniku, celková obhospodařovaná půda, půda ve zranitelných oblastech, orná půda, trvalé travní porosty a celková výměra pastvy); |
| B. | objekty živočišné výroby (stáje, sklady statkových a organických hnojiv, sklady konzervovaných krmiv, sklady sena, sklady slámy); |
| C. | zimoviště a pastva (souřadnice zimoviště, typ zimoviště, druh, kategorie zvířat na zimoviště, počet zvířat na zimovišti, počet dnů strávených na pastvě, počet hodin, které tráví zvířata ve stáji ve dnech pastvy); |
| D. | polní složiště hnoje (souřadnice složiště, objem složiště, plocha složiště); |
| E. | obrat statkových hnojiv (výdej (prodej) statkových hnojiv mimo podnik, objem statkových hnojiv zpracovaných separací, kompostováním, v bioplynové stanici, likvidace statkových hnojiv ve smyslu zákona o odpadech); |
| F. | rostlinná výroba a hospodaření na půdě (výnosy plodin, hnojení statkovými, organickými a minerálními hnojivy k jednotlivým plodinám, agrotechnická opatření). |

Monitoring povrchových a podzemních vod

Pro vyhodnocení obsahu dusičnanů v povrchových vodách jsou využívány výsledky monitoringu pro potřeby nitrátové směrnice (dříve monitoring ZVHS), který v současné době provozují podniky Povodí, s. p. Jedná se o měření jakosti na malých tocích, kde lze předpokládat možný zemědělský zdroj znečištění. Tyto údaje jsou ještě doplňovány výsledky provozního monitoringu podniků Povodí, s. p., a dále údaji z rozborů jakosti povrchové surové vody určené pro lidskou spotřebu, vykazovaných podle vyhlášky č. 428/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích [9]. Údaje o jakosti podzemních vod jsou získávány z monitoringu ČHMÚ, který zahrnuje ve zranitelných oblastech 234 vrtů a 60 pramenů. Tyto údaje jsou doplňovány výsledky měření jakosti podzemní surové vody, které představují, vzhledem k jejich počtu a územnímu rozložení, zásadní zdroj informací o jakosti podzemní vody určené pro pitné účely, na což je kladen velký důraz v nitrátové směrnici. Celkem leží ve zranitelných oblastech téměř tisíc míst určených pro tyto odběry.

Pro vyhodnocení jakosti vody jsou velmi zásadní informací nejen průměrné a maximální hodnoty, ale především trendy vývoje koncentrací dusičnanů v jednotlivých místech. Proto při posuzování účinnosti akčního programu je pozornost zaměřena tímto směrem. Podkladem pro výběr pilotních povodí byly datové sady, ze kterých se vycházelo pro 3. revize zranitelných oblastí v roce 2015, tedy data do roku 2013 (surová voda) a 2014, nová data o surové vodě podle vyhlášky č. 428/2001 od té doby již nebyla vyhodnocována. Nejprve byla určena povodí 4. řádu, ve kterých se vyskytovaly koncentrace dusičnanů ve vodách nad 50 mg/l, a současně byla provedena analýza polohy zemědělských podniků s kontinuálním sledováním (*obr. 2*). Vzhledem k tomu, že bylo cílem postihnout aktuální stav jednotlivých povodí, byla tato území rozdělena ještě do dalších tří kategorií z hlediska



Obr. 2. Hydrologická povodí 4. řádu ve zranitelných oblastech s koncentrací dusičnanů nad 50 mg/l a s kontinuálním sledováním zemědělských podniků
Fig. 2. Hydrological catchments of 4th order in vulnerable areas with concentrations of nitrates above 50 mg/l and with permanent monitoring of agriculture producers

vyhodnocení trendu vývoje koncentrace dusičnanů a také výskytu maximálních hodnot (obr. 3). V první kategorii tak byla povodí s klesajícím a stabilním trendem, druhou kategorií tvořila povodí s rostoucím trendem, ale s maximy do roku 2010, a nejohroženější třetí kategorie byla s výskytem stoupajících trendů a s maximy v období 2011–2013. Z těchto povodí pak byla vybrána potenciální pilotní povodí, ve kterých bylo plánováno prozkoumat funkčnosti nastavení akčního programu.

POSOUZENÍ PŘÍRODNÍCH A KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Při konečném rozhodování o výběru pilotních území byly vzaty v úvahu přírodní a klimatické podmínky, které v sobě zahrnovaly:

- vodní bilanci, jejíž výpočet vycházel z potenciální evapotranspirace a gridové vrstvy průměrných srážkových úhrnů a teplot za období 1981–2010,
- retenční vodní kapacita půd,
- základní odtok s využitím mapy odtoku podzemní vody od Krásného a kol. [10],
- R-faktor – faktor erozní účinnosti deště s využitím databáze erozivních událostí.

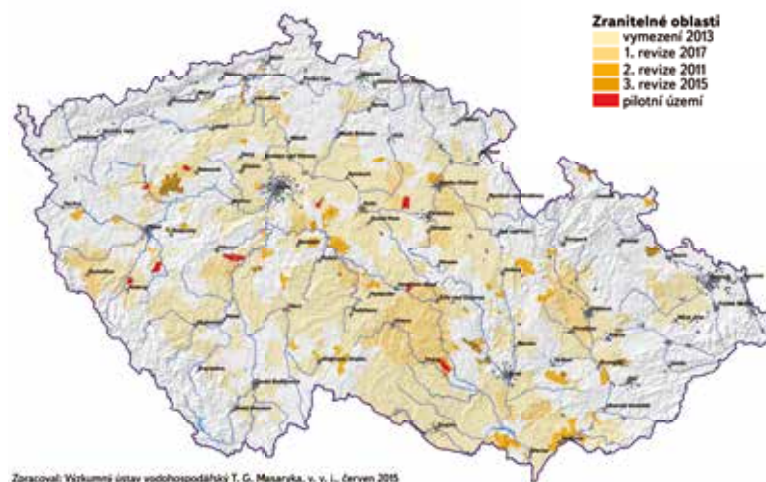
Hodnocení v rámci celého území České republiky bylo založeno na výpočtu takzvaného Z-indexu, kde podle jeho hodnoty jsou území rozdělena do jednotlivých kategorií od výborného stavu až po extrémně zranitelná území.

PILOTNÍ ÚZEMÍ PRO MONITORING AKČNÍHO PROGRAMU

Podle již výše zmíněných kritérií bylo nakonec vybráno deset pilotních území (obr. 4) – hydrologických povodí 4. řádu, která leží ve zranitelných oblastech podle nitrátové směrnice. V každém povodí probíhá alespoň částečný pravidelný monitoring povrchových nebo podzemních vod, který je nyní cíleně doplněn o nová monitorovací místa. Výběr těchto míst byl zaměřen na možné zemědělské znečištění, tedy na to, aby jednotlivé odběry nebyly ovlivněny například komunálním vypouštěním apod. Monitoring s průběžným vyhodnocováním bude probíhat minimálně čtyři roky, vždy v jarním a podzimním období, které je kritické pro vyplavování dusičnanů do povrchových i mělkých podzemních vod. V průběhu výzkumu bude současně kromě monitoringu vod a zemědělského hospodaření posouzen vliv klimatické změny. První výsledky monitoringu akčního programu budou již na konci roku 2018.



Obr. 3. Ohrožená hydrologická povodí 4. řádu ve zranitelných oblastech rozdělená do tří kategorií
Fig. 3. Threatened hydrological catchments of 4th order in vulnerable areas divided into 3 categories



Zpracoval: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., červen 2015
Zdroj dat: VÚV TGM, v. v. i., ZVHS, ČHMÚ, podniky Fovodí, s. p., ČÚZK

Obr. 4. Pilotní území ve zranitelných oblastech
Fig. 4. Pilot areas in vulnerable areas

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hlavním cílem zjišťování účinnosti akčního programu je cílený proces pro zajištění zlepšení jakosti povrchových i podzemních vod vhodnou volbou zemědělského hospodaření v konkrétních místech s respektováním specifických přírodních podmínek tak, jak to požaduje evropská i naše legislativa. Ukazuje se, že právě klimatické podmínky, častý výskyt suchých období a změna celoročního cyklu srážek i teplot nabývá stále větší důležitosti. Z této skutečnosti také vyplynul výběr 10 pilotních území, kde v současné době probíhá detailní monitoring vod a zemědělského hospodaření až do podrobnosti jednotlivých půdních bloků. Povodí 4. řádu byla vybrána v různých klimatických regionech a s různými přírodními podmínkami, aby bylo možné získané poznatky v budoucnu využít i pro podobná území. Výsledky budou sloužit již pro revize zranitelných oblastí v roce 2019 a pro přípravu revize akčního programu. Průběžné výsledky budou publikovány na specializovaném webu provozovaném VÚRV, v. v. i. [8].

Poděkování

Příspěvek vznikl na základě dlouhodobé činnosti podporované Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zemědělství.

Literatura

- [1] KLÍŘ, J. a KOZLOVSKÁ, L. *Zásady hospodaření pro ochranu vod před znečištěním dusičnany*. Metodika pro praxi. Praha: VÚRV, v. v. i., 2016.
- [2] HRABÁNKOVÁ, A. a kol. *Hodnocení účinnosti akčního programu formou detailního monitoringu dopadu implementace nitrátové směrnice na kvalitu vod 2015 – Zranitelnost přírodního prostředí z hlediska možnosti šíření dusičnanového znečištění do podzemních a povrchových vod*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2015.
- [3] CEC. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources, 91/676/EEC. Official Journal No L 375, 31. 12. 1991, p. 1.
- [4] Nařízení vlády č. 262/2012, ze dne 4. července 2012, o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu.
- [5] KLÍŘ, J. a kol. *Inovace systémů zemědělského hospodaření v prostředí kvartérních sedimentů, jejich ověření a aplikace v ochranných pásmech vodních zdrojů QJ1320213, 2013–2017*. Praha: VÚRV, v. v. i.
- [6] KLÍŘ, J. a kol. *Šetření v zemědělských podnicích 2013 – 232-2013-14131*. Praha: VÚRV, v. v. i., 2013.
- [7] KLÍŘ, J. a kol. *Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech*. 2. aktualizované vydání. Certifikovaná metodika pro praxi. Praha: VÚRV, v. v. i., 2018.
- [8] Dostupné z: www.nitrat.cz
- [9] Vyhláška č. 428/2001 Sb., ze dne 16. listopadu 2001, kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).
- [10] KRÁSNÝ, J., DAŇKOVÁ, H., HANZEL, V., KNĚŽEK, M., MATUŠKA, M. a ŠUBA, J. *Mapa odtoku podzemní vody ČSSR 1*. Praha: Český hydrometeorol. úst. Kartografie, 1981.

Autor

Ing. Anna Hrabánková

✉ anna.hrabankova@vuv.cz

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

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DETERMINING OF EFFECTIVENESS OF THE ACTION PROGRAM ACCORDING TO THE NITRATE DIRECTIVE IN A PERIOD OF CLIMATE CHANGE

HRABANKOVA, A.

TGM Water Research Institute, p. r. i.

Keywords: vulnerable zones — nitrate — action programme — Nitrates Directive

The Nitrate Directive defines rules for a delimitation of vulnerable zones and sets out tools to reduce nitrate pollution. The fundamental instrument is the Action Program and the Good Agricultural Practices [1]. The execution of the Good Agricultural Practices and the Action Program is mandatory in vulnerable areas for agricultural entrepreneurs. Efficient setting of these rules will not only allow the reduction of existing nitrate pollution but will also help to prevent such pollution. Therefore, it is necessary to link the thorough monitoring of agricultural management and water monitoring, which will give us new insights into the interaction between agriculture and water management in different climatic and natural conditions [2]. Currently, a detailed monitoring of the Action Program was introduced in 10 pilot catchments within the entire Czech Republic.



Autoři VTEI

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 Technickej univerzity v Košiciach 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, ale i v interakci s památkově chráněnými lokalitami v rámci projektů NAKI. V současnosti se zabývá projekty zaměřenými na zlepšení retence vody v krajině v rámci řešení ochrany před následky sucha.

Ing. Anna Hrabánková

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ anna.hrabankova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Anna Hrabánková je zaměstnancem Výzkumného ústavu T. G. Masaryka, v. v. i., od roku 1985, kdy nastoupila do ústavu jako výzkumný pracovník. V roce 2008 povýšila na pozici vedoucího oddělení ochrany podzemních vod a od roku 2010 je vedoucím odboru hydrauliky, hydrologie a hydrogeologie. Specializuje se na problematiku týkající se bilance množství a jakosti podzemních vod. Ing. Hrabánková vystudovala obor Vodní stavby a vodní hospodářství na Fakultě stavební ČVUT. Orientuje se v geografických informačních systémech a od roku 2009 je členkou nitrátového výboru Evropské komise. Je řešitelkou několika projektů a autorkou řady publikací.

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.

Jaký je současný stav sucha v České republice a je důvod se obávat?

Na tyto a jiné otázky nám odpovíděli odborníci, kteří denně přichází do styku s problematikou sucha a nedostatku vody.

Je současný společensko-politický zájem řešení problematiky sucha a nedostatku vody oprávněný?

Daňhelka: Určitě ano. Žijeme sice zatím ve vodním blahobytu, ale v okamžiku výskytu události, která by překročila mez naší současné odolnosti vůči suchu (jež je dána především dimenzemi našich vodohospodářských a vodárenských soustav), by byly důsledky katastrofální. Proto je nutné snažit se odolnost vůči suchu dále zlepšovat.

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., vystudoval Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy, obor Fyzická geografie, kde později získal i doktorský titul. V Českém hydro-meteorologickém ústavu působil jako hydrolog, později jako vedoucí předpovědního pracoviště a od roku 2010 zastává pozici náměstka pro hydrologii. Externě vyučuje na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Od roku 2012 je členem Advisory Working Group Commission for Hydrology WMO a předsedou Českého národního výboru pro hydrologii. Odborně se zabývá především problematikou predikcí a vlivem meteorologických a klimatických jevů na hydrologii.



Hubáčková: Samozřejmě ano.

Punčochář: Zájem o řešení je oprávněný a nutný. Po několika letech opakovaných vysokých letních teplot a srážkových deficitů se ukazuje, že vývoj tzv. změny klimatu je třeba brát vážně. Jen díky existujícím 49 vodárenským nádržím nedošlo k podstatným problémům se zásobováním pitnou vodou. Problémy mají jen aglomerace s lokálním vodárenským zdrojem. Podpora na prohloubení a zřízení dalších studní, kterou zavádí Státní fond životního prostředí, není vhodným řešením do budoucna. Pro naše území, z něhož veškerá voda odtéká, platí, že co nezadržíme v přehradních nádržích, to nemáme. Uplatnění tohoto principu brání část přírodovědné komunity a obrací mínění obyvatel proti přehradám, neboť (nepochopitelně) nerozlišují ochranu před suchem (zemědělským, v krajině) a před nedostatkem vody (hydrologickým suchem). Doufejme, že se díky výskytu sucha situace změní.

Tůma: Jsem velmi potěšen, že si společnost začala uvědomovat význam vody, a také to, že vodní zdroje jsou omezené. Situace je velmi vážná díky absenci srážek a vysokým teplotám. V některých významných oblastech pokles činí až 50 % dlouhodobého průměru. Sucho doprovází velký výpar a vysoká evapotranspirace. Ztráta vody z území je proto vysoká, a tak se vedle sucha zemědělského prohlubuje i sucho hydrologické – v síti vodních toků. To vše má za následek nemožnost doplnění zásob podzemních vod. Pokles hladin podzemních vod bude tedy trvalý, nápravu nelze očekávat v horizontu několika, možná desítek let.

Záruba: O tom není pochyb. Od roku 2014 sužuje naši zemi veliké sucho. V roce 2015 byl roční průměrný srážkový deficit největší od zahájení měření a i následující rok byl srážkově podprůměrný. V minulém roce jsme si mysleli a doufali, že už je tato suchá epizoda za námi. Ale to, co prožíváme nyní, sucho doprovázené extrémně vysokými teplotami, je opravdu zničující a bohužel, zdá se, že se naplňuje černý scénář opakování roku 2015. Klimatická změna byla po dlouhou dobu pro širokou veřejnost těžko uchopitelným, virtuálním pojmem – nyní však lidé začínají poznávat některé její skutečné dopady, aktuálně sucho a někde i nedostatek vody, na vlastní kůži.

Setkal/la jste se osobně či v blízkém okolí, že by pro Vás situace se sníženou dostupností vody byla limitující (od roku 2014)?

Daňhelka: Ne v tom smyslu, že by voda „netekla“ z kohoutku. Samozřejmě, že na chalupě došla voda „v sudu“ na zalévání, a pitnou vodu z vodovodu člověk nepoužil. Na sjíždění vody na Jizeře jsme se spíše odstrkovali. Ale se skutečným dopadem, kdy prostě voda nebyla, jsem se přímo nesetkal – zatím jsme se pohybovali v rozsahu naší odolnosti zmiňované v předchozí odpovědi.

Hubáčková: Ano, konkrétně jsme dlouhodobě řešili nedostatek ve zdrojích vody na Horňácku, který postupně narůstal, protože nové zdroje v dané oblasti prostě nejsou. U stávajících zdrojů klesala vydatnost a i kvalita pak nebyla úplně vyhovující. Ovlivňovalo to rozvoj obcí. V současné době je již vybudován nový přírodní řad pitné vody.

Ing. Bc. Anna Hubáčková

Ing. Bc. Anna Hubáčková vystudovala obor Vodní hospodářství a vodní stavby na Fakultě stavební na VUT v Brně. Dále pokračovala v rozšiřování svých obzorů na Právnické fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Nyní pracuje jako starostka obce Ratíškovice a senátorka za volební obvod Hodonínsko. Dlouhodobě se zabývá problematikou sucha a nedostatku vod, o tuto problematiku se zajímala již jako pracovnice Krajského úřadu Jihomoravského kraje, kde pracovala na odboru životního prostředí. Spolupracovala na Strategiích s dopadem klimatických změn jak pro celé území ČR, tak pro obec s rozšířenou působností Hodonín.



Punčochář: Samozřejmě, jde o zemědělce využívající závlahové systémy, pro které se odběry nejdříve omezují. Dále jde o rybníkáře, kterým voda v rybnících odparem ubývá, a rybí obsádky jsou ohroženy. Rovněž jsou to sportovní rybáři, kterým pokles průtoků ničí výskyt druhů ryb citlivých na obsah kyslíku. Proto roste tlak na „nadlepšování“ průtoků vypouštěním z přehradních nádrží, aby dobré ekologické podmínky byly zachovány, což paradoxně prosazují ochránci životního prostředí, běžně brojící proti existenci i výstavbě přehrad. Opakovaná sucha ovšem začínají ohrožovat i dostatečnost zdrojů pitné vody, a proto provozovatelé vodáren by měli včas zajistit řešení pro krizové situace.

RNDr. Pavel Punčochář, CSc.



RNDr. Pavel Punčochář, CSc., je absolventem Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (1966), kde v roce 1969 získal titul RNDr., a v roce 1972 v Československé akademii věd titul CSc. Věnoval se vědecké činnosti (hydrobiologie a mikrobiologie vody) v letech 1965–1989 a po politických změnách se stal ředitelem Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze (1990–1997). Absolvoval řadu zahraničních pobytů a stáží (Velká Británie, Německo, Švédsko, bývalý Sovětský svaz, Nizozemí, Dánsko). Od roku 1998 působí na Ministerstvu zemědělství, které je ústředním vodoprávním úřadem ČR (ve funkci ředitele odboru vodohospodářské politiky a od roku 2003 jako vrchní ředitel sekce vodního hospodářství). Čtrnáct let působil jako „vodní ředitel ČR“ pro jednání s Evropskou komisí a byl prezidentem Mezinárodní komise pro ochranu Labe a Mezinárodní komise pro ochranu Odry. Publikoval přes 350 odborných prací v ČR i v zahraničí (mj. byl spoluautorem nového vodního zákona ČR v roce 2001). V současnosti se podílí na tvorbě koncepčních dokumentů vodního hospodářství ČR a je členem komisí pro hodnocení výzkumných projektů. V posledních letech přednáší na Fakultě rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity a na Fakultě přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze.

Tůma: V rámci mého zaměstnání, lépe řečeno poslání, se s projevy nedostupnosti vody setkávám téměř denně. Množství vody a její kvalita jsou limitující pro řady oblastí. Dostupnost vody je hybnou silou celé společnosti. Málokdo si uvědomuje, jak vysoké množství vody je potřeba na produkci např. jednoho kilogramu masa, na výrobu jednoho bavlněného trička nebo na výrobu automobilu. Není tedy jenom zdrojem, základem života. Její spotřebu/potřebu je možno tedy vyčíslit i virtuálně v tzv. vodní stopě. Ta jde shrnout ve všech výrobcích na člověka a pro ČR je vyčíslena na 4 500 l/osobu/den. Nejvíce mě zasahuje, když obyvatelstvo ztrácí vodu ve studních, napojení na veřejný vodovod je neekonomické či nedohledné, místní toky a rybníky jsou vyschlé a lidé žijící v území nemají dostupnost k potřebnému množství vody v potřebné kvalitě.

Záruba: Musím se přiznat, že ne. Žiju ve velkém městě napojeném na kapacitní vodárenskou síť, tato města mají zatím vody dostatek. Stačí ale sednout do auta, a ať se vydáte prakticky jakýmkoli směrem, všude vidíte suchá pole, lesy zničené kůrovcem, vyprahlou krajinu. Nejsem si ale jistý, zda bych situaci tak vnímal, kdyby sucho nebylo součástí mé práce. Významnou roli nyní sehrávají média, která se této problematice intenzivně věnují. Je občas zajímavé vidět, kolika různými způsoby se dá jedna věta vyložit a dobré myšlenky jsou někdy překrouceny a ztraceny. Od oprávněného společenského a odborného zájmu o řešení problematiky sucha je tak po mém soudu nutné oddělit obraz mediální, který je mnohdy bohužel značně zkreslený až hysterický a neodpovídá realitě.

Je podle Vás dostatečná informovanost odborné i laické veřejnosti o aktuálním stavu sucha (meteorologického, zemědělského či hydrologického)?

Daňhelka: Myslím, že odborná veřejnost má informací poměrně dost. Problém je jejich přetvoření do formy přístupné široké veřejnosti. Tady se zatím nepodařilo dostat na takovou úroveň, aby lidé opravdu vodu vnímali jako zásadní otázku života společnosti.

Hubáčková: Stále si myslím, že není veřejnost dostatečně informovaná a že dlužíme občanům a široké veřejnosti více informací o tom, jak jsme na sucho připraveni, co můžeme při změnách podmínek pěstovat, jak zajistíme dostatek pitné vody, jak šetřit pitnou vodou... a vůbec, co nedostatek vody znamená. Stále ještě připouštíme činnosti, které zdroje vod přímo ohrožují, např. při povolování těžby štěrků v blízkosti vodních zdrojů neumíme ve správních řízeních pracovat s aktuálními problémy sucha a aktuálním stavem vod.

Punčochář: S narůstající délkou sucha zájem veřejnosti vzrůstá. Nedostává však jasné a správné informace, co dělat pro zmírnění následků sucha a zajištění vodních zdrojů. Hlavní proud informací směřuje ke kritice nepříznivého stavu krajiny a k posuzování sucha zemědělského, které je třeba zmírnit zvýšením objemu vody v půdě, rozčleněním zemědělských ploch, zvýšením počtu rybníků, mokřadů. K tomu se nelogicky přidává význam těchto opatření pro zajištění vodních zdrojů, což neplatí. Takto zvyšovaná odolnost krajiny proti suchu nezabezpečí vodní zdroje, neboť vztah těchto opatření k posílení vodních zdrojů je nepodstatný a odkazuje na práci VÚV TGM, v. v. i. (*Vodní hospodářství/2017/6: 6–9*).

Tůma: Informací kolem sucha je prezentováno mnoho, ale jak laická, tak odborná veřejnost nemá informace komplexní. Správné je už v otázce popsáno, že sucho existuje meteorologické – to je absence úhrnu srážek za určité období, dále zemědělské, které hodnotí vláhovou bilanci a dostupnost vody pro rostliny, a pak sucho hydrologické, což je pokles průtoků, hladin a zásob vody v nádržích díky suchu meteorologickému. Sucho vždy začíná suchem meteorologickým, ale ty další, které navazují, jsou závislé na ročním období, na teplotě vzduchu, ale i na větru a zejména délce trvání. Složitost těchto procesů si málokdo uvědomuje. Vlivem vysokých teplot, dlouhého počtu tropických dní, vysokého výparu, větru a evapotranspiraci může nastoupit např. extrémní sucho zemědělské bez ostatních projevů sucha. Řada vědců a odborníků se specializuje na jeden stav sucha a ten prezentuje bez zdůraznění vazeb s ostatními. Je nutné zdůraznit a výrazně odlišit, zda hovoříme o suchu krátkodobém či dlouhodobém. Jiná adaptační opatření je nutno připravovat na sucho krátkodobé, jiná na dlouhodobé sucho.

Záruba: Již nyní je možné si vyhledat potřebné informace, byť roztržité na různých webech. I proto jsme se rozhodli podpořit vývoj systému HAMR, aby byly veškeré informace dostupné na jednom místě. Jedná se o unikátní spolupráci mezi ČHMÚ, VÚV TGM, v. v. i., a CzechGloblem. Jsem velice rád, že se k tomu jednotlivé organizace rozhodly.

Epizody sucha a nedostatku ovlivňuje také změna klimatu. Vidíte v tomto kontextu i nějaká pozitivita či příležitosti?

Daňhelka: Změna klimatu je často prezentována výhradně negativně, a pokud se scénáře naplní, tak problém sucha u nás zesílí. Příležitostí pro nás je zvýšení efektivity využívání zdrojů, adaptace v zemědělství a průmyslu – ostatně adaptace měnícím se podmínkám v minulosti byla jedním z „motorů“ rozvoje technologií a metod.

Hubáčková: Při současném stavu vědy a poznání máme mnoho příležitostí využít vědeckých poznatků ke změně způsobu našeho života – k hospodaření s půdou, vodou, v lesích, se způsobem rozvoje sídel... Jak jsme ale ochotni se přizpůsobit? Většinou lidé reagují, až problém nastane, a to bývá pozdě.

Punčochář: Příležitostí je ukázat, že i přes omezené vodní zdroje ČR (vztaheno na jednoho obyvatele jsme spolu s Dánskem na 3. až 4. místě od konce v pořadí evropských států, za námi je Kypr a Malta) se historicky vodohospodářům dařilo udržet vodní blahobyt pro obyvatelstvo i hospodářství. Je třeba

představit scénáře vývoje klimatu pro naše území a upozornit, že rostoucí teploty a nerovnoměrnost srážek výrazně situaci změní, takže v roce 2050–2070 lze očekávat velké problémy, neboť současný objem odběrů zřejmě nebude pokryt. Je nezbytné o posílení vodních zdrojů rozhodovat nyní (s ohledem na délku příprav a realizace přehradních nádrží, bez kterých to prostě nepůjde). Samozřejmě průběžně je nutné posilovat odolnost krajiny proti dopadům zemědělského sucha.

Tůma: Pozitiva lze těžko hledat v dopadech změny klimatu. Naši republiku velice rychle zasáhly všechny projevy očekávané změny, a to o několik desítek let dříve. Modelovány byly scénáře dopadu vývoje klimatu na řadu let dopředu, ale očekávaný vzestup teplot o několik stupňů nás zasáhl již nyní, stejně jako nerovnoměrnost rozložení srážek, vyšší větrnost. První scénáře hovořily o nerovnoměrném rozložení srážek s předpokladem, že roční úhrn zůstane přibližně zachovaný. Pokles ročního úhrnu o 30 % v některých oblastech je v posledních letech běžný, v minulém roce dokonce dosahoval v povodí nad vodním dílem Vranov 50 %. Co si málokdo uvědomuje, je skutečnost, že v kritických obdobích nebudou rozhodovat průměry, ale extrémy! Příležitost? Zajistit akumulaci vody pro překlenutí dlouhodobého sucha.

Dr. Ing. Antonín Tůma



Dr. Ing. Antonín Tůma vystudoval Vysoké učení technické v Brně v oboru vodní hospodářství a vodní stavby, pak dále pokračoval v doktorském studiu s oborem specializace ochrana vod. Je dlouholetým zaměstnancem Povodí Moravy, s. p., a od roku 2006 je zástupcem generálního ředitele a ředitelem pro správu povodí. Dr. Ing. Tůma je členem mnoha odborných organizací, např. je předsedou v Komisi pro Plán dílčího povodí Dyje a místopředsedou Krizového technického štábu Povodí Moravy, s. p. Dále byl vedoucím delegace vodohospodářů ČR na Mezinárodním vodohospodářském veletrhu WATEC Izrael v roce 2009. Účastnil se mnoha významných odborných vodohospodářských přednášek či konferencí v ČR i zahraničí jako předsedající, přednášející či odborný garant. Absolvoval nespočet vzdělávacích kurzů, manažerských komunikačních a prezentačních dovedností, je zkušební komisařem a autorizovaným inženýrem.

Záruba: Jako člověk konzervativních názorů a preferencí těžko hledám jakákoliv pozitiva související se změnou klimatu. S trochou nadsázky mě napadá, že se možná budeme muset více učit u jižních národů, které mají s horkým klimatem dlouhodobé zkušenosti, a zavést např. po obědě siestu a do společnosti vyrážet až po desáté večer.

Jaké kroky pro řešení problému je potřeba udělat v krátkodobém a dlouhodobém horizontu?

Daňhelka: Jako první je nutné vytvořit podmínky pro realizaci opatření tam, kde dosud nejsou. Jde tedy o měkká opatření legislativní, finanční a informační povahy proto, aby se dlouhodobě mohlo změnit naše hospodaření v krajině a hospodaření s vodou. Jednotlivá opatření však musí být dělána společně, protože každé přispívá k určité části problému zvyšování naší odolnosti – krajinná a technická opatření se zkrátka doplňují a nejsou vzájemnou alternativou.

Hubáčková: V krátkodobém horizontu je třeba zintenzivnit hlavně osvětu, zapracovat na změnách strategií rozvoje, podpořit změny v hospodaření v krajině, a to nejen vypsáním dotačních programů, ale systémově do výuky, vzdělávání... dále připravit změny v legislativě především v oblasti územního plánování a pozemkových úprav včetně posílení pravomocí orgánů a subjektů veřejné moci a ještě dále postupně realizovat např. nádrže k zachycení vody, mokřady, remízky, průlehy, zatravnování v místech soustředěného odtoku atp. a ozeleňování jak v krajině, tak v sídlech a změnit specifikaci pěstovaných plodin.

Punčochář: Hlavním cílem nejbližšího období je vysvětlit veřejnosti a politikům, že o budoucnosti vodních zdrojů se rozhoduje nyní. Odklady mohou být příčinou budoucích krizových situací. Zásadní je zastavit argumentaci, že přehradní nádrže jsou „posledním možným řešením“ pro zabezpečení vody, protože tzv. alternativy řeší výhradně vodu v krajině, nikoliv vodní zdroje. Opatření pro zadržení vody v krajině je třeba uplatňovat a zároveň zajistit další vodní zdroje nejen realizací nových nádrží, ale propojováním vodohospodářských soustav i zvýšením akumulace ve stávajících nádržích (např. v Novomlýnských nádržích zvýšení hladiny jen o 35 cm znamená 9 mil. m³ vody, která v povodí Dyje chybí).

Tůma: Je nezbytné si uvědomit, že vody je málo už nyní, že s ní musíme lépe hospodařit. Hospodařit znamená využívat lépe stávajících zdrojů. Podařilo se nám díky vysoké ceně vody zastavit růst spotřeby z plánovaných 300 l/osobu/den na 100 l, a to díky i omezení ztrát. Spotřebu však můžeme snížit v již zmínované vodní stopě. Díky blahobytu nakupujeme všeho více, než spotřebujeme – skutečně potřebujeme. Od potravin, přes oblečení až např. po automobily. Sousední Slovensko, ale i Německo mají spotřebu pod 4 000 l/osobu/den. Vzorem jsou nám severské státy – svou skromností k nárokům na všechny požitky. Tím šetří nejen vodu, ale celé životní prostředí. V adaptačních opatřeních se musíme soustředit na opatření k eliminaci dlouhodobého sucha. Tu zajistí jen akumulovaná povrchová voda z období jejího nadbytku. Opatření v krajině budou eliminovat suchu krátkodobé, ale nezajistí vodu pro obyvatelstvo, dobytek, průmysl a zemědělství. I zde platí slovo lépe hospodařit – nezvyšovat výparem a odtokem ztrátu vody z území.

Záruba: Začít komplexně realizovat opatření, a to včetně těch úplně nejmenších, na kterých se může podílet každý z nás. Splachovat šedou vodou, nakupovat lokální potraviny, používat v domácnostech pouze ekologické prostředky, nezalévat, pokud je vydána výstraha na sucho... až po ta složitější, která vyžadují delší přípravu a koordinaci ze strany veřejné správy. Myslím, že v Konceptu ochrany před následky sucha pro území České republiky jsou tato opatření dobře popsána. Asi nejtěžším úkolem bude změna myšlení lidí, které je v současné době až příliš orientováno na krátkodobý zisk a efekt. Boj se suchem je běh na dlouho trať a každý ponese jeho určité náklady, nicméně nepochybuji, že jako společnost chceme dosáhnout zdravého životního prostředí, aby mohly být zdravé i naše děti.

Mgr. Lukáš Záruba



Mgr. Lukáš Záruba studoval na Fakultě managementu Vysoké školy ekonomické a následně získal magisterský titul na Právnické fakultě Karlovy univerzity v Praze. Specializuje se na právo životního prostředí a aktivně se věnuje též stavebnímu právu. Od roku 2009 pracuje na Ministerstvu životního prostředí. Do roku 2015 působil v odboru legislativy, následně se stal vedoucím oddělení SEA (strategické posuzování vlivů na životní prostředí) a v roce 2017 nastoupil jako ředitel odboru ochrany vod. V minulosti byl např. členem skupiny odborníků členských států EU, kteří se zabývali projektem podporujícím Ministerstvo ochrany životního prostředí Ukrajiny při zavádění environmentálního práva. Dlouhodobě se věnuje problematice možného sloučení a využití synergií institutů SEA a EIA s posuzováním vlivů na stav vodních útvarů podle Rámcové směrnice o vodě.

Redakce

Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR

SOUHRN

Příspěvek představuje návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR. 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 ze dne 29. července 2015 č. 620 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody vyplynul v souvislosti s přípravou koncepce 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 výňatek z metodiky pro tvorbu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR (dále jen plán), jejíž příprava probíhala současně s přípravou hlavy Zvládání sucha a nedostatku vody pro novelu vodního zákona. 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 zmenšením průtoků ve vodních tocích a 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 sucho.

Stavem nedostatku vody se rozumí vyhlášený dočasný stav s možným dopadem na základní lidské potřeby, hospodářskou činnost a životní prostředí, kdy v důsledku sucha požadavky na užívání vod převyšují dostupné zdroje vod, a je nezbytné omezovat hospodaření s vodou a vydávat další opatření. Stav nedostatku vody vyhláší komise pro zvládání sucha a nedostatku vody.

Plánem pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody (dále jen plán pro sucho) se rozumí dokument, který je podkladem pro postup vodoprávního úřadu při vyhodnocování hrozby vzniku nedostatku vody a pro rozhodování komise pro zvládání sucha a nedostatku vody o opatřeních při stavu 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 zvládání sucha a nedostatku vody (dále jen komise pro sucho) je orgánem s rozhodovací pravomocí pro vydávání opatření podle plánu pro sucho při stavu nedostatku vody.

ORGÁNY PRO ZVLÁDÁNÍ SUCHA A NEDOSTATKU VODY

Zvládání sucha a nedostatku vody řídí orgány pro zvládání sucha a nedostatku vody ve spolupráci s dalšími zúčastněnými. Řízení zahrnuje přípravu na sucho a nedostatek vody, organizaci a kontrolu všech příslušných činností v průběhu sucha a nedostatku vody a v období bezprostředně následujícím, včetně organizace a kontroly činnosti ostatních účastníků ochrany před suchem a nedostatkem vody. Orgány pro zvládání sucha a nedostatku vody se při své činnosti řídí plány pro sucho.

V období mimo činnost komise pro sucho jsou těmito orgány vodoprávní úřady:

- A. obecní úřady obcí s rozšířenou působností,
- B. krajské úřady,
- C. příslušná ministerstva jako ústřední vodoprávní úřad.

Po dobu od svolání komise do ukončení její činnosti jsou těmito orgány:

- A. komise pro sucho na úrovni ORP (v případech, kdy ORP pořizuje plán pro sucho),
- B. komise pro sucho na úrovni krajů,
- C. ústřední komise pro sucho.

Hejtman kraje zřizuje jako zvláštní orgán kraje komisi pro sucho pro příslušný kraj a je jejím předsedou. Další členy této komise hejtman kraje jmenuje ze zaměstnanců krajského úřadu, příslušných správců povodí, Českého hydro-meteorologického ústavu, Policie České republiky, Hasičského záchranného sboru České republiky a zástupců krajské hygienické stanice. K jednání komise pro sucho může hejtman kraje přizvat zejména uživatele vody významné pro dané území a zástupce obcí s rozšířenou působností. Přizvané osoby nejsou členy komise pro sucho.

Komise pro sucho vyhláší stav nedostatku vody. Při stavu nedostatku vody vydává opatření pro zvládání sucha a nedostatku vody ve své územní působnosti, a to zejména podle ustanovení § Xm vodního zákona. Opatření komise pro sucho vydává podle plánů pro sucho, v odůvodněných případech i nad rámec těchto plánů.

Tato opatření komise pro sucho vydává podle povahy věci formou rozhodnutí či opatření obecné povahy. V případě potřeby komise pro sucho může vyžadovat výpomoc od správních orgánů, právnických i fyzických osob.

Komise pro sucho nižšího stupně je podřízena komisi pro sucho vyššího stupně a neprodleně ji informuje o svém svolání a opatřeních vydaných podle § Xm vodního zákona. Komise pro sucho ORP musí dbát souladu s opatřeními komise pro sucho kraje. Komise pro sucho kraje musí dbát souladu s opatřeními ústřední komise pro sucho.

K jednání komise (bez hlasovacího práva) mohou být přizváni zástupci zejména:

- uživatelů vody významných pro dané území,
- správců vodních toků,
- vlastníků vodních děl,
- případně dalších subjektů podle místních podmínek.

OPATŘENÍ PRO ZVLÁDÁNÍ SUCHA A NEDOSTATKU VODY

Opatření pro zvládání sucha a nedostatku vody zahrnují přípravu a provádění operativních opatření s účinností po omezenou dobu trvání nedostatku vody a dobu bezprostředně následující. Tato opatření nezahrnují koncepční opatření, investiční výstavbu, údržbu, opravy a modernizace zdrojů vody a dalších zařízení pro její distribuci. Opatření pro zvládání sucha a nedostatku vody lze rozdělit na opatření přípravná, realizovaná v období mimo sucho nebo při hrozícím nedostatku vody a na opatření realizovaná v průběhu sucha a nedostatku vody.

Přípravná opatření:

- A. pořízení a aktualizace plánu,
- B. organizační a technická příprava,
- C. monitorování a předpověď vývoje situace včetně stavu zdrojů vody,
- D. vyhledání a příprava využití dodatečných záložních zdrojů vody,
- E. operativní příprava záložních (mobilních) úpraven vody – prověření jejich funkčnosti,
- F. výstražné informace o stavu sucha (vydává ČHMÚ),
- G. zahájení informační kampaně,
- H. evidenční a dokumentační práce,
- I. návrh na úpravu manipulačních řádů vodních děl a VH soustav s ohledem na potřeby zvládání nedostatku vody.

Opatření v průběhu sucha a nedostatku vody:

- A. informační kampaň,
- B. manipulace podle MŘ VD nebo VH soustav, které odpovídají situaci hydrologického sucha, např. převedení části odběrů na jiné zdroje (nádrže, jímací území, propojené soustavy), omezení odběrů vody, využití záložních zdrojů,
- C. manipulace nad rámec MŘ VD nebo VH soustav v odůvodněných případech (§ 59 odst. 4 a § Xm vodního zákona),
- D. kontrola dodržování vydaných rozhodnutí k nakládání s vodami,

- E. omezení obecného nakládání s vodami (§ 6 odst. 4 a § Xm vodního zákona),
- F. dočasné omezení užívání pitné vody z vodovodu pro veřejnou potřebu (zákaz zalévání zahradek, napouštění bazénů, mytí vozidel apod.) (§ 15 odst. 4 až 6 zákona o vodovodech a kanalizacích a § Xm vodního zákona),
- G. přerušení nebo omezení dodávek vody bez předchozího upozornění v případě stavu nedostatku vody (§ 9 odst. 5 zákona o vodovodech a kanalizacích),
- H. požadavek využití technologií omezujících spotřebu vody u odběratelů,
- I. požadavek využití záložních zdrojů vody,
- J. úprava, omezení až zákaz odběrů s platným vodoprávním rozhodnutím (§ 109 odst. 1 a § Xm vodního zákona),
- K. dočasná úprava minimálních zůstatkových průtoků a minimálních hladin podzemní vody (§ Xm vodního zákona),
- L. dočasná úprava limitů pro vypouštění odpadních vod (§ 109 odst. 1 a § Xm vodního zákona),
- M. zabezpečení náhradního zásobování pitnou vodou (§ 9 odst. 8 zákona o vodovodech a kanalizacích),
- N. nařízení vlastníkově technického zařízení, které slouží pro odběr ze záložního zdroje vody, jeho zprovoznění tak, aby bylo možné tento záložní zdroj vody využít,
- O. nařízení vlastníkově potřebného vodohospodářského zařízení jeho zprovoznění a poskytnutí k řešení nedostatku vody,
- P. nařízení mimořádné sledování množství a jakosti vod (§ Xm vodního zákona),
- Q. kontrola opatření vydaných komisí.

Pokud komise pro sucho vydává opatření ve stejné věci, jako již bylo rozhodnuto vodoprávním úřadem při zvládání sucha, po dobu stavu nedostatku vody platí rozhodnutí komise pro sucho. Komise pro sucho vydává při stavu nedostatku vody opatření podle § Xm vodního zákona a § 9 odst. 5 a 8 zákona o vodovodech a kanalizacích. Vodoprávní úřad vydává při stavu sucha opatření podle § 6 odst. 4, § 15 odst. 4 až 6, § 59 odst. 4 a § 109 odst. 1 vodního zákona.

HODNOCENÍ SUCHA

Předpovědní služba pro sucho informuje orgány pro sucho o nebezpečí vzniku sucha a o jeho dalším vývoji. Tuto službu zabezpečuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správcí povodí, přičemž hodnotí velikost, intenzitu a délku trvání sucha z hlediska vodních zdrojů. Vodními zdroji se rozumí povrchové a podzemní vody podle ustanovení vodního zákona. Sucho je klasifikováno jako mírné (kategorie 1), silné (kategorie 2) nebo mimořádné (kategorie 3). Výsledky hodnocení zveřejňuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s podniky Povodí na internetových stránkách. Hodnocení probíhá v týdenním kroku. Hodnocení sucha ČHMÚ je dostupné na <http://portal.chmi.cz/aktualni-situate/sucho>.

V případě výskytu silného nebo mimořádného sucha na území kraje nebo ORP vydá Český hydrometeorologický ústav výstražnou informaci o stavu sucha v povrchových nebo podzemních vodách a zveřejní ji v systému výstražné služby. Výstražná informace slouží jako upozornění před pravděpodobným vznikem nedostatku vody.

Po vydání výstražné informace o stavu sucha nebo po zvážení rizika vzniku nedostatku vody je třeba zajistit informace o výsledcích monitoringu množství a jakosti vodních zdrojů, zahájit informační kampaň orientovanou směrem k veřejnosti, informovat uživatele vody významné pro dané území, aktualizovat informace o odběrech vody uživatelů významných pro dané území a o dalším výhledu odběrů, začít s přípravou technických a organizačních opatření.

HODNOCENÍ NEDOSTATKU VODY

Po vydání výstražné informace o stavu sucha vodoprávní úřad v souladu s plánem pro sucho a ve spolupráci se správci povodí a ČHMÚ vyhodnotí, zda hrozí vznik nedostatku vody. Stejně vodoprávní úřad postupuje v případě překročení v plánu uvedených místních směrodatných limitů. V případě hrozícího nedostatku vody navrhne předsedovi komise pro sucho její svolání. Komise vyhodnotí, zda vznikl nedostatek vody a v takovém případě vyhlásí stav nedostatku vody. Informaci o vyhlášení stavu nedostatku vody uveřejní způsobem v místě obvyklým. Po vyhlášení stavu nedostatku vody komise vydává opatření pro zvládání sucha a nedostatku vody uvedená v plánu, příp. další opatření nad rámec plánu. V případě pomínutí podmínek stavu nedostatku vody komise tento stav odvolá.

Místními směrodatnými limity se rozumí kritéria schopnosti systému plnit požadavky na vodu podle bilance reálného stavu vodních zdrojů v území a odběrů vody. Místní směrodatné limity identifikuje vodoprávní úřad ve spolupráci se zástupci členů komise pro sucho v rámci pořizování nebo aktualizace plánu pro sucho.

Takovým limitem v rámci jednoduchého systému zásobování může být např. stav konkrétního vodního zdroje (velikost průtoku vodního toku, stav hladiny podzemní vody, disponibilní objem vody ve VN), na druhé straně v rámci komplexního systému zásobování schopnost VH soustavy plnit požadavky na vodu především preferovaných uživatelů (uvedených v plánu pro sucho) podle významu způsobu užití vody po dobu stanovenou plánem pro sucho.

Tyto způsoby užití vody se stanoví postupně od nejvýznamnějšího k méně významným takto:

- A. zajištění kritické infrastruktury podle předpisů upravujících krizové řízení a dalších provozů poskytujících nezbytné služby,
- B. zásobování obyvatelstva pitnou vodou,
- C. živočišná zemědělská výroba,
- D. hospodářské využití a ekologická funkce vody,
- E. ostatní využití.

V odůvodněných případech se lze s ohledem na zvláštní místní podmínky od ustanovení výše uvedeného odstavce písmena c) až e) odchýlit.

Místní směrodatné limity mohou být odvozeny např. ze situace, kdy sucho má již reálné dopady ve formě hrozícího nedostatku vody pro plnění nároků na odběry (disponibilní zásoba vody ve zdrojích při stávající úrovni spotřeby vystačí již pouze na 5 až 6 měsíců) nebo v důsledku sucha hrozí nedodržení minimálních zůstatkových průtoků, minimálních hladin podzemní vody, nedodržení limitů jakosti surové vody pro úpravu na vodu pitnou nebo nedodržení

hodnot pro ukazatele přípustného znečištění povrchových vod. V takové situaci jsou podle plánu pro sucho zaváděna např. opatření za účelem omezení spotřeby (technologická opatření na straně průmyslových uživatelů) a přerozdělování zásob vody, je omezováno obecné nakládání s vodami, případně povolená nakládání s vodami méně významných uživatelů podle hierarchie dané plánem podle významu způsobu užití vody za účelem zajištění množství a/nebo jakosti vody.

Při prohlubování nedostatku vody dochází k nebezpečí vzniku škod většího rozsahu nebo k ohrožení životů a zdraví osob v důsledku nedostatku vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou, k ohrožení provozu kritické infrastruktury, provozu významných podniků a strategických energetických zdrojů. Podle plánu jsou vydávána opatření za účelem omezení spotřeby vody a přerozdělování zásob vody, dochází k omezování povolených nakládání s vodami významnějších uživatelů v rámci hierarchie podle významu způsobu užití vody za účelem zajištění množství a/nebo jakosti vody, mohou být omezovány dodávky pitné vody, může být umožněno dočasné snížení minimálních zůstatkových průtoků, minimálních hladin podzemní vody nebo dočasná změna limitů pro vypouštění odpadních vod.

KRIZOVÁ SITUACE DLOUHODOBÉ SUCHO

V případě, že komise pro sucho vyčerpá opatření uvedená v plánu (odůvodněných případech i nad rámec plánu) k odvrácení dalšího prohloubení stavu nedostatku vody, zejména v situaci kdy:

- nedostatek vody ohrožuje fungování prvků kritické infrastruktury, výrobu elektřiny a tepla a provoz významných průmyslových provozů,
- zásoby vody pro obyvatelstvo jsou pouze na dobu 1–2 měsíců a nelze je dále zabezpečit dostupnými prostředky,
- nouzové zásobování pitnou vodou nelze zajistit s využitím zdrojů disponibilních v rámci území kraje,
- jsou plně nasazeny všechny disponibilní síly a prostředky, a přesto se nedaří průběh situace zvrátit,
- následkem špatné hygienické situace hrozí epidemie,
- řešení situace vyžaduje další hmotné nebo finanční prostředky, které již na úrovni kraje nelze zajistit,
- jsou vyčerpány hmotné nebo finanční prostředky pro zvládání mimořádné události,
- a zároveň je předpověď vývoje hydrologické situace v následujících týdnech i nadále nepříznivá,

může hejtman kraje při splnění podmínek zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) vyhlásit *krizový stav*. V případě, kdy je v době stavu nedostatku vody vyhlášen stav nebezpečí nebo nouzový stav, se komise pro sucho stávají součástí krizového štábu kraje a Ústřední komise pro sucho součástí Ústředního krizového štábu. Komise pro sucho vykonávají i nadále činnosti podle vodního zákona (tzn. i v průběhu vyhlášeného krizového stavu je možné komisí pro sucho například nařídit mimořádnou manipulaci na vodním díle podle § Xm odst. 1 písm. d).

OBSAH PLÁNU

Plán pro sucho jako základní dokument zvládání sucha a nedostatku vody slouží ke koordinaci činností v daném území při nebezpečí vzniku nedostatku vody, v jeho průběhu a po jeho odeznění. Plán obsahuje souhrn organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod na majetku občanů a společnosti a na životním prostředí. Plán řeší ochranu určitého území, konkrétně území kraje, území České republiky, popř. správní obvod ORP.

Plán pro sucho kraje pořizuje a průběžně aktualizuje pro své území krajský úřad v přenesené působnosti, a to ve spolupráci s příslušnými správci povodí a ČHMÚ. Návrh plánu pro sucho a jeho aktualizace krajský úřad projedná s obecními úřady ORP ve správním obvodu, Policií ČR, HZS ČR, zástupci krajské hygienické stanice, uživateli vody významnými pro území příslušného kraje, resortem A a resortem B. Plán pro sucho pro území kraje musí být v souladu s plánem pro sucho ostatních krajů. Aktuálně platný plán zveřejní na portálu veřejné správy. Zveřejněním se plán pro sucho stává platným.

Plán pro sucho může pořídit pro svůj správní obvod obecní úřad ORP, ve spolupráci s příslušnými správci povodí a ČHMÚ. V případě pořízení jej průběžně aktualizuje. Projedná jej s obcemi, HZS ČR a uživateli vody významnými pro dané území ve správním obvodu této ORP. Plán pro správní obvod ORP musí být v souladu s krajským plánem. Soulad potvrzuje krajský úřad. Aktuálně platný plán zveřejní na portálu veřejné správy.

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

Aktualizace úvodní části se provádí při výrazných změnách s komentářem změn. Aktualizace základní, operativní a grafické části se provádí jednou 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, záznamy (nebo odkaz do textu) o aktualizaci potvrzení souladu (u plánů pro sucho ORP).

Úvodní část

Úvodní část by měla obsahovat:

- pravidla pro aktualizace,
- použité symboly a zkratky,
- seznam použitých podkladů,
- seznam relevantních technických norem,
- použité termíny a definice, vysvětlení pojmů (sucho – co a jak ČHMÚ vyhodnocuje, kategorie sucha – stručně, podrobnosti formou odkazu na ČHMÚ, nedostatek vody, opatření, citace právních předpisů apod.),
- orgány pro zvládání sucha a nedostatku vody (citace právních předpisů apod.).

Základní část

Základní část obsahuje údaje potřebné pro zvládání sucha v daném území, charakteristiku území, popis vodních zdrojů včetně záložních a jejich případné zastupitelnosti, popis úpravy, dopravy, převodů vody a zásobování vodou, seznam a popis technických zařízení využitelných k řešení stavu nedostatku vody, seznam uživatelů vody významných pro dané území, seznam povolených nakládání s vodami významněji ovlivňujících množství a jakost vod, popis rizik sucha a místní směrodatné limity a kritéria pro vyhlášení stavu nedostatku vody. 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, rybářství, 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:

- 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;
- minimální zůstatkové průtoky a minimální hladiny podzemní vody;
- postupy a prostředky (technická zařízení) pro snížení následků sucha a nedostatku vody – druh, způsob použití, místo uložení, majitel či správce.

Operativní část

Operativní část obsahuje seznam subjektů podílejících se na zvládání sucha a stavu nedostatku vody, popis činností, které vykonávají, popis přenosu informací, priority zásobování a popis opatření při vyhlášeném stavu nedostatku vody. To znamená zejména:

- seznam účastníků zvládání sucha a nedostatku vody a jejich kontaktní údaje: seznam členů komise pro sucho, seznam zástupců uživatelů vody významných pro dané území, správců vodních toků, vlastníků vodních děl, případně dalších subjektů podle místních podmínek;
- příslušné související (geograficky, technicky z hlediska zásobování vodou související) orgány pro zvládání sucha a nedostatku vody;
- popis přenosu informací: výstražných informací ČHMÚ, informačních zpráv VHD podniků Povodí, zpráv provozovatelů vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu;
- obecné principy pro činnost v období sucha a nedostatku vody (včetně uvedení zodpovědné organizace, popř. osoby):
 - zjištění provozního stavu zdrojových a přepravních systémů (existující poruchy, opravy, omezení),
 - zjištění rozsahu deficitu a dopadů na obyvatele, zdravotnictví, sociální služby, bezpečnost, hospodářství, životní prostředí, ...),
 - zajištění kontroly situace přímo v terénu,
 - čtenější kontrola odběrů vody – kontrola plnění povinností daných povoleními k nakládání s vodami a plnění uložených opatření ke zvládání nedostatku vody,
 - prognózy vývoje,
 - priority zásobování,

- vydávání opatření – opatření je vhodné sestavit do skupin, které jsou realizovány podle míry aktuálního deficitu vodních zdrojů (viz místní směrodatné limity), případně i se zohledněním stavu sucha pro dané území,
- kontrolu realizace opatření,
- modifikace opatření na základě dalšího vývoje situace,
- popis konkrétních opatření (odvozených např. na základě zkušeností s problémy vzniklými v souvislosti s dříve proběhlými epizodami sucha);
- kompetence účastníků ochrany před nedostatkem vody;
 - krajský úřad a ORP: zřízení a zajištění činnosti komise pro sucho; předávání informací; kontrola opatření (ve spolupráci s ORP; omezení odběrů apod.) týkajících se vodních toků a vodních děl (obecné nakládání s povrchovými vodami); kontrola nakládání s vodami (ve spolupráci se správci povodí a správci vodních toků); dohled nad znečišťovateli vod (ve spolupráci s ČIŽP); kontrola opatření (ve spolupráci s ORP),
 - ČHMÚ: monitoring aktuálního stavu meteorologických a hydrologických veličin; vyhodnocování stavu sucha; prognóza dalšího vývoje hydro-meteorologické situace,
 - správci povodí: stav zásob vody v nádržích, ke kterým mají právo hospodařit, a prognóza jejich vývoje; sledování jakosti vod ve vodních tocích a nádržích; realizace opatření týkajících se manipulací na vodních dílech a VH soustavách (ke kterým mají správci povodí právo hospodařit),
 - vlastníci vodovodů pro veřejnou potřebu: monitoring stavu zdrojů podzemních vod a velikosti odběrů (v případě jimi prováděných odběrů), hodnocení jeho vývoje a předávání informací komisi pro sucho; návrh a realizace opatření v sítích; omezování zásobování pitnou vodou; zabezpečení náhradního zásobování pitnou vodou,
 - správci vodních toků: realizace opatření; spolupráce se správcem povodí,
 - vlastníci vodních děl: manipulace na VD; poskytování informací o VD komisi pro sucho,
 - 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 zejména mapy nebo plány, na kterých jsou zakreslena zejména území ohrožená suchem, vodohospodářské a vodárenské soustavy, zdroje a úpravny vody a uživatelé vody významní pro dané území:

- mapa území, sídla komisí pro sucho,
- mapa monitorovací sítě povrchových a podzemních vod,
- mapa zdrojů a úpraven vody (včetně rezervních),
- schéma VH soustav,
- schéma vodárenských soustav,
- mapa významných odběrů vody,
- výsledky monitoringu jakosti vody ve zdrojích,
- mapa minimálních zůstatkových průtoků a minimálních hladin podzemní vody, kdo je může ovlivňovat,
- mapa hlavních zdrojů znečištění vody,
- mapa závlahových systémů,
- mapa zvláště chráněných území.

Přílohy

Přílohou plánu jsou např.:

- statut orgánu pro zvládání sucha a nedostatku vody (úvodní ustanovení, činnost orgánu pro zvládání sucha a nedostatku vody, jednací řád, spolupráce komise pro sucho s ostatními správními orgány, fyzickými a právníckými osobami, zabezpečení činnosti komise, závěrečné ustanovení);
- evidenční a dokumentační práce – vyhodnocení jednotlivých epizod sucha (i dříve proběhlých, před zavedením komisí pro sucho):
 - příčiny, projevy, postižené území, velikost a trvání sucha, roční období,
 - dopady sucha na množství povrchové a podzemní vody,
 - vzniklé škody,
 - přijatá opatření a jejich účinnost,
 - příčiny negativně ovlivňující zvládání nedostatku vody,
 - návrhy na úpravu vydávaných opatření,
- odkazy na plány nižších a vyšších úrovní, popř. na havarijní/provozní plány významných uživatelů vody;
- odkazy na související havarijní a krizové plány;
- odkazy na plány dílčích povodí;
- odkazy na plány rozvoje vodovodů a kanalizací.

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@vuvv.cz

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



Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodě blízkých opatření

ÚVOD

V rámci projektu Sucho byl na území České republiky zahájen komplexní monitoring vodních toků a pozemků v jejich povodích za účelem vyhodnocení vlivu realizací revitalizačních akcí, které mají chránit před dopady sucha. Pro potřeby hodnocení vlivu revitalizačních opatření je nezbytné, aby byly předmětné plochy a lokality komplexně monitorovány ještě před zahájením realizace jednotlivých opatření z důvodu postihnutí počátečního stavu přírodního systému a monitoring by měl pokračovat několik let po realizování navržených opatření. Monitoring vodních toků a ploch povodí začal na lokalitách, kde jsou naplánovány realizace přírodě blízkých opatření v časovém horizontu 1 až 3 roky, tedy v letech 2018–2020. Jedná se o monitorovací techniky zaručující poznání hydrologických a hydroekologických vlastností vodních toků včetně kvality vod a půdních vlastností dotčených lokalit.

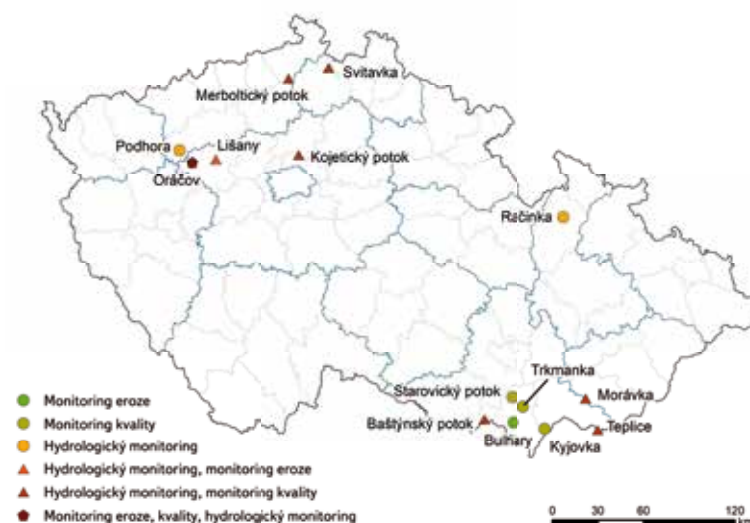
PILOTNÍ LOKALITY

Výběr pilotních lokalit byl prováděn v úzké spolupráci se zaměstnanci státních podniků Povodí – konkrétně s. p. Povodí Ohře, Povodí Labe, Povodí Vltavy a Povodí Moravy. V jednom případě bylo komunikováno se zaměstnanci státního podniku Lesy ČR. Výběr lokalit byl konzultován z hledisek vhodnosti: stabilizovaný profil, žádné úpravy v místě v následujícím období, nenarušení trajektorie vodního toku, příjezdová cesta co nejbližší, potřeba či využití dat správci vodních toků. Informace o plánovaných revitalizačních akcích byly získány zejména od zástupců podniků povodí, případně od jednotlivých obcí, kterých se revitalizace týká. Dále byla navázána spolupráce se zemědělskými podniky Lupofyt Chrástany, a. s., a ZD Bulhary. Zde byl naplánován detailní monitoring zemědělských půd z hlediska hydrologie, kvality, eroze, meteorologie. Tyto lokality budou dlouhodobě monitorovány a se zástupci firem budou diskutována možná opatření v ploše povodí, která by pomohla zlepšit podmínky pro hospodaření. Lokality vybrané pro jednotlivé druhy monitoringu jsou znázorněny na obr. 1. Vybrané profily se nachází zejména ve dvou nejohroženějších lokalitách z hlediska sucha, a sice na jižní Moravě a na západ od Prahy (Rakovnicko a okolí).

MONITORING HYDROLOGICKÉHO REŽIMU POVODÍ

Hydrologický režim vodních toků je v posledních letech měněn postupem klimatických změn, a to zejména zvyšující se teplotou vzduchu, zvyšující se potenciální evapotranspirací, změnami v plošném rozložení srážek, sníženou zásobou vody ve sněhu a dalšími. Z toho plynou negativní projevy na vodních tocích jako snížení povrchového odtoku, zvyšování teplot vody a v krajních případech (v posledních letech ne příliš výjimečných) vysychání. Těmto negativním projevům v hydrologickém režimu vodních toků se snaží zamezit, nebo je snížit, realizace různých přírodě blízkých opatření jak přímo na vodních tocích, tak v ploše povodí.

V rámci projektu byl zaveden monitoring hydrologického režimu vybraných vodních toků, kde budou v nejbližších letech realizovány přírodě blízká opatření, aby bylo možné úspěšnost těchto realizací zhodnotit.



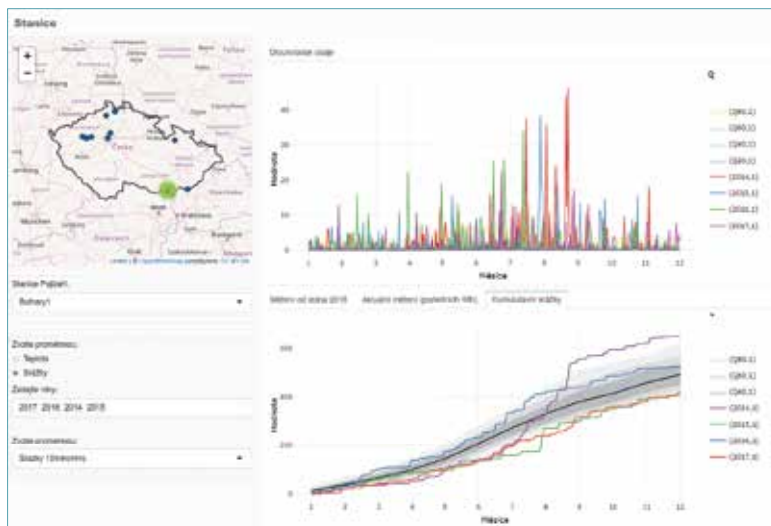
Obr. 1. Mapa lokalit

Byly vybrány lokality:

- A. ve kterých se v nejbližších měsících plánují realizace přírodě blízkých opatření:
 - Svitavka (Kunratice u Cvikova),
 - Merboltický potok (Merboltice),
 - Kojetický potok (Kojetice u Prahy),
 - Baštyňský potok (Novosedly),
 - Teplice (Kuželov),
 - Dlouhá řeka (Nedakonice),
- B. na zemědělských pozemcích, kde byla navázána spolupráce se zemědělci a které budou zkoumány detailněji (hydrologický režim, kvalita, eroze, klima):
 - Bezejmenný přítok Rakovnického potoka – Oráčov (Lupofyt, s. r. o.),
 - Bezejmenný vodní tok – Lišany (Lupofyt, s. r. o.),
- C. které se dlouhodobě potýkají s projevy sucha:
 - Podhora (Kryry),
 - Novoveský potok (přítok Račinky v Žárově) (obr. 3).

Pro zhodnocení hydrologického stavu lokality jsou zapotřebí průtoková data z vodního toku, udávající celkový odtok z vybraného povodí změřený v uzavřeném profilu. Pro sestavení hydrologického modelu jsou dále potřeba údaje o srážkách na povodí a průměrných denních teplotách. Po zkalibrování hydrologického modelu je možné modelovat další členy hydrologické bilance jako: potenciální evapotranspiraci, územní výpar, infiltraci do půdy a dotaci podzemní vody z půdy. Dále je simulováno množství vody obsažené ve sněhové pokrývce, v půdě a v zásobě podzemní vody.

Po realizaci přírodě blízkých opatření na vodních tocích, případně v ploše povodí by příznivým dopadem na hydrologický systém mohlo být např. zpomalení povrchového odtoku během srážkových epizod, vyšší podíl vody infiltrované do půdy, zvýšení dotace podzemních vod, což úzce souvisí jak s bojem proti suchu, tak s ochranou proti povodním.



Obr. 2. Aplikace pro prohlížení aktuálních změřených dat v porovnání s dlouhodobými průměry



Obr. 3. Vodoměrná stanice s pozorováním srážek a teploty vzduchu, lokalita Novoveský potok (přítok Račinky v Žárové)

V rámci projektu bylo zřízeno deset vodoměrných a osm srážkoměrných stanic spolu s pozorováním teploty vzduchu. Jedná se o oblasti ČR: Rakovnicko, severní Čechy, Polabí, Jižní Morava a Jeseníky. Všechny stanice mají GSM přenos měřených veličin. Přístup k aktuálním změřeným datům (obsahuje i dlouhodobé průměry pro porovnání) je možný přes záložku Aplikace na webu www.suchovkrajine.cz. Na obr. 2 je printscreen uživatelského prostředí aplikace. V levém horním rohu je mapa s lokalizací stanice, pod ní výběr měřených veličin. Na pravé straně dlouhodobé údaje a aktuální hodnoty, je možné zobrazit i kumulativní hodnoty.

Monitoring vodních toků je dlouhodobou záležitostí, pro účely vyhodnocení je potřeba minimálně 3–5letá řada pozorování. Na vodoměrných stanicích je zapotřebí do budoucna minimálně 4x ročně hydrometrovat a provádět nutnou běžnou údržbu stanic (dobíjení baterie, čištění srážkoměrů, ...) i vodních toků v okolí stanic. Po roce měření je možné udělat první zhodnocení hydrologických poměrů v pozorovaných povodích. Z roční délky dat je již možné, podle podrobnosti konsumpčních křivek, vyčíslit průtoky na daných lokalitách a získat hrubý odhad základních členů hydrologické bilance. Nicméně pro detailní vypovídající popis hydrologické bilance je zapotřebí několikaletý monitoring z důvodu značné časové variability jednotlivých členů hydrologické bilance. Nelze tedy z jednoletého měření určit např. dlouhodobé průměry, m-denní průtoky apod.

MĚŘENÍ VÝPARU V PRAZE-PODBABĚ

V rámci projektu byla vybudována meteorologická a výparoměrná stanice v areálu pražské pobočky Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. Měření výparu je prováděno tlakovou sondou měřením poklesu úrovně hladiny v plastové kruhové nádobě o průměru 2 m, výška 50 cm. Měření běží od 1. 5. 2018, kdy začíná standardní výparoměrná sezona (květen–říjen). K poklesu hladiny je přičítána denní hodnota srážek, která je na místě měřena. Výpar se tedy spočítá jako úbytek výšky hladiny plus výška úhrnu srážek za stejné období. Výpar z vodní hladiny je významný člen hydrologické bilance, jehož měření není prováděno běžně, z důvodu značné náročnosti na údržbu a obsluhu výparoměrných stanic. Z tohoto důvodu je dopočítáván ze vzorců. VÚV TGM, v. v. i., provozuje jedinou základní nezrušenou výparoměrnou stanici od roku 1957 v Hlasivu u Tábora. Na základě výparoměrných dat a meteorologických dat jsou odvozovány vzorce pro výpočet výparu, které jsou aplikovatelné pro celou ČR. Výparoměrná a meteorologická stanice v Praze-Podbabě pomůže s ověřením odvozených vzorců, a zpřesní tak výpočty celkové hydrologické bilance. Významnost výparu v celkové hydrologické bilanci stoupá v povodích s vyšším zastoupením vodních ploch a z důvodu zvyšování průměrné roční teploty vzduchu v posledních letech je jeho vyčíslení stále důležitější. Na stanici bude dále měřeno: teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, sluneční radiace a směr a rychlost větru, teplota vody ve výparoměru a teplota půdy.



Výparoměrný bazén v Praze-Podbabě

Důležité je poznání hydrologických vlastností jednotlivých povodí před realizací přírodních blízkých opatření a následně poznání hydrologických vlastností po realizaci opatření. Budou hledány a hodnoceny změny v jednotlivých měřených veličinách a celkovém chování vodních toků a krajiny.

MONITORING DOPADU REALIZACE OPATŘENÍ NA KVALITU A STAV VOD A VODNÍ ORGANISMY

Řešení vychází z předpokladu, že realizace nápravných opatření na tocích a/nebo v ploše povodí vede ke zlepšení stavu vodních ekosystémů zejména v období sucha.

V rámci řešení byl proveden výběr pilotních území, kde jsou plánovány realizace opatření a kde je ve skutečnosti možné monitoring stavu vod provést, zejména s ohledem na dostatečnou vodnost dotčených toků. Typy opatření, které byly vybrány ke sledování, jsou uvedeny ve schválené *Koncepci na ochranu před následky sucha pro území České republiky* jako opatření vhodná pro eliminaci negativních vlivů sucha na vodní ekosystémy.

Byly vybrány lokality:

A. opatření na vodních tocích:

- revitalizace řeky Morávky u Nedakonic,
- revitalizace Baštynského potoka u Novosedel,
- revitalizace Trkmanky u Velkých Pavlovic,
- revitalizace Kyjovky u Moravské Nové Vsi,
- revitalizace potoka Teplice pod Kuželovem,
- revitalizace potoka Svitavka u Kunratic u Cvikova,
- revitalizace Merboltického potoka pod obcí Rychnov,
- revitalizace Kojetického potoka v intravilánu obce Kojetice,
- realizovaná revitalizace Starovického potoka u Starovic,

B. opatření v ploše povodí:

- bezejmenný přítok Rakovnického potoka – Oráčov (Lupofyt, s. r. o.).

V návaznosti na výběr lokalit byl zpracován plán monitoringu včetně seznamu parametrů fyzikálně-chemických, chemických a biologických ukazatelů povrchových vod a byl naplánován průzkum hydromorfologie vodních toků pilotních lokalit.

Výběr fyzikálně-chemických a chemických ukazatelů pro hodnocení kvality povrchových vod ve sledovaném území vzešel z rešeršních prací úkolu *Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016*. Zahrnuje tyto parametry: teplota vody, rozpuštěný kyslík, biochemická spotřeba kyslíku, pH, $KNK_{4,5}$, konduktivita, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, celkový fosfor, fosforečnany, nerozpuštěné látky (NL_{105} a NL_{550}), sírany, chloridy a chlorofyl-a na

vybraných profilech s výskytem fytoplanktonu. Četnost sledování ukazatelů byla stanovena v intervalu jednou za dva měsíce tak, aby datový soubor obsahoval minimálně šest hodnot a bylo jej možné vyhodnotit podle platných legislativních a metodických předpisů. V říjnu 2017 byl zahájen roční monitoring pilotních území, realizováno je období říjen 2017–srpen 2018.

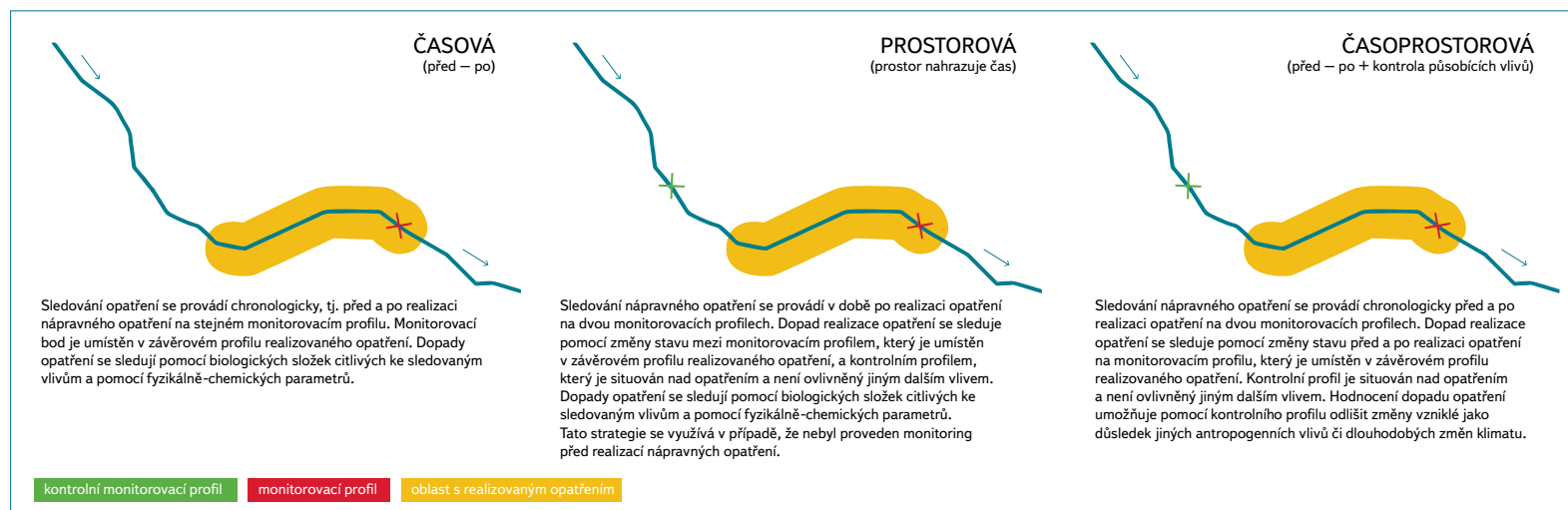
Opatření, která jsou doporučena pro eliminaci následků sucha, často souvisí s morfologií toku a jeho bezprostředním okolím. Biologické složky, které se používají pro hodnocení ekologického stavu, ovlivňují opatření, která mění hydromorfologii toku a výskyt jednotlivých habitatů. Vhodné a nejčastěji užívané indikátory změn hydromorfologie jsou ryby a makrozoobentos. Fytobentos je citlivý na změny proudění a substrátu, lépe však indikuje trofie. Výběr sledovaných biologických složek tak vycházel z národních metodik hodnocení ekologického stavu, ale současně i zohledňuje zranitelnost skupin vodních organismů, jak bylo zjištěno během rešeršních prací na úkolu *Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice SUCHO v roce 2016 – úkol Zhodnocení dopadů sucha v útvarech povrchových vod na vodní a vodu vázané organismy*. Zvolené biologické složky pro sledování jsou fytobentos a makrozoobentos, ryby by měly být sledovány pouze pro vybrané typy opatření – revitalizace říčních biotopů.

Pro posouzení hydromorfologických změn s ohledem na plánované realizace přírodně blízkých opatření bylo třeba zmapovat původní stav. Hydromorfologické mapování se provádělo podle tzv. metodiky HEM 2014 – *Metodika monitoringu hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků* v zimním období, kdy bylo pomocí zaznamenávání fyzikálních charakteristik říčních koryt, břehů, přibřežních zón a inundačních území získán popis aktuálního stavu hydromorfologických podmínek sledovaných úseků vodních toků. Klasifikace hydromorfologického stavu sledovaných úseků toků byla provedena podle metodiky MŽP *Metodika typově specifického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků* [1].

MONITOROVACÍ STRATEGIE

Monitoring a hodnocení efektivity realizovaného opatření je možné provádět třemi způsoby, tzv. monitorovacími strategiemi:

- A. časová (před/po) – sledování opatření se provádí chronologicky, tj. před a po realizaci nápravného opatření na stejném monitorovacím profilu; monitorovací bod je umístěn v závěrovém profilu realizovaného opatření; v projektu se této strategie nevyužívá;



Obř. 4. Monitorovací strategie: časová, prostorová a časoprostorová

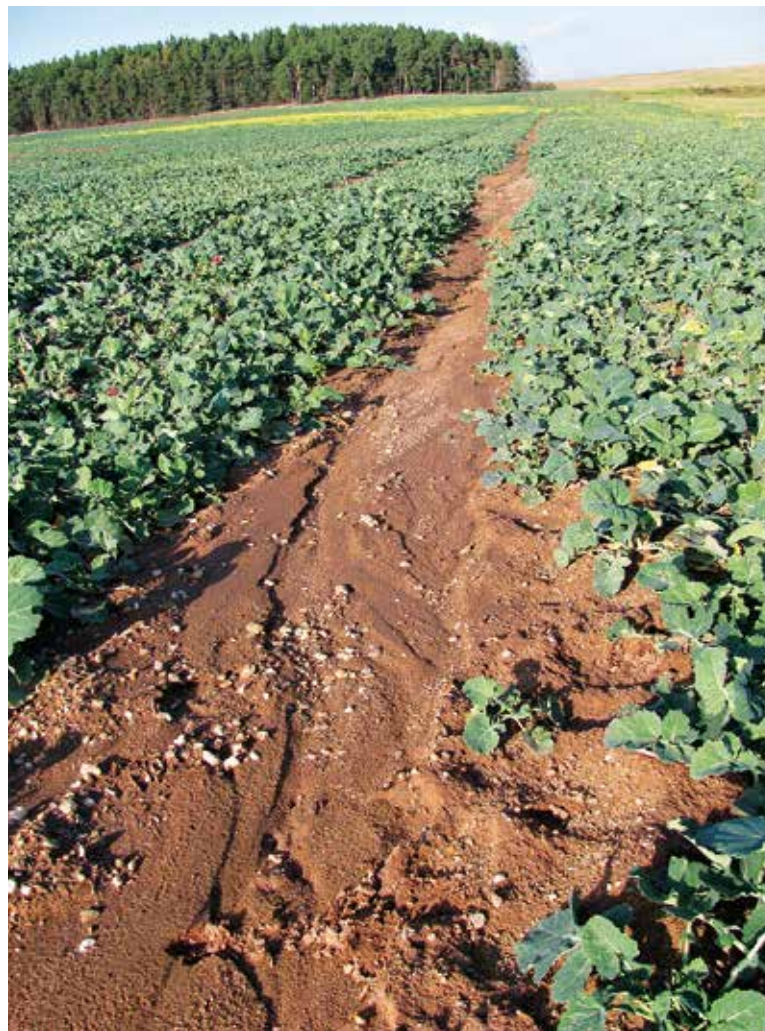
- B. prostorová (prostor nahrazuje čas) – tato strategie se využívá tehdy, pokud nebylo možné zajistit před realizací opatření monitoring; sledování nápravného opatření se provádí v době po realizaci opatření na dvou monitorovacích profilech; dopad realizace opatření se sleduje pomocí změny stavu mezi monitorovacím profilem, který je umístěn v závěrovém profilu realizovaného opatření, a kontrolním profilem, který je situován nad opatřením a není ovlivněn dalším vlivem; v řešeném úkolu takto přistupujeme k pilotnímu území Starovického potoka;
- C. časoprostorová (před/po + kontrola působících vlivů) – tato strategie předpokládá monitoring před zahájením realizace opatření na dvou místech (nad opatřením a v závěrovém profilu plánovaného opatření); následně se po realizaci opatření provádí monitoring opět na těchto dvou místech; tento způsob je nejvýhodnější, protože umožňuje pomocí kontrolního profilu nad opatřením odlišit změny ve společenstvech v čase a změny vzniklé jako důsledek realizace opatření; takto je nastaveno sledování většiny pilotních území a bylo součástí zadání řešení úkolu.

Takto navržené monitorovací aktivity umožní kvantifikovat dopady realizací nápravných opatření v rámci několika případových studií. Následně bude možné dopady opatření porovnat se závěry dokumentu *Hodnocení efektivity přírodních blízkých opatření uvedené v Metodickém návodu na výběr vhodných opatření pro zadržení vody v krajině*. Mělo by být také možné vyhodnotit efektivitu opatření a vynaložené finanční prostředky na realizaci a údržbu sledovaného opatření.

EROZNÍ MONITORING A VODNÍ REŽIM PŮD

Půda je jednou ze složek životního prostředí, které jsou suchem postihovány nejvíce. Na druhou stranu je půdní prostředí díky své schopnosti zadržovat vodu velmi významné s ohledem na možnosti tlumení nežádoucích dopadů sucha, a to v řadě různých aspektů. Schopnost zemědělské půdy zadržovat vodu je determinována přírodními podmínkami, významnou měrou je však ovlivněna způsobem hospodaření i na typy opatření, která jsou na ní z různých důvodů aplikována. Kvantifikace vlivu jednotlivých opatření na hydrologický režim půd je do značné míry nejistá a je zpravidla založena na převážně empirických přístupech a metodách. Míra nejistoty takového posuzování je navíc vyšší v případech uvažování změn klimatických podmínek.

Pro potřeby kvalifikovaného posouzení vlivu jednotlivých opatření s uvažovaným pozitivním dopadem ve vztahu k půdnímu suchu je v podstatě nezbytné, aby byl zaveden a provozován dlouhodobý monitoring sledující projevy sucha v půdě a celkově zahrnující jednotlivé půdní charakteristiky. Jelikož tento monitoring má za cíl především zhodnotit dopady jednotlivých opatření, je nutné jej zavést ještě před aplikací opatření, aby byla k dispozici referenční data. Vzhledem k tomu, že půdní sucho není izolovaným jevem, ale spadá do hydrologického režimu půd jako celku, je i v případě experimentálního ověřování účinnosti jednotlivých opatření zapotřebí, aby byl monitorován vodní režim v celé šíři včetně monitoringu průvodních jevů spočívajících zejména ve změnách vlastností půdního povrchu či ve změnách obsahu různých látek v půdě. Z těchto důvodů bylo iniciováno zavedení dlouhodobého monitoringu půdních vlastností a procesů na vybraných lokalitách. Pro potřeby tohoto výzkumu byly zvoleny lokality, ve kterých je zřízen monitoring hydrologického režimu v hydrografické síti, a to především z toho důvodu, že vodní režim půd a vodní režim vodních toků jsou úzce provázány. Ke komplexnímu posouzení dopadů aplikovaných opatření na vodní režim půd je tedy důležité znát i dopady na režim vodních toků a naopak.



Obr. 5. Erozní rýha v predisponované dráze kolejového řádku na lokalitě Oráčov (listopad 2017)

S ohledem na předmět monitoringu byly vybrány konkrétní pozemky a půdní bloky, které budou dlouhodobě sledovány. Monitoring byl iniciován ve třech lokalitách:

- Oráčov (Lupofyt, s. r. o.),
- Lišany (Lupofyt, s. r. o.),
- Bulhary (Zemědělské družstvo Bulhary).

Dosud byly kompletně provedeny následující činnosti:

- terénní průzkum a pozemní monitoring současného stavu a erozních projevů,
- stanovení základních hydrologických charakteristik sledovaných lokalit,
- vytipování vhodných profilů pro dlouhodobý erozní monitoring,
- iniciální RGB monitoring pomocí UAV (dronů),
- zajištění a primární analýza vhodných družicových dat,
- zřízení dlouhodobého monitoringu hydrologického režimu půdy,
- opakovaný RGB monitoring pomocí UAV.

V následujícím textu jsou dosud vykonané aktivity praktického charakteru popsány podrobněji.

Na všech třech lokalitách byly identifikovány erozní projevy již během iniciálního terénního monitoringu v listopadu 2017. Na lokalitě Bulhary byly pozorovány pouze projevy dlouhodobého plošného odnosu projevující se barevnou změnou orničního horizontu. Plošný rozsah uvedených změn byl přesně

identifikován bezkontaktním UAV monitoringem (viz dále). Na lokalitě Lišany byly zaměřeny i rozsahy vyšších erozních forem, konkrétně rýhová eroze, nicméně nejednalo se o následek konkrétní epizody s identifikovatelnou odezvou. Nejvýraznější projevy rýhové eroze byly při pozemním monitoringu zaznamenány na lokalitě Oráčov v profilech drah soustředěného odtoku, kde bylo možno tyto projevy očekávat (obr. 5). Lze předpokládat, že tyto projevy v porostu ozimé řepky byly iniciovány intenzivními srážkami v letním období ihned po zasetí. Důsledkem smyvu je i nerovnoměrný vegetační pokryv a zapojení porostu. Lze konstatovat, že ozimá řepka je pro tuto erozně náchylnou lokalitu nevhodnou plodinou. Rovněž zde byly zaznamenány projevy odosu v predisponovaných drahách kolejových rádků, což je obvyklý urychlující činitel, pokud není zajištěn pohyb zemědělských strojů po vrstevnici.

Pozemní monitoring byl dále konfrontován s daty UAV pořízenými během periodických náletů, opět se zde projevil význam bezkontaktního snímkování, včetně šikmých snímků povrchu, kdy lze jevy pozemního monitoringu zasadit do kontextu celého pozemku a upřesnit jejich plošný rozsah. Na všech lokalitách byly projevy pozemního a bezkontaktního monitoringu ve vzájemné shodě.

Sledování změn půdních charakteristik je zásadní pro potřeby posouzení jednak vývoje půdy s ohledem na změnu klimatických podmínek a jednak ve vztahu k hodnocení efektivity opatření aplikovaných na sledovaných pozemcích. Zásadní je v tomto vztahu pedologický popis půd včetně jejich zařazení k půdním typům. Průzkum orientovaný na popis půdních typů v daných lokalitách odpovídá postupu používanému při bonitaci půd a zahrnuje tedy určení jednotlivých diagnostických půdních horizontů a jejich popis a následně zařazení každého profilu k půdnímu typu a subtypu. Určení půdních typů je poměrně náročné, a proto je vhodné volit body, v nichž jsou prováděny sondy, velmi pečlivě. V tomto případě byl zvolen postup výběru bodů pro sondáž tak, aby byly pokryty jak lokality, kde dochází k odnosu půdních částic, tak lokality, kde dochází k jejich ukládání. Současně byla definována potřeba provedení sond i přímo ve výrazných údolnicích, kde dochází k soustředění povrchového odtoku.

Další důležitou charakteristikou, která byla vybrána ke dlouhodobému sledování, je zrnitostní složení půd. To se určuje pomocí zrnitostního rozboru prováděného v laboratorních podmínkách na porušených vzorcích odebraných v jednotlivých bodech. V případě zrnitostního složení je vhodné sledovat jak zrnitost povrchové vrstvy půdy, tak nižších půdních horizontů. V rámci tohoto výzkumu byla zvolena kombinace vzorkování z povrchu ve všech bodech se vzorkováním v hloubce cca 40 cm pod povrchem ve vybraných bodech. Umístění vzorků je žádoucí koordinovat s místy provádění sond pro stanovení půdních typů, avšak v tomto případě bylo rozhodnuto o zhuštění sítě vzorků tak, aby lépe pokrývaly celá zájmová území.

Třetím typem rozborů, které byly vybrány jako potřebné pro komplexní popis stavu půdy v zájmových lokalitách, je stanovení vybraných chemických ukazatelů. Zvoleny byly následující ukazatele:

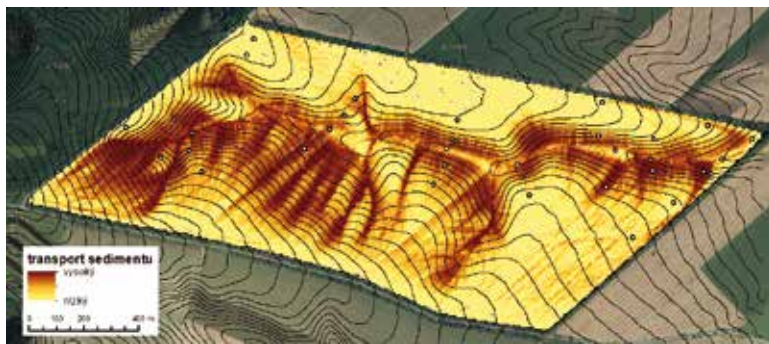
- celkový fosfor (P_{celk}),
- biologicky dostupný fosfor podle Mehlich III (P_{M3}),
- celkový organický uhlík (TOC).

Pro vhodný výběr bodů k monitoringu byly nejprve provedeny základní GIS analýzy morfologických a půdních poměrů, tedy sklonitostní rozbor, analýza drah soustředěného odtoku, rozbor BPEJ. Dále byly všechny tři lokality vyhodnoceny erozním modelem WaTEM/SEDEM při nastavení dlouhodobých průměrů hodnot současného klimatu a běžných oševních postupů používaných zemědělskými subjekty v daných lokalitách. Cílem modelování bylo popsat prostorové rozložení dlouhodobé eroze a depozice v ploše pozemků, aby bylo možno odebrat vzorky v reprezentativních profilech a následně výsledky interpolovat optimálně do plochy pozemku. Rovněž tak byly vytipovány převládající trajektorie a potenciální intenzita transportu sedimentu na pozemcích (obr. 6).

Body pro odběry byly předběžně vybrány s využitím mapových podkladů a v průběhu terénních prací byly upřesněny s ohledem na místní podmínky tak, aby co nejlépe pokryly variabilitu jednotlivých území.

Součástí průzkumu byly následující činnosti:

- rekognoskace území a výběr umístění půdních sond za účelem posouzení intenzity erozních procesů na lokalitě,
- pro získání dostatečného množství informací bylo navrženo provedení ručních pedologických vrtů pro ověření mocnosti akumulace transportovaných půdních horizontů, a odpovídající počet sond půdní jehlou pro zjištění mocností humózních horizontů postižených i nepostižených erozními procesy,
- klasifikace a zařazení půd podle platných norem (Taxonomický klasifikační systém půd České republiky [2]; Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek [3]),
- stanovení mocnosti orníční vrstvy a humózních horizontů, posouzení hydromorfismu půd, ověření přítomnosti karbonátů v půdním profilu, určení půdotvorného substrátu,
- posouzení pedologických poměrů.



Obr. 6. Trajektorie potenciálního transportu sedimentu po pozemku a body odběru vzorků (Bulhary)

Přímý a bezkontaktní monitoring erozně transportních jevů je dále doplněn o dlouhodobý sběr a vyhodnocení volně dostupných družicových dat (Landsat 8 a Sentinel 2), jež slouží jako podklad pro určení vývoje vegetačního krytu a rozsahu holých půd během vegetačních sezon.

Zároveň je na uvedených lokalitách zřízen rovněž monitoring vodního režimu půdy, který poskytne informace o saturaci půdního profilu během iniciace případných erozně odtokových epizod a samozřejmě poslouží jako podklad pro hodnocení retence vody v půdním profilu i pro popis rychlosti změn vlhkosti během nástupu sucha, opět před i po realizaci příslušných opatření.

K tomuto účelu bylo v této fázi výzkumu rozhodnuto osadit na každé ze tří zájmových lokalit dvě hnízda vlhkostních čidel. Každé z těchto hnízd obsahuje tři vlhkostní čidla pro sledování průběhu vlhkosti v různých hloubkách pro monitorování vodního režimu půdního profilu. První čidlo je ve všech případech osazeno v povrchové vrstvě půdy, která odpovídá ornici, další pak jsou instalována s ohledem na mocnosti dalších vrstev půdy. Z technického hlediska bylo nutno hnízda umístit tak, aby v nich mohlo měření probíhat kontinuálně a aby nebylo nutno čidla odstraňovat a znovu osazovat v návaznosti na jednotlivé agrotechnické operace, které by mohly čidla poškodit.

Během podzimu 2017 a jara 2018 byly provedeny na všech zájmových lokalitách činnosti vedoucí k popisu půdních vlastností a predispozice pozemků ke změnám působeným vodním režimem, povrchovým i podpovrchovým odtokem a vodní, případně větrnou erozí. Bylo nashromážděno značné množství dat a údajů o monitorovaných lokalitách a vyvozeny první závěry. Rovněž byly iniciovány časosběrné řady popisující současný stav a erozní i odtokové projevy.

ZÁVĚR

Pro možnost vyhodnocení úspěšnosti přírodě blízkých opatření je zapotřebí v zavedeném komplexním monitoringu pokračovat dlouhodobě, minimálně 3–5 let, ideálně až 10 let po realizaci opatření. Zejména proto, aby bylo možné na reálných měřených datech vyhodnotit skutečné dopady opatření na zadržení vody v krajině, hydrologický režim, erozní projevy a na jednotlivé složky a ukazatele hodnocení stavu, včetně ověření dopadů na vodní organismy a identifikovat výkyvy dopadů, které může dočasně způsobit resilience vodních ekosystémů.

Poděkování

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

Literatura

[1] LANGHAMMER, J. *Metodika typové speciického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků*. Praha: MŽP, 2014.

[2] NĚMEČEK, J. a kol. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. 2. vydání. Praha: ČZU, 2008.

[3] NOVOTNÝ, I., VOPRAVIL, J. a kol. *Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek*. 4. vydání. Praha: VÚMOP, v. v. i., 2013. ISBN 978-80-87361-21-4.

Autoři

Ing. Adam Beran¹

✉ adam.beran@vuv.cz

RNDr. Denisa Němejcová¹

✉ denisa.nemejcova@vuv.cz

Mgr. Michal Straka, Ph.D.¹

✉ michal.straka@vuv.cz

doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.²

✉ josef.krasa@fsv.cvut.cz

Ing. Václav David, Ph.D.²

✉ vaclav.david@fsv.cvut.cz

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

²České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



Seminář Suché období 2014–2017: vyhodnocení, dopady a opatření

Dne 30. května se na Novotného lávce v Praze uskutečnil seminář Suché období 2014–2017: vyhodnocení, dopady a opatření pořádaný Českou vědeckotechnickou vodohospodářskou společností ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem a Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i.

Program semináře zahrnoval celkem 12 hlavních prezentací doplněných pěti mikro-prezentacemi a diskusí. Témata prezentací zahrnovala vyhodnocení srážek a odtoků v období 2014–2017 a jejich srovnání s historickými epizodami, informace o legislativních opatřeních přijatých po roce 2015 v reakci na suchu včetně těch, jejichž realizace dosud probíhá. Dále byly představeny některé hodnotící nástroje, které vznikly jako informační podpora pro zvládání sucha.

POZNATKY ZE SEMINÁŘE

Suché období posledních let se výrazně projevilo zejména v podobě velmi malých odtoků, tedy v podobě hydrologického sucha. Na některých tocích se jednalo o nejmenší odtokové množství za tři až čtyřleté období od začátku pozorování průtoků, například na Lužnici byl zaznamenán vůbec nejmenší 30denní průtok od roku 1911. Ale přesto existují paralely dřívější (1858–1875) i relativně nedávné (1989–1994) ukazující na delší a ještě extrémnější možné periody trvání sucha. Problémem, který je nutno uvažovat dnes, je obecně vyšší teplota vzduchu, která zvětšuje potenciální evapotranspiraci a z hlediska vzniku a rozvoje sucha je nepříznivým faktorem.

Diskuse o příčinách sucha i o možných opatřeních ukázala, že stále máme i v odborné veřejnosti tendenci toto téma poněkud polarizovat – stavět do protikladu plošná a přírodě blízká opatření v krajině vůči strukturálním opatřením na vodních tocích, zejména víceúčelovým vodním nádržím. Bohužel se zdá, že lidé, a to i odborníci, mají nejspíš své vlastní preference přístupů, které je vedou k upřednostňování jednoho či druhého typu opatření. A i když se jich většina shodne na nutnosti jejich kombinace v rámci integrovaného managementu vodních zdrojů, stále chybí pochopení toho, že zde nemůže být ustavena žádná obecně platná hierarchie těchto opatření.

CO JE TOHO PŘÍČINOU?

Na jednu stranu máme štěstí, že naši předkové postavili řadu technických staveb zajišťujících nám zdroje vody – a není bez zajímavosti, že se nádrže stavěly vždy s odstupem po epizodě sucha. Rozsáhlá síť vodních nádrží nám umožňuje žít ve vodním blahobytu, kdy zásobování vodou je pro téměř všechny obyvatele bez problémů zajištěno. Jenže již desítky let se žádná nová nádrž nepostavila, a proces přípravy jejich výstavby je natolik dlouhý a komplikovaný, že v nejbližší době žádná nová nádrž nejspíše nevznikne. Část odborníků tak propadá beznaději a vidí potřebu přípravy nových vodních nádrží jako nutnou prioritu a nejkritičtější současný problém, kdy bez posílení současných zdrojů vody novými nádržemi může náš současný vodní blahobyt skončit.

Naopak dost nešťastná situace, kterou jsme si ve větší míře způsobili sami, je v podobě stavu krajiny. Velké spojitě láný, utužení půd, nevhodné meliorace; výsledkem toho všeho je nárůst eroze, ztráta humusu a retenční schopnosti půd a vysychání krajiny. Opatření v krajině jsou proto nezbytná a správně byla identifikována jako priorita v Národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu. Přesto se situace v realu zatím nijak dramaticky k lepšímu nezměnila.

Zoufalství tak padá i na jinou část odborníků, kteří vidí toto jako nutnou prioritu a nejkritičtější současný problém i pro otázku sucha.

Ale krajinná opatření a vodní nádrže řeší každé jiné problémy, není mezi nimi žádné pořadí významnosti. Tato opatření totiž směřují na jiné projevy sucha a různé jeho dopady – půdu, vegetaci a jakost podzemních vod v případě krajinných opatření, vodní toky a zdroje vody pro zásobování v případě nádrží. Směřují také na různá prostorová měřítka – lokální zlepšení mikroklimatu, bohatství ekosystémů a krajinného vzhledu v prvním případě a na zajištění objemů vodních zdrojů v nadregionálním měřítku v případě druhém. Dotýkají se i jiného časového měřítka – krátkodobého sucha a ovlivnění zemědělské produkce, na straně druhé dlouhodobého sucha a jeho překlenutí. První opatření jistě zvyšují každodenní kvalitu života, druhá co nejkomfortnější zvládnutí kritických situací.

Krajinná opatření a vodní nádrže proto nestojí proti sobě, nestojí ani za sebou, ale jen a pouze vedle sebe a vhodně se doplňují. Podmiňovat jedno opatření tím, že k němu bude přistoupeno, až pokud nebude stačit jiné, by bylo bláznovství.

Uvědomme si, že život ve vodním blahobytu je také zrádný v tom, že dokážeme bez dopadů přečkat období běžného sucha, dokážeme přečkat i silné sucho a získáváme pocit uspokojení, že jsme proti suchu odolní. A tím paradoxně zvyšujeme svou zranitelnost suchem opravdu extrémním, které překoná meze naší současné odolnosti. Až přijde, budeme zaskočení, a o to tvrdší budou jeho dopady.

Autor

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D.

odborný garant akce

✉ danhelka@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav

VTEI/2018/5

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 60



VTEI.cz

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

Redakční rada:

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. Jana Poárová, Ph.D., Mgr. Mark Rieder, RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D.,
Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba

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

Šéfredaktor:

Bc. 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 prosinci.
Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz.

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



OHROŽENÝ DRUH

Rak říční (*Astacus astacus*) je našim kriticky ohroženým původním druhem raka. Dorůstá do délky kolem 25 cm. Je poměrně dlouhověký, může se dožít 15 až 20 let. V případě ztráty končetin má vysokou schopnost regenerace. Vyskytuje se v čistých, mírně tekoucích vodách bohatých na úkryt. Aktivní je především v noci a v podvečer, kdy loví vodní organismy nebo konzumuje odumřelé zbytky rostlin a živočichů. Stavy raků v minulosti prudce klesly díky chemickému znečištění, nešetrné regulaci vodních toků a především tzv. račímu moru (plísňové onemocnění), který k nám byl zavlečen nepůvodními druhy koryšů. V posledních letech se k těmto pohromám přidalo výrazné sucho. V horkých letních měsících potoky vysychají nebo jsou téměř bez vody. Vše živé tak hyne v důsledku extrémně vysokých teplot.

Text a fotografii dodal Rostislav Štefánek, www.zezivotaryb.cz.

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

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz