



Česká společnost krajinných inženýrů ČSSI, z.s.



KONFERENCE KRAJINNÉ INŽENÝRSTVÍ 2017

19. října 2017, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha



Krajinné inženýrství 2017

sborník příspěvků odborné konference

konané

19. října, 2017

na Ministerstvu zemědělství ČR

Přehled minulých konferencí:

- 1998 – Koncepce vodního hospodářství v krajině
- 1999 – Plánování a projektování pozemkových úprav
- 2000 – Koncepce uceleného krajinného plánování
- 2001 – České vodní cesty jako součást krajiny
- 2002 – Trvale udržitelný rozvoj české krajiny
- 2003 – Protipovodňová prevence a krajinné plánování
- 2004 – Česká krajiny – střecha Evropy
- 2005 – Voda v krajině 21. století
- 2006 – Krajinné inženýrství 2006
- 2007 – Krajinné inženýrství 2007
- 2008 – Krajinné inženýrství 2008
- 2009 – Krajinné inženýrství 2009
- 2010 – Krajinné inženýrství 2010
- 2011 – Krajinné inženýrství 2011
- 2012 – Krajinné inženýrství 2012
- 2013 – Krajinné inženýrství 2013
- 2014 – Krajinné inženýrství 2014
- 2015 – Krajinné inženýrství 2015

Obsah

Předmluva	
Vokurka A.	1
Představení nové metodiky Ministerstva životního prostředí pro navrhování přírodně blízkých protipovodňových opatření	
Vokurka A.	2
Hodnocení úprav a revitalizací vodních toků s malým povodím pomocí hydromorfologických parametrů	
Zuna J.	15
Vliv charakteru říčních niv na průchod povodní	
Weyskrabová L., Valentová J.	24
Možnosti realizace drobných vodo hospodářských opatření ve venkovské krajině	
Mazín V. A.	37
Výstavba vodních nádrží v procesu pozemkových úprav	
Jahn Z.	51
Příklady uplatnění zpřesňujících informací o systémech zemědělského odvodnění v krajině - očekávání a realita	
Kulhavý Z.	63
Vliv systematického odvodnění na podzemní vody z pohledu hydrogeologa	
Taranza J.	75
Studie návrhu přírodně blízkých a polotechnických opatření ke zmírnění negativních dopadů sucha v lokalitě plánovaného VD Pěčín	
Kašpárek L., Nesládková M.	86
Připravovaný on-line systém pro zvládání sucha - operativní řízení během suché epizody	
Vizina A., Hanel M., Trnka M., Daňhelka J. a kol.	97
Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy v povodí Klabavy	
Stehlík M., Lubas M., Guziur J.	109
Voda v krajině a revitalizace	
Petřík P., Fanta J., Pithart D., Poštulka Z., Hejzlar J., Salzmann K.	125
Možnosti managementu vodního hospodářství krajiny snížit škody při povodních a suchu	
Kulhavý F.	134

Největší kořenová čistírna své doby po dvaceti letech provozu	
Klicpera F.	145
Erozní účinnost vody u lesních cest	
Arias P. A., Ševelová L.	158
Kvalita vody rybníků a nádrží historických zahrad a památkových rezervací	
Rozkošný M., Adámek Z., Dzuráková M., Hudcová H., Mlejnková H., Mlejnská E., Petránová A., Sedláček P.	163
Vliv aktivní protiabrazní ochrany na přetváření břehů	
Gernešová L., Marková J., Pelikán P.	176
Úspory vody při automatizované závlaze	
Schwarzová P., Kuráž V., Braňková N., Tejkl A.	185

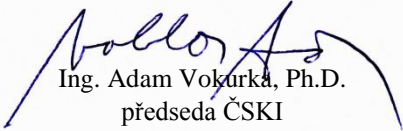
PŘEDMLUVA

Vážené dámy, vážení pánové, kolegyně a kolegové,

ještě dřív, než začne letošní odborné setkání, je myslím zcela jasné, že voda je fenomén posledních let ve všech úhlech pohledu. Ve vodě je skrytá životadárná síla, je v ní tvořivá i ničivá energie, její množství způsobuje lidem oprávněné starosti. Náš rodinný přítel o vodě vždy ve spojitosti s vlhkostí v domě říkával, že má malou hlavu, všude se vejde a je vytrvalá.

Ve spojitosti s úvahami o vodě, jejím nedostatku či přebytku, mne stále dokola napadá otázka: Jaký stav je horší? Je to možná podobné jako otázka na větší nebezpečnost povodně nebo ohně, ale i tak je to otázka, která v dnešní době zaměstnává řadu odborníků. Dnešní akcí a připravenými příspěvky se snažíme přispět k řešení aktuálních problémů, nabízíme snad i jiný pohled a odpovědi na řadu dalších otázek, které v průběhu hledání základní teze zcela logicky vznikají.

Praha, září 2017



Ing. Adam Vokurka, Ph.D.
předseda ČSKI

PŘEDSTAVENÍ NOVÉ METODIKY MINISTERSTVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PRO NAVRHOVÁNÍ PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Adam VOKURKA^{1,✉}

¹ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství,
Tháškova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice

✉adam.vokurka@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Návrh příroděblízkých protipovodňových opatření (PBPPO) se může v některých případech velmi snadno zaměňovat za revitalizaci VT. Nicméně na dnes známé principy revitalizací a principy návrhu PBPPO je u obou přístupů, u revitalizace i u PBPPO, pozorovatelný jasný a oddělující rozdíl. Jde o cíle, které jsou sledovány a o charakter VT, kde je návrh jednoho či druhého opatření prováděn. Příspěvek pojednává o základních principech návrh PBPPO na základě aktualizované metodiky MŽP, porovnává přístup k revitalizaci a na příklady zamýšlené RVT řeky Kamenice v Rabštejnu (Rabštejské údolí) ukazuje, jak tenká nicméně jasně zřetelná je lilie mezi revitalizací a příroděblízkou povodňovou ochranou území.

Klíčová slova: Příroděblízká protipovodňová opatření, revitalizace, Kamenice, Rabštejn

1 ÚVOD

Vždy jsem protipovodňová opatření a ochranu proti povodni vnímal primárně jako technická opatření, která musí být navržena tak, aby byla schopna odolávat velké energii a rychlosti protékající vody. Mám za to, že mnohdy negativní zkušenost z minulých dob, kdy se ve velké míře regulovaly vodní toky, docházelo k jejich napřimování a z provozních důvodů, kdy bylo zapotřebí gravitačně napojit či zaústit do koryta odvodnění okolních pozemků, i k častému zahlubování. Tyto regulace byly pak vždy z důvodu potřeby zajištění stability průtočného profilu koryta zcela logicky opevňovány různými typy opevnění.

Stávající generace ekologicky smýšlejících vodohospodářů nebo někdy i ekologů, stylizujících se a prezentující se mnohdy jako „New Age“ vodohospodáři, nahlíží primárně na vodní toky jako na nezbytnou součást

ekosystému, koryta zcela po právu vnímají jako významný biotop. Tomuto pohledu se pak podřizují veškeré zásahy do potoků a řek s tím, že jako jedno z neúčinnějších protipovodňových opatření (PPO) se dnes prosazuje rozliv do nivy, případně je rovnou revitalizace potoka vnímána jako zásadní a nezastupitelná povodňová ochrana obce ležící na revitalizovaném toku. Nejsem si jistým, že je to ve všech případech a lokalitách vhodný přístup, na druhou stranu častější zapojení revitalizačních prvků do PPO, pro které se vžil název příroděblízká povodňová ochrana nebo příroděblízká protipovodňová opatření, je myslím vhodná cesta k udržení život v našich vodách.

2 PRINCIPY PŘÍRODEBLÍZKÉ POVODŇOVÉ OCHRANY (PBPO)

Výběr vhodných příroděblízkých protipovodňových opatření pro daný VT zahrnuje několik po sobě jdoucích kroků, které umožní projektantovi navrhnout taková opatření a objekty, které zajistí požadovanou úroveň povodňové ochrany a splní přitom ekosystémové požadavky. Jde zejména o dosažení vyhovující morfologické členitosti koryta a zajištění říčního kontinua ve vazbě na splaveniny a migrační prostupnost.

Při návrhu PBPO je třeba využít přírodě blízké hydrotechnické zásahy do koryta vodního toku tak, aby při vodních stavech, které v korytě převažují, bylo dosaženo přírodě blízkého stavu biotopu vodního prostředí. Rozdíl mezi revitalizací VT a PBPO spočívá především v účelu navrhovaných opatření:

Na rozdíl od „čisté“ revitalizace, kde v souladu s předem definovanými cíli jako např. návrat pstruha potočního do pro perlorodku říční významných úseků podhorských potoků, jde především o zlepšení ekologického stavu VT a jeho okolí a protipovodňová funkce potoka je spíše bonusem dané revitalizační úpravy, jde u PBPO především o protipovodňové funkce VT při vytvoření příznivých podmínek pro život vodních organismů v korytě. Rozdíl je teda v účelu úpravy a v cílech na ní kladených. Těch lze u PBPO dosáhnout:

- a) využitím **účinného** rozlivu v extravilánu, pokud to místní podmínky dovolují,
- b) transformací povodňových průtoků pomocí poldrů, suchých nebo obnovených retenčních nádrží, pokud je zřízení dostatečně účinných objektů možné (účinnost se prokazuje).
- c) bezpečným převedením návrhového průtoku intravilánem koryty umožňující a zaručující životní podmínky pro vodní a na vodu vázané organismy.

Pro správný návrh a výběru konkrétních opatření a objektů PBPO je nutné vždy provést posouzení velikosti povodí k začátku úpravy daného vodního toku a zajistit dostupné podkladů o širších vztazích povodí a dosud vyhotovených dokumentací a dokumentů (studie odtokových poměrů, plán společných zařízení, záplavové studie, správci VT plánované investiční záměry ...).

Nedílnou a nutnou součástí návrhu PBPO je vyhodnocení přírodního charakteru vodního toku a jeho migrační prostupnosti, určení kategorie vodního toku (při povodí menším než 30 km²) nebo vyhodnocení geomorfologických procesů povodí a VT (při povodí větším – viz Věstník MŽP 11/2008).

V rámci konkrétních projekčních prací je pak třeba provést:

1. Průzkum širšího okolí z pohledu srážkoodtokových vztahů, posouzení charakteru splaveninového režimu vodního toku.
2. Definování kritických míst pro návrh PBPO a návrh stupně ochrany.
3. Posouzení možnosti využití rozlivů do inundace, výstavby retenčních objektů nebo kombinace různých opatření v rámci PBPO s ohledem na navržený stupeň ochrany a kritické profily pro průchod povodňových průtoků.
4. Návrh opatření a provedení všech projekčních prací daných stupněm PD, součástí projekčních prací je i veřejné projednání návrhu, zajištění potřebných pozemků (provedené majetkoprávní vypořádání) pro realizaci a zajištění souhlasu zemědělců (majitelů i nájemců) hospodařících na přilehlých pozemcích s předpokládanou změnou režimu rozlivu vody do okolí VT.
5. Vyhodnocení účinnosti PBPO a jeho ekologického přínosu s ohledem na kategorii VT a požadovanou hydromorfologickou členitost koryta.

Míra ochrany intravilánu přitom vychází z obecně platných předpisů definujících návrhové průtoky a úrovně ochrany přilehlých pozemků dle ČSN 75 2101 – Ekologizace úprav vodních toků, resp. TNV 75 2102 – Úpravy potoků, nebo TNV 75 2103 – Úprava řek.

3 CHARAKTER OPATŘENÍ NAVRHOVANÝCH V RÁMCI PBPO

Opatření navrhovaná v rámci PBPO, která musí být v souladu s principy návrhu (zpomalení odtoku, iniciace rozlivu vody do inundací, posílení retence vody v retenčních objektech) vychází z katalogu PBPO podle uveřejněných metodik OOV MŽP. Jedná se o následná opatření vycházející.

1. PBPPPO v nezastavěném území – snížení kapacity koryta revitalizací VT a podpora rozlivu vody do inundace. Mezi tato opatření lze zařadit snížení kapacity koryta na korytotvorný průtok, návrh morfologicky pestrého dna a břehů koryta, střídání brodů a tůní podle hydromorfologické, případně geomorfologické analýzy, obnova parametrů koryta podle kategorie VT, včetně trasy koryta přirozené mokřadní vegetace, podpora tvorby a zapojení odstavených ramen do říční sítě,
2. PBPPPO v zastavěných oblastech – součástí opatření je zkapacitnění koryta a zajištění bezpečného odtoku, budování složeného profilu s kynetou, revitalizovaným nebo přírodě blízkým korytem, možnost vybudování hrází v zastavěném území, vybudování povodňového parku apod. Při návrhu opatření v zastavěných územích je nutné dbát na zajištění bezpečnosti a požadovanou míru „stálosti“ navržené úpravy (zajištění stability profilu, zamezení zahlubování nivelety dna pomocí vhodných stabilizačních prvků jako jsou kamenné prahy a pasy, využití skluzů)při respektování povodňové ochrany na průtoky dané předpisem ČSN 75 2101 – Ekologizace úprav vodních toků, resp. TNV 75 2102 – Úpravy potoků, nebo TNV 75 2103 – Úprava řek.
3. PBPPPO transformací povodňové vlny v suchých nádržích (dále i SN), obnovených retenčních nádrží nebo poldrech - V rámci opatření je možná i obnova zaniklých vodních nádrží, případně rekonstrukce stávajících průtočných vodních nádrží, kdy v rámci vodoprávního řízení a povolení k nakládání s vodou dojde i ke změně účelu nádrže, k vytvoření či zásadnímu zvětšení retenčního prostoru nádrže, ke změně manipulačního a provozního řádu VD.
4. Opatření na tocích, která zajišťují ekologické nebo architektonické funkce toku a nejsou přímou součástí potřebných protipovodňových opatření (např. v parcích a zastavěných oblastech, náhony). Mezi tato opatření lze zařadit využití odstavených úseků původního koryta jako bočních koryt a slepých ramen v případě, že při PBPO dochází z důvodu zajištění hydraulických parametrů návrhu k napřimění trasy, k rušení oblouků, popř. k odstavení meandrů.
5. Ochrana fungující retence záplavových území nebo toků v sevřených údolích a realizace dílčích opatření pro zlepšení hydromorfologické struktury toků a niv. Jedná se o opatření, která zajišťují ochranu stávajících přirozených úseků vodních toků, jejich niv a inundací. Opatření se většinou vztahují na koryta, kde se pomocí navrženého zásahu podporuje probíhající renaturační proces VT. V případě situování uvedených úseků vodních toků do zástavby je nutná

jejich důsledná ochrana, včetně navazujícího území, je vhodné na tyto úseky navázat další přírodě blízká opatření.

4 RVT KAMENICE V RABŠTEJNU

V letošním roce jsme pro Povodí Ohře, s.p. ve firmě zpracovali studii proveditelnost revitalizace řeky Kamenice v historicky velmi zajímavé lokalitě Rabštejn pod Českou Kamenicí.

Historicky je koryto Kamenice v řešeném úseku zregulováno a opevněno pískovcovými zdmi na sucho. Důvodem regulace bylo využití příznivých podmínek území pro průmysl, kdy zde v Rabštejnském údolí byly v 18. stol. postaveny přádelny na zpracování bavlny. Vybudovány zde byly náhony, které se využívaly pro přivádění vody z Kamenice do zde stojících průmyslových budov (dnes jsou náhony nefunkční a byly v průběhu let postupně zasypány). V 19. stol. zde z důvodu zajištění bezpečné zbrojní výroby zřídila německá zbrojařská firma Weserflugenzeugbau (WFG) výrobu součástí pro letadla Jungers a výrobu dílů vrtulníků FA-223. Do okolních pískovcových masívů byly vězni koncentračního tábora, který tu byl zřízen v srpnu 1944, vytesány labyrinty podzemní štol v celkové délce 4,5 km. V období totalitního režimu přilehlé objekty sloužily jako sklad pohonných hmot sovětských vojsk. V současné době část podzemních štol slouží ke stálé expozici dokumentující historii tohoto území.

Z map z 1. 2. a 3. vojenského mapování a následně získaných leteckých snímků z roku 1938 v porovnání ke stávajícímu stavu je patrné, že k zásadnímu vývoji trasy koryta řeky Kamenice v řešeném území v podstatě nedošlo.

Trasa je na relevantním mapovém podkladu 2. vojenského mapování a následně po vizuálním porovnání leteckého snímku současného stavu a stavu z roku 1938 prakticky bez změny.



Obr. 1 Letecký snímek lokality z roku 1938 s patrným korytem v do dnes nezměněné trase (zdroj MO ČR)



Obr. 2 Ortosnímek na lokalitu - současný stav

V řešeném úseku vymezeném silničními mosty v ř.km 17,186 – 18,810 je Kamenice historicky regulována, ve většině délky úseku je oproti terénu značně zahlobena. Na minimálně polovině délky je opevněna opěrnými zdmi, které se postupem času díky nestabilitě podloží, narušeným základům zdí a díky probíhající erozi dna postupně rozpadají. V místech, kde již došlo k porušení opevnění je průtočný profil VT lichoběžníkovitý s hustým a postupně zapojeným porostem jasanu, olše a javoru od paty břehů až po břehovou hranu. Na pravém břehu pak ve střední části navazuje břeh přímo na lesní porost.



Obr. 3 koryto Kamenice před regulovaným úsekem, hloubka koryta je kolem 1m, dno je přirozené, velmi pestré, břehy nezpevněné

Dno Kamenice je mimo jezové těleso zcela přirozené s patrnými různě velikými splaveninami ve dně. Velké kameny, částečně uvolněné z původních zdí, tvoří základní makrodrsnost dna koryta, na kterou se následně váží z proudu vody postupně vypadnuvší splaveniny různé velikosti.



Obr. 4 koryto pod jezovým tělesem, patrné opevnění v březích opěrnými zdmi z pískovcových kvádrů, dno je přirozené, výška zdí se pohybuje okolo 3,8 m

Při brodění korytem je patrná nepravidelnost dna koryta v příčném i podélném směru, ve dně se vytváří různé prohlubně, tůně a protisklonné úseky, většinou díky přirozeně vznikajícím kamenným prahům ve dně (tvořící peřejnaté úseky).

Břehy tvoří v místech přiblížení se silnic a budovám opěrné zdi z pískovcových kvádrů, výška opěrných zdí se pohybuje okolo 3,5m. Opěrné zdi tvoří průtočný profil koryta na pravém i levém břehu většinou symetricky, oboustranně. Jejich technický stav odpovídá stáří zdí, použitému materiálu, poměrně dlouho neprováděné údržbě (Rabštejské údolí fungovalo jako vojenský prostor a bylo zcela uzavřeno veřejnosti) a faktu, že korytem kamenice prošly v nedávné době opakovaně povodňové průtoky.

Opěrné zdi zhruba v polovině délek břehů přecházejí v přirozené lichoběžníkové břehy bez opevnění, na kterých se projevuje postupné renaturace, erozní nátrže a tvarování břehu proudící vodou. Zhruba ve dvou případech se koryto zcela přibližuje levému břehu a protéká přímo po patě skalního masivu. V místech přirozených břehů je koryto bohatě zarostlé zapojeným doprovodem na březích i pod břehovou hranou, druhově jde o jasany, javory, olše a místy vrby.

Pravý břeh se zhruba ve středové třetině délky řešeného úseku přibližuje pravé patě svahu údolí a teče v bezprostřední blízkosti lesa.



***Obr. 5** pohled na levý břeh koryta s břehovou vegetací v patě koryta, patrná je i úroveň běžných průtoků v korytě (dána práv vegetací v patě břehu nad dlouhodobou břehovou linií).*

Z pohledu vývoje území je patrné postupné zarůstání území doprovodnou vegetací a změna využití území související s uzavřením Rabštejnského údolí a jeho vyhlášením jako vojenského prostoru. S ohledem na zjištění o minimální trasové změně řeky Kamenice v posledních 150 letech nepočítá ani revitalizace s tím, že by v rámci opatření došlo k zásadním změnám v trasování koryta. Veškeré revitalizační zásahy budou prováděny hlavně na břehových partiích metodou rozvolnění břehů. S ohledem na míru navržených změn koryta a jeho okolí, míru záborů pozemků a s ohledem na požadavky zadavatele a investora studie je návrh revitalizace zpracován ve třech revitalizačních variantách:

1. **nulová varianta**, která počítá s ponecháním vývoje koryta dnové i břehové erozi při zvýšených průtocích korytem pomocí již započaté renaturace, dochází k samovolnému rozebírání opěrných zdí, v konvexních březích dochází k postupnému zanášení koryta, dochází ke stabilizaci splavenin a sedimentů travním drnem a vytvářejí se tak iniciační bermy v konvexních březích.
2. **varianta minimalistická**, která koncepčně vychází z odstranění opěrných zdí a následným rozvolnění břehů v úsecích, kde je to z prostorového a funkčního hlediska možné,

3. **optimalizovaná varianta**, počítá s celkovou změnou využívání území spojenou se zásadním zásahem do břehů koryta, rozvolněním do levého břehu v místech, kde je to technicky možné (snížení kapacity koryta).

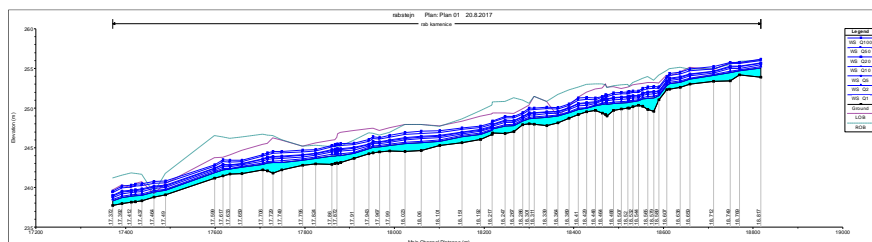
Principem optimalizované varianty RVT Kamenice, kterou lze jako jedinou považovat za revitalizaci resp. za příroděblízkou povodňovou ochranu - povodňový park, je snížení levého břehu v úseku mezi silničními mosty. Zároveň v horní části snížení je navrženo otevření koryta kanálu a jeho vedení v novém korytě po levém okraji upravovaného břehu. Dále pak v úseku jezového tělesa je navrženo vybudování rybiho přechodu v novém korytě odbočujícím pod silničním mostem z Kamenice do jejího levého břehu.

Varianta optimalizovaná je prostorově rozsáhlejší, zasahuje do příbřežních pozemků v místech, kde je možné snížit terén odtěžením, v břehových partiích tím vznikají nově vytvořené bermy, v nichž se iniciuje rozliv vod větších než cca Q_1 (návrhový průtok pro revitalizované koryto Kamenice). Vytvoření bermy pro rozliv vody povede k rozlivu a díky tomu k místnímu snížení rychlostí vody v korytě. Rozliv je realizován především do konvexních (nenáporových) břehů. Bermy budou především zatravněny.

Zaústění otevřeného kanálu je navrženo ve shodném místě jako dnes, pod starým ocelovým mostem. Nové otevřené koryto kanálu bude ve dně členité s dnovými výmoly, protisklony a tůňemi. Stanovištěně by mělo dojít k vytvoření odlišného koryta vodního toku, charakterově podobného podhorské bystřině, případně potoku. Tomu napomůže i navržený peřejný úsek v místech, kde je navrženo razantní snížení nových břehů odtěžením zeminy. Nové koryto kanálu je vedeno po levém okraji řešeného úseku, podél svahu a skalních výchozů. Těsně před zaústěním do Kamenice je na trase koryta navrženo vybudování brodu napojeného na novou mlatovou cestu. Nová cesta je vedena zhruba středem po tzv. ostrově, který vzniká právě otevřením koryta kanálu a jeho napojením a posléze i zaústěním zpět do Kamenice.

Úseky tvořené opěrnými zdmi jsou v místech, kde je to z funkčního hlediska možné, odstraněny a nahrazeny nově svahovaným korytem. Dodatečně prováděné opevnění koryta bude provedeno pomocí dynamického opevnění (kamennými konstrukcemi – rovinaniny, záhozy) a míře a mocnosti vycházející z požadavku zachování stability paty svahu a průtočného profilu koryta.

Nově navržené terénní úpravy snižující terén levobřežních pozemků vedou ke zrušení stávající asfaltem zpevněné cesty. Ta bude nahrazena mlatovou cestou napojenou na dnešní železobetonový most a rekonstruovaný most v místě dnešního ocelového mostu.



Obr. 8 Podélný profil řešeného a modelovaného úseku Kamenice

Koryto Kamenice v řešeném úseku ve stávajícím stavu umožňuje (dle výpočtu modelem HEC-RAS) bezpečně provést vodu na úrovni Q_{100} . Na úrovni výšky hladiny nejsou pozorovatelné zásadní změny mezi stávajícím stavem a návrhem (rozlivem do levého břehu) a to především díky tomu, že v profilu ŽB mostu na silnici k obci Jánské je značné zúžení, díky kterému dochází k vzdutí vody v korytě VT. Na druhou stranu je jasně prokazatelné zpomalení odtoku a právě díky uvedenému zúžení i vytvoření jistého retenčního profilu, kde dochází za vyšších průtoků ke zpomalení průtoku povodně daným územím.

S ohledem na fakt, že již dnes je dno koryta Kamenice v řešeném úseku velmi pestré, v podélném i příčném směru nepravidelné, s velkým množstvím různých hrubých splavení ve dně, dochází v rámci navržených opatření spíše k naplnění principů PBPO než čistě revitalizace. Díky zásahům do především levého břehu koryta Kamenice a díky obnově, resp. iniciaci tvorby dalších charakterově rozdílných koryt v území, je posílený rozliv do území, který díky rozsahu je z hlediska rychlosti vody v korytě značně efektivní. Dále díky následnému zúžení v profilu mostu nad obcí Jánská funguje při vyšších průtocích koryto Kamenice jako provizorní, neovladatelný poldr.

Po dokončení celé studie a provedení základních hydrotechnických výpočtů tak je možné konstatovat, že Optimalizovaná varianta charakterově splňuje spíše požadavky na vytvoření tzv. Povodňového parku a tudíž se i s přihlédnutím k principům pravověrné revitalizace a příroděblízké povodňové ochrany jedná spíše o jedno z možných opatření navrhované v rámci PBPO.

Tab. 1 Porovnání části vypočtených hodnot, které ukazují na pozorovatelné zaklesnutí hladiny pro Q_{100} , citelné snížení rychlosti proudění v místech s rozlivem (- hodnota u rychlosti) a zároveň zvětšení šířky hladiny u profilů s rozlivem

Rozdíl mezi návrhem a stávajícím stavem							
ř.km	průtok	hodnota Q (m^3/s)	výška hladiny (m)	střední rychlost v korytě (m/s)	průměrná plocha (m^2)	šířka hladiny (m)	Froude # Chl
18.267	Q_1	7.3	-0.02	-0.15	0.23	0.94	-0.04
	Q_2	10.7	0.05	-0.76	1.94	13.43	0
	Q_{10}	22.2	-0.11	-1.46	7.13	19.84	-0.28
	Q_{100}	44.5	-0.07	-2.31	23.04	21.94	-0.56
18.247	Q_1	7.3	0.07	-0.44	3.67	22.66	0
	Q_2	10.7	0	-0.65	6.84	21.56	-0.12
	Q_{10}	22.2	-0.11	-0.98	14.79	20.11	-0.24
	Q_{100}	44.5	-0.04	-1.53	30.73	20.19	-0.37
18.219	Q_1	7.3	0	0	0	0	0
	Q_2	10.7	0.04	-0.23	0.49	2.68	-0.01
	Q_{10}	22.2	-0.08	-0.18	0.57	2.18	0
	Q_{100}	44.5	-0.15	-0.04	0.18	0.41	0
18.217	Q_1	7.3	-0.04	0.15	-0.28	0.06	0.12
	Q_2	10.7	0.09	-0.78	2.7	17.02	-0.09
	Q_{10}	22.2	-0.09	-1.03	4.64	16.91	-0.14
	Q_{100}	44.5	-0.45	-0.94	5.35	16.4	0
18.192	Q_1	7.3	0.06	-0.27	0.5	0.57	-0.16
	Q_2	10.7	0.09	-0.53	1.38	6.36	-0.1
	Q_{10}	22.2	-0.04	-1.12	5.49	28.23	-0.05
	Q_{100}	44.5	-0.48	-1.15	7.46	27.94	0.04

HODNOCENÍ ÚPRAV A REVITALIZACÍ VODNÍCH TOKŮ S MALÝM POVODÍM POMOCÍ HYDROMORFOLOGICKÝCH PARAMETRŮ

Jaroslav ZUNA^{1,✉}

¹Šluknovská 317, 190 00 Praha 9 - Střížkov

✉ zuna.cifa@seznam.cz

Abstract

Součástí návrhu přírodě blízkých protipovodňových opatření (PBPPPO) je potřebné prokázání ekologického efektu návrhu. Stávající metodika pro návrh PBPPPO popisuje pro posouzení návrhu využití metody geomorfologické analýzy koryta VT, který bezpochyby funguje pro velké vodní toky. Alternativní postup fungující pro posuzování a hodnocení ekologického efektu navržených PBPPPO na drobných vodních tocích, resp. na tocích s malým povodím, popisuje stávající příspěvek. Podstatou posuzování ekologického efektu pro VT s malým povodím je vytvoření takového návrhu, který se bude co nejvíce blížit stavu přírodního koryta, resp. průtočného profilu a jeho charakteristik a fungování jako významného biotopu při průtocích úrovně Q330d. Jako vodítko jsou v článku a především v aktualizované metodice pro navrhování PBPPPO uváděny popisovány hydromorfologické parametry jednotlivých kategorií vodních toků a malým povodím.

Klíčová slova: flash flood, 1875, historical hydrology

1 PŘÍRODĚ BLÍZKÉ ÚPRAVY A REVITALIZACE POTOČNÍCH KORYT

Vodní toky v přírodních podmínkách ČR s povodím menším než asi 30 km² jsou charakteristické velmi nízkými minimálními průtoky, někdy menšími než 1 l.s⁻¹, prakticky velmi často menšími než by odpovídalo údajům pro m-denní odtoky, poskytovaným ČHMÚ pro dané povodí. Nejsou výjimečná ani krátká období, kdy dojde k úplnému zastavení průtoku. Proto je pro přežití vodních organismů rozhodující velká členitost průtočného profilu s výskytem výmolů, tůní a proudových stínů, které umožní v krizových situacích krátkodobé udržení příslušné bioty a v souvislosti se současnými klimatickými tendry nabývá tato okolnost na důrazu.

Cílem přírodě blízké úpravy nebo revitalizace by proto mělo být především vytvoření morfologicky členitého průtočného profilu, odpovídajícího požadavkům vodního ekosystému dané kategorie potoční tratě. Navrhované úpravy by měly být založeny na vytvoření koryta, které bude obsahovat proudové stíny, hlubší úseky a úkryty, umožňující přežití vodních organismů za průtokových extrémů. Průtočnou kapacitou by profil koryta měl odpovídat korytotvornému průtoku, tedy průtoku Q_{30d} až Q_1 , u bystřin až Q_5 . Tento průtok, který vytváří a udržuje přirozené potoční koryto, je významným hydrologickým parametrem ve vztahu k morfologické členitosti potočního koryta. Vyšší průtoky pak vybřeží do nivy nebo do záplavového pásu podél koryta. Průtočný profil musí současně vykazovat dostatečnou drsnost omočeného obvodu a přiměřenou stabilitu.

Současně je třeba při revitalizaci umožnit obnovu meandrování potočního koryta, pokud jsou pro to dány přírodní podmínky. Schematické vlnovité půdorysné vedení koryta, které je někdy považováno za hlavní atribut revitalizace nebo přírodě blízké úpravy, je z hlediska pozitivního vlivu na vodní ekosystém neúčinné.

Tam, kde je třeba zajistit větší průtočnou kapacitu koryta, je vhodné použít složený průtočný profil, kdy stále vodná část profilu bude mít průtočnou kapacitu, odpovídající korytotvornému průtoku a vyšší průtoky budou převáděny horní částí koryta. To musí být pro podmínky průtoku velké vody řádně zabezpečeno. Dolní část profilu by měla být upravena stejně, jako v předchozím případě.

Hydrologické poměry a splaveninový režim potočních koryt se v různých přírodních podmínkách navzájem významně liší. Tomu odpovídá i různý charakter morfologické členitosti dna i břehů koryta a různý typ vodního biotopu. Při hodnocení přírodě blízkých úprav a revitalizací je možné využít kategorizaci, uvedenou v příloze Odvětvové technické normy TNV 75 2102 „Úpravy potoků“. Kategorie při tom nevyjadřují geografické charakteristiky povodí, ale popisují odtokový a splaveninový režim dané potoční tratě.

2 CHARAKTERISTIKY MORFOLOGICKÉ ČLENITOSTI

Pro přirozený průběh dna potočního koryta je typické střídání tůní a brodů v podélném i příčném směru. Brody se šterkovým dnem jsou tvořeny úseky většího sklonu s menší hloubkou vody mezi hlubšími tůněmi a výmoly, tomuto uspořádání je přizpůsobena biota příslušného ekosystému. Základním morfologickým prvkem potočního dna je šterkový brod nebo balvanitá peřej, působící vzduť vody ve výše ležícím úseku a vyvolávající rušné proudění provzdušené vody v dolním úseku koryta.

Při utváření dna potočního koryta jsou určující splaveniny nesené tokem, především splaveniny dnové. Pro potoky pahorkatin a pro podhorské potoky jsou typické akumulace písčitých i štěrkových splavenin, které převyšují setrvalou hladinu vody, v korytech potoků nížin se vytvářejí nepravidelné akumulace písčitých a hlinitých splavenin ve tvaru valů při patách svahů, zejména v proudových stínech a v konvexních březích. Tyto akumulace jsou obvykle zpevňovány vegetací bylinnou i dřevinou.

Vývoj morfologické členitosti podélného i příčného profilu koryta je dynamický proces, odpovídající přírodním podmínkám daného povodí. Povrch potočního dna a břehů a dnová vrstva splavenin se utváří působením proudící vody a je ovlivňován především poruchami plynulosti proudění, příčnými proudy, turbulencí a přepadem vody. Důležitý je zejména přepad vody, ke kterému v přirozeném korytě dochází vlivem nahodilých překážek proudění, který vytváří výmoly dna a tůňe.



Výmoly a tůňe ve dně koryta vznikají v tratích s vymývatelným dnem. Výmol, pokud výrazně neohroží stabilitu břehů koryta, je kromě příznivých ekologických účinků též vhodným prostředkem pro utlumení vodní energie. Po vzniku výmolu se po přechodu velké vody jeho hloubka ustálí vlivem vytřídění splaveninového materiálu tak, že ve dně výmolu zůstanou kameny větší velikosti, které se za nízkých průtoků překryjí jemnozrnnými splaveninami. Tento jev se periodicky opakuje během průchodu každé velké vody.

3 EKOLOGICKÝ VÝZNAM UTVÁŘENÍ KORYTA

Vlastnosti biotopu vodního prostředí potočního koryta jsou určeny charakterem jeho morfologické členitosti, tj. průběhem povrchu dna, četností a hloubkou tůní, výskytem brodových úseků, proudových stínů a úkrytů. Velmi významné je uspořádání a mocnost dnové vrstvy, oživené bentickými organizmy. Charakter potočního biotopu lze vyjádřit rybími pásmy, která vyjadřují rozmezí

životních podmínek vhodných pro určitou biotu. V ČR se užívá rozdělení do čtyř rybích pásem.

Pásmo pstruha je charakterizováno četnými brodovými úseky koryta se střídajícími se hlubšími úseky a dlouhými tůňemi. Úkrytové možnosti jsou především v podemletých březích, v kořenových systémech, méně pod balvany a stupni ve dně koryta. Pásmo lipana je typické především hlubšími tůňemi pod nárazovými, často podemletými břehy. Brody a peřeje jsou střídány velkými tichými tůňemi, hloubka vody je celkově větší, kameny ve dně přesahují hladinu jen za nízkých vodních stavů. Dno koryta je kryto většinou šterkem a pískem, v tůních se vyskytují sedimenty jemného písku a kalu. **Pásmo parmy** je charakterizováno menším sklonem nivelety a větší hloubkou vody než v předešlých typech, projevuje se boční eroze hlinitých břehů. Dno koryta je převážně šterkovité s písčitými úseky. **Pásmo cejna** zahrnuje pomalu tekoucí nížinné vody. Dno koryta je hlinité nebo jemně písčité, jeho průběh je vyrovnaný, v obloucích trasy jsou hluboké nepravidelné tůně. Proud vody je plynulý o větší hloubce. V korytě se ukládají jemnozrnné splaveniny. Hlinité břehy jsou strmé, často převísle, potoční koryto často meandruje.

Nepostradatelným prvkem potočního biotopu jsou boční úkryty, významné jsou i hlubší tůně, které představují úkryty při velkých vodách, zámruzu, za ledochodu a při minimálních průtocích. Mělčiny v korytě, vznikající jak výmолnou činností vody a sesouváním břehů, tak sedimentací splavenin, jsou nezbytné pro život rybiho plůdku, tůně jsou stanovištěm větších ryb. Šterkové lavice vytvářejí peřejnatý průtok, který je nezbytným prvkem biotopu rheofilních ryb. Peřeje působí provzdušení vody, jako stanoviště ryb se neuplatňují.

Rychlost proudění vody v potočním korytě, závislá na sklonu nivelety a na odporech proudění, nemůže být větší než rychlost plavání ryb, jinak by byla znemožněna jejich migrace. Rychlost proudění vody za březitého průtoku je limitující pro udržení rybí populace, rychlost proudění za běžného průtoku je limitující pro migrační prostupnost potočního koryta. V následujícím přehledu jsou uvedeny orientační mezní hodnoty rychlosti proudění vody v ms^{-1} pro jednotlivá rybí pásma.

Tab. 1 Mezní rychlost vody

Pásmo	Pstruhové	Lipánové	Parmové	Cejnové
Březitý průtok	2.7	2.4	2.0	0.5
Průtok Q_{90d}	1.5	1.2	1.0	0.3

4 HYDROMORFOLOGICKÉ PARAMETRY

V souvislosti s hodnocením revitalizačních úpravy potočních koryt vznikla po roce 1993 potřeba kvantifikovat efekt těchto úprav. Jako jedna z možností byla vyvinuta metoda hodnocení morfologické členitosti koryta pomocí hydromorfologických parametrů. Jejich hodnoty, odpovídající přirozeným korytům, byly odvozeny z údajů zjištěných v modelových úsecích potočních tratí. Některé, takto odvozené parametry, jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 2 Hydromorfologické parametry potočního koryta

Parametr		Význam	Výpočet
L	m	délka úseku	vstup
Q_{330d}	lt	průtok se zabezpečením 330 dní	vstup
B_{330}	m ²	plocha hladiny při průtoku Q_{330d}	tabulka ploch
B	m	střední šířka hladiny při průtoku Q_{330d}	B_{330} / L
O_{330}	m ²	omočená plocha dna a břehů při průtoku Q_{330d}	tabulka ploch
O	m	střední omočený obvod při průtoku Q_{330d}	O_{330} / L
i_{OB}		index omočeného povrchu	O_{330} / B_{330}
W_{330}	m ³	objem vody v korytě při průtoku Q_{330d}	tabulka hmot
W	lt	měrný objem vody	W_{330} / L
W_Z	lt	směrodatný objem vody	W_{330} / Q_{330d}
W_T	m ³	objem vody v tůních při průtoku Q_{330d}	tabulka hmot
O_T	m ²	omočená plocha dna a břehů tůní při průtoku Q_{330d}	tabulka ploch
T_Z	lt	směrodatný objem vody v tůních	$W_T / (Q_{330d} / L)$
i_W		index objemu vody v tůních	W_T / W_{330}
i_O		index omočené plochy dna a břehů tůní	O_T / O_{330}
y_T	m	největší hloubka vody v tůni při průtoku Q_{330d}	tabulka hloubek
y_S	m	střední hloubka vody při průtoku Q_{330d}	W_{330} / O_{330}
i_Y		index hloubky vody v korytě při průtoku Q_{330d}	y_T / y_S
V_P	m s ⁻¹	přípustná rychlost vody v korytě	vstup
v_b	m s ⁻¹	nejvyšší rychlost vody v brodech při průtoku Q_{330d}	tabulka rychlostí
V_{max}	m s ⁻¹	nejvyšší rychlost vody v korytě při průtoku Q_1	tabulka rychlostí
i_V		index přípustnosti rychlosti vody	V_{max} / V_P

Jako porovnávací základna pro vyhodnocení hydromorfologických parametrů byl vzat průtok Q_1 , považovaný za průtok korytotvorný, a průtok Q_{330d} . Výpočet parametrů vychází z geometrického tvaru příčných profilů koryta a z průběhu hladiny, vypočteného pomocí vhodného programu pro ustálené nerovnoměrné proudění vody.

5 HODNOCENÍ NÁVRHU ÚPRAVY

Hodnocení ekologické úrovně revitalizací a přírodě blízkých úprav je tak možné navázat na posouzení typu morfologické členitosti koryta pomocí vybraných hydromorfologických parametrů, odpovídajících kategorií upravované potoční tratě. Využijí se parametry, jejichž směrné hodnoty byly zjišťovány v přirozených potočních korytech různých kategorií.

Z řady parametrů byly pro praktické použití vybrány čtyři ukazatele, které odpovídají tvaru a členitosti průtočného profilu, hloubce a objemu vody v korytě při průtoku Q_{330d} a minimální rychlosti vody při průtoku Q_N . Hodnocení pak spočívá ve srovnání těchto ukazatelů zjištěných z návrhu projektu úpravy nebo revitalizace s doporučenými směrnými hodnotami.

Tab. 3 Parametry hydromorfologické členitosti koryta vodního toku s malým povodím

Parametr HMF členitosti	symbol	m.j.
Délka posuzované potoční tratě	L	m
Objem vody v korytě při průtoku Q_{330d} *)	W_{330}	m^3
Omočená plocha koryta při průtoku Q_{330d} *)	O_{330}	m^2
Plocha hladiny při průtoku Q_{330d} *)	B_{330}	m^2
Sřední plocha profilu při průtoku Q_{330d} **)	$W = W_{330} / L$	m^2
Sřední omočený obvod při průtoku Q_{330d}	$O = O_{330} / L$	m
Sřední šířka hladiny při průtoku Q_{330d}	$B = B_{330} / L$	m
Sřední hydraulický poloměr při průtoku Q_{330d}	$R = W / O$	m
Minimální rychlost vody při průtoku Q_N	v_N	$m.s^{-1}$
Přípustná rychlost vody	v_P	$m.s^{-1}$

*) zjistí se pomocí hmotové tabulky z hodnot S, B a O jednotlivých profilů

**) průměrný objem vody v úseku koryta délky 1 m (m^3)

Tab. 4 Ukazatele hydromorfologické členitosti potočního koryta

Ukazatel	Výpočetní vztah	Kategorie vodního toku		
		A	B+C	D+E
Ukazatel rychlosti proudění vody	$\zeta_v = v_N / v_P$	< 1.2	< 1.0	< 1.0
Ukazatel hloubky vody	$\zeta_H = R / R_{min}$	> 3.0	> 4.0	> 4.5
Ukazatel tvaru průtočného profilu	$\zeta_T = W / B$	> 0.15	> 0.12	> 0.10
Ukazatel vodního prostoru *)	$\zeta_{VP} = 1000 * \zeta_T$	> 150	> 120	> 100

Kategorie: A – potoky rovin, B – potoky pahorkatin, C – podhorské potoky, D – horské potoky, E – bystřiny

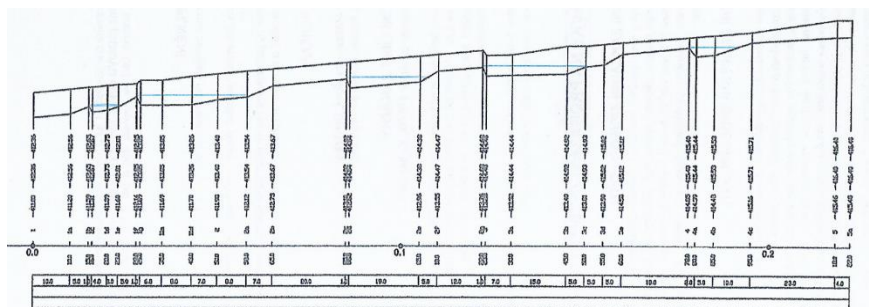
*) objem vody v litrech na 1 m^2 plochy hladiny

Při hodnocení návrhu přírodě blízké úpravy nebo revitalizace se vychází ze simulace mimořádných stavů při průtocích Q_{330d} a Q_N . Při tom se nejprve na základě posouzení charakteru koryta, splaveninového režimu a výpočtem koeficientu bystřinnosti určí kategorie upravované potoční tratě. Poté se výpočtem průběhu hladiny pro ustálené nerovnoměrné proudění vody při průtoku Q_{330d} zjistí plocha průtočného profilu S_P (m^2), omočený obvod koryta O_P (m) a šířka hladiny B_P (m) v jednotlivých příčných profilech a výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění při průtoku Q_N se zjistí střední profilové rychlosti proudění vody v ($m \cdot s^{-1}$) také v jednotlivých příčných profilech.

Z takto zjištěných hodnot se vypočte celkový objem vody při průtoku Q_{330d} v korytě (W_{330}), omočená plocha koryta (O_{330}) a plocha hladiny (B_{330}) v posuzovaném úseku koryta délky L (m). Z těchto údajů se vypočtou střední hodnoty W (m^2), O (m), B (m) a určí se ukazatele hydromorfologické členitosti podle vpředu uvedené tabulky. Zjištěné hodnoty se pak porovnají se směrnými hodnotami pro danou kategorii potoční tratě a posoudí se kvalita navržené úpravy z hlediska ovlivnění vodního ekosystému

6 PŘÍKLAD VÝPOČTU HYDROMORFOLOGICKÝCH PARAMETRŮ

V rámci protipovodňové ochrany území, kterým prochází napřímené a nepoddajně opevněné koryto podhorského potoka je navržena revitalizace s cílem snížit průtočnou kapacitu koryta a zvýšit jeho morfologickou členitost. Jako revitalizační opatření byla navržena demontáž kamenné dlažby, zřízení příčných drsných skluzových jízdků o spádu 300 až 400 mm a vytvoření dnových tůní. Opatření jsou schematicky znázorněna ve výkresu podélného profilu. Pro vyhodnocení revitalizačního efektu byly v projektu vypočteny hydromorfologické parametry ζ_V , ζ_H , ζ_T a ζ_{VP} v úseku revitalizace délky 222 m.



Obr. 1 Podélný profil úseku revitalizace

Tab. 5 Výpočet nerovnoměrného proudění pro průtok Q_{330} a Q_1

č.pf.	staničení	$Q_{330d} = 0.020 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$				$Q_1 = 2.010 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$			
		y_K	y	H	v	y_K	y	H	v
	km	m	m	m n.m.	ms^{-1}	m	m	m n.m.	ms^{-1}
1	0.0000	0.03	*0.023	411.02	0.71	0.58	0.595	411.60	1.82
1a	0.0100	0.03	0.050	411.25	0.32	0.58	0.587	411.78	1.85
1b	0.0150	0.02	0.030	411.62	0.36	0.46	0.600	412.19	1.26
1c	0.0160	0.03	0.318	411.63	0.04	0.58	0.927	412.24	0.94
→									
→									
4c	0.1950	0.02	0.030	415.19	0.36	0.44	0.448	415.61	1.65
5	0.2180	0.02	0.038	415.50	0.28	0.45	0.526	415.99	1.44
5a	0.2220	0.03	0.051	415.53	0.31	0.58	*0.546	416.03	2.05

Tab. 6 Výpočet parametrů průtočného profilu při průtoku Q_{330d}

č.pf.	ř. km	W			B			O			R
		m^2	m^2	m^3	m^2	m^2	m^3	m^2	m^2	m^3	m
1	0.0000	0.028			1.246			1.265			0.022
1a	0.0100	0.063	0.046	0.455	1.301	1.274	12.735	1.343	1.304	13.040	0.047
1b	0.0150	0.055	0.059	0.295	1.885	1.593	7.965	1.904	1.624	8.118	0.029
1c	0.0160	0.482	0.269	0.269	1.850	1.868	1.868	2.110	2.007	2.007	0.228
→											
→											
4c	0.1950	0.056	0.361	3.610	1.923	2.027	20.270	1.937	2.192	21.915	0.029
5	0.2180	0.070	0.063	1.449	1.923	1.923	44.229	1.944	1.941	44.632	0.036
5a	0.2220	0.064	0.067	0.268	1.303	1.613	6.452	1.345	1.645	6.578	0.048
celkem	L			64.85			409.00			442.36	
střední	222		W	0.292		B	1.842		O	1.993	

Tab. 7 Výpočet ukazatelů hydromorfologické členitosti

v N	v P	Rmin	W	B	O	R	w	ζ_V	ζ_H	ζ_T	ζ_{VP}
ms^{-1}	ms^{-1}	m^2	m^3 / m	m	m		lt / m	vN / vP	R / Rmin	W / B	lt m^2
0.69	2.40	0.020	0.292	1.842	1.993	0.147	292	0.288	7.33	0.159	159

Směrné hodnoty HMF parametrů jsou $\zeta_V < 1.0$, $\zeta_H > 4.0$, $\zeta_T > 0.12$ a $\zeta_{VP} > 120$, navržená revitalizace tedy z hlediska revitalizačního efektu vyhovuje. Při průtoku $Q_{330d} = 0.02 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bude v korytě 292 l vody na 1 m délky koryta. Bez jízky a tůň by to bylo 50 l při hloubce vody 38 mm při přímé i při obloukovité trase koryta.

Literatura

- [1] Gergel J.:Hydrobiologické podklady revitalizačních opatření, rukopis, 1989
- [2] Junek J.:Ekologickém požadavky na úpravu malých vodních toků,
- [3] Lusk S.: Rybářství a úpravy vodních toků, Brno, 1989

- [4] Macura L.:Úpravy tokov, Bratislava/Praha, 1966
- [5] Poupě J.:Regulace pstruhových vod, Praha, 1982
- [6] Riedl O.: Lesotechnické meliorace. Praha 1973
- [7] Zuna J.: Morfologické charakteristiky přirozených koryt vodních toků s malým povodím, zpráva za ČE 03 úkolu Ochrana a systémy využití pedo a hydrosféry, VÚMOP Praha
- [8] Zuna J.:Hydromorfologické parametry potočních koryt, pracovní metodika, MŽP ČR
- [9] Zuna J.: Zákonitosti transformace potočního dna, podkladová zpráva, VÚMOP Praha, 1997
- [10] Zuna J.: Revitalizace potoků a bystřin, ČKAIT, Praha 1998

VLIV CHARAKTERU ŘÍČNÍCH NIV NA PRŮCHOD POVODNÍ

Lenka WEYSKRABOVÁ^{1,✉}, Jana Valentová¹

¹ČVUT v Praze, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice

✉lenka.weyskrabova@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá zkoumáním funkce říčních niv při povodňových situacích. Cílem studie je analýza retenčního potenciálu říčních niv a ověření, zda má přírodní charakter říční nivy v podobě revitalizací nebo přírodě blízkých protipovodňových opatření potenciál reagovat na povodňové stavy formou retence vody a tlumení kulminace. K tomuto ověření slouží identifikace faktorů ovlivňujících retenční potenciál a zhodnocení jejich účinku na transformaci povodňových vln pomocí aplikace metod matematického modelování.

Z výsledků práce vyplývá, že retenční potenciál niv není zanedbatelný. Významným faktorem ovlivňujícím retenci je využití území v podobě drsnostní charakteristiky povrchu terénu. Vliv morfologie terénu a koryta není při extrémních povodních rozhodující a přírodě blízká protipovodňová opatření a revitalizační stavby, které zahrnují mělké koryto, se uplatní pouze při malých povodních. Významným faktorem je také sklon nivy a objem povodňové vlny.

Klíčová slova: snižování povodňových stavů; retenční potenciál údolních niv; hydrodynamické modelování; revitalizace; protipovodňová opatření

1 ÚVOD

Povodňové události posledních let vyvolaly v celosvětovém měřítku intenzivní výzkum směřující k nalezení vhodných opatření vedoucích ke snížení ničivých účinků povodní. Vedle technických protipovodňových opatření na vodních tocích jsou ve stále větší míře prosazována přírodě blízká opatření v krajině a v povodí. Tyto revitalizační projekty si kromě zvýšení ekologické hodnoty území kladou za cíl návrat inundačních oblastí k jejich přirozené funkci – umožnění rozlivu vody, zvýšení infiltrace vody do půdy a zpomalení odtoku do níže ležících oblastí. Přírodě blízká opatření by měla vést ke zvýšení přirozené

retence vody v inundačním území, ke snížení kulminačních průtoků a k oddálení nástupu povodňové vlny.

V odborné literatuře je problematice kvantifikace retence v říčních nivách věnováno více pozornosti až v posledních letech. Modelování průchodu povodňovým tokem a inundací je nejčastěji řešeno pomocí jednorozměrných (1D) modelů, které jsou snadněji dostupné a méně náročné na vstupní data a výpočetní čas. V případě meandrujícího toku a členitějšího území nejsou však již splněny podmínky pro aplikaci 1D modelu (Knight – Shamseldin, 2006). V těchto případech je vhodnější využít dvojrozměrných modelů, které pracují s reálným terénem.

Aktuálně se retenční schopností nivy zabývá stále více autorů (Habersack et al., 2015a; Haider, 2014; Skublics – Rutschmann, 2015; Rak et al., 2016). Habersack (Habersack et al., 2015b) publikoval metodu hodnocení významu nivy z různých hledisek a v různých měřítkách. Metoda FEM (Flood Evaluation Matrix) má pomoci vytipovat oblasti, které jsou vhodné pro integraci přirozených vlastností niv tlumit povodně do systému protipovodňové ochrany. Autoři zdůrazňují, že přínosy říčních niv nejsou zatím z různých hledisek dostatečně prozkoumány.

Z hydraulických ukazatelů se autoři zaměřili na sklon, šířku a drsnost nivy. Za nejefektivnější pro retenci je považován sklon menší než 1 %. Šířka nivy hraje významnou roli hlavně při úvahách s ohrázováním. Redukce kulminace se projeví spíše u menších povodní, posun času se projeví i u velkých povodňových událostí. Klíčové oblasti, kde má význam zvyšovat drsnosti, jsou především v horních částech povodí. Ve studii byla použita syntetická část toku, parametry byly voleny v rozsahu skutečných řek. Úseky toků byly modelovány v programech HEC-RAS a HYDRO_AS a byly využity syntetické stoleté povodňové vlny (PV) s různým tvarem a trváním.

Z uvedených i dalších publikovaných prací je zřejmý velký význam hydraulické drsnosti, která je hlavním parametrem při sestavování hydrodynamického modelu. Určení tohoto parametru není jednoduché a související problematika byla a stále je předmětem mnoha výzkumů. Hydraulická drsnost koryta a inundace vstupuje do praktických výpočtů nejčastěji v podobě hodnoty n (Manningův součinitel drsnosti). Dalšími možnostmi je vyjádření výškou výstupků stěn k , ekvivalentní pískovou drsností k_s či pomocí velikosti charakteristického zrna materiálu koryta. Podrobný přehled tematiky uvádí například (Mattas, 2014).

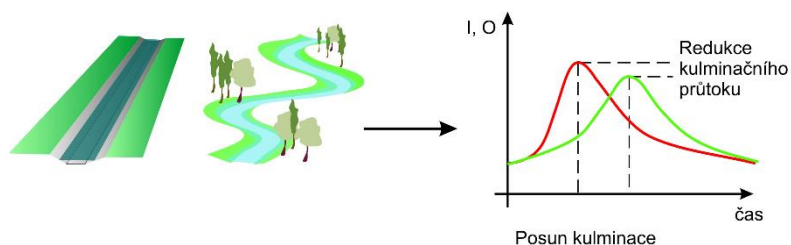
2 METODIKA

Retenční potenciál niv je hodnocen prostřednictvím parametrů transformace povodňové vlny, která nivou prochází. Těmito parametry se rozumí pokles

kulminačního průtoku a oddálení kulminace v čase. Čím více je povodňová vlna po průchodu nivou utlumena, tím více se uplatnila retenční schopnost území.

K popisu proudění v korytě a přilehlé inundaci na experimentálních úsecích toků jsou aplikovány metody dvourozměrného hydraulického modelování. Využity byly tři hydrodynamické modely – ustálený model FAST2D (Valenta, 2004) a dva neustálené – HYDRO_AS (Nujic, 2002) a Infoworks ICM (Alcrudo – Mulet-Marti, 2005). Výběr dvourozměrných modelů vychází z potřeby detailního popisu proudových poměrů ve složitých geometriích.

Klíčovým výstupem numerických modelů pro vyhodnocení retenční schopnosti nivy je porovnání vstupní povodňové vlny a jejího transformovaného tvaru po průchodu testovaným úsekem koryta a přilehlé nivy (obr. 1). Tato data jsou přímým výsledkem neustálených modelů, v případě aplikace modelu ustáleného je transformace vlny řešena zjednodušenou bilanční vícesekční metodou (Valentová et al., 2010).



Obr. 1 Znáznornění transformace povodňové vlny při průtoku úsekem vodního toku

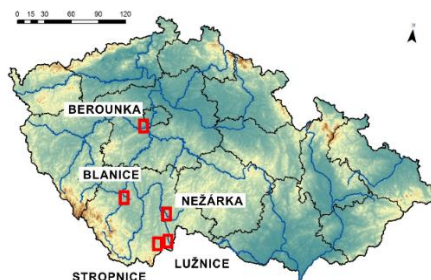
Pro analýzu retenčních schopností niv jsou vybrány reprezentativní úseky toků České republiky, ve kterých jsou formou teoretických scénářů měněny charakteristiky nivy a toku. Varianty jsou voleny tak, aby postihly faktory ovlivňující retenční schopnosti říční nivy. Analýza byla provedena pro pět zvolených úseků řek v ČR a celkem pro 36 skutečných i hypotetických scénářů, lišících se různými vlastnostmi. První modelování bylo provedeno na úseku Lužnice, dále byl modelován úsek Stropnice a úsek Blanice. Tyto tři základní úseky byly dále doplněny o úsek Berounky a Nežárky.

Hlavními posuzovanými faktory, které ovlivňují retenční potenciál niv, byly morfologie toku a nivy, využití území, revitalizační opatření a opatření pro zvýšení retenčních schopností, sklon říční nivy a objem vstupující povodňové vlny.

Na rozdíl od některých jiných studií pracujících se syntetickými povodími jsou využity přímo konkrétní toky. Výhodou tohoto přístupu je zachycení složité geometrie přírodního stavu nivy a možnost kalibrace modelu na skutečně

pozorované povodňové události. K nevýhodám lze zařadit pracnější sestavování modelu, nebo zahrnutí příčných objektů na toku.

Pro vyhodnocení významu faktorů ovlivňujících velikost retence a tlumení procházející povodňové vlny je pro každý úsek řešena transformace vlny pro skutečný stav a pro teoretické scénáře. Ve všech lokalitách (obr. 2) jsou modely sestaveny pro aktuální stav nivy včetně jejího využití a pro různé teoretické scénáře představující revitalizaci, nebo naopak zkapacitnění a úpravu toku. Pro úseky Lužnice a Stropnice jsou vytvořeny scénáře s odlišným sklonem nivy v rozmezí od 1 do 4 %.



Obr. 2 Modelované lokality

Tvorba teoretických scénářů je představena na experimentální lokalitě Horní Lužnice. Obdobně byly voleny varianty i na ostatních lokalitách. Charakteristiky modelovaných úseků a hydrologické údaje jsou shrnuty v tabulce 1. V případě úseku Lužnice je stávající stav téměř přirozený a neovlivněný činností člověka. Proto posloužil jako vzor ideálně revitalizované nivy a byl označen jako varianta A. NPV₁₀₀ značí stoletou návrhovou povodňovou vlnu.

Ve scénáři B je niva zcela zalesněná a ve scénáři C je naopak drsnost snižena na hodnoty charakteristické pro ornou půdu. Změny ve scénářích D, E a G zahrnují změnu v geometrii koryta, to je proti původnímu zkapacitnění, vedené v nové přímé trase, s větším sklonem dna, v nivě jsou odstraněny všechny tůně a slepá ramena a terén je vyrovnán. Délka nově navrženého koryta se změnila z původních 10 na 5,6 kilometrů a kapacita odpovídá pětileté vodě. Varianta D využívá území jako ornou půdu bez doprovodné vegetace, ve variantě E je niva naopak zalesněná. Scénáře G a H vycházejí ze scénáře D a obsahují 3 respektive 11 příčných hrázek na obou březích za účelem zvýšení retence v nivě.

Scénář F vychází z aktuálního stavu nivy a představuje variantu, ve které je z průtočného profilu vyloučeno území mimo aktivní záplavovou zónu, jinými slovy ohrázování aktivní zóny s ochranou přilehlého území na Q₁₀₀. Varianty terénu ilustruje obrázek 3 a 4.

Tab. 1 Přehled experimentálních úseků

Model		Lužnice	Blanice	Stropnice	Nežárka	Berounka
Úsek	počet variant	18	5	9	2	2
	délka modelu (km)	6	8,5	4,7	6	7,5
	průměrný sklon (%)	0,11	0,11	0,28	0,10	0,07
	horní okr. podm. ř. km	147,4	12	43,8	24,3	16,9
	dolní okr. podm. ř. km	137,2	3,5	39,1	14,9	9,4
Hydrologická data	Q_5 (m ³ /s)	65	93	22	93	647
	Q_{20} (m ³ /s)	114	170	42	141	1 035
	Q_{100} (m ³ /s)	185	291	76	211	1 575
	objem NPV ₂₀ (mil. m ³)	25,3	62,3	1,8	37,3	281,1
	objem NPV ₁₀₀ (mil. m ³)	41,3	35,3	2,7	56,5	363,4
	průměrný roční průtok (m ³ /s)	5	5	1	-	38
	plocha povodí (km ²)	604	778	68	-	8 720
	průměrné roční srážky (mm)	724	600	839	-	-

Tyto varianty byly pro modelování v programu HYDRO_AS a Infoworks ICM doplněny o variantu I a J respektive I až R. Varianta I spočívala ve vytváření míst podél toku Lužnice, kde by bylo možné podpořit retenci vody vybudováním podélných hrázek, které by vybreženou vodu zachytávaly a tvořily tak neovladatelné odlehčovací boční poldry. Ve variantě J byl terén za hrázkami navíc snížen. Varianty K až R představují změny v celkovém sklonu nivy, které byly realizovány nakloněním modelu. Sклон se pohybuje v rozmezí 1–4 ‰.



Obr. 3 Vizualizace modelovaných scénářů úseků Lužnice, vlevo původní členitá niva (scénáře A, B, C), vpravo upravená niva a kapacitní koryto (D, E), pohled proti toku



Obr. 4 Vizualizace modelovaných scénářů úseků Lužnice, vlevo původní členitá niva s ohrázováním aktivní zóny (scénář F), vpravo upravená niva a kapacitní koryto s příčnými hrázkami (scénář G), pohled proti toku

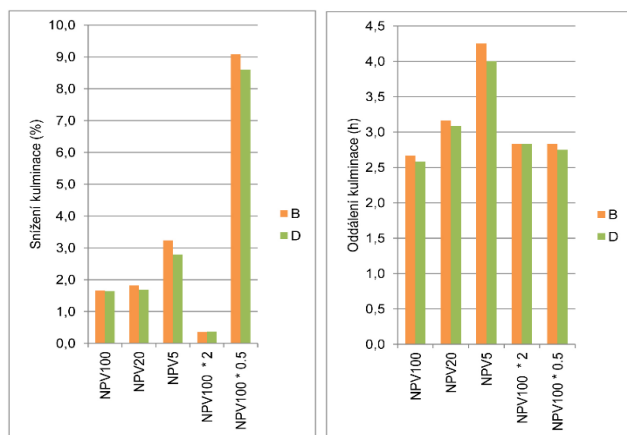
3 VÝSLEDKY

Pro kvantitativní vyhodnocení retenční schopnosti různých typů niv a také pro zjištění, jaké faktory retence ovlivňují, byly provedeny na sestavených modelech výše uvedených úseků toků sady simulací. Celkově bylo spočítáno více než 350 finálních simulací a další desítky byly využity jako pomocné nebo kalibrační výpočty.

Na základě porovnání výstupů z použitých modelů je provedeno hodnocení faktorů, které se podílejí na ovlivnění retenčního potenciálu říčních niv. Sledovanými faktory jsou: morfologie toku zátopové oblasti, využití území, revitalizační opatření a opatření pro zvýšení retenčních schopností, objem povodňové vlny a sklon nivy.

Vliv morfologie toku a záplavového území je testován prostřednictvím modelování různých lokalit a teoretických scénářů niv. Vliv využití území je v práci modelován v podobě odlišných drsnostních součinitelů jednotlivých scénářů. Drsnosti byly voleny na základě kalibračních výpočtů, změny drsností byly vytvořeny v souladu s odbornou literaturou.

Z výstupů lze říct, že u vyšších průtoků nemá morfologie terénu velký význam, pokud se nejedná o úpravy, které cíleně zvyšují retenci (příčné hrázky, poldry). Přírodní charakter nivy má význam pro nižší průtoky, kdy niva kapacitního koryta zůstává nezatopená. I plochá niva s upraveným kapacitním korytem může významně přispívat k tlumení povodňové vlny, pokud se jedná o vyšší povodňové stavy a niva je zalesněná. Výsledky práce ukazují na významný vliv drsnosti a souvisejícího využití nivy.



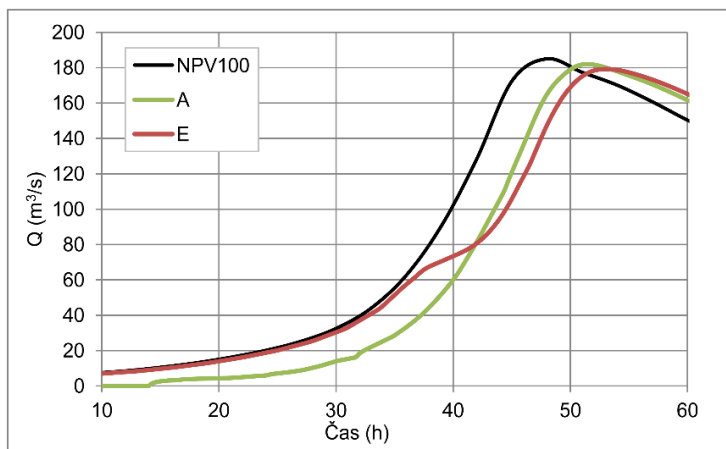
Graf 1 Infoworks ICM – Stropnice – vliv morfologie, porovnání transformace vstupních vln pro variantu B (upravená niva, kapacitní koryto) a D (návrh revitalizace, mělké meandrující koryto)

V práci jsou uvažovány scénáře s ryze přírodním charakterem nivy (Lužnice), který může být vzorem revitalizačních návrhů, nebo scénáře s návrhem revitalizace (Stropnice, Blanice). Dále jsou testovány úpravy v nivě, které zvyšují její retenční potenciál a podporují protipovodňovou funkci. Jsou to nízké příčné hrázky a neovladatelné poldry, jejichž cílem je zpomalení průchodu velkých vod nebo oddělení kulminačních průtoků a jejich postupné navracení do toku. Ze závěrů vyplývá, že přírodě blízký tvar niv má význam především pro malé povodně. Pro extrémní průtoky nehraje morfologie významnou roli, vyšší význam má způsob využití nivy a související drsnost.

V nivě Stropnice je porovnána varianta B (v minulosti upravená niva, kapacitní koryto, zalesnění) s variantou D (návrh revitalizace, mělké meandrující koryto, zalesnění). Z grafu 1 vyplývá, že revitalizovaná niva v tomto případě nezvyšuje retenční potenciál a v obou ukazatelích je varianta se zalesněnou nivou a kapacitním korytem B vyšší či shodná.

Důvodem pro nízký retenční efekt přírodě blízké nivy je relativně vyšší sklon (0,0028) v porovnání s ostatními lokalitami (tabulka 1). U sklonů niv převyšujících 0,002 není již významný efekt očekáván. Ke stejnému závěru dospěli i další autoři (Habersack et al., 2015a,b). Dalším vysvětlením je způsob návrhu revitalizace, která je limitována návrhovou šířkou podél toku bez možnosti realizace větších rozlivů z důvodu ochrany přilehlých pozemků. V takovém případě nelze očekávat, že revitalizační stavba bude plnit protipovodňové funkce a hrát významnější roli při snižování a zpomalování průtoků při povodních.

Obecně lze konstatovat, že dřívější vybřežení vody do niv s přírodě blízkým mělkým korytem vede k rychlejšímu vyčerpání retenčního potenciálu a ke snížení výsledného retenčního efektu u velkých povodní v porovnání s nivami, které mají kapacitnější koryto a zatápí se později. To lze ilustrovat například na transformaci stoleté povodně NPV₁₀₀ v grafu 2, kde je patrné, že přírodní niva se zatápí postupně (zelená křivka), zatímco kapacitní koryto až po překročení cca 67 m³/s (červená křivka). Výsledná transformace povodňové vlny je proto příznivější pro upravené kapacitní koryto – kulminace přichází později a má nižší hodnotu.



Graf 2 Infoworks ICM – Lužnice – transformace NPV100 pro variantu A (stávající přírodní meandrující koryto, mozaikovitá vegetace) a E (upravené kapacitní koryto, zalesnění), rozdíl ve snížení kulminací 1,5 % (2,8 m³/s), rozdíl v oddálení kulminací 1,5 hodiny

Navýšení retenčního potenciálu v podobě příčných hrázek bylo testováno v nivě Lužnice a Stropnice. Zvýšení retenční kapacity nivy pomocí hrázek v nivě Lužnice se projevuje až po vybřežení vody, proto hrázky nemají vliv na NPV₅. Při porovnání variant s hrázkami G a H, lišící se počtem hrázek v nivě, s variantou upraveného koryta (D) zesilují hrázky v nivě Lužnice jak snížení kulminace, tak její oddálení v čase. Průměrně navyšují hodnoty o 43 % v případě varianty G a o 62 % u varianty H oproti variantě bez hrázek (D). Vyšší účinek má varianta H, která obsahuje více příčných hrázek.

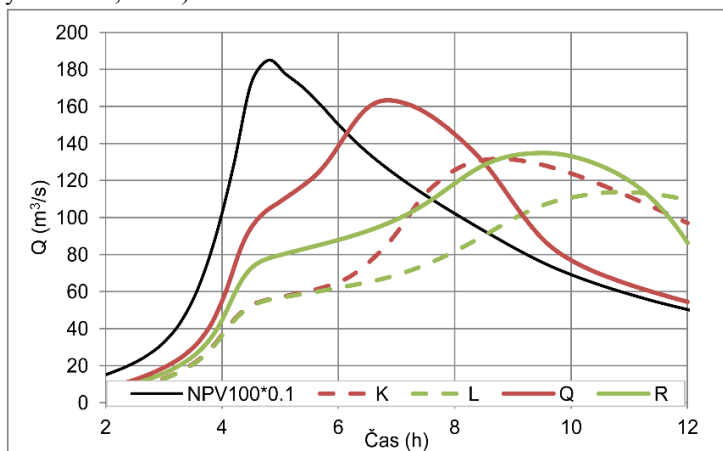
Hodnota sklonu nivy sice není v praxi ovlivnitelná, ale je limitujícím faktorem pro retenční schopnosti nivy. Tento faktor proto může hrát významnou roli při rozhodovacích procesech a případně napomoci výběru vhodných lokalit pro realizaci přírodě blízkých opatření s protipovodňovou funkcí. V modelu Infoworks ICM byly simulovány odlišné sklony niv naklopením celého modelu.

Z výsledků vyplývá, že na sklonu nivy je závislá jak velikost snížení kulminačního průtoku, tak oddálení kulminace v čase. U nivy Lužnice i Stropnice, kde byly simulace provedeny pro sklony mezi 0,001–0,004, je možné identifikovat hraniční hodnotu sklonu 0,002, tj. 0,2 %. Vyšší sklony niv mají již podstatně nižší retenční potenciál. U nejmenšího testovaného sklonu (0,001) je snížení kulminace až v řádech desítek procent v případě krátké málo objemné vlny, oddálení kulminace se pohybuje u zalesnění od 6 hodin (Lužnice, model délky 6 km). Obdobné rozpětí sklonů bylo také testováno ve studii (LfU, 2005) na dvacetikilometrovém syntetickém toku a výsledky jsou při zvážení různých délek modelů srovnatelné.

Rozdíl mezi sklony se projeví ještě výrazněji u méně objemné (desetinové) vlny, jak ukazuje graf 3. Ve variantě Q (sklon 0,004, orná půda) došlo ke snížení kulminace o 21 m³/s, ve variantě L (sklon 0,001, o. půda) o 71 m³/s. Rozdíl je tedy 50 m³/s, rozdíl v oddálení kulminace zůstává stejný. Ve variantě se zalesněnou nivou a sklonem 0,001 (L) došlo ke snížení kulminace ze 185 m³/s na 113 m³/s, což představuje pokles ze stoleté na dvacetiletou hodnotu kulminace.

Z porovnání vln s dvojnásobným, polovičním a desetinovým objemem, které zachovávají kulminaci stoleté povodně při změně délky a tvaru, je zřejmé, že tlumivý efekt v podobě snížení kulminace klesá s rostoucím objemem vlny. Pro málo objemné rychle postupující vlny lze dosáhnout snížení kulminace v řádech desítek procent. Oddálení kulminace se proti tomu se změnou objemu vlny příliš nemění.

Podrobněji jsou výsledky studie prezentovány v disertační práci autorky (Weyskrabová, 2016).



Graf 3 Infoworks ICM – Lužnice – transformace NPV100*0,1 pro varianty K, L, Q, R

4 DISKUZE

Provedené výpočty a analýzy ukazují, že říční nivy mají poměrně významný retenční potenciál, který je možné pomocí vhodných opatření ještě zvýšit. Z výstupů vyplývá, že významným faktorem ovlivňujícím retenci je využití území v podobě drsnostní charakteristiky povrchu terénu. Vliv morfologie terénu a koryta není při extrémních povodních rozhodující a přírodě blízká protipovodňová opatření a revitalizační stavby, které zahrnují mělké koryto, se uplatní pouze při malých povodních. Významnými faktory, které ovlivňují transformační účinek nivy, ale které není možné ovlivnit, jsou také sklon nivy a objem povodňové vlny. Objem přicházející vstupní vlny silně ovlivňuje především snížení kulminačního průtoku.

Velikost transformace byla stanovena pro návrhové povodňové vlny NPV_{100} , NPV_{20} a NPV_5 které jsou pro každou lokalitu odvozeny individuálně na základě hydrologických podmínek v povodí nad vstupními profily (rozloha a využití území v povodí, sklonové poměry, charakteristika příčinné srážkové události, poloha v rámci České republiky apod.).

Souhrnné hodnocení pro řešené lokality ukazuje, že snížení kulminace je v průměru 4,8 % a oddálení kulminačního průtoku průměrně 6,5 hodin pro NPV_{100} . Pro NPV_{20} je hodnota transformace v průměru 4,9 % a 6,3 hodiny, pro NPV_5 3,1 % a 5,1 hodiny. Průměrné hodnoty jsou spočítány na základě výsledků neustálených modelů a převedeny na délku nivy 10 km.

Pokud do hodnocení zahrneme i vstupní vlny s odlišným objemem, může být transformační efekt v podobě snížení kulminace u méně objemných vln výraznější. U vlny s polovičním objemem a kulminací NPV_{100} může snížení kulminace dosáhnout na desetikilometrovém úseku více než 10 % a pro vlnu s desetinným objemem a kulminací NPV_{100} se může snížení kulminace blížit 50 %. Pro oddálení kulminace v čase není objem vlny určující.

Sklonové poměry zájmového území nelze prakticky ovlivnit, ale mohou být vodítkem pro předběžné posouzení účinnosti retenčního efektu. Na testovaných lokalitách bylo ukázáno, že nejvýznamnější tlumicí efekt lze očekávat u niv se sklonem nižším než 0,002 (tj. 0,2 %). V případě výběru lokality pro realizaci opatření ke zvýšení retenčních schopností a zajištění protipovodňových funkcí je proto vhodné sklon posuzovat jako jeden z klíčových ukazatelů.

Transformační efekt lze zvýšit změnou využití území, které se projeví zvýšením drsnosti povrchu v nivě. Provedené simulační výpočty ukázaly, že hodnoty transformace jsou pro návrhové povodňové vlny vždy vyšší pro zalesněné nivy, kulminace přichází později v průměru o 2 hodiny a je nižší v průměru o 2 % na 10 km. Tyto výsledky jsou v souladu s již publikovanými pracemi.

Vliv morfologie toku a nivy není rozhodujícím faktorem a u extrémních povodní nehraje tvarové uspořádání roli. Pozitivní vliv mohou mít cíleně budovaná opatření (příčné hrázky, poldry), jejichž funkce se projeví při konkrétních průtokových stavech, na které byla navržena.

Přírodě blízká opatření, která v sobě zahrnují mělké koryto umožňující brzké rozlivy, mají pozitivní transformační efekt pro malé povodně, při kterých kapacitní koryto ještě nevybřežuje a průtok je zde rychle odváděn. Tato skutečnost se ovšem projeví i u extrémních povodňových stavů. Dřívější vybřežení vod do niv s přírodě blízkým mělkým korytem vede k rychlejšímu vyčerpání retenční kapacity nivy a ke snížení výsledného tlumicího efektu vyšších povodňových stavů v porovnání s nivami, které mají kapacitní koryto.

Cíleně budovaná opatření v nivách, která mají mít protipovodňovou funkci v podobě retence, je nutné navrhovat mimo jiné i s ohledem na průtokový stav, kdy se má jejich retenční prostor začít plnit. Pro tlumení nižších průtoků je vhodné ponechat koryto toku méně kapacitní. V tomto případě ale nebude opatření plnit protipovodňovou funkci u vyšších a extrémních nebo dlouhotrvajících povodňových stavů.

Vzhledem k tomu, že objem vlny je důležitým faktorem, který ovlivňuje především snížení kulminace, je pro praktické aplikace vhodné ověřit funkci navrhovaného opatření v nivě i pro odlišné vlny, než jen návrhové povodně. V případě rozhodování mezi dvěma opatřeními může být právě odezva na kratší vlnu významná.

Pro předběžný odhad významnosti retence nebo pro výběr vhodné lokality k realizaci opatření je možné zhodnotit sklonitost zájmového úseku. Na testovaných lokalitách bylo ukázáno, že nejvýznamnější tlumicí efekt lze očekávat u niv se sklonem nižším než 0,002 (tj. 0,2 %).

5 ZÁVĚR

Ze závěrů vyplývá, že retenční potenciál niv není zanedbatelný. Dosažený transformační efekt na úseku délky 10 km v podobě snížení kulminace je v průměru 4,8 % a oddálení kulminačního průtoku průměrně 6,5 hodin pro NPV₁₀₀. Výraznější transformační efekt je pozorován u krátkých méně objemných vln. Pro vlnu s desetinovým objemem a kulminací NPV₁₀₀ se může snížení kulminačního průtoku blížit 50 %.

Významným faktorem ovlivňujícím retenci je využití území v podobě drsnostní charakteristiky povrchu terénu. Vliv morfologie terénu a koryta není při extrémních povodních rozhodující a přírodě blízká protipovodňová opatření a revitalizační stavby zahrnující mělké koryto se uplatní pouze při malých

povodních. Významnými faktory, které ovšem není v praxi možné ovlivnit, jsou také sklon nivy a objem povodňové vlny.

Výsledky práce ukazují, že přírodě blízký stav říčních nivy má významnější potenciál k tlumení povodňových vln s nižšími kulminačními průtoky. Pro dosažení tlumícího efektu menších povodňových událostí by bylo vhodné udržet kapacitu koryta na nižší úrovni pro možnost rozlivů. Inundace by měla mít co největší hodnotu drsnosti.

Retenční potenciál niv je závislý na různorodých faktorech a vzhledem k tomu, že každý úsek toku je jedinečný jak morfologií, tak hydrologickými podmínkami povodí, ve kterém se nachází, nelze hodnocení transformačních funkcí zobecňovat a přenášet mezi lokalitami. Pro objektivní posouzení konkrétní lokality je proto nutné sestavit samostatný model a posoudit retenční potenciál dle místních podmínek v říční nivě s ohledem na možné hydrologické situace.

Literatura

- [1] Alcrudo, F. – Mulet-Martí, J. Urban inundation models based upon the Shallow Water equations. Numerical and practical issues. In Finite volumes for complex applications IV. London, UK: ISTE, 1 edition, 2005. s. 1–12. ISBN 9781905209484.
- [2] Habersack, H. – Haspel, D. – Schober, B. Flood prevention and mitigation at large rivers. Natural Hazards. 2015a, vol. 75, S1, s. 1–3. ISSN 0921030x. doi: 10.1007/s11069-014-1347-5. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s11069-014-1347-5>>.
- [3] Habersack, H. – Schober, B. – Hauer, C. Floodplain evaluation matrix (FEM). Natural Hazards. 2015b, vol. 75, S1, s. 5–32. ISSN 0921030x. doi: 10.1007/s11069-013-0842-4. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s11069-013-0842-4>>.
- [4] Haider, S. Retention in unseren Flüssen. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft. 2014, vol. 66, 1-2, s. 59–66. ISSN 0945358x. doi: 10.1007/s00506-013-0128-9. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s00506-013-0128-9>>.
- [5] Knight, D. W. – Shamseldin, A. Y. River basin modelling for flood risk mitigation. Taylor & Francis, 1. edition, 2006. ISBN 9780415383448.
- [6] LfU. Richtlinien für den Entwurf von wasserwirtschaftlichen Vorhaben. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1 edition, 2005.
- [7] Mattas, D. Výpočet průtoku v otevřených korytech. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, vyd. 1. edition, 2014. ISBN 9788087402276.
- [8] Nujic, M. Hydro As-2D User's Manual, 2002.

- [9] Rak, G. – Kozelj, D. – Steinman, F. The impact of floodplain land use on flood wave propagation. Natural Hazards. 2016, s. – ISSN 0921030x. doi: 10.1007/s11069-016-2322-0. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s11069-016-2322-0>>.
- [10] Skublics, D. – Rutschmann, P. Progress in natural flood retention at the Bavarian Danube. Natural Hazards. 2015, vol. 75, S1, s. 51– 67. ISSN 0921030x. doi: 10.1007/s11069-014-1148-x. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s11069-014-1148-x>>.
- [11] Valenta, P. Dvourozměrné numerické modelování proudění vody v otevřených korytech a inundačních územích. Habilitační práce, ČVUT Praha, Praha, 2004
- [12] Valentová, J. – Valenta, P. – Weyskrabová, L. Assessing the retention capacity of a floodplain using a 2D numerical model. Journal of Hydrology and Hydromechanics. 2010, vol. 58, issue 4, s. –. ISSN 0042790x. doi: 10.2478/v10098-010-0021-1.
- [13] Weyskrabová, L. Retenční potenciál údolních niv. 2016. Doktorská práce (Ph.D.).

Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s řešením projektu " QH82078 – Retence vody v nivách a možnosti jejího zvýšení", "SGS15/145/OHK1/2T/1I – Morfologie vodních toků v České republice a transport splavenin" a byla podpořena stipendiem Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

MOŽNOSTI REALIZACE DROBNÝCH VODOHOSPODÁŘSKÝCH OPATŘENÍ VE VENKOVSKÉ KRAJINĚ

Václav Alexandr MAZÍN^{1,✉}

*¹Státní pozemkový úřad, Krajský pozemkový úřad pro Plzeňský kraj, Pobočka Plzeň,
Nerudova 2672/35, 30100 Plzeň*

✉v.mazin@spucr.cz

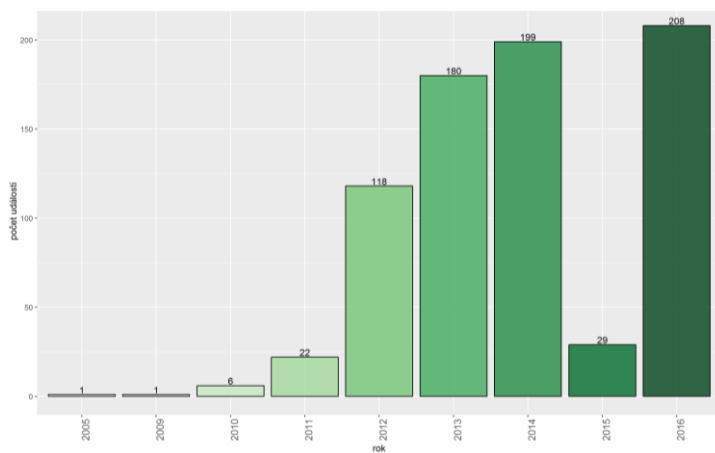
Abstrakt

Za současného stavu venkovské krajiny České republiky a to zejména zemědělského půdního fondu se stále více projevuje společenská potřeba realizace protierozních a vodohospodářských opatření. Návrh a projekce protierozních a vodohospodářských opatření vyžaduje tvůrčí přístup a vysoké odborné znalosti. Klíčový předpoklad pro uvedení všech těchto opatření vycházejících z koncepcí, programů a vládních nařízení je majetkoprávní příprava pro opatření technického charakteru. Zkušenosti s realizací drobných vodohospodářských staveb ve venkovské krajině jsou praxi k dispozici při procesu komplexních pozemkových úprav. Konkrétně realizované stavby na zemědělském půdním fondu jsou příklady správné praxe, které je možné využít jako modelové vzory pro tvorbu metodických postupů do budoucnosti. Pro názornost byly vybrány vzorové realizace drobných vodohospodářských opatření v modelové oblasti Plzeňska.

Klíčová slova: krizová situace, rizikové chování, nápravné opatření, pozemkové úpravy

1 ÚVOD

V posledních dvaceti letech je stále zřetelnější změna v distribuci srážek v průběhu roku. Roste počet přívalových srážek, s čímž přímo souvisí rostoucí počet náhlých erozních událostí. Státní pozemkový úřad v období nahodilého sledování erozních událostí (2012–2015) nahlásil do celostátní databáze VÚMOP v.v.i. celkem 762 událostí náhlé eroze a z toho 136 bylo opakovaných na stejném půdním bloku (obr. 1). Z 85 % se jednalo o plošnou erozi převážně na orné půdě s kukuřicí. Nejkritičtější částí roku je v této souvislosti období červen–srpen, kdy se odehrává 80 % všech erozně nebezpečných dešťů charakteru místních povodní.



Obr. 1 Počet hlášených erozních událostí v rámci ČR (zdroj: VÚMOP, v. v. i., 2016)

Druhým extrémem klimatických změn a neracionálního způsobu využívání zemědělského půdního fondu je agronomické sucho v regionech. Tuto skutečnost si snad poprvé začala uvědomovat nejen odborná ale i široká veřejnost, protože sucho v roce 2015 se dotklo všech obyvatel české kotliny.

V červnu 2016 byl na Parlamentní institut vznesen dotaz na problematiku přívalových srážek a splachů půdy do intravilánů obcí a jak jsou erozní události evidovány a jaké jsou postihy zemědělských společností nevhodně hospodařících na zemědělské půdě (balounová, 2016). Iniciativa vzešla nikoli z důvodů ochrany půdy, ale ochrany zastavěné části obce, jako samosprávních jednotky. Posun v uvažování je možné zaznamenat v tom, že starostky a starostové dokážou určit původce škod – zemědělce.

Vodohospodářské stavby jsou součástí navrhování a realizace pozemkových úprav od samého počátku novodobého procesu. V období let 1991–2002 se vodohospodářská opatření realizovaná v rámci pozemkových úprav vnímala spíše v poloze revitalizace krajiny a říčních systémů. Po velké povodni v roce 1997 na Moravě a pak v roce 2002 v Čechách se do rozměru pozemkových úprav dostal nový pohled, který reflektoval společenskou poptávku po protipovodňové ochraně obcí ve spojitosti s řešením zvyšujících se aktuálních erozních jevů na zemědělské půdě. Podobně jsou pozemkové úpravy dávány do souvislosti s řešením extrémního sucha v postižených regionech.

Cílem tohoto článku je upozornit širší veřejnost na některé nebezpečné přírodní jevy a chování člověka, které mohou vést ke ztrátě vitality agroekosystémů a zároveň srozumitelnou formou prezentovat výsledky pozemkových úprav, které mohou prohlubující se krizi zmírnit.

2 METODIKA

2.1 Zájmové území Plzeňska

Jako modelové území pro vytipování příkladů realizace drobných vodohospodářských staveb byla zvolena územně správní jednotka Pobočky Plzeň Krajského pozemkového úřadu pro Plzeňský kraj, kterou tvoří okresy Plzeň-jih, Plzeň-sever, Plzeň-město a Rokycany (3 103 km²). Klimatický region území se pohybuje v kategorii mírně teplý, suchý a mírně vlhký s ročními úhrny srážek 450–700 mm. Z hlediska dlouhodobých průměrných hodnot teplot a srážek je území typické pro převážnou část pahorkatin a vrchovin České republiky. V obvodu územněsprávní jednotky se vyskytují v Plaské pahorkatině dvě území (Kožlanská plošina a Plzeňská kotlina) s rizikem počínajícího až mírného sucha v půdním profilu (Monitoring sucha, 2017).

Poměrně vysoký podíl území tvoří zemědělský půdní fond (40–60 %), který z 72–82 % je orná půda. Z těchto globálních údajů vyplývá vysoká erozní ohroženost 54 %, což je v rámci České republiky nadprůměrná hodnota. V obvodu územněsprávní jednotky bylo za období 2012–2016 evidováno nadprůměrné množství erozních událostí v některých případech charakteru místní povodně (Monitoring eroze, 2016).

Ne ve všech katastrálních územích je při komplexních pozemkových úpravách potřeba řešit erozi, povodně a vodopisnou síť. A naopak byla území, kde byla prioritou obce, nebo správce povodí a toku vyřešit krizovou situaci. Lokalizovat vodohospodářské nebo protierozní opatření do půdního bloku orné půdy jiným způsobem nežli pozemkovou úpravou je za současného stavu zákonů skoro nemožné. Naopak potřebu retence vody je žádoucí řešit v každém katastrálním území.

2.2 Použité metody

Výše uvedené hodnocení globálních charakteristik území vypovídá o celkové predispozici území k potenciální erozi a místnímu výskytu rizika agronomického sucha. Pro vyhodnocení četnosti náhlých erozních událostí charakteru místních povodní byla sestavena statistická řada monitoringu eroze (VÚMOP, v. v. i., Praha). Dále bylo provedeno statistické vyhodnocení realizovaných společných zařízení za období 1991–2015 (Statistika Pobočky Plzeň, SPÚ) se zaměřením na protierozní a vodohospodářská opatření jak technického charakteru, tak přírodě blízkých a agrotechnických zásahů neinvestiční povahy.

Ze získané statistické řady byly sestaveny tři nejčastější typické krizové situace na zemědělském půdním fondu z hlediska opakovaného výskytu epizod náhlé eroze charakteru místní povodně. Pro tyto typické krizové situace pak byly

vybrány tři modelové příklady realizace drobných vodohospodářských staveb realizovaných v rámci komplexních pozemkových úprav.

Pro názornou demonstraci modelových příkladů realizace drobných vodohospodářských staveb bylo využito kresby v jednoduché perspektivní projekci, která vycházela z výsledků pozemkových úprav a znalosti místa. Tyto kresby vychází z podrobných průzkumů a rozborů místa a projektové dokumentace stavby provedených v rámci komplexních pozemkových úprav.

Tab. 1 *Struktura realizovaných drobných vodohospodářských opatření při pozemkových úpravách na Plzeňsku za období 1991–2017*

Kategorie společného zařízení	Subkategorie	Počet zařízení
Protierozní opatření	Plošné zatravnění	26
	Zasakovací pásy	10
	Technická mez	2
	Záchytné příkopy	19
	Záchytné průlehy	4
	Svodné průlehy	4
	Zasakovací jámy	6
	Revitalizace toku	7
	Malé vodní nádrže	11
	Sporadické odvodnění	2
Celkem		91

3 VÝSLEDKY

3.1 Míra realizace drobných vodohospodářských opatření při pozemkových úpravách na Plzeňsku

Byl vyhodnocen dlouhodobý trend realizace vodohospodářských a protierozních opatření v zájmovém území. Struktura kategorií protierozních a vodohospodářských opatření dokazuje, že nejvíce rozšířené opatření je plošné zatravnění erozně ohrožených ploch orné půdy a záchytné příkopy budované jako ochrana níže položených pozemků a staveb. Nejeefektivnější vodohospodářské opatření jsou zasakovací průlehy a nádrže, které jsou nejvíce náročné na majetkoprávní přípravu, projekci a realizaci.

3.2 Typy krizových situací, kritických lokalit a rizikového chování v krajině a možnosti jejich řešení pomocí pozemkových úprav

V České republice jsou největší půdní bloky v Evropě a je zde největší podíl zorněné zemědělské půdy. Vodopisná síť venkovské krajiny je zjednodušena do

podoby odvodňovacích kanálů převážně zatrubněných, které slouží ke svádění podpovrchové vody plošných drenáží.

V současnosti je nejrizikovějším chováním pěstování širokořádkových plodin na erozně náchylných místech zemědělského půdního fondu pro energetické účely. Pro účely návrhu drobných vodohospodářských staveb je vhodné se zabývat subpovodí o velikostech 50–200 ha (Kvítek, 2015). Prvním stupněm projekce jsou vyhledávací studie, dalším plán společných zařízení Rozhodnutí o umístění stavby) a projektová dokumentace.



Obr. 2 Plošný odtok z horní části svahu poblíž rozvodnice, který při přívalové srážce přešel v nevýrazné dráze soustředěného odtoku do podoby erozní rýhy (k. ú. Rochlov, 10. 6. 2013, foto archiv KPÚ pro Plzeňský kraj Pobočka Plzeň)



Obr. 3 Konfliktní křížení dráhy soustředěného odtoku v kritickém profilu silničního propustku. Situace na střední části svahu velkých půdních bloků při přívalové srážce (k. ú. Kozojedy, 30. 5. 2016, foto archiv KPÚ pro Plzeňský kraj Pobočka Plzeň).

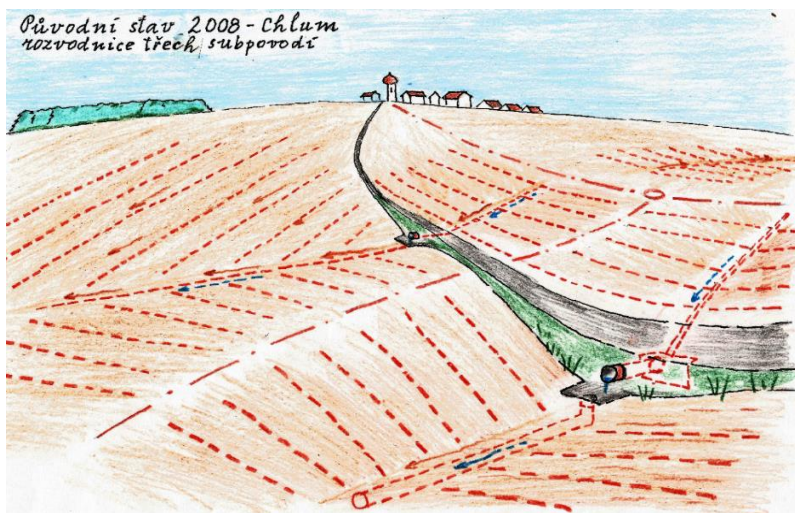
3.3 Modelové příklady řešení vodohospodářských opatření navržených a realizovaných při komplexních pozemkových úpravách

3.3.1 Malé vodní nádrže napájené systematickou drenáží na rozvodí třech subpovodí malých vodních toků (Chlum nad Berounkou, 2002–2015, okr. Rokycany)

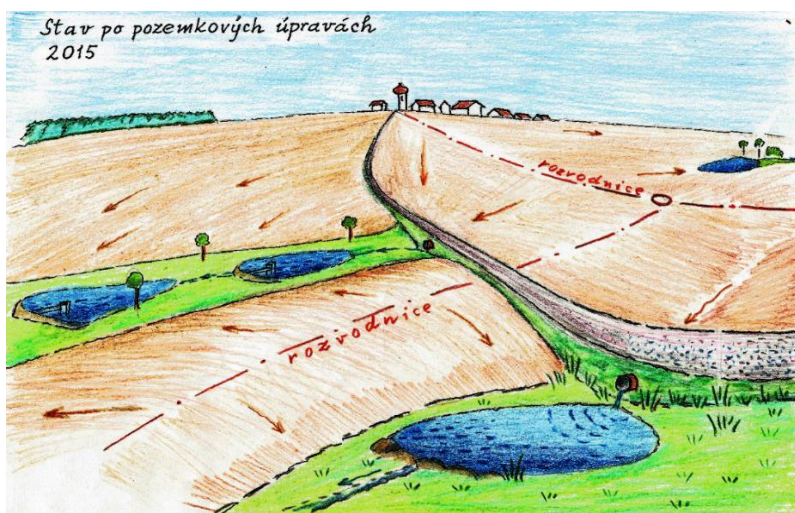
Jedná se o lokalitu náhorní planiny nad řekou Berounkou na hranici Křivoklátské vrchoviny. Obyvatelé vesnice Chlum vybudovali na rozvodnici povodí malé vodní nádrže a drobné mokřady, které zadržovaly vodu pro osobní potřebu a zemědělství. V 70. letech minulého století byly tyto drobné nádrže a přirozené mokřady zlikvidovány, celá plocha zemědělského půdního fondu rozorána.

Tab. 2 Charakteristiky krizové situace a nápravného opatření KoPÚ Chlum nad Berounkou

Krizová situace na ZPF před KoPÚ	Rozvodnice třech subpovodí postižená v sedmdesátých letech minulého století likvidací vodopisné sítě, kterou tvořily drobné vodní toky, odvodňovací příkopy a malé rybníčky. Veškerá zemědělská půda je odvodněna systematickou drenáží a louky v místech dřívějšího převlhčení jsou rozorány. Povrchový a podpovrchový odtok je urychlen, hladina podzemní vody snížena a místy se projevuje plošná eroze. Snížené hladiny vody ve studních. Celkové vysušení místa.
Kritické body	Výusti hlavních drenáží do údolnice
Rizikové chování	Zornění veškeré plochy ZPF, především na rozvodnici a v údolnicích.
Nápravné opatření technické	V kritických bodech drenážních výustí hlavních souřadů systematické drenáže byly vybudovány malé vodní nádrže napájené drenážními vodami.
Nápravné opatření přírodě blízké	Údolnice v okolí nádrží byly zatravněny a osázeny stromy
Výsledný efekt	Zadržení odtékající podpovrchové vody z okolí rozvodnice třech subpovodí, částečné zasakování zadržené vody a částečné odbourání cizorodých látek (N, F, pesticidy)
Správcí opatření	Obec – dvě nádrže, vlastník dvě nádrže



Obr. 4 Stav před pozemkovou úpravou. Plošné meliorace na nejvyšším místě hlavní rozvodnice třech subpovodí potoků. Celoplošné zornění a systematické odvodnění urychlují povrchový a podpovrchový odtok z rozvodí a způsobují celkové vysoušení půdy a mikroklimatu.



Obr. 5 Změněná krajina po pozemkové úpravě. Soustava malých nádrží zadržuje podpovrchový odtok z drenáží a údolnice jsou zatravněny a osázeny stromy.



Obr. 6 Malá vodní nádrž napájená z plošného odvodnění výše položeného pole. Na nádrž navazuje rekonstruovaná hlavní polní cesta se stromořadím. Lokalita je součástí biokoridoru a slouží zároveň jako odpočívadlo turistické stezky (investor Státní pozemkový úřad).

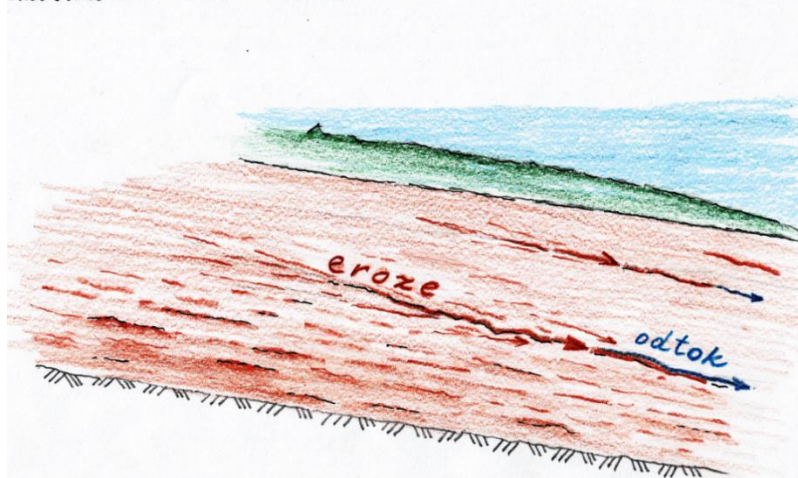
3.3.2 Sběrný průleh se zasakovacím pásem a dřevinami (Hromnice, 2010–2015, okr. Plzeň-sever)

Na základě výskytu velkých až katastrofálních povodní v období 1997–2002, které si vyžádaly desítky lidských životů a způsobily obrovské materiální škody, byla vládou ČR provedena analýza příčin. Vznikl tak dokument „Záměry tvorby programů prevence před povodněmi“ a „Návrh strategie ochrany před povodněmi pro území ČR“ pro období 2002–2012. V tomto společném programu MŽP a MZe byly zařazeny v roce 2002 i pozemkové úpravy, jako podpůrná opatření pro vodohospodářské stavby ve správě tehdejší Zemědělské vodohospodářské správy (dříve ZVHS, dnes SPÚ). Jedním ze subpovodí, kde opakovaně dochází k místním povodním a škodám na zastavěných částí obcí, bylo povodí potoka Býkovského a Třemošné.

Tab. 3 Charakteristiky krizové situace a nápravného opatření KoPÚ Hromnice

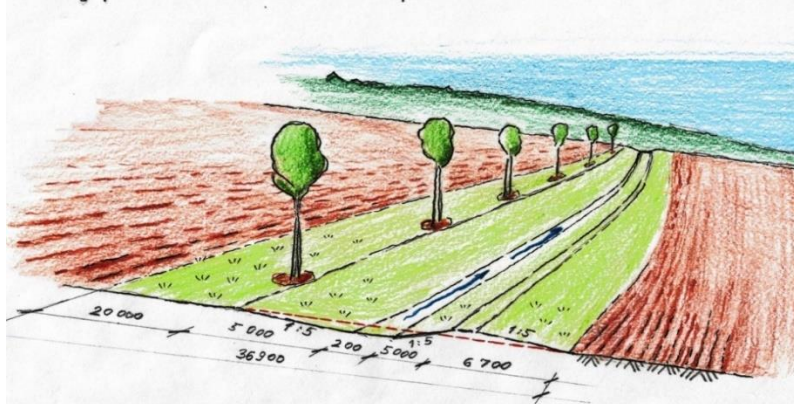
Krizová situace na ZPF před KoPÚ	Spodní část svažitého půdního bloku orné půdy na střední partii dlouhého svahu. Struktura vlastnických mezí a doplňkových cest zlikvidovaná v šedesátých letech minulého století. Délka svahu bez přerušení cca 800 m. Dvě nevýrazné dráhy soustředěného odtoku končící v rokli a na hranici zastavěné části obce. Opakované epizody náhlé eroze na půdním bloku a povodňových událostí v obci.
Kritická lokalita	Střední část půdního bloku, kde se začíná soustřeďovat odtok
Kritické body	Dráha soustředěného odtoku končící v rokli a dráha soustředěného odtoku končící na hranici intravilánu
Rizikové chování	Zornění a pěstování erozně náchylných plodin
Opatření technické	Vybudování sběrného (záchytného) průlehu a jeho bezpečné svedení do rokle v lese a vybudování příčných přehrázek v rokli
Opatření přírodě blízké	Zasakovací travnatý pás a stromořadí na hranici s ornou půdou
Výsledný efekt	Zkrácení nepřerušené délky erozně ohroženého půdního bloku, zadržení povrchového odtoku a splavenin z erozních epizod, částečné zasáknutí zadržené vody v průlehu (převedení povrchového odtoku na podpovrchový odtok), snížení povodňové vlny v dráhách soustředěného odtoku a v kritických bodech na hranici s intravilánem, zadržení a zpomalení odtoku vody ve strži (povodňová ochrana obce)
Správci opatření	obec

Původní stav 2010 - Hromnice



Obr. 7 Původní kritická situace na půdním bloku orné půdy ve střední části svahu způsobující urychlený odtok povrchové vody, který se v dolní části svahu navazující na zastavěnou část obce soustřeďuje do jedné proudnice a způsobuje nejen erozi ale i povodňové škody na budovách (Mazín, 2016)

Stav po pozemkových úpravách 2015
sběrný průleh se zasakovacím pásem



Obr. 8 Provedený průleh se zasakovacím pásem zadržuje stékající povrchovou vodu, vsakuje ji do pozemního odtoku a bezpečně odvádí větší průtoky do rokle v lese. Linie vysázených stromů zabraňuje případnému rozorání. Vodohospodářské opatření zmírňuje erozi, chrání intravilán před lokálními povodněmi a plní funkci interakčního prvku. Zároveň rozděluje neúměrně velký půdní blok.



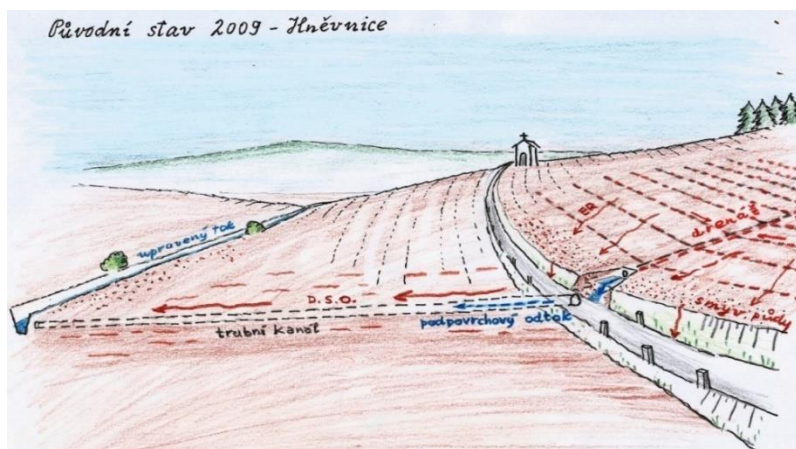
Obr 9 Průleh těsně po dokončení. Podmínkou pro úspěšnou realizaci a hlavně projekci je dostatečná propustnost zeminy, minimální podélný spád a bezpečné zaústění do recipientu pro kritické průtoky při extrémních srážkách (foto, archiv Pobočka Plzeň 2014).

3.3.3 Záchytný příkop a soustava vsakovacích jam na odtrubněném melioračním kanále (Hněvnice, 2009–2014, okr. Plzeň-sever)

Obec Hněvnice byla v období po roce 2002 opakovaně postižena náhlými povodněmi, které způsobovaly škody na nemovitostech. Jedno z kritických míst, kde se vyskytoval soustředěný a urychlený odtok vody, byl velký blok orné půdy s dlouhým svahem a trychtýřovitým tvarem. Celý blok orné půdy je odvodněn systematickou drenáží, která je svedena do odvodňovacího potrubí v silničním propustku ústícím do technicky upraveného Vlkyšského potoka.

Tab. 4 Charakteristiky krizové situace a nápravného opatření KoPÚ Hněvnice

Krizová situace na ZPF	Dolní část svahu tvořící velký blok orné půdy se systematickou drenáží na hranici s intravilánem. Opakované místní povodně s erozí půdy a odnosy splavenin způsobovaly škody na nemovitostech v zastavěné části obce a podpovrchový urychlený odtok v drenážní soustavě zvyšoval průtoky v recipientu upraveného potoka (HOZ)
Kritické body	Propustek pod silnicí v místě údolnice
Rizikové chování	Zornění údolnice
Opatření technické	Záchytný příkop a soustava vsakovacích jam na odtrubněném melioračním kanále
Opatření přírodě blízké	Zatravněný zasakovací pás nad záchytným příkopem a zatravnění údolnice v okolí zasakovacích jam s výsadbou stromů
Výsledný efekt	Zachycení povrchové vody stékající do zastavěné části obce, zpomalení odtoku povrchové a drenážní vody, odbourání cizorodých látek a živin v místě jejich aplikace
Správci opatření	obec



Obr. 10 Původní stav krizové situace urychleného odtoku povrchové a podpovrchové vody z kritické situace dráhy soustředěného odtoku s projevy vodní eroze a povodňového nebezpečí (Mazín, 2016)



Obr. 11 Stav po realizaci soustavy opatření záchytného příkopu, vsakovacích jam, revitalizace toku a ochranného zatravnění (Mazín, 2016)



Obr. 12 Vsakovací jámy těsně po realizaci 2014 (foto: archiv KPÚ Pro Plzeňský kraj, Pobočka Plzeň)

4 DISKUZE

Výsledky článku shrnují poznatky z jedné územně správní jednotky SPÚ týkající se realizace drobných vodohospodářských a protierozních opatření naznačují možný směr systematického přístupu k řešení problematiky. Přes specifikum podmínek a širší územní vazby krajiny české kotliny má článek ambice částečně zobecnit dvacetileté zkušenosti Pobočky KPÚ Plzeň na podmínky krystalinika českého masivu. Co však zůstává proměnnou a předem neznámou

veličinou je sociální okolí účastníků všech veřejných projednávání a ochota hlavních partnerů především vlastníků půdy, zemědělského podniku a obce. Paradoxně zažíváme období, kdy finančních prostředků se zatím dostává i přes bariery administrace, ale spolupůsobení společnosti a místní komunity někdy chybí. Poptávka po pozemkových úpravách a realizaci prioritních společných zařízení je v územněsprávní jednotce Pobočky Plzeň vysoká. Jen na celkovém počtu nedávno ukončených pozemkových úpravách je potřeba realizace prioritních společných zařízení v počtu 20–30, což je nad kapacitní možnosti Pobočky Plzeň.

Ekonomická návratnost a efektivita těchto veřejně prospěšných staveb je problematicky prokazatelná, protože se jedná o přírodní prostředí supersystému krajiny z mnoha proměnnými faktory, jejichž dlouhodobé přínosy nelze jednoznačně změřit a dokázat. Je otázkou, zdali je podstatné vzhledem k pokročilé destrukci krajiny, půdy, vodopisné sítě a vodních útvarů, ale i projevům sucha, se zabývat nákladovostí těchto opatření. Diskuse o tom, zdali má být průleh dimenzován na desetiletou nebo padesátiletou vodu se jeví jako zpozdilá.

5 ZÁVĚR

Plány dílčích povodí uvádějí v kap. V 3.2. pozemkové úpravy jako jeden ze správných postupů v oblasti ochrany před povodněmi, ale pouze jen v poloze konstatování bez interpretace do praxe správy povodí. Na další plánovací období jsou připravované pozitivní změny v přístupu ke správě vodních útvarů a povodí z hlediska využívání zemědělského půdního fondu. Výsledky procesu pozemkových úprav mají dostatečnou statistickou řadu realizovaných vodohospodářských opatření, tak aby bylo možné krizové situace na zemědělském půdním fondu a kritické body půdních bloků kategorizovat a typizovat rizikové chování uživatelů zemědělské půdy.

Praktické zkušenosti z pozemkových úprav je možné využít pro strategické rozhodování při tvorbě nejen koncepčních materiálů, ale i dotačních programů budoucí agroenvironmentální politiky a vládou schválené „Koncepce sucha“. Podobně se nabízí využít modelové příklady realizace drobných vodohospodářských a protierozních opatření pro osvětu, propagaci a vzdělávání. Legislativní rámec pro tato očekávání změny obsahuje vlád. nař. č. 620/2015, tak Programové prohlášení vlády ČR. Rozhodnutí, která se učiní v těchto celostně vnímaných změnách postojů uživatelů a správců krajiny a vlastníků půdy ovlivní budoucí desetiletí.

Literatura

- [1] Balounová, E., 2016: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Parlamentní institut, Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR, odpověď na dotaz č. 2981, Kancelář Poslanecké sněmovny, Sněmovní 4, Praha 1
- [2] Kvítek, T., 2015: Povodně, sucho, eroze, jakost povrchové a podzemní vody a společný jmenovatel – malá retence vody v krajině. Pozemkové úpravy 4/2015 ISSN 1214-5815 MK ČR: 19402
- [3] Mazín, A. V., 2016: Zmírnění nežádoucích dopadů klimatických změn a nepříznivých projevů počasí na zemědělskou krajinu. Praha ČMKPÚ Pozemkové úpravy 1/2016, str. 1-10. ISSN 1214-5815 MK ČR: 19402

VÝSTAVBA VODNÍCH NÁDRŽÍ V PROCESU POZEMKOVÝCH ÚPRAV

Zdeněk JAHN^{1,✉}

¹*Státní pozemkový úřad, Pobočka Nymburk, Soudní čp. 17, 288 00 Nymburk
✉ z.jahn@spucr.cz*

Abstrakt

V příspěvku je představena činnost Pobočky SPÚ v Nymburce a příklady realizace čtyř vodních nádrží vystavěných v letech 2004 až 2009. Z praktického hlediska lze tato námi vybudovaná vodohospodářská díla rozdělit do dvou základních skupin: (i) suché retenční nádrže (poldry), které zachycují přívalové srážky, ale jinak jsou po většinu roku bez stálé vodní hladiny, (ii) rybníčky, tůňe a jezírka se stálou vodní hladinou. Příkladem suchých retenčních nádrží jsou nádrže vybudované v katastrálních územích Dubečno a Sovenice. Tento příspěvek prezentuje zástupce obou skupin. Příkladem suchých retenčních nádrží jsou vybudované nádrže v katastrálních územích Dubečno a Sovenice. Příkladem nádrží se stálou vodní hladinou je retenční nádrž na Ostrovském potoce v obci Zápy na okrese Praha-východ vybudovaná po pozemkové úpravě v katastrálním území Zápy a vodní nádrž v obci a katastrálním území Choťovice v okrese Kolín (dříve okres Nymburk).

Klíčová slova: vodní nádrž, suchá retenční nádrž

1 ÚVOD

Hlavními činnostmi poboček Krajských pozemkových úřadů jsou správa státního majetku a komplexní pozemkové úpravy. Po zapsání pozemkové úpravy do katastru nemovitostí pobočky realizují plány společných zařízení. Jedná se o výstavbu hlavních a vedlejších polních cest zajišťujících přístup ke všem pozemkům, výsadbu prvků ÚSES (biocenter, interakčních prvků, biokoridorů, větrolamů, liniové zeleně) a výstavbu vodohospodářských opatření (záchytných příkopů, obtokových kanálů, suchých retenčních nádrží, rybníčků, tůň). Celý proces zpracování pozemkových úprav od zahájení po realizaci je velice složitý a časově i finančně náročný. Limitujícími faktory tohoto procesu jsou především finanční prostředky, nedostatek státní půdy v jednotlivých katastrech,

nedostatečný počet pracovníků poboček, stále složitější administrace jednotlivých akcí (PRV, zadávání veřejných zakázek, stavební řízení a další).

Činnost naší Pobočky Nymburk bych rád na tomto semináři prezentoval na čtyřech vybraných realizovaných společných zařízeních. V rámci výstavby vodohospodářských opatření po komplexních pozemkových úpravách Pobočka Nymburk vybudovala několik druhů vodních nádrží. Z praktického hlediska lze tato vodohospodářská díla rozdělit na dvě základní skupiny:

- suché retenční nádrže (poldry)
- rybníčky, tůňe a jezírka se stálou vodní hladinou

2 SUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE

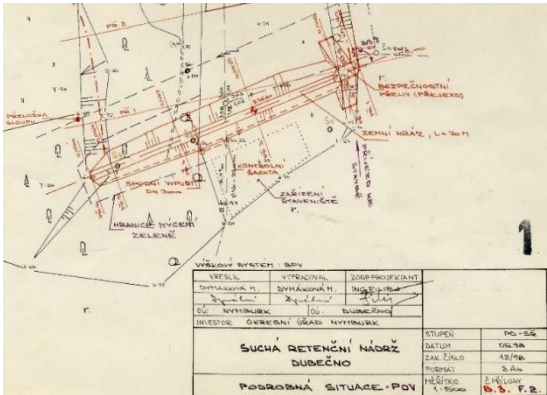
Příkladem suchých retenčních nádrží, které zachycují přívalové srážky, ale jinak jsou po většinu roku bez stálé hladiny, jsou vybudované nádrže v obci Kněžice a k. ú. Dubečno a v obci Křinec a k. ú. Sovenice.

2.1 Suchá retenční nádrž v k. ú. Dubečno

Nádrž byla realizována po zpracování komplexní pozemkové úpravy v roce 2004. Výměra nádrže je 0,56 ha, zemní hráz je 70 m dlouhá a 1,9 m vysoká. Bezpečnostní přeliv je zpevněn zatravněvacími dlaždicemi. Hráz je opatřena spodní výpustí a kontrolní šachtou. Akumulační objem nádrže je 4000 m³. Okolní osázení bylo provedeno 107 keři (šípkové růže, trnky, zimolez a brslen) a 10 ks stromů (javor babyka). Cena za realizaci v roce 2004 činila 488 tis. Kč (VPS).



Obr. 1 Podklady z projektu - detail s vrstevnicemi



Obr. 2 Projekt hráze



Obr. 3 Po výstavbě při kolaudaci v roce 2004



Obr. 4 Plný poldr po jarním tání v roce 2006



Obr. 5 Letecký snímek suchého poldru v roce 2010

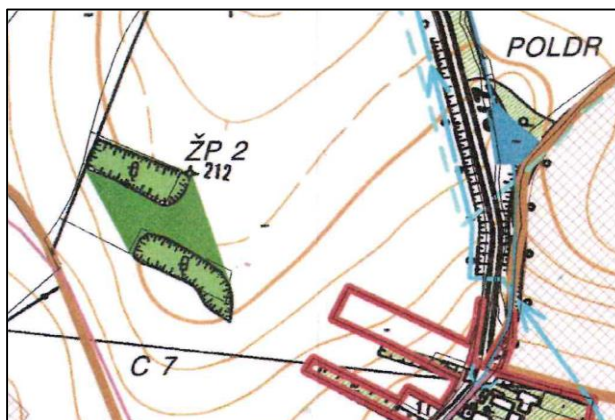


Obr. 6 Poldr po přívalovém dešti v létě roku 2013

2.2 Retenční nádrž v k. ú. Sovenice

Projektová dokumentace vycházela z návrhu společných zařízení v rámci KoPÚ Sovenice. Důvodem pro návrh stavby byla ochrana majetku a pozemků v k. ú. Sovenice při příchodu povodňové vlny korytem vodního toku Rojdánka.

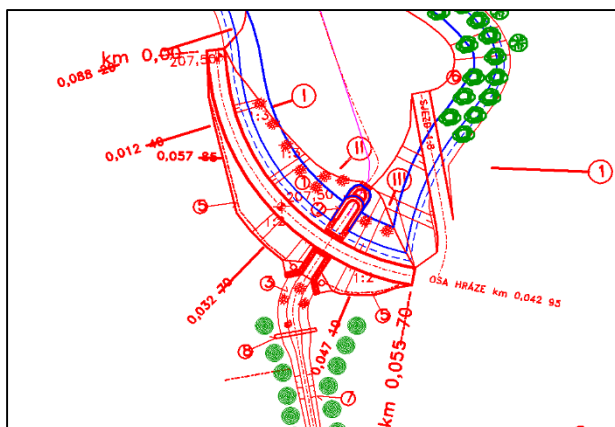
Nádrž je situovaná severně nad obcí Sovenice, retenční objem nádrže je 2547 m³. Hráz je čelní homogenní sypaná z jílovito-písčitých hlín o délce 56 m s šířkou koruny hráze 3 m, ochrana hráze před přelivem je zabezpečena bezpečnostním přelivem.



Obr. 7 Část PSZ KoPÚ Sovenice s plánovanou nádrží

Bezpečnostní přeliv je sružen s výpustným objektem, objekt je železobetonový. Odtékající voda je odváděna balvanitým skluzem a opevněným korytem do stávajícího koryta potoka Rojdánky, maximální objem nádrže je 4330m^3 při ploše hladiny 2836m^2 . Pro okolní výsadby byly použity místní druhy stromů a keřů odpovídající původním společenstvům.

Malý objem nádrže je pro plnou ochranu obce před povodňovou vlnou doplněn ještě jedním objektem umístěným cca 500 m před nádrží, jedná se o obtokový kanál P1. Okolní úpravy nádrže spočívaly v osetí narušených ploch, vysazení nových stromů a mokřadních rostlin. Cena za realizaci v roce 2010 činila 3429 tis. Kč, zdroje financování byly VPS – cca 85 tis. Kč (vypracování projektu a archeologický dohled), zbytek PPO.



Obr. 8 Projekt hráze



***Obr. 9** Stavba železobetonového výpustního objektu s bezpečnostním přelivem
(před betonáží)*



***Obr. 10** Stavba železobetonového výpustního objektu s bezpečnostním přelivem
(po betonáží)*



***Obr. 11** Retenční nádrž po kolaudaci*



Obr. 12 Stav nádrže v jarních měsících 2016

3 RYBNÍKY, TŮŇ A JEZÍRKA SE STÁLOU VODNÍ HLADINOU

Příkladem nádrží se stálou vodní hladinou je retenční nádrž na Ostrovském potoce v obci Zápy na okrese Praha-východ vybudovaná po pozemkové úpravě v katastrálním území Zápy a vodní nádrž v obci a katastrálním území Choťovice v okrese Kolín, bývalý okres Nymburk.

3.1 Retenční nádrž na Ostrovském potoce v k. ú. Zápy

Nádrž byla vybudována společně s biocentrem v roce 2000. Plocha vodní nádrže je 7696 m², objem nádrže při provozní hladině je 5953 m³, neovladatelný retenční objem je 21045 m³. Hráz je sypaná o šířce v koruně 4 m a délce 233 m. Vypouštění nádrže a bezpečnostní přeliv jsou spojeny do sdruženého železobetonového funkčního objektu s představeným výpustným objektem požerákového typu s šachtovým bezpečnostním přelivem. Přístup na požerák je z koruny hráze ocelovou Lávkou s dřevěnou podestou. Zajímavým prvkem při výstavbě této nádrže bylo ponechání sloupu vysokého napětí (22kV) přímo v nádrži na poloostřůvku, neboť přeložka by byla finančně i časově náročná. Celkové investiční náklady stavby činily 5 285 968,- Kč, z toho projektové a geodetické práce 285 553,- Kč.



Obr. 13 Letecký snímek z roku 2011



Obr. 14 Vodní nádrž v roce 2016



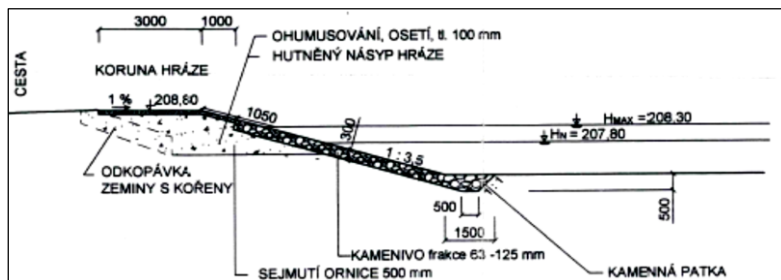
Obr. 15 Výpustný objekt s bezpečnostním přelivem



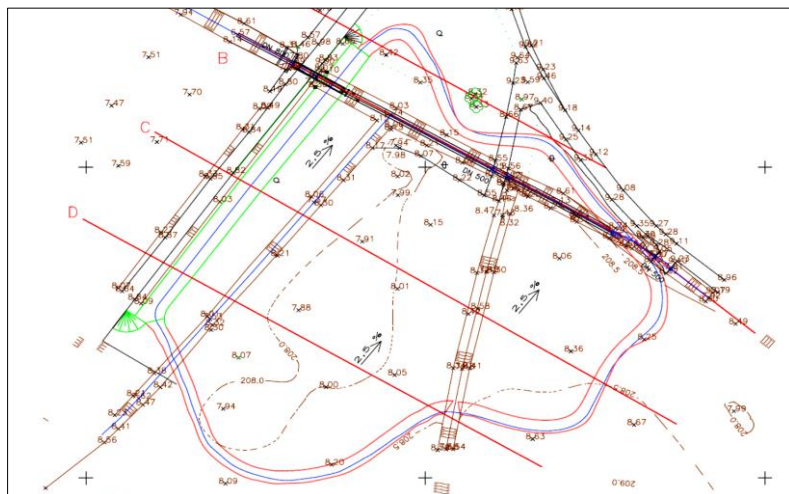
Obr. 16 Vedení 22 kV

3.2 Vodní nádrž v k. ú. Chot'ovice

Nádrž je průtočná a je vybudována za účelem zadržování vody v krajině na pozemku KN č. 793 na soutoku Mirkovického potoka a melioračních kanálů. Hráz je zemní, sypaná z místních materiálů podél stávající cesty v délce 108 m. Koruna hráze a část svahu je zpevněna ohumusováním a osetím, část svahu pod hladinou je opevněna pohozem z makadamu. Část tělesa hráze nad úrovní sejmuté humózní vrstvy je sypaná a hutněná a část tělesa hráze pod touto úrovní vznikla vyhloubením nádrže, šířka koruny je 3 m. Vypouštěcí objekt je situován v ose Mirovického potoka a byl navržen jako bezpečnostní přeliv žlabového typu s předsunutým požerákem. Konstrukce objektu je betonová s vyztužením sítí KARI. Odvádění vody z objektu je propustkem DN 1400 mm, který byl realizován v rámci rekonstrukce přilehlé cesty HC 3. Přístup k požeráku je s dřevěnou lávkou se zábradlím, nosná konstrukce lávky je z ocelových nosníků. Výstavba byla realizována v roce 2007, vodní plocha má výměru 1,3 ha, objem vody stálé hladiny je 11 tis m³, maximální objem vody je 17 tis m³. Plánované náklady na výstavbu činily podle projektové dokumentace 3,5 mil. Kč, skutečné náklady pak nepřesáhly 3 mil. Kč (PPO).



Obr. 18 Vzorový příčný řez hrází



Obr. 17 Podrobná situace stavby



Obr. 19 Výstavba vodní nádrže v k. ú. Choťovice 2007



Obr. 20 Zpevňování hráze



***Obr. 21** Vypouštěcí objekt*



***Obr. 22** Vodní nádrž v roce 2016*



***Obr. 23** Vodní nádrž v létě 2016*



Obr. 24 Vodní nádrž v zimě v únoru 2017



Obr. 25 Vodní nádrž – současný stav 2017



Obr. 26 Vodní nádrž včetně biocentra a biokoridoru – současný stav 2017

Poděkování

Všem pracovníkům Státního pozemkového úřadu Pobočky Nymburk, projektantům a realizačním firmám, kteří se podíleli na zdárné realizaci jednotlivých společných zařízení.

PŘÍKLADY UPLATNĚNÍ ZPŘESŇUJÍCÍCH INFORMACÍ O SYSTÉMECH ZEMĚDĚLSKÉHO ODVODNĚNÍ V KRAJINĚ – OČEKÁVÁNÍ A REALITA

Zbyněk KULHAVÝ^{1,✉}

*¹Povodí Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., pracoviště Pardubice,
B. Němcové 231, 530 02 Pardubice
✉ kulhavy.zbynek@vumop.cz*

Abstrakt

Článek poukazuje na potřebnost archivů projektové dokumentace staveb zemědělského odvodnění a na příkladech dokládá způsob jejího využití. Systematická digitalizace proto cílí nejen na záchranu archiválií nesmírné hodnoty, potřebných pro další rozvoj oboru, ale i na podporu efektivity přístupu k územním podkladům tohoto typu. Protože však dosud nebyla digitalizace fakticky zahájena, brzdí to, nebo dokonce znemožňuje hospodárné využívání odvodňovacích staveb a jejich zakomponování do uceleného systému vodního hospodářství krajiny.

Klíčová slova: odvodnění drenáží, projektová dokumentace staveb, digitalizace archivů, situace odvodnění

1 ÚVOD

Stavby zemědělského odvodnění, které jsou v ČR velmi rozšířeným hydromelioračním opatřením, významným způsobem ovlivňují vodní a vzdušný režim pozemku. To je důvodem, proč je těmto stavbám potřeba věnovat dostatečnou pozornost právě v současnosti, kdy se navrhuji opatření proti dopadům klimatických změn a na zlepšení jakosti povrchových vod.

Pro tyto stavby je charakteristické, že se převážná část stavebních objektů nachází pod povrchem. Problémy proto evidujeme nejen z hlediska nedostatečnosti archivace projektové dokumentace, ale i pro častou odchylnost způsobu realizace stavby. Projektová dokumentace však zůstává základním podkladem pro nakládání se stavbou a to i v případě, kdy rozvíjíme metody dálkového průzkumu Země jako nástroj pro zvýšení efektivity údržby a oprav, kdy se přesným určením trasy drénu snižuje objem zemních prací, případně se určují pravděpodobné příčiny závad nehledě k možnosti ověření souladu výkresu se skutečností. V budoucnu bude zcela jistě nastávat potřeba úprav jednostranné

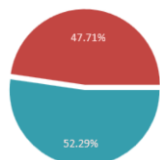
funkce odvodnění v těch případech, kdy bude vnímána jako nežádoucí právě s ohledem na řešení nedostatku vody v krajině, projevující se zvyšováním deficitu vláhy v obdobích sucha.

Řízení množství vodní komponenty v krajině je tedy jedna stránka problému hydromeliorací, druhou stránkou je jakost vod. Odvodňovací systém zrychluje odtok podzemní vody, a pokud při něm dochází k promývání půdního profilu, zvyšuje i intenzitu odnosu v ní rozpuštěných látek. V našich zeměpisných pásmech je však odvodnění nadále velmi potřebným melioračním opatřením, a přestože určitá část realizovaných staveb (20 i více procent) byla provedena nad rámec účelnosti, zemědělská praxe vnímá těsnou korelaci mezi funkčností odvodnění a produkčními schopnostmi pozemku (viz grafy z ankety na **obr. 1**) a o zrušení stavby uvažuje pouze výjimečně. Zřejmě zdrženlivost při uplatňování principů regulace drenážního odtoku je dána v podmínkách ČR nedostatečností praktických zkušeností, neboť realizovány byly v minulosti pouze stavby experimentálního charakteru. Dříve, než se stavby mohly prosadit ve větším rozsahu, poznamenaly rozvoj oboru problémy privatizací po roce 1990. Praktické poznatky proto můžeme čerpat pouze ze zahraničí (např. Sunoharaa et al., 2016; Wesström I., 2002; Evans R. & Skaggs W., 1996 a,b). Lze také předpokládat, že vyšší potenciál má modernizace stávajících staveb než výstavba staveb nových, dvojfunkčních/dvouúčelových.

Uživatel (ot. 6):

Máte k dispozici projektovou dokumentaci ke stavbě odvodnění ?

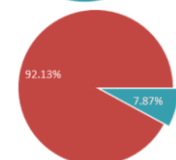
● ano ano: 52,29%
● ne ne: 47,71 %



Vlastník (ot. 2):

Převzali jste si nějakou dokumentaci ke stavbě odvodnění ?

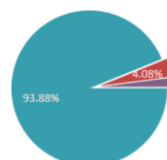
● ano ano: 7,87%
● ne ne: 92,13 %



Uživatel (ot. 12):

Vnímáte souvislost mezi funkčností odvodnění a stavem užívání pozemků ?

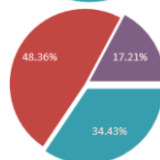
● ANO ano: 93,88%
● NE ne: 4,08 %
● Neumím posoudit



Vlastník (ot. 13):

Vnímáte stavbu odvodnění jako zhodnocení vašeho pozemku ?

● Ne ne: 34,43%
● Ano ano: 48,36 %
● S VÝHRADOU



Obr. 1 Vybrané odpovědi majitelů a uživatelů staveb odvodnění, porízené v rámci dotazníkové kampaně projektu TD03000330 (další grafy jsou dostupné na <http://www.hydromeliorace.cz/omega/>)

Potřebu disponovat ucelenými podklady o stavbách odvodnění předpokládá několik strategických dokumentů (dále je uveden výtah citace z nich):

- Zpracovat generel odvodňovacích staveb jako podklad pro další systémové řešení přístupu k vodohospodářským melioracím

zemědělských pozemků (viz SC6 v rámci Usnesení vlády ČR ze dne 16. ledna 2017 č. 34 o Národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu).

- Nízká úroveň a rozsah péče o drobné vodní toky a meliorační zařízení v zemědělské krajině zanedbané v minulosti. Návrh na správu odvodňovacích a zavlažovacích systémů (viz Strategie resortu MZe ČR s výhledem do roku 2030, MZe, 2016).
- Provést revizi aktuálního stavu (efektivitu, umístění a funkčnosti) závlahových a odvodňovacích systémů (v rámci úkolu C/4). Pokračovat v realizaci projektů umožňující rekonstrukci/optimalizaci funkce vybraných závlahových a odvodňovacích systémů (např. pomocí úpravy drenážních systémů na systémy s regulovaným odtokem, náhrada sporadickou drenáží) ve vazbě na produkci, případně zrušení nevhodně navržených odvodňovacích systémů (v rámci úkolu E/6). Připravit materiál pro aktualizaci Plánů povodí (po roce 2020) ..., včetně zlepšení schopností nevhodně odvodněných ploch (v rámci úkolu F/4). To vše v rámci Usnesení vlády ČR ze dne 29. července 2015 č. 620 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody.

Závažným argumentem pro zahájení dalších fází digitalizace podkladů o stavbách odvodnění je skutečnost, že stávající evidence, provedená v roce 2008 Zemědělskou vodohospodářskou správou, a momentálně v pozměněné verzi dostupná např. prostřednictvím LPIS, není ani v originále úplná a v řadě případů je i nepřesná. Což bylo prokázáno mimo jiné analýzou leteckých snímků (Tlapáková a kol., 2016). Výše uvedené úkoly tak nelze realizovat pouze na základě těchto podkladů a je nutné zahájit další fáze zpřesňování evidence staveb.

2 METODIKA

Jak bylo popsáno v úvodu, je dobrá znalost topologie a vedení tras drénů podmínkou pro efektivní provozování stavby drenážního odvodnění. Zejména pak tato podmínka platí v případech, kdy je plánován jakýkoli zásah do stavby.

V současnosti neexistuje jednotný systém pro evidenci a archivaci zachované projektové dokumentace ke stavbám zemědělského odvodnění. Písemné dokumenty jsou archivovány různým způsobem a u různých subjektů – státních i neveřejných. Rozsah archivů se navíc postupně zmenšuje. Pro dosažení vytčených cílů je optimem sdílený přístup k informacím o rozsahu, způsobu řešení a aktuálním stavu stavby. Koncept takového řešení představuje VÚMOP v.v.i. opakovaně od r. 2001 (Kulhavý, Hodovský a kol., 2002; Vopravil a kol., 2013; Pelíšek a kol., 2016, TNV 75 4922) a v různých testovacích verzích provozuje

funkční verzi (<http://meliorace.vumop.cz/>) od roku 2013. Problémem je, že podklady ucelenějších oblastí jsou k dispozici pouze pro modelové lokality (zlomek území republiky). Metodika digitalizace archivů a využití ISMS (Informačního Systému Melioračních Staveb) tedy existuje. Ze strany MZe, případně ze strany SPÚ se očekává impuls k zahájení digitalizace archivů (spravovaných převážně s.p. Povodí) v celorepublikovém měřítku.

Na řadě příkladů byla prokázána potřeba znát podrobnosti o objektech staveb zemědělského odvodnění proto, aby se a) předešlo konfliktům s ostatními zájmy (stavbami) nebo b) aby se snížilo riziko poruch či havárií a c) využil se maximálně potenciál vodní komponenty, hydromelioračních staveb a dodávaných živin. Tyto příklady lze typově rozdělit následovně (v závorce je pak uveden druh konfliktu - *> popsán důsledek nerespektování dokumentace ke stavbě odvodnění* a lokalita použitého příkladu):

- - Drenáž je nadále funkční a významně ovlivňuje jinou realizovanou stavbu (revitalizace vodního toku a vedení jeho trasy nad nadále funkčními drény -> *voda v nové trase toku vtéká do drénu a výrazně snižuje vodnost toku*, Orlické Záhoří, okr. Rychnov n.Kn.); (nebo naopak dren přivádí vodu k jiné stavbě a způsobuje její zamokření -> *týká se zejména okrajů intravilánu*, Mikulůvka, okr. Vsetín).
- - Realizace opatření na existující stavbě odvodnění bez respektování existence stavby a bez zohlednění důsledků takového zásahu – např. vymezení krajinného prvku "mokřad" na stavbě odvodnění bez realizace korektních opatření ke stabilizaci nově vzniklého mokřadu -> *nerespektování funkční celistvosti stavby i několika zákonů chránících dílo - potřeba přenesení práv z vlastníka pozemku na nájemce resp. potřeba projednání změny nakládání s vodami v případě, že stabilizaci mokřadu schválí dotčení majitelé stavby* (použit je příklad z metodiky k vymezování krajinného prvku "mokřad", kapitola 8.1, kterou vydal MZe v dubnu 2016, Milotice, okr. Hodonín); nebo poškození dolní části drenážního systému v rámci návrhu a provádění revitalizace vodního toku -> *např. nezaústění svodných drénů, poškození stavby a rozsáhlé zamokření přilehlých pozemků bez předchozího projednání s majiteli* (tok Žejbro, Oldříš, okr. Chrudim).
- - Překryv stavby drenážního odvodnění se závlahou postřikem bez zohlednění dopadů na vodohospodářskou bilanci nebo na jakost drenážních vod (extrémním případem je hnojivá závlaha fúgátem na systematicky odvodněném pozemku, tato kombinace staveb vyvolává potřebu zvážení možnosti regulace drenážního odtoku z hlediska zlepšení vodní bilance i jakosti

drenážních vod -> intenzivní závlaha pivotovým zavlažovačem při likvidaci produktů bioplynové stanice na odvodněném pozemku zvyšuje riziko znečištění drenážních a následně povrchových vod, primárně však současná existence závlahy a odvodnění na pozemku vyžaduje vzájemné sladění technických řešení i manipulačních zásad obou typů hydromelioračních staveb, Choťovice u Žehuně, okr. Kolín).

- - Poškození drenážních výústí v rámci provádění údržby HOZ a/nebo zanesení svodných drénů v délce desítek metrů, často i jako následek zanedbání údržby HOZ a následně vznik zamokřených míst na pozemku; velmi častý případ -> *důsledek absence koordinace správce HOZ a uživatele/majitele POZ, zvýrazněný častou neznalostí místa vyústění drenáže, chybějícím vytyčením během údržby HOZ atd.* (zanedbání údržby HOZ s dopady na POZ, Dobrovice, okr. Mladá Boleslav) viz **obr. 2**.
- - Porucha či havárie objektů POZ (z důvodů stárnutí stavby či zanedbání údržby POZ, konfliktem s jinou stavbou atd.) -> *pro efektivní realizaci opravy vyžaduje lokalizaci jednotlivých drénů* (četnější výskyt v rámci celého území ČR; příklady zde proto nejsou jmenovitě uvedeny).



Obr. 2 Zamokření způsobené zaneseným HOZ, poškozením drenážní výusti a zanesením svodného drénu (Agrofarma Týnec, Dobrovice, 2014) Foto: Z. Kulhavý

V rámci projektu "Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí", řešeného pro s.p. Povodí

Vltavy týmem zpracovatelů (VÚMOP, v.v.i., FS ČVUT v Praze, VÚV TGM, v.v.i a Sweco Hydroprojekt a.s.) se pozornost obrací na znečištění povrchových vod, pocházející ze zemědělských zdrojů a cestami transportu členěných na povrchové a podpovrchové plošné zdroje, kdy drenážní systémy odvodnění reprezentují zdroje znečištění podpovrchového (Kvítek, 2016). Podrobnosti identifikace kritických bodů a kategorizace lokalit ohrožených znečištěním uvádí v příslušných kapitolách Metodický návod (Novák a kol., 2016) zpracovaný ve formě výstupu projektu za etapu C. Citovaný projekt (období řešení 2015-2019) je příkladem uplatnění podrobnějších informací o stavbě, než je dosud jediný dostupný digitální podklad – zákresy staveb odvodnění, zpracované v r. 2008 Zemědělskou vodohospodářskou správou.

Aby bylo možné navrhovat konkrétní opatření na stavbách drenážního odvodnění, je třeba nejprve disponovat výkresy projektové dokumentace (PD), následně rektifikovanými pomocí pozemního nebo dálkového průzkumu (Tlapáková a kol., 2016) a stanovit příčinu zamokření (optimálně na základě dohledání technické zprávy projektové dokumentace stavby). Státní podnik Povodí Vltavy je nápomocen prováděním prvních etap digitalizace výkresové části projektové dokumentace staveb odvodnění (viz **obr. 3**) alespoň ve vybraných (rizikových) povodích IV. řádu, neboť operuje v podmínkách ČR relativně dobře uspořádaným archivačním systémem převzatých podkladů zrušené ZVHS (viz odkaz <http://www.pvl.cz/spisova-a-archivni-dokumentace-zvhs> - Spisová a archivní dokumentace bývalých pracovišť Zemědělské vodohospodářské správy ve spisovně Povodí Vltavy, státní podnik, na vodním díle Orlík).



Obr. 3 Příklad přehledné situace s přiřazením dohledaných archivních složek PD (Zhoř u Tábora) – vlevo je znázorněna práce archiváře při přiřazení dohledané složky písemnosti PD k evidenci stavby v podkladech ZVHS (fialové polygony reprezentují plochy staveb odvodnění a na bílém listěčku je přiřazena složka PD); vpravo: část naskenovaného výkresu stavby odvodnění z r. 1972 (zdroj: ZVHS, s.p. PVL)

3 VÝSLEDKY

Zpřesňující informace ke stavbám zemědělského odvodnění mají potenciál uplatnění v celé řadě činností a aktivit v krajině, resp. v působnosti útvarů MZe i MŽP. Zmapování rozsahu archivace písemností se věnoval VÚMOP, v.v.i. v letech 2016/17 (orientováno na dostupnost projektové dokumentace staveb) se zjištěním, že i přes existenci protokolů o převodech archivů ZVHS na přebírající subjekty (s.p. Povodí, Lesy ČR s.p., SPÚ), nebo šetřením ve státních archívech (SOA, ZA, SOKA, AÚSC)¹ není přehled o rozsahu a počtu archiválií dostatečně vypovídající. Odhadem bude pokryto již jen 40-60% evidovaných staveb odvodnění. Toto číslo také koresponduje s výsledky průzkumu u uživatelů (viz **obr. 1**); lze však předpokládat, že nepůjde o prostý překryv, ale spíše dojde k navýšení plochy, tudíž se zvýší pokrytí odhadem na 60-70%. Uvedené zdroje jsou proto primární – uživatelé totiž v průzkumu deklarovali zájem na vytvoření takové WEBové aplikace a potvrdili ochotu poskytnout jimi vlastněné dokumenty k digitalizaci. Existuje přitom i další možnosti získání archiválií. To však začne být efektivní až po dokončení digitalizace primárních zdrojů, neboť by hrozilo riziko digitalizace pouhých duplicit. Z výše popsaného vývoje událostí a potřeb lze předpokládat, že bude vbrzku zahájena systematická digitalizace archivů, vedoucí k záchraně tohoto cenného dokumentačního materiálu. Představu o rozsah a plošné intenzitě dvou hlavních typů hydromelioračních opatření (závlah a odvodnění) poskytuje **obr. 4**, který vznikl v rámci průběžné aktualizace informací o stavbách (činnosti při transformaci databáze MIV ZVHS do GIS) a byl mimo jiné i podkladem pro výběr respondentů v reprezentativních katastrálních územích při realizovaných dotazníkových šetřeních (výroční zpráva projektu TD03000330).

4 DISKUZE

Výše popsané či citované metodické přístupy vytváří předpoklady pro uplatnění moderních způsobů mapování (GIS) a v kombinaci například s technologiemi dálkového průzkumu Země umožňují:

- provádění efektivní údržby odvodňovacích staveb;

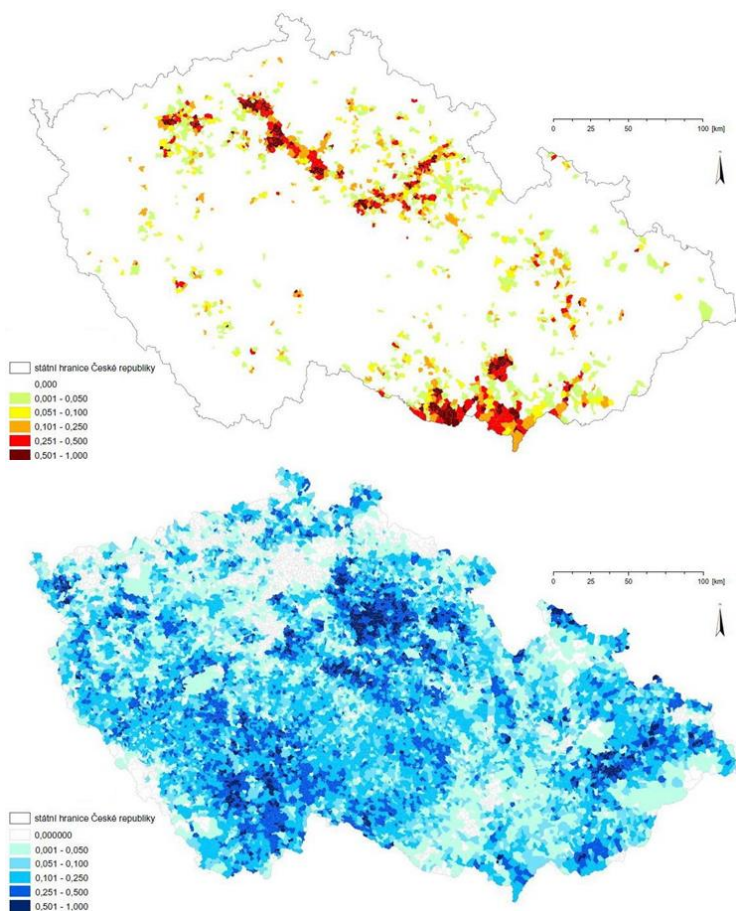
¹ Územně pokrývá ČR 8 Státních oblastních (SOA) a Zemských archivů (ZA), 72 Státních okresních archivů (SOKA) a 5 Archivů územně samosprávných celků (AÚSC).

- detailnější realizaci územních analýz (u drenážních systémů s respektováním sklonů jednotlivých drenů, se znalostí míst drenážních šachtic, výustí atd.);
- navrhování konstrukčních změn stávajících staveb (rekonstrukce a modernizace);
- posuzování potenciálu staveb při zvyšování retence a akumulace vody v krajině technickými způsoby (sklony nivelet drenů se totiž liší podle uspořádání stavby od sklonu terénu);
- uplatněním vhodných opatření snižování znečištění povrchových vod vodami drenážními;
- motivovat změny současného managementu vodního hospodářství orientaci směrem k řešení ucelené plochy povodí, tudíž s plným uplatněním plošných hydromelioračních staveb.

V předchozím odstavci jsou popsány efekty, dosahované praktickým využíváním podrobné dokumentace ke stavbám zemědělského odvodnění. Údržba a opravy probíhají na tomto základě již nyní, iniciátory jsou hospodařící zemědělci. Státní instituce jsou v tomto ohledu paradoxně velmi zdrženlivé, neboť nevnímají hospodaření s vodou na ploše pozemků za prokazatelně veřejný zájem a POZ považují "pouze" za záležitost vlastníka. Neexistují tedy jiné dotační programy, než jen na eliminaci staveb (MŽP) a údržba či opravy staveb nejsou od roku 2007 dotacemi nijak podporovány. Pravděpodobně jiná situace nastane, pokud bude vyžadováno zlepšení stavu vodních útvarů uplatněním opatření, navrhovaných například v rámci pilotního projektu, iniciovaného s.p. Povodí Vltava. V takovém případě bude třeba zásadně změnit způsob poskytování podpory na realizaci zlepšujících opatření a pravděpodobně i přehodnotit vztah státu k POZ. Řešení výkupem pozemku není při tak významném plošném výskytu staveb zřejmě reálné a institut náhrady majetkové újmy, směřovaný však na vlastníka pozemku, nemusí být v souladu se zájmy hospodařícího zemědělce (pachtýře). Velmi komplexní se z tohoto hlediska jeví obnova institutu "vodního družstva", známého z naší historie, ale v současnosti i ze zahraničí, která však velmi pravděpodobně bude vyžadovat zásahy do stávající legislativy. Diskuse, uskutečněná na MZe dne 13. 3. 2017 v rámci dialogu, otevřeného projektem TD03000330², naznačila na jedné straně objektivní potřebnost změn současného managementu hydromelioračních staveb, na druhé straně ukázala, že i odborné pohledy na toto téma zahrnují poměrně značné názorové spektrum. Aktuálně dokončená právní analýza povahy POZ a vazby na pozemek potvrdila, že nelze

² Písemný přepis jednání, autorizovaný jednotlivými řečníky, bude od října 2017 k dispozici na stránkách projektu <http://www.hydromeliorace.cz/omega/>

kromě údržby provádět jiné zásahy na stavbě, což nadále znemožňuje bez souhlasu všech spoluvlastníků (bývají jich desítky až stovky) navrhovat a realizovat úpravy typu regulace odtoku nebo eliminace stavby.



Obr. 4 Mapa ČR členěná podle jednotlivých katastrálních území (k.ú.) s vyjádřením podílu historicky evidovaných ploch závlah a odvodnění k celkové ploše k.ú.; nahoře: index evidovaných závlahových staveb (zdrojová data: VÚMOP, ZVHS, MZe); dole: index evidovaných odvodňovacích staveb (zdrojová data: VÚMOP, ZVHS)

5 ZÁVĚR

Nerespektování existujících a z převážné části nadále funkčních systémů zemědělského odvodnění vytváří značné riziko kolize nebo nefunkčnosti nově připravovaných návrhů opatření, cílených do oblasti vodního hospodářství krajiny, ochrany půdy, životního prostředí, ale i do souběhu existence odvodnění s ostatními stavbami pozemního a dopravního stavitelství.

Teprve potřeba komplexně řídit vodní režimy v krajině, například s ohledem na častější rizika výskytu sucha, vrací do hry zpět oprávněnost nároků disponovat kvalitní evidencí vodohospodářských staveb tohoto typu bez ohledu na příslušnost majetku. Zákon o vodách (č. 254/2001 Sb.), s § 56, odst. 4b totiž ukládá majiteli: "užívat pozemek tak, aby neovlivnil negativně funkci stavby k vodohospodářským melioracím pozemků nebo jejich části"; pokud je pozemek pronajímán, měl by majitel přenést smluvně tyto povinnosti na uživatele, což je výjimečná praxe právě s ohledem na absenci všeobecně dostupných informací o hydromeliorační výstavbě – majitelé proto zpravidla ani o existenci stavby odvodnění na svém pozemku nevědí (viz **obr. 1**).

Účelem představených aktivit je zachování nesmírné hodnoty dokumentace staveb a předprojektových průzkumů i historického dědictví oboru meliorací. Zpřístupnění podrobné dokumentace staveb otevře další etapu využívání těchto staveb při přizpůsobování se vodního hospodářství krajiny vyšším nárokům na hospodaření s vodou. Věřím, že po řadě let váhání státních institucí se zahájením prací na digitalizaci archivů a neobratného hledání "závažných" argumentů pro užitečnost těchto činností nastává doba, kdy se tyto potřeby začnou naplňovat.

Literatura

- [1] EVANS R., SKAGGS W., SNEED R.E. (1996): Economics of Controlled Drainage and Subirrigation Systems. *North Carolina Cooperative Extension Service*. Publication No. AG 397.
- [2] EVANS R., SKAGGS W. (1996): Operating controlled drainage and subirrigation systems. *North Carolina Cooperative Extension Service*. Publication No. AG 397.
- [3] KULHAVÝ Z., HODOVSKÝ J. a kol. (2002): *Metodika Informačního systému hydromelioračních staveb*. Uživatelský výstup projektu Návrh a využití územního informačního systému hydromelioračních staveb, NAZV QC1294, VÚMOP Praha, ZVHS, ÚEK AV ČR
- [4] KVÍTEK T. (2016): Principy a zásady retence a akumulace vody a jejich promítnutí do plánů dílčích povodí. *Pozemkové úpravy* 3/2016, září 2016, str. 3-6. ISSN 1214-5815

- [5] NOVÁK P. a kol. (2016): *Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí*. Certifikovaná metodika. VÚMOP, v.v.i., ČVUT v Praze, Sweco Hydroprojekt a.s., VÚV TGM, v.v.i., PVL s.p.
- [6] PELÍŠEK I., KULHAVÝ Z., PAPA J. V. (2016): Podpora závlahového hospodářství prostřednictvím aplikace GIS pro hydromeliorační opatření. Konference *Půdní a zemědělské sucho*. 28. – 29. IV. 2016, Kutná Hora. VÚMOP – ČHMÚ – MENDEL
- [7] SUNOHARAA M.D., GOTTSCHALLA N., CRAIOVANA E., WILKESA G., TOPPB E., FREYA S.K., LAPENA D.R. (2016): Controlling tile drainage during the growing season in Eastern Canada to reduce nitrogen, phosphorus, and bacteria loading to surface water. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.030> *Agricultural Water Management* 178, 159–170
- [8] TLAPÁKOVÁ L. a kol. (2016): *Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti*. VÚMOP, v.v.i., ISBN 978-80-87361-58-0, 214 stran
- [9] VOPRAVIL J., CHLUBNA L., VLČEK V., KULHAVÝ Z., KULÍŘOVÁ P. (2013): Návrh Identifikačního systému pro řešení problematiky melioračních staveb v ČR. Sborník konference *Voda, půda a rostliny*, Křtiny, 29. - 30. 5. 2013, ISBN 978-80-87577-17-2
- [10] WESSTRÖM, I. (2002): Controlled drainage. Effects on subsurface runoff and nitrogen flows. *Agraria* 350, SLU.
- [11] Strategie resortu MZe ČR s výhledem do roku 2030, MZe 2016, Č. j.: 66699/2015-MZE-10051
- [12] TNV 75 4922 Údržba odvodňovacích zařízení. Novela I. 2016
- [13] Usnesení vlády ČR ze dne 16. ledna 2017 č. 34 o Národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu
- [14] Usnesení vlády ČR ze dne 29. července 2015 č. 620 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody

V textu použité zkratky:

- GIS- geografický informační systém
- HOZ, POZ- hlavní odvodňovací zařízení, podrobné odvodňovací zařízení
- ISMS- informační systém melioračních staveb
- LPIS- land parcel identification system
- MIV- meliorační investiční výstavba (databáze vedená dle metodiky ZVHS)
- PD- projektová dokumentace

- SOA, ZA, SOKA, AÚSC - Státní oblastní archiv, Zemský archiv, Okresní archiv, Archiv územně samosprávných celků
- SPÚ- Státní pozemkový úřad www.spucr.cz
- ZVHS- Zemědělská vodohospodářská správa (do roku 2012)

Poděkování

Příspěvek vznikl s podporou projektu TAČR-OMEGA TD03000330 s názvem "Kritéria udržitelnosti hydromelioračních opatření v ČR" a projektu zadaného Povodím Vltavy, s.p. pro období řešení 2015-2019 s názvem "Příprava listů opatření typu A lokalit plošného zemědělského znečištění pro plány dílčích povodí".

Vliv systematického odvodnění na podzemní vody z pohledu hydrogeologa

Jan TARANZA^{1,✉}

¹HYDROGEOLOGIE CHRUDIM spol. s r.o., Novoměstská 10, Chrudim 537 01
✉ taranza.hydro@chrudim.cz

Abstrakt

Tato přednáška není výsledkem žádného konkrétního výzkumu. Je pouze úvahou o možném vlivu odvodňovacích systémů v krajině na tvorbu a uchování zásob podzemních vod z pohledu praktického hydrogeologa. Uváděné údaje pocházejí z volně dostupných zdrojů, veřejně publikovaných prací a z vlastní činnosti autora nebo výsledků průzkumných prací společnosti HYDROGEOLOGIE CHRUDIM spol. s r.o. Mnohé údaje jsou proto obecně známé a v přednášce jsou zařazené pro postupné objasnění samotné úvahy. První část pro bližší vysvětlení stručně shrnuje obecně známé poznatky o tvorbě a zásobách podzemních vod. Druhá část dokumentuje stáří podzemních vod v různých typech zvodní. Další části jsou věnovány způsobům odvodnění a možným dopadům. V závěru je provedeno shrnutí a nástin možných variant řešení.

Klíčová slova: horninové prostředí - podzemní vody – stáří vody – odvodňovací systémy – zásaky vod

1 ÚVOD

Z obecného hlediska platí, že prakticky všechny vody, tvořící využitelné zdroje podzemních vod ČR, ve starší či mladší minulosti na jejím území napršely!

2 TVORBA ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD

Na tvorbě využitelných zvodní u nás se tak podílí prakticky pouze vody vadózní. V porovnání se světovými zásobami vod se jedná o pověstnou kapku v moři. V podmínkách naší země již ale jde o značně vysoké objemy. Jen pro uvědomění poměrů je tak možné zopakovat obecně známou skutečnost, že zhruba 97 % světových vod tvoří vody slané. To znamená vody v oceánech, mořích a podzemních zvodních slaných vod. Podíl světových zásob sladkých vod tak tvoří zbývající 3 %. Z nich jsou pak zhruba 2/3 vázány v ledovcích a věčně zmrzlé půdě,

další necelou 1/3 tvoří vody podzemní a zbytek připadá na vody ostatní. To je na vody povrchové, vodu v atmosféře, vodu v rostlinstvu. To jsou vody, se kterými se člověk setkává a které využívá nejčastěji. Z celkového objemu zásob světových sladkých vod se však jedná už jen o pouhé 0,3 %. Takže jestliže se uvádí přibližný celkový objem všech světových vod kolem 1,4 miliardy km^3 , pak na sladké vody připadá kolem 40 až 50 milionů km^3 , z toho na vody povrchové už jen kolem 120 až 150 tisíc km^3 . Rozložení těchto zásob ve světě je však značně nerovnoměrné. Je závislé na klimatických a geologických podmínkách daných území a jednotlivé podíly by bylo možné seřadit na pomyslné ose od katastrofálního nedostatku po řekněme vodní komfort. Uvážíme-li ještě fakt, že až 40 % všech světových povrchových sladkých vod je soustředěno jen v několika velkých sladkovodních jezerech v Rusku a v Kanadě, pak je podíl ostatních sladkých vod ještě výrazně nižší.

V podmínkách našeho území je tvorba zásob jednotlivých typů vod závislá prakticky pouze na jejich doplňování z podílu atmosférických srážek. V dlouhodobém průměru je to přibližně kolem 670 mm ročně. Při průměrném srážkovém úhrnu to je kolem 52,6 km^3 srážkových vod za rok. V horských a podhorských územích se jedná o průměrné úhrny i vyšší než 800 mm, v jižních nížinných oblastech i nižší než 500 mm. Geografie, morfologie a různorodá geologická stavba našeho území a průběhy a objemy srážek jsou tak určujícími faktory jak pro koloběh povrchových, tak doplňování podzemních vod. Ty jsou doplňovány prostřednictvím více či méně propustných infiltračních ploch. S ohledem na geologickou stavbu a pedologické vlastnosti půdního pokryvu je celková plocha území s vhodnými podmínkami pro tvorbu zásob podzemních vod v rámci ČR uváděna hodnotou kolem 15 až 20 %. V takových územích mohou srážkové vody vsakovat do povrchových vrstev, kde se podílejí jednak na podzemním odtoku, jednak odkud v závislosti na propustnosti vrstev nebo tektonickém porušení podložních hornin dále postupují po směru spádu a stávají se součástí hlubšího podzemního oběhu. Různé podmínky propustnosti se projevují na proměnlivosti zvodnění daných kolektorů. Režimy hlubších nebo hlubokých zvodní jsou charakteristické absencí přímé závislosti na sezónních změnách a i velmi dlouholetou periodicitou.

Podzemní vody lze obecně rozdělit na mělké, vázané na zvětraliny a uloženiny mělké kvartérní zvodně a na podzemní vody hlubšího nebo hlubokého oběhu, které jsou podle povahy podložních hornin vázány na různé typy průlinových nebo puklinových kolektorů. Jejich průběžná využitelná kapacita u nás se odhaduje na 1,44 miliard $\text{m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, tj. 1,44 $\text{km}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$, což je v porovnání s výše uvedenou hodnotou světových zásob skutečně jen relativně drobný podíl.

3 STÁŘÍ VODY

Z časového hlediska lze tvorbu zásob podzemních vod rozdělit na několik etap. U podpovrchových půdních vod a mělkých kvartérních zvodní s volnou hladinou je zdržení vod většinou v řádu dnů až týdnů, u mělkých zvodní s horšími podmínkami propustnosti i měsíců až prvních let. V přípovrchově porušených partiích podložních hornin se toto zdržení pohybuje v řádu až desítek let, u hlubších zvodní až v řádu stovek let a u hlubokých až v řádech tisíců let.

Pro dokreslení uvedeného konstatování je možné uvést výsledky analýz stáří vody z vrtů hlubší a hluboké zvodně na lokalitě Opatov, na rozhraní okresů Jihlava a Pelhřimov. Určitou zajímavostí je, že průzkumné vrty na podchycení vod hluboké zvodně byly vyhloubeny prakticky na rozvodnici hlavního rozvodí. Výsledky prací v prostoru lokality dokumentovaly existenci několika relativně samostatných zvodní s různou hloubkou oběhu podzemní vody. Od svrchní, vázané na zvětralínový plášť a rozvolněné pásmo v zóně navětrání krystalických břidlic a granitů, přes zvodeň s hlubším oběhem podzemní vody (kolem 60-130 m) v oboru puklinového systému v horninách pláště plutonu a magmatitech plutonu, až po zvodeň s hlubokým oběhem podzemní vody (cca 150-220 m) v oboru granitů plutonu a zatavených xenolitů rul na okraji plutonu. Tlaková výška této zvodně dosahuje téměř k úrovni terénu a je důvodný předpoklad, že může docházet k průniku podzemní vody z této hluboké zvodně do puklinové zvodně vyššího oběhu (60-130 m).

Hodnocení stáří vody bylo provedeno pracovníky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy.

3.1 Hlubší zvodeň

Pro zjištění stáří vody, jímané z hlubší zvodně v prameništi, byly analyzovány reprezentativní vzorky vody, odebrané postupně v měsících květnu, srpnu a září 2004 z vrtu O-2 (95 m, přítoky od 20 do 60 m). K výpočtu bylo využito stanovení tritiové aktivity vody, která umožňuje do určité míry odhadnout míru zastoupení vody, infiltrované v šedesátých až sedmdesátých letech minulého století, protože aktivita těchto vod je vyšší. Po určení tritiové aktivity vzorků, standardu a pozadí a koeficientů počáteční aktivity, bylo stáří vody hlubší zvodně vypočteno na

611 let (± 214 let).

3.2 Hluboká zvodeň

Stáří vody hluboké zvodně bylo zjišťováno vyhodnocováním radiouhlíkového stáří vzorků vod, odebraných v únoru 2008 z vrtů O-4 (213 m, hl.

přítoky 39-45, 153-155 a 207-208 m) a O-5 (220 m, hl. přítoky 43, 142-148, 198 a 213 m). Pro stanovení byly použity dva nezávislé přístupy.

1. Pearsonův model v programu SAGE, který poskytuje dobré výsledky v oblastech kde dochází k rozpouštění karbonátů v uzavřeném systému, což je pravděpodobně i případ vzorkované vody. Stáří podle tohoto modelu bylo stanoveno na

O-4 = 4 400 let

O-5 = 3 800 let

2. Za předpokladu počáteční aktivity uhlíku = 85 % pmc (procent moderního uhlíku) je

O-4 = 4 200 let

O-5 = 3 500 let

Takto vypočtené stáří by pak mohlo odpovídat metodice dle prof. Šilara, kde je počítáno s rozsahem radiouhlíkové aktivity mezi 80 - 95 %. Za těchto podmínek je stáří stanoveno na

O-4 = 3 000 - 4 400 let

O-5 = 3 700 - 5 100 let

Z uvedených výsledků je zřejmé, že tyto testované vody mají v prvním případě možný původ už ve srážkových vodách z období středověku. Ve druhém případě by se původ mohl datovat do období eneogénu, tj. někdy na rozhraní mladší doby kamenné a doby bronzové. Nicméně počátek utváření samotného soustředění podzemní vody ve zkoumaném prostoru lze datovat už do období zhruba před 100 tisíci lety, několik tisíc let před koncem doby ledové.

4 DŮVODY PRO VZNIK ODVODŇOVACÍCH SYSTÉMŮ

Jak již bylo řečeno, v některých vhodně disponovaných územích dochází ke gravitačnímu doplňování zásob podzemních vod. V jiných lokalitách s vhodnou morfologií a tlakovými podmínkami však mnohdy dochází k opačnému efektu. Tj. k výstupu podzemních vod buď až do úrovně terénu a vzniku otevřených pramenů, kde se vytékající voda stává součástí povrchového odtoku nebo do podpovrchové úrovně na rozhraní podložních a kvartérních poloh, kde tato voda postupuje po spádu podložních vrstev a stává se součástí podzemního odtoku. Jeho základní složkou je základní odtok, který je částí celkového odtoku z území k určitému profilu drenážní báze povrchového toku a který je tvořen dotací z podzemních

vod. Základní odtok, je v různých částech území různý a to s ohledem na geologické a geomorfologické podmínky. V ČR se průměrná hodnota základního odtoku pohybuje orientačně kolem $4,0 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ a průměrně tvoří kolem 36 % celkového odtoku z území. Lokálně se však tyto hodnoty pohybují od $< 1,0 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$ až do $> 8,0 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^2$. Významně vyšší hodnoty jsou registrovány v horských a podhorských oblastech a částech Českomoravské vrchoviny, nižší hodnoty v nížinách a pánevních oblastech. V zásadě však platí, že tato voda po výstupu do podpovrchové úrovně bývá za vhodných podmínek příčinou vzniku a existence lokálních mokřadních ploch, které jsou v případě potřeby řešeny umělým odvodněním.

5 CHARAKTERISTIKA ODVODŇOVACÍCH SYSTÉMŮ

Účelem odvodňovacích systémů obecně by mělo být zlepšení stavu jednak zemědělsky využívaných ploch, jehož výsledkem by měla být úprava vodního a vzdušného režimu půd pro potřeby pěstovaných rostlin a zajištění únosnosti pro techniku, jednak úpravy v lesních porostech, které by měly zajistit zlepšení pěstebních a zdravotních podmínek dřevin, zvýšení stability a odolnosti porostů proti vývrátům a rovněž zajištění únosnosti pro techniku. Dalším faktorem by měla být stabilizace vybraných ploch proti vodní erozi.

Odvodňovací systémy jsou různé. Od jednoduchých povrchových rýh až po náročné stavby. Plošně nejrozšířenější fenomén je však u nás systematické odvodnění s využitím meliorací. Na území ČR bylo vybudováno zhruba na 1,1 mil. ha (11 tisíc km^2). Při rozloze ČR 78 866 km^2 je to celá 1/7 její plochy. Jestliže bychom to porovnali omezili pouze na rozlohu zemědělské půdy, která je přibližně 42 600 km^2 (= 54 % celkové rozlohy státu), pak se jedná o více než 1/4 všech zemědělských ploch.

Při tak obrovských rozlohách v území, které se potřebuje rozvíjet, musí nutně docházet ke střetům zájmů. Intenzivní budování od přelomu 19. - 20. a v průběhu 20. století u nás prakticky po roce 1990 skončilo. Je ale naprosto neoddiskutovatelnou skutečností, že řádně provedené systémy ve většině lokalit měly a mají velmi významnou stabilizační a krajinotvornou funkci. Na druhou stranu nelze přehlédnout, že řada lokalit byla v minulých dobách odvodňována buď nevhodně nebo i neopodstatněně, tzv. „na proinvestování plánovaných prostředků“. Legislativní úprava vlastnických vztahů v rámci privatizace zároveň určila, že vybudované odvodnění fyzicky náleží vlastníkovu pozemku. V mnoha případech tak došlo k situaci, že nový nebo staronový vlastník půdy buď ani neví, že má nebo v jakém rozsahu má na svém pozemku nějaký odvodňovací systém a že by měl udržovat jeho řádnou funkci. Případně postupně zjišťuje tvorbu nenadálých mokřadních ploch, které po poruchách vznikají v místech, kde ani v

době před stavbou odvodnění nikdy nebyly, apod. Důsledkem bývá zhoršení kvality a omezení možnosti využívání takových pozemků.

6 ODVODŇOVACÍ SYSTÉMY Z POHLEDU HYDROGEOLOGA

Z hydrogeologického hlediska je možné na problematiku systematických drenáží pohlížet z několika aspektů. Prvním je odvodnění území, které zkracuje dobu zdržení podpovrchových a mělkých podzemních vod v dané lokalitě. S tím souvisí i omezení nebo i znemožnění infiltrace těchto vod do systémů hlubšího oběhu a zhoršování stavu doplňování zásob podzemních vod. Může se to zdát jako banální nebo až za vlasy přitažené, protože by bylo možné tvrdit, že té vody na tom poli není zase až tolik. Jenže těch polí a jiných zemědělských ploch je u nás výše uvedených zhruba 11 000 km². Z drenáží je voda odváděna většinou do přímého odtoku. Při hydrogeologických průzkumech se běžně setkáváme s výskytem drenážních systémů. Je skutečností, že v některých případech jsme měli možnost pozorovat výtoky na výustích jen v řádech 0,0X l.s⁻¹. Zároveň jsme se ale i v obdobích tzv. hydrologického minima setkali s odtoky v řádech vyšších 0,X l.s⁻¹.

Nevím, zda je v současné době známa nějaká kvantifikace průměrného odtoku podzemních vod z drenážních systémů. Kdybychom však pro potřeby této přednášky uvažovali s průměrným odtokem jen cca 0,5 l.s⁻¹.km² a jen po dobu 6 měsíců v roce, pak by celkový odtok za tuto dobu činil zhruba 85,5 mil. m³. Tento údaj si nečiní nárok na přesnost a je jen hypoteticky uvažovanou hodnotou. Nicméně je to objem, který je např. zhruba čtyřnásobkem objemu údolní nádrže Seč na Chrudimsku, nebo který přibližně odpovídá celkovému objemu vodní nádrže Rozkoš u České Skalice. Jinak řečeno je to objem, který by například při normované spotřebě 125 l/osoba/den, mohl zajistit potřebu 100 000 obyvatel na dobu cca 18 let. V kontextu s touto úvahou se pak nabízí i srovnání s diskutovanou výstavbou dvou velkých a dvou malých údolních přehrad, jejichž souhrnná kapacita by měla činit 38,3 mil. m³.

Dalším aspektem je střetávání zájmů při rozšiřování intravilánů obcí do prostorů s odvodňovanými plochami. Při výstavbě jsou v současné době pro každý projekt vyžadována hydrogeologická posouzení možnosti zásaku srážkových vod z budoucích zpevněných ploch nebo i přečištěných splaškových vod do horninového prostředí. V rámci provádění více sond pro ověření vsakovacích parametrů v dané lokalitě se setkáváme i s výraznými rozdíly. Při bližším zkoumání zde často zjišťujeme existenci systematických drenáží, podél kterých, pokud jsou funkční, zjišťujeme nižší úroveň lokálního zvodnění a lepší zasakovací parametry, které jsou v rozporu s hodnocením vsaků v obdobném horninovém prostředí v jiném místě lokality. V takových případech pak musíme

vsaky v lokalitě hodnotit podle nejméně příznivých výsledků, protože je zřejmé, že při výstavbě dojde minimálně k poškození nebo úplnému zrušení drenáží a celkovému zhoršení vsakovacích podmínek v celé ploše. Pro ilustraci uvádíme mapové srovnání na lokalitě Zhoř v okrese Jihlava v časovém sledu, nabízeném na mapovém portálu Seznam.cz s mapou meliorovaných ploch dle LPIS. Z uvedeného srovnání je dobře patrný vývoj lokality od 19. století po současnost, s předpokladem další zástavby.



Obr. 2 Lokalita Zhoř – 19. století



Obr. 3 Letecký snímek - plocha průřezu zásaku v prostoru plánované zástavby – 2017



Obr. 4 Stejná situace na podkladu zákresu meliorací dle LPIS

Další problematikou, se kterou přicházíme do styku, je odvodňování mokřadních ploch v lesích. Zde dochází ke konfliktu se zájmem vlastníka lesa na zlepšení pěstebních podmínek a společenským zájmem na zadržení vody v krajině. Mnohdy se jedná o omezené pramenní vývěry podzemních vod, které jsou bez dalšího využití odváděny umělými rýhami. Společensky přijatelnější variantou je podchycení takovýchto mokřadů zářezy nebo studnami a využití jímáné vody pro zásobování obyvatel v dané lokalitě. To je však dále podmíněno místním zájmem, spádovými podmínkami, dostupnou vzdáleností, finančními možnostmi a dohodou s vlastníky pozemků v místě jímání a na trase případného přiváděče.

Taková možnost je aktuálně řešena např. v prostoru lesa s místním názvem „Peklov“ v katastru obce Moravč v okrese Pelhřimov. Geologicky je toto území budováno převážně biotitickými a sillimaniticko-biotitickými pararulami. Záměrem projektanta Ing. Čaška ze společnosti 3E projektování, je zde ověření možnosti podchycení a jímání mělkého obzoru podzemní vody pro vybudování doplňkového zdroje vody pro obec. Při společném terénním šetření byl v prostoru rozsáhlého mokřadu zjištěn otevřený pramenní vývěr. Dle sdělení místního lesního hospodáře je mokřad i pramenní vývěr i v současném období trvalý. Následné geofyzikální měření zde dokumentovalo výrazné tektonické porušení podložních hornin. Z vyhodnocení vyplývá, že mokřad je založen na výstupu podzemních vod napjaté zvodně hlubšího oběhu v prostoru křížení poruchových struktur. Průběhy těchto struktur jsou zhruba ve směrech SSV-JJZ a SZ-JV. Aktuální povrchový výtok byl v době průzkumu (2. 8. 2017) odhadován na 0,05-0,10 l.s⁻¹. Pokud by byl tento prostor podchycen např. zářezem v kvartérním profilu, lze předpokládat jeho trvalou využitelnou vydatnost v hodnotách kolem

0,20-0,30 l.s⁻¹. S ohledem na rozsáhlost tektonického porušení a pravděpodobnost výstupu podzemních vod na více místech mokřadní plochy lze zároveň předpokládat, že nedojde k jeho vysušení a bude zde zachována skladba a rovnováha stávajícího ekosystému. Současně minimálně v části plochy budou zachována přirozená napájecí místa pro zvěř. Záměr doplnit zásobování obce vodou z tohoto prostoru zde byl již v minulosti, kdy byl do relativní blízkosti SV mokřadu dotažen svod ke stávajícímu prameništi a odkyselovací stanici obecního vodovodu. Soustřeďování vody na vstupu do odvodňovacího potrubí bylo v té době pravděpodobně provizorně řešeno vyhloubením a vyštěrkováním mělké jámy na jeho konci. Aktuální projekt je ale teprve v počáteční fázi a jeho výsledky budou známy až v průběhu případné realizace a následném provozu.



Obr. 5 Mokřadní plocha na křížení tektonických poruch – lokalita Moraveč

7 ZÁVĚR

V závěru dovolte ještě jedno zásadní konstatování. V úvodu bylo řečeno, že prakticky všechny vody, tvořící využitelné zdroje podzemních vod ČR, ve starší či mladší minulosti na jejím území napršely. Z dosud známých poznatků vyplývá, že srážkové úhrny jsou s určitými cyklickými výkyvy historicky víceméně obdobné. Řečeno jinými slovy, na našem území dnes prší zhruba stejně jako před

sto, tisíci nebo desetitisíci lety. Obecné přírodní podmínky pro vsak a soustředování podzemních vod jsou víceméně totožné. Oproti minulosti je zde ale více zásadních rozdílů. Např. charakter dnešní krajiny, rozlohy zastavěných ploch, počty obyvatel, hustota osídlení v různých částech území, počty chovaných hospodářských zvířat, způsob zemědělského hospodaření, průmysl, doprava atd. S tím úzce souvisí i mnohonásobně větší spotřeba vody, než v minulosti. A co je velmi podstatné, způsoby jejího odběru, které by se daly charakterizovat až jako těžba a způsoby nakládání s ní. Sice bychom asi velmi těžko uměli kvantifikovat celkové spotřeby v jednotlivých historických obdobích. Nicméně lze s velkou mírou pravděpodobnosti konstatovat, že doplňování zásob podzemních vod bylo do doby před průmyslovou revolucí vždy výrazně vyšší, než její spotřeba. S až geometrickým nárůstem počtů obyvatel, rozvojem civilizace a souvisejících fenoménů moderní doby, se potřeby postupně zvyšovaly. Disponujeme technologickými prostředky, které nám umožňují masivní odběry vody ze zvodní, které se zde akumulovaly už před mnohými tisíci lety. Nehledě na trend mnohdy divokého budování soukromých vrtů a odběrů mnohdy bez řádné dokumentace a evidence. Spolu s aktuálními změnami v klimatu se tyto jevy podílejí na dlouhodobém zaklesávání hladin a snižování využitelných zásob podzemních vod. Z tohoto pohledu je tedy každé, byť i malé množství vody, které by bylo možné udržet v krajině nebo ho do ní nějakým způsobem vrátit, velmi žádoucí. Týká se to i podzemních vod, které jsou předmětem systematického odvodňování zemědělsky využívaných ploch. V současnosti je samozřejmě naprosto iluzorní představa nějakého divokého plošného rušení odvodňovacích systémů, které ani není žádoucí a ze společenského i ekonomického hlediska by v celkovém důsledku napáchalo víc škody než užitku. Na řadě území je však možné vysledovat terénní a průtočné podmínky, které by např. umožnily oddrénované vody nevypouštět volně do odtoku, ale vytvořit před jejich výtokem podmínky pro jejich zpětný vsak nebo akumulaci. Každý takový případ by ale bylo nutné detailně posuzovat. Zároveň za současného stavu legislativy nelze tyto projekty jakkoliv vymáhat a záleží pouze na vlastnících konkrétních pozemků, jak by k takovým návrhům přistupovali. Roli tu samozřejmě hraje i náročný povolovací proces a v neposlední řadě finanční kalkulace a zajištění finančních prostředků. Nicméně každý krok, ať už na úseku legislativy, výkonné administrativy, odborného posuzování, projektování a samotného stavebně-technického provádění, by byl vítán.

Literatura, podklady

- [1] M.Kněžek, J. Kessler, Metody výpočtu základního odtoku
- [2] Eva Soukalová, Radomír Muzikář, Hydrologické sucho v podzemních vodách

- [3] V. Habětín a kol., Geologie
- [4] L. Tlapáková, Využití dálkového průzkumu Země pro identifikaci a vymezení funkcí drenážních systémů
- [5] Portál ČHMÚ
- [6] Portál Seznam - mapy.cz
- [7] J. Taranza, W. Tůma, Opatov – Historie prameniště
- [8] J. Taranza, Zhoř – HG posouzení zásaku srážkových vod
- [9] J. Taranza, Moravec – Projekt průzkumných hydrogeologických prací

ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI ZAJIŠTĚNÍ VODNÍCH ZDROJŮ PRO HRADECKO MÍSTO PLÁNOVANÉ NÁDRŽE PĚČÍN

Ladislav KAŠPÁREK^{1,✉}, Magdalena Nesládková¹

¹*Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00
Praha 6*

✉ *ladislav.kasperek@vuv.cz*

Abstract

Příspěvek popisuje možnosti zajištění vodních zdrojů pro deficitní oblast Hradecka a Pardubicka, které mohou představovat alternativu k výstavbě nové vodní nádrže v hájené lokalitě Pěčín. V první části jsou shrnuty poznatky o možnostech navýšení odtoku z povodí v souvislosti se změnou využití území, druhá část příspěvku popisuje výsledky projektu QH81331 Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadů klimatické změny v regionech ČR, který se zabýval převážně technickými opatřeními pro posílení stávajících vodních zdrojů nebo pro zajištění nových zdrojů.

Klíčová slova: vodní zdroje, dopady klimatické změny, modelování adaptačních opatření, opatření v krajině pro zvyšování retence, vodní nádrž.

1 ÚVOD

Několiikaleté sucho, které zažíváme a které nepříznivě ovlivňuje vydatnost vodních zdrojů napříč Evropou, znovu otevřelo prostor pro diskuzi nad výstavbou nových přehrad v ČR. Tato opatření mají v perspektivě očekávaných dopadů klimatické změny své opodstatnění, přesto je třeba se zamyslet a zodpovědně odpovědět na otázku, zda neexistuje jiný méně rozporuplný způsob řešení nedostatku vodních zdrojů v deficitních oblastech. Oblastí, která se nabízí jako první k řešení, je aglomerace Hradce Králové a Pardubic, kde dostupné vodní zdroje právě postačují na uspokojení stávajících požadavků. Klesající dostupnost vodních zdrojů, jejich kontaminace a zároveň zpřisňující se ochrana životního prostředí v oblasti vodního hospodářství představují výzvu pro vodohospodáře, kteří potřebují zajistit vodní zdroje v dostatečném množství a jakosti i pro výhledové období a pro další rozvoj oblasti.

Zásobování obyvatelstva pitnou vodou v řešeném území je z významné části zajišťováno tzv. Vodárenskou soustavou východní Čechy (VSVČ). Tato soustava

představuje rozsáhlé propojení vodárenských systémů Náchodska, Hradecka, Pardubicka a Chrudimska (viz schéma na obrázku 1). Deficitní oblasti Pardubicka a Hradecka jsou dotovány ze zdrojových oblastí Chrudimska a Náchodska. Soustava umožňuje částečnou zastupitelnost vodních zdrojů při haváriích nebo při lokálním nedostatku vody. Nejvýznamnějšími zdroji VSVČ jsou především zdroje podzemní vody z oblasti Polické křídové pánve (Broumovsko), Podorlické křídové pánve (jímací území Litá na Hradecku) a Chrudimské křídly (Podlažice), zdrojem povrchových vod je především vodárenský tok Chrudimka. V oblasti jímacího území Litá se zároveň nachází evropsky chráněná lokalita NATURA 2000 Zbytka, která patří mezi poslední lokality v ČR, kde se zachovala slatinná rostlinná společenstva vázaná na vývěry alkalických podzemních vod. V období od 10.3. do 15.7. zde nesmí hladina podzemní vody klesnout pod stanovenou minimální úroveň.



Obr. 1 Schéma Vodárenské soustavy Východní Čechy

V případě, kdy není možné využívat odběry vody z jímacího území Litá, je uvedena do provozu úpravná vody z Orlice v Hradci Králové, která byla v uplynulých letech zrekonstruována a plní též funkci záložního vodního zdroje.

Stávající bilančně vyvážený stav je však poměrně zranitelný vůči potenciálním změnám ve vydatnosti využívaných vodních zdrojů v souvislosti s dopady klimatické změny, v jejich jakosti nebo v souvislosti s rostoucí poptávkou po vodě v regionu. Státní podnik Povodí Labe ve svých prognózách vyčíslil deficit vodních zdrojů pro oblast zásobenou z VSVČ na více než 200 l/s k roku 2050. Tento potenciální deficit by mohl být pokryt odběrem vody

z plánované nádrže Pěčín na říčce Zdobnici v CHKO Orlické hory. Je to však jediná možnost, jak řešit výhledový nedostatek vodních zdrojů?

2 POZNATKY O ÚČINKU ZMĚN UŽÍVÁNÍ KRAJINY NA ODTOK Z POVODÍ A POSÍLENÍ VODNÍCH ZDROJŮ

První často uvažovanou možností jak navýšit využitelné vodní zdroje v povodí bez nutnosti strukturálních úprav jsou opatření v krajině a na zemědělské půdě. Ve VÚV TGM, v.v.i. bylo zpracováno několik studií, které se věnovaly kvantifikaci účinku změny užívání krajiny na celkový odtok z povodí. Výsledky těchto studií však význam těchto opatření na zvýšení celkového odtoku nepotvrzují.

2.1 Opatření: zalesnění orné půdy

První výpočty, které ukázaly účinek změny orné půdy na posílení infiltrace vody ze srážek do půdy a do zásob podzemní vody v povodí Rakovnického potoka byly součástí projektu (Kašpárek a kol., 2012). Výsledky ukázaly, že „Efekt posuzovaných opatření při reálně odhadnutých možnostech změn užívání zemědělské půdy je velmi malý, řádově jen několik procent celkové dotace podzemních vod. Také výzkum účinků agrotechnických opatření na zmenšení kulminačních průtoků a objemů povodňových vln ukázal, že pro reálné proveditelná opatření na zemědělských pozemcích je účinek relativně malý, v řádu několika procent.“

Výsledky navazujících obecnějších výpočtů, které byly založeny na metodě CN, byly prezentovány v referátu (Kašpárek a Peláková, 2014), výsledkem byla tabulka 1, která ukazuje efekt změny orné půdy na les.

Tab. 1 Rámcový odhad zvětšení výšky infiltrace do podzemních vod (/INF) změnou orné půdy na les v rozmezí parametrů reálných povodí

Srážka roční	Průměrná dotace podz. vod	Změna INF na ploše orné půdy	Podíl orné půdy	Změna INF na povodí při změně celé orné půdy		Změna INF na povodí při změně 1/10 orné půdy	
[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[mm]	% dotace podz. vod	[mm]	% dotace podz. vod
550	31,1	15,6	50	7,84	25,2	0,78	2,52
600	46,2	22,8	40	9,12	19,7	0,91	1,97
700	85,5	33,2	30	9,98	11,7	0,99	1,17
800	136,8	45,6	20	9,12	6,7	0,91	0,67
900	200	59,8	10	5,99	3,0	0,59	0,30

2.2 Opatření: návrat stavu zemědělsky využívané, zejména orné půdy do stavu před její dlouhodobou degradací, tj. zvětšení retenční schopnosti půdy

Touto problematikou se zabýval výzkum prezentovaný v článku (Kašpárek, Vizina a Kožín, 2017). Citace závěru studie: V hydrologickém modelu BILAN je jedním z rozhodujících činitelů parametr Spa, který má rozměr mm vodního sloupce. Když je v půdním profilu zadrženo více vod, než odpovídá hodnotě parametru Spa, nastává průsak vody z půdy do horninového prostředí. Pomocí objektivní optimalizace bylo prokázáno, že pro povodí Labe po Děčín o ploše 51393 km² klesá hodnota Spa z cca 70 mm v období 1851 - 1950 na hodnoty blízké 40 mm pro období s počátkem po roce 1951. Pokles retenční schopnosti o 30 mm odpovídá pokles objemu vody zadržené v půdě 1,54 miliardy m³. I tento značný objem je jen 4,4 % průměrné roční srážky, 6,2 % průměrného ročního výparu resp. 15,5 % průměrného ročního odtoku z povodí. Pokles retenční kapacity půdy se projevuje nepříznivě tím, že se prodlužují období s malou zásobou vody v půdě, takže se prohlubuje a prodlužuje zemědělské sucho. Důsledky pro odtok jsou opačné, půdou se zmenšenou retenční kapacitou prosákne více vody do horninového prostředí a do zásob podzemní vody, takže se zvětšuje dlouhodobý roční průměr základního i celkového odtoku o cca 10 % (cca 30 m³.s⁻¹). Pokud se v budoucnosti podaří zlepšit stav půd tak, aby byly schopné zadržet větší objem vody, bude tím mírně zmenšován odtok z povodí. Při výskytu dlouhodobého sucha se vliv rozdílné retenční kapacity půd na odtok projevuje velmi slabě, při poklesu průtoků do extrémních minim téměř nezatelně.

Effekt přírodně blízkých opatření na hydrologickou bilanci byl modelován na povodí Trkmanky (Kožín a Bašta, 2017). Povodí se nachází na jižní Moravě a je intenzivně zemědělsky obhospodařované. V rámci projektu „Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodně blízkými opatřeními v České republice“ (www.vodavkrajine.cz) na něm byl navržen značný počet komplexních protierozních opatření na téměř 132 km², což tvoří 43 % celkové plochy povodí. Tato opatření mají za úkol minimalizovat erozi a zvyšovat celkovou retenci povodí. V článku je navržen možný postup kvantifikace vlivu přírodně blízkých opatření na složky hydrologické bilance. Bylo zjištěno, že na povodí Trkmanky by navržená opatření pomohla zadržet o 943950 m³ vody více v půdě v průměru za rok. Zvýšení celkové retence je ale na úkor celkového odtoku z povodí a pravděpodobně by se zvýšila četnost, velikost a trvání deficitních objemů. Na povodích tohoto typu, kde se vyskytuje nízký úhrn srážek a poměrně vysoký výpar se jeví smysluplnější dělat přírodně blízká opatření za účelem snižování eroze a zlepšení kvality půdy než za účelem zvyšování celkové retence.

2.3 Opatření: obnova nebo zřizování rybníků

Pokud nově zřizované malé vodní nádrže nebudou určeny pro nadlepšování průtoků v obdobích hydrologického sucha, což neumožňuje jejich využití k intenzivnímu chovu ryb, bude jejich efekt na odtok z povodí závislý na tom, zda i v období sucha srážky, které na hladinu spadnou, jsou větší, než výpar z hladiny. V opačném případě rybníky zmenšují odtok z povodí, jak ukázala studie (Kašpárek, Beran a Pistulka, 2017), která posoudila vliv rybníků v povodí Lužnice na zmenšení průtoků ve vodoměrné stanici Bechyně. Pro měsíce květen až říjen 2015 byla podle průběhu teploty vzduchu vypočítána ztráta výparem z celkové plochy rybníků v povodí Lužnice a redukována o srážky. Po převodu do měřítka průtoků byl i na takto velkém povodí pokles průtoků vlivem výparu z rybníků srovnatelný až s úrovní 355 denních průtoků a násobně převyšoval minimální průtok z roku 2015.

Z uvedených poznatků vyplývá, že není možné od opatření v krajině očekávat významný vliv na velikost odtoků z povodí a nelze je považovat za vhodnou alternativu k nádrži, jejíž účel je primárně vodárenský. Význam opatření na zvyšování retenční schopnosti půdy a krajiny spočívá především v omezení účinků lokálních přívalových povodní, ochraně půdy před nadměrnou erozí, v ochraně jakosti vody a snižování následků sucha v zemědělství.

3 TECHNICKÁ OPATŘENÍ NA STÁVAJÍCÍ INFRASTRUKTUŘE

Druhou skupinou opatření, kterou je třeba vzít v úvahu při hledání alternativy k nové nádrži, jsou opatření na stávající infrastrukturu, případně jiná strukturální opatření v povodí. Navrhování opatření na zvýšení disponibilních vodních zdrojů ve východních Čechách i s ohledem na očekávané dopady změny klimatu proběhlo v rámci projektu s názvem Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadů klimatické změny v regionech ČR, který byl řešen ve VÚV TGM, v.v.i., v letech 2008–2012. V rámci řešení projektu byly kromě jiného ověřovány následující možnosti:

- 1) Změna manipulačního řádu nádrže Pastviny a její využití pro odběr surové vody pro úpravu na vodu pitnou
- 2) Zvýšení odběru ze soustavy nádrží Seč a Křižanovice na řece Chrudimce
- 3) Využití uměle vyvolané břehové infiltrace v nivě Orlice nad Malšovickým jezem v Hradci Králové pro zvýšení zabezpečení jakosti vody pro úpravu vody v Hradci Králové
- 4) Modelování vlivu infiltrace povrchových vod do podzemních struktur v oblasti lokality nádrže Mělčany na vydatnost jímacího území Litá v povodí Dědiny

- 5) Zjednodušené vodohospodářské řešení nádrže Mělčany v případě jejího víceúčelového využití se stálou akumulací

Rovněž bylo provedeno zjednodušené vodohospodářské řešení nádrže v lokalitě Pěčín na Zdobnici. V následujícím textu jsou popsány výsledky získané pro první dvě možnosti.

4 METODIKA A DATA

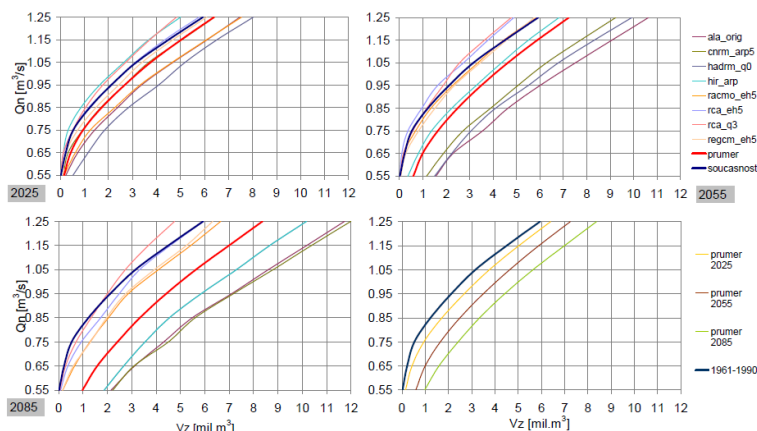
Pro dotčená pilotní povodí proběhla nejprve analýza trendů v pozorovaných řadách průměrné roční teploty vzduchu, úhrnu srážek a odtoku pro časové řady 1961–2009, byly sestaveny vstupní řady teploty, srážek a odtoků pro modelování hydrologické bilance v měsíčním kroku s uplatněním scénářů klimatické změny pro referenční období 1961–1990 (referenční rok 1975) a následně pro období 2010–2039 (ref. rok 2025), 2040–2069 (2055) a 2070–2099 (2085) pro osm různých výstupů z regionálních klimatických modelů (výsledky projektů Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny a ENSEMBLES) pro emisní scénář SRES A1B. Proběhlo modelování složek hydrologické bilance pro pozorovaná vstupní data a pro scénářová data pro referenční období 1961–1990 a pro výhledová období pomocí koncepčního modelu BILAN a byly vyhodnoceny změny ve složkách hydrologické bilance. Řady modelovaných odtoků byly následně využity pro zjednodušené vodohospodářské řešení nebo pro simulační modelování funkce vodohospodářské soustavy, případně modelované změny srážek, výparu a míry infiltrace do vod podzemních byly uplatněny pro modelování proudění podzemní vody.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky simulačního modelování vodárenského odběru z nádrže Pastviny

První alternativní možností k nádrži Pěčín, která přichází v úvahu, je vodárenské využití stávající nádrže Pastviny na Divoké Orlici, která je od hájené lokality Pěčín vzdálena přibližně 15 km vzdušnou čarou. Nádrž je v současné době využívána především na ochranu před povodněmi, na výrobu elektrické energie ve špičkové vodní elektrárně s hlností 12 m³/s, nadlepšování minimálních zůstatkových průtoků pod nádrží na hodnotu 0,55 m³/s a pro rekreaci. Stávající manipulační řád uvažuje se zimní a letní hladinou vody v nádrži. Zásobní prostor nádrže činí v zimním období přibližně 5,5 mil. m³, v letním období 6,2 mil. m³. Celkový ovladatelný prostor nádrže činí přibližně 8,8 mil. m³. Pro vodní dílo

Pastviny byly nejprve stanoveny hodnoty maximálního nadlepšení metodou zjednodušeného vodohospodářského řešení pro pozorovanou historickou řadu průtoků a dále rovněž pro scénářové řady pro úroveň zabezpečení 98,5 % a 100 %. Výsledné závislosti pro pravděpodobnost zabezpečení 98,5 % jsou na obrázku 2. Z grafu je patrný pokles nadlepšení pro scénářové řady, který pro průměr ze scénářů pro výhledové období 2040–2069 (se středem v roce 2055) činí přibližně 10 % a pro výhledové období 2070–2099 (2085) přibližně 15 % oproti referenčnímu období 1961–1990. Výsledné hodnoty celkového nadlepšení při uvažované velikosti zásobního objemu 5,5 mil. m³ (zimní hladina) neklesají pod 1 m³/s i pro průměr scénářových řad pro vzdálený časový horizont 2070–2099.



Obr. 2 Vztah mezi nadlepšením z nádrže a velikostí uvažovaného zásobního prostoru nádrže se zabezpečeností 98,5 % pro uvažované scénáře klimatické změny (průměr ze scénářů vyznačen červeně) a pro pozorované průtoky (modře).

Dále bylo provedeno simulační modelování funkce nádrže Pastviny pomocí modelu HEC-ResSim s uplatněním pravidel stávajícího manipulačního řádu a dále rovněž pro nový požadavek na vodárenský odběr vody z nádrže na úrovni 200 l/s se zachováním ostatních pravidel manipulace. Z výsledků vyplynulo, že stávající požadavky na zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků bude pravděpodobně možné uspokojit i ve výhledových obdobích (pokud uvažíme průměr ze scénářů). Simulační modelování provedené s uvažovaným vodárenským odběrem s uplatněním pozorované řady přítoků za období 1961–2009 a rovněž pro výhledové období 2010–2039 prokázalo, že takový požadavek by bylo možné zabezpečit bezporuchově. Řešení s uplatněním přítoků do nádrže modelovaných pro výhledová období 2040–2069 a 2070–2099 naznačuje, že pro

některé scénáře by mohlo dojít k poruše – tj. zaklesnutí hladiny na úroveň stálého nadřzení, ale v průměru všech osmi uvažovaných scénářů by zvolený požadavek bylo možné uspokojit.

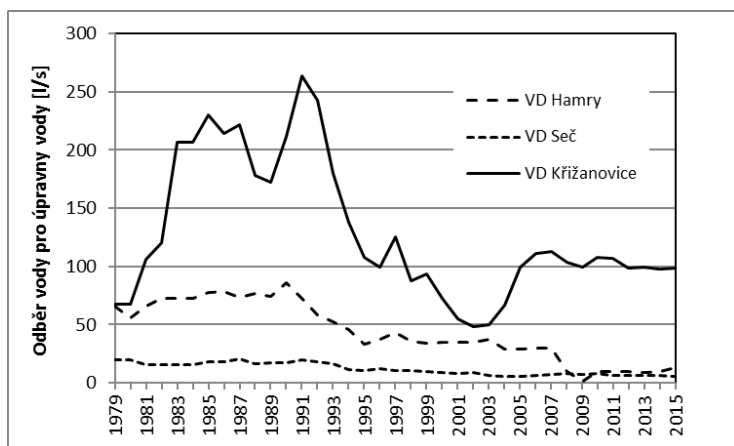
Nádrž Pastviny by tedy mohla představovat potenciální zdroj vody. Otázkou zůstává, jakým způsobem by vodárenský odběr ovlivnil provoz špičkové vodní elektrárny, jaké procesy úpravy vody by bylo třeba pro úpravu na vodu pitnou a jaké požadavky na související infrastrukturu by takové řešení přineslo i v souvislosti se stávající rekreací v oblasti (distribuce, zabezpečení odvádění a čištění odpadních vod v povodí nádrže atd.). Ve zprávě o vodohospodářské bilanci z roku 2015 je uvedeno, že nádrž Pastviny patří k nádržím s nejkvalitnější vodou ve správě povodí Labe.

5.2 Výsledky simulačního modelování navýšení odběrů ze soustavy nádrží Hamry, Seč a Křižanovice na Chrudimce

Další možností pro zvýšení disponibilních vodních zdrojů pro deficitní oblasti Pardubicka a Hradecka je navýšení stávajících odběrů z nádrží Seč a Křižanovice na řece Chrudimce a zvýšení stávající míry předávání vody na Pardubicko a Hradecko. Odběry surové vody z nádrží na řece Chrudimce poklesly přibližně o polovinu oproti stavu z období 80. let, jak je patrné z grafu na obrázku 3. Celkový rozdíl mezi stávající úrovní odběrů (2010–2015) a hodnotou z 80. let (1983–1993) činí více než 180 l/s. Povolený odběr surové vody z nádrže Křižanovice do úpravní vody Monaco ve Slatiňanech dosahuje 170 l/s. V roce 2016 byla úpravní vody zrekonstruována a její maximální výkon dosahuje 350 l/s. Simulačním modelováním bylo třeba ověřit, jaké jsou aktuální rezervní vodní zdroje na soustavě nádrží při stávající míře užívání a jaký může být jejich vývoj při uvážení dopadů klimatické změny. Dále byly testovány možnosti zvýšení této rezervy změnou stávajících manipulačních řádů. Maximalizace odběrů byla soustředěna do nádrže Křižanovice, ze které je odebírána voda do úpravní vody Monaco.

Oproti řešení pro nádrž Pastviny byl pro simulační modelování byl využit matematický model soustavy vodních nádrží provozovaný ve VÚV TGM, v.v.i. Pro řešení bylo využito několik sad dat – data, která jsou výstupem modelování hydrologické bilance pro skutečně pozorované srážky a teploty vzduchu pro období 1963–1992 (s ohledem na dostupná pozorovaná data), výsledky modelování hydrologické bilance pro vstupní data z období 1963–1992 synteticky prodloužená do řady o délce 999 let metodou resamplingu pomocí nejbližšího souseda (Buishand, Brandsma, 2001), resamplovaná data, která byla transformována s uvážením výstupů simulací klimatických modelů a zjednodušený scénář klimatické změny zahrnující pouze zvýšení teploty vzduchu. Vstupy do modelu byly připraveny tak, aby bylo možné je průběžně načítat

v simulačním modelu. Statický simulační model neumožňuje automatickou optimalizaci, hodnoty rezervy byly hledány iteračně. Z výsledků zjednodušeného vodohospodářského řešení všech tří nádrží pro jednotlivé sady dat vyplynulo, že zjednodušené scénáře využívající pouze změnu teploty vzduchu velmi dobře reprezentují výsledky získané pro medián průtoků modelovaných na základě vstupních dat odvozených z výsledků klimatických modelů. Tohoto výsledku bylo využito při simulačním modelování, které následně proběhlo již pouze pro tyto zjednodušené klimatické scénáře, kdy zvýšení teploty vzduchu o jeden stupeň odpovídá výhledovému období 2010–2039, zvýšení o dva stupně období 2040–2069 a zvýšení o tři stupně období 2070–2099. Pro simulaci byly uvažovány odběry na úrovni roku 2007.



Obr. 3 Vývoj vodárenských odběrů vody z nádrží Hamry, Seč a Křižanovice

Výsledky modelování ukázaly, že pro navýšení odběrů z nádrže Křižanovice při zapojení nádrže Seč do soustavy nejsou v zásadě limitující stávající hodnoty minimálního zůstatkového průtoku přímo pod nádržemi, ale rozhodující je výsledek modelování v kontrolních bilančních profilech Padrty (pod vyrovnávací nádrží Seč II, odstupňovaný minimální zůstatkový průtok 0,48–1,6 m³/s) a Svídnice (pod vyrovnávací nádrží Práčov, odstupňovaný minimální zůstatkový průtok 0,48–0,9 m³/s). Stávající nastavení manipulačních řádů odpovídá aktuálním sníženým nárokům na odběry vody z nádrží. V případě snahy o navýšení odběrů z nádrže Křižanovice by bylo nutné snížit požadavek na zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků v kontrolním profilu celoročně na hodnotu 0,48 m³/s ($Q_{355d} = 0,39$ m³/s), pak je možné uvažovat s rezervou na úrovni 130 l/s (celkový odběr z nádrží Hamry, Seč a Křižanovice 280 l/s, 8830 tis. m³/rok). Tato rezerva by dle simulací měla být využitelná i při oteplení do 2 °C,

jak dokumentuje zkrácený výpis z výsledků simulací v tabulce 1. Pokud by teplota vzduchu ve svém ročním průměru vzrostla až o 3 °C, rezerva by významně poklesla k hodnotě 70 l/s.

Tab. 1 Výsledky iteračního simulačního modelování soustavy nádrží Hamry, Seč a Křižanovice na Chrudimce – pravděpodobnosti zabezpečení odběru (hodnota z roku 2007), rezerva na soustavě a pravděpodobnosti zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků v kontrolních profilech pod nádržemi Seč a Křižanovice pro referenční období a pro zjednodušené klimatické scénáře při snížení požadavků na odstupňované hodnoty Q_{MZP} .

Název požadavku	Scénář	Počet odběr [tis. m ³]	Rezer. [m ³ /s]	Požadov. zabezp. p _t [%]	Dosažené hodnoty				Max. hl. poruchy [%]
UV Hamry	res. 63–92	939		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Seč	res. 63–92	231		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Monaco (Křiž.)	res. 63–92	3 557		98,5	99,994	99,93	100	0	
Křiž. rezerva	res. 63–92	4 730	0,15	98,5	99,969	99,83	99,99	56	
Seč hladina 483 m n. m.	res. 63–92	–	–	98,5	99,91	99,83	–	–	
UV Hamry	+1 °C	939		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Seč	+1 °C	231		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Monaco (Křiž.)	+1 °C	3 557		98,5	99,994	99,93	100	0	
Křiž. rezerva	+1 °C	4 415	0,14	98,5	99,977	99,83	99,995	39	
Seč hladina 483 m n. m.	+1 °C	–	–	98,5	99,73	99,97	–	–	
UV Hamry	+2 °C	939		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Seč	+2 °C	231		97,5	99,994	99,93	100	0	
UV Monaco (Křiž.)	+2 °C	3 557		98,5	99,994	99,93	100	0	
Křiž. rezerva	+2 °C	4 100	0,13	98,5	99,986	99,83	99,997	31	
Seč hladina 483 m n. m.	+2 °C	–	–	98,5	99,4	99,13	–	–	

Název kontrolního profilu	Scénář	Požadov. min. [m ³ /s]	Požadov. zabezp. p _t [%]	Dosažené hodnoty				Max. hl. poruchy [%]
Padrtý	res. 63–92	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	
Svidnice	res. 63–92	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	
Padrtý	+1 °C	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	
Svidnice	+1 °C	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	
Padrtý	+2 °C	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	
Svidnice	+2 °C	0,48	98,5	99,994	99,93	100	0	

6 ZÁVĚR

Existuje řada racionálních důvodů, které podporují výstavbu nové nádrže v hájené lokalitě Pěčín. Jak bylo ale popsáno v příspěvku, je možné zvolit i jiné možnosti, jak vodu pro deficitní oblasti zajistit. Výsledky prací VÚV TGM, v.v.i., ukazují, že opatření v krajině pro zvýšení její retenční schopnosti a zmenšení eroze půdy nemohou významně posílit odtok z povodí ani tvorbu zásob podzemní vody. Bude však smysluplné je realizovat v povodí nad plánovanou nádrží pro zajištění jakosti vody a pro ochranu před zanášením sedimenty. Reálnými alternativami pro zvýšení disponibilních vodních zdrojů však mohou být opatření na stávající infrastruktuře. Další možná řešení budou zdokumentována v rámci prací, které v současné době zadalo Povodí Labe, s.p., a Ministerstvo životního prostředí.

Literatura

- [1] Buishand, T. A., Brandsma, T. (2001) Multisite simulation of daily precipitation and temperature in the Rhine basin by nearest neighbor resampling. *Water Resources Research*, 37(11), 2001, 2761–2776.
- [2] Kašpárek, L. a kol. Možnosti zmírnění současných důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopnosti v povodí Rakovnického potoka (Pilotní projekt). Závěrečná výzkumná zpráva projektu MZe ČR: QH91247. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. a Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012, 199 s.
- [3] Kašpárek, L., Peláková, M. Analýza citlivosti změn objemu přímého odtoku a infiltrace do půdy při předpokládaných změnách užívání pozemků, In: Seminář Adolfa Patery 2014 Extrémní jevy v povodích, Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, z.s.
- [4] Kašpárek, L., Vizina, A., Kožín, R. Využití hydrologického modelu BILAN pro odhad změny schopnosti půdy zadržet vodu. *Vodní hospodářství* 6/2017, s. 6-9. ISSN 1211-0760.
- [5] Kožín, R., Bašta, P., Moravec, V. Modelování efektu přírodních opatření na hydrologickou bilanci v povodí Trkmanky. *VTEI* 2017/4, s. 21-24. ISSN 0322–8916.
- [6] Kašpárek, L., Beran, A., Pistulka, J. O výparu z vodní hladiny v roce 2015, In: Seminář Adolfa Patery 2016 Extrémní jevy v povodích, Praha: Česká vědeckotechnická a vodohospodářská společnost, z.s.
- [7] Nesládková, M. a kol. Navrhování adaptačních opatření pro snižování dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 2012, ISBN 978-80-87402-25-2. Dostupné online:
- [8] http://www.vuv.cz/files/pdf/edicni_cinnost/publikace/mrkvickova_navrhovani_adaptacnich_opatreni.pdf

Poděkování

V příspěvku jsou popsány výsledky projektu QH 81331 Výzkum adaptačních opatření pro eliminaci dopadů klimatické změny v regionech ČR podpořeného z programu Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství ČR. Výsledky projektu jsou popsány v publikaci Nesládkové (2012), která je online ke stažení na adrese: http://www.vuv.cz/files/pdf/edicni_cinnost/publikace/mrkvickova_navrhovani_adaptacnich_opatreni.pdf

PŘIPRAVOVANÝ ON-LINE SYSTÉM PRO ZVLÁDÁNÍ SUCHA – OPERATIVNÍ ŘÍZENÍ BĚHEM SUCHÉ EPIZODY

**Adam VIZINA^{1,2,✉}, Martin Hanel^{1,2}, Miroslav Trnka³, Jan
Daňhelka⁴ a kolektiv**

¹*Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 2582/30
160 00 Praha 6*

²*Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 1176, 165
00 Praha-Suchbát*

³*Ústav globální změny CzechGlobe, Bělidla 986/4a, 603 00 Brno*

⁴*Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4 - Komáňany
✉ adam.vizina@vuv.cz*

Abstrakt

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, modelu hydrologické a vodohospodářské bilance. Tyto modely spolu se vstupními klimatologickými daty reprezentují sucho meteorologické, zemědělské a hydrologické sucho. 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.

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

1 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. Dispečeri 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 zcela chybí informace o předpokládaném vývoji hydrologické situace ve výhledu následujících týdnů až měsíců, která může napomoci optimalizaci řízení vodohospodářských soustav.

2 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

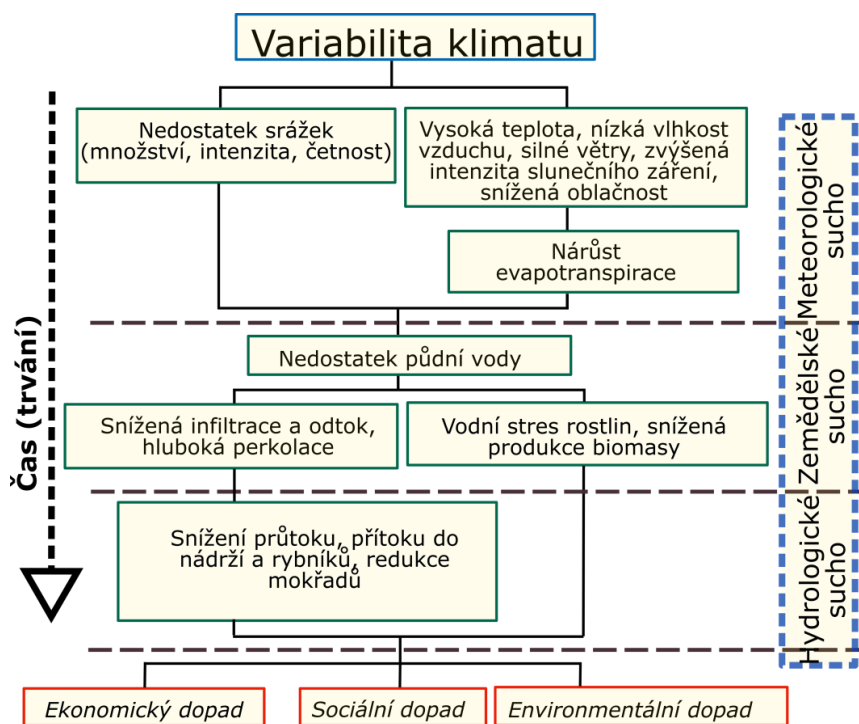
pozvolný začátek, značný plošný rozsah a dlouhé trvání. Přirozeně dochází k výskytu sucha, pokud se nad daným územím vyskytne anomálie v atmosférických cirkulačních procesech v podobě vysokého tlaku vzduchu bez srážek, která setrvává po dlouhou dobu nad určitým územím.

- 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 (Blinka, 2004). 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 ohrožená v důsledku nedostatku vody v různých složkách hydrologického cyklu zemského povrchu (Peters, 2003; Bratršovská, 2013; Panu a Sharma, 2002; Hayes, 2000). Dopady sucha lze rozdělit do tří základních kategorií: ekonomické, environmentální a sociální (obrázek 1).

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 (1997) 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 (Peters, 2003). Sucho také postihuje větší území než jiná přírodní rizika a zároveň postihuje více lidí než jakákoli jiná nebezpečí (Blinka, 2004; Trnka et al., 2003; Wilhite, 2000). 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 et al. (2015) 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

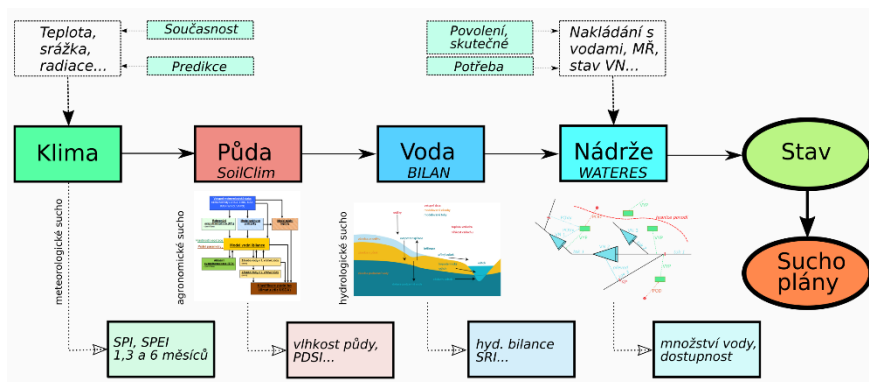
důraz kladený na ochranu životního prostředí mění zranitelnost obyvatelstva vůči období sucha (Trnka et al., 2003; Wanders et al., 2010). Je však důležité si uvědomit, že v rozvinutých vlhkých a subhumidních oblastech jsou škody způsobené suchem především finančního charakteru, zatímco nejzávažnější 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 (Peters, 2003; Stahl et al., 2010). Sucho, nebo kombinace sucha a lidské činnosti v těchto oblastech mohou vést ke vzniku pouští, přičemž půdní struktura a úrodnost půdy jsou degradovány a bio-produktivní zdroje se snižují, nebo mizí (Kundzewicz, 1997). Nicméně lepší monitorování a management vodních zdrojů a pochopení vývoje sucha mohou dopady sucha zmírnit.



Obr. 1 Propagace sucha do jednotlivých částí hydrologického cyklu (Vizina, 2014)

Systémový nástroj pro předpověď hydrologické situace

Nástroj je založen na propojení modelu vláhové bilance půdy SoilClim, modelu hydrologické bilance BILAN a modelu vodohospodářské soustavy WATERES jednotlivých povodí za účelem modelování pravděpodobného vývoje hydrologické situace na cca 8 týdnů. Schéma modelu je zobrazeno na obrázku 2, na kterém je zobrazena základní struktura systému. Jednotlivé komponenty jsou podrobněji popsány níže.



Obr. 2 Schéma systému pro předpověď hydrologické situace

Cílem je zajištění podkladů pro operativní řízení nádrží a vodohospodářských soustav pro dispečinky státních podniků Povodí a pro rozhodování „komisí 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:

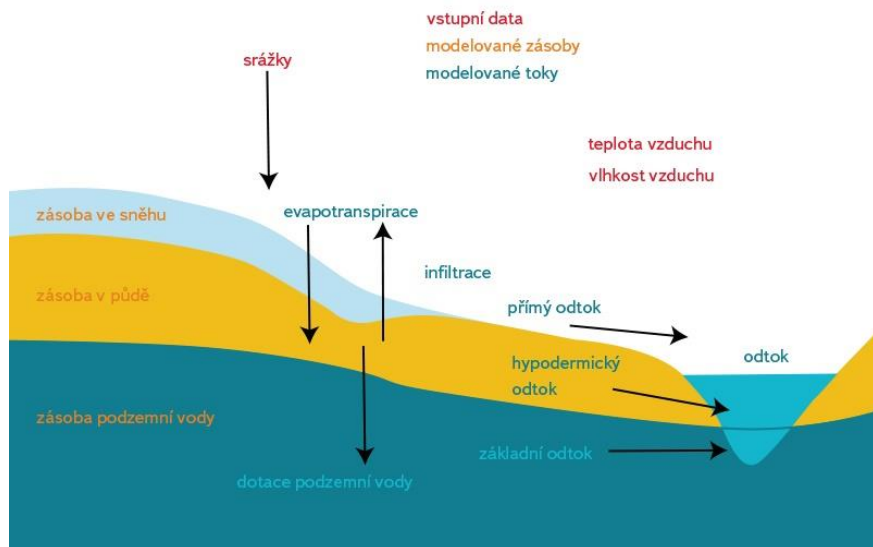
- 1) klimatologická data:
 - srážkové úhrny
 - teplota vzduchu
 - globální radiace
 - rychlost větru
- 2) vodohospodářská data:
 - průtok a jeho charakteristiky (M-denní vody)
 - manipulační řady nádrží
 - batygrafické křivky nádrže
 - data o užívání vod z databáze VÚV v měsíčním časovém kroku (1979-2016)
- 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 (Vizina, 2015), simulující hydrologickou bilanci v denním či měsíčním časovém kroku, je ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka 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 obrázku 3.



Obr. 3 Schéma modelu Bilan

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:

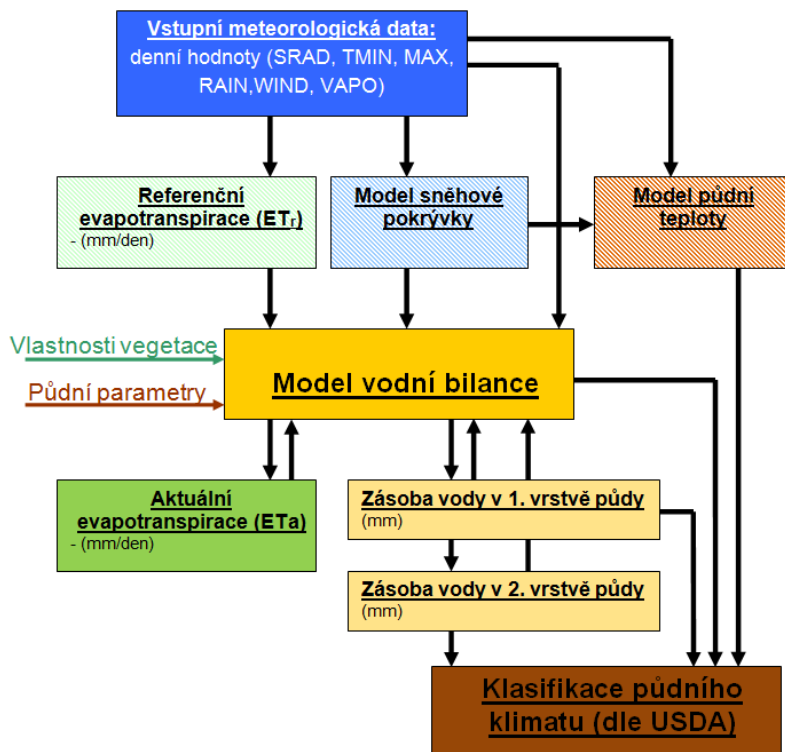
grafické uživatelské rozhraní (GUI) založené na multiplatformní knihovně Qt a balík pro statistické a programovací prostředí R. Obě rozhraní se vzájemně doplňují (individuální a hromadné zpracování). K dispozici je také online verze modelu na adrese <http://bilan.vuv.cz>. Model Bilan se využívá pro řešení 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>.

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 x 500 m) pokrývající ČR. Pro tyto gridy jsou pak stanoveny hodnoty indikátory referenční a aktuální evapotranspirace (E_{Tr} a E_{Ta}), 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 (dle informací o LandUse). SoilClim byl vyvinut jako modifikace přístupu FAO-56 (Allen et al., 1998) a pro podmínky České republiky byl kalibrován a validován Hlavinkou et al., (2011). Tento nástroj pracuje na modulární bázi (skládá se z několika samostatných modulů – sad algoritmu), kdy výstupy ze základních modulů jsou využity jako vstupy do navazujících výpočtů (viz obrázek 4).

Prvním krokem výpočtu je odhad referenční evapotranspirace E_{Tr} pro hypotetický travní porost s využitím metody Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Paralelně s odhadem E_{Tr} dochází na základě denních hodnot teploty vzduchu a srážkových úhrnů k odhadu výskytu sněhové pokrývky (vč. obsahu akumulované vody) modelem SnowMAUS (Trnka et al., 2010). Tímto způsobem jsou odhadovány i termíny a intenzita případného postupného tání sněhu, což je významný údaj pro korektní modelování vodní bilance v obdobích s možností výskytu sněhové pokrývky, přičemž je zohledněna i odhadovaná hodnota sublimace. SoilClim následně prostřednictvím kombinace výpočtů v denním kroku umožňuje modelovat obsah vody v půdě (pro každou ze dvou definovaných hloubek) s využitím tzv. kapacitního přístupu. Významnou roli zde sehrává odhad odběru vody aktuální evapotranspirací (E_{Ta}), který je dán dostupností půdní vlhkosti a vlastnostmi předpokládaného vegetačního krytu či povrchu. K tomuto

je v modelu SoilClim využívána metoda tzv. crop koeficientů (K_c) (Allen et al., 1998), které popisují vlastnosti daného povrchu vzhledem k referenčnímu trávniku. Hodnota K_c se mění v průběhu sezóny dle aproximovaného vývoje listové plochy a dalších vlastností vegetace.



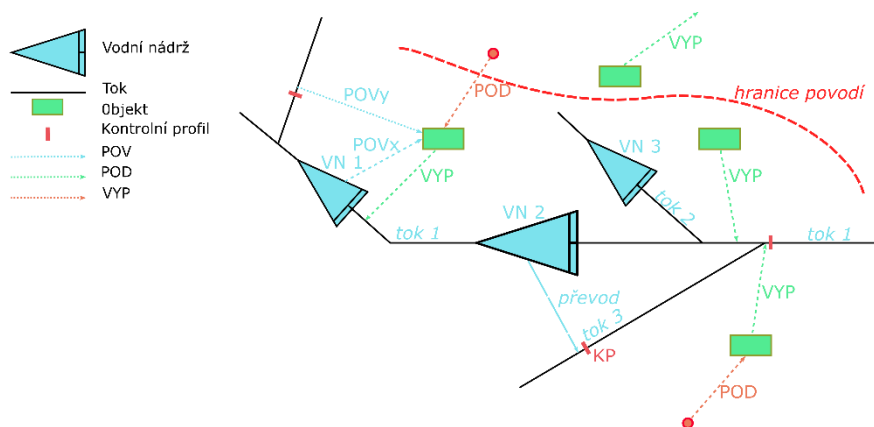
Obr. 4 Schéma modelu SoilClim

WATERES

Model WATERES je vodohospodářský model vyvinutý ve VÚV TGM v Praze a je zaměřený na výpočet charakteristik a provádění simulací na vodních nádržích. Model je dostupný ve formě R balíku (volně stažitelný z GitHubu). Model WATERES lze využít k výpočtu:

- dlouhodobé vodní bilance nádrží a vodohospodářských soustav,
- charakteristik vodních nádrží a odhadu účinnosti vodní nádrže,
- nedostatkových objemů (pro posouzení sucha) v povodí nádrže a vodohospodářské soustavy,
- transformace povodňových vln.

Podrobnější informace o modelu jsou uvedeny na webových stránkách <http://lapv.vuv.cz>. Na obrázku 5 je uvedeno ilustrační schéma vodohospodářské soustavy, ve kterém je také zobrazeno nakládání s vodami.



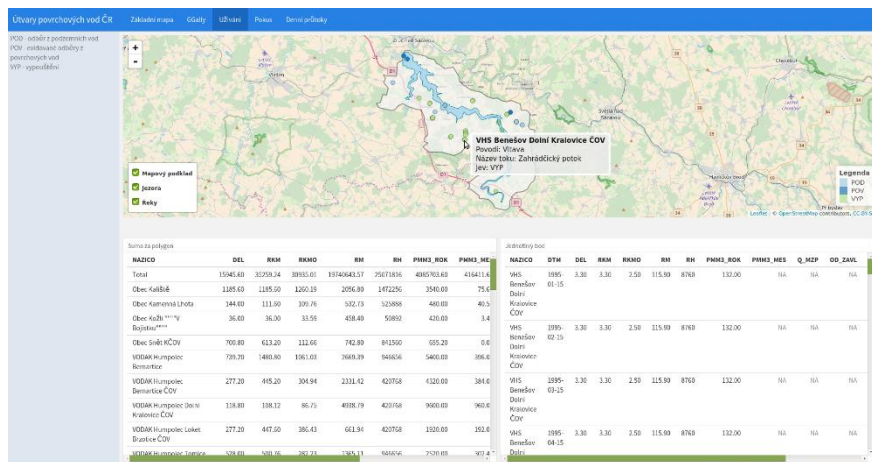
Obr. 5 Schéma modelu vodohospodářské soustavy a nakládání s vodami

Verifikace použitého vodohospodářského modelu bude provedena pomocí podrobného vodohospodářského modelu, který provede obdobnou simulaci na menším povodí. Z dřívějších výpočtů by však navržená podrobnost měla být dostačující. Vstupem do modelu jsou údaje o nakládání s vodami, kdy se hodnotí jak povolené množství za den či měsíc, tak skutečné hodnoty užívání vody. Nakládání s vodami je identifikováno dle kódu ICOC nebo CZ_NACE.

3 VÝSLEDKY

V současné době probíhá kalibrace hydrologického modelu na jednotlivé vodní útvary a probíhá tvorba celé (propojené) hydrologické komponenty modelu. Na obrázku 6 je zobrazena ukáзка základní mapy systému, kde lze vidět odtokové výšky pro jednotlivé vodní útvary v rámci celé České republiky. Ve spodní části je poté zobrazena časová řada odtokových výšek pro vybraný útvar. V podobné formě je možné zobrazovat i další veličiny a indikátory.

Na obrázku 7 je uvedena představa systému pro zadávání hodnot nakládání s vodami. K vodnímu útvaru jsou zobrazena všechny dostupné informace o užívání vody ve vybraném vodním útvaru.



4 DISKUZE A ZÁVĚR

106

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.

Literatura

- [1] Allen, M. (1999) Do it yourself climate prediction. *Nature*, 401, 642.
- [2] Blinky, P. (2004) KLIMATOLOGICKÉ HODNOCENÍ SUCHA A SUCHÝCH OBDOBÍ NA ÚZEMÍ ČR V LETECH 1876–2003. Seminář „Extrémny počasí a podnebí“, Brno.
- [3] Brázdil, R., Trnka, M., Mikšovský, J., Řezníčková, L., Dobrovolný, P. (2015): Spring-summer droughts in the Czech Land in 1805–2012 and their forcings. *International Journal of Climatology*, Wiley, 2015, roč. 35, č. 7, s. 1405–1421. ISSN 1097-0088. doi: 10.1002/joc.4065.
- [4] Bratršovská, L. (2013) Vyhodnocení propagace sucha hydrologickým cyklem na povodí Tiché Orlice a Střely - Diplomová práce. ČZU, Praha.
- [5] Garanganga, B. (1999) Role of regional climate system monitoring and prediction in drought management. In *Proceedings of the International Conference on Integrated Drought Management: Lessons for Sub-Saharan Africa*, 20–22.
- [6] Hayes, M. J. (2000) Drought indices. National Drought Mitigation Center, University of Nebraska.
- [7] Kundzewicz, Z. W. (1997) Water resources for sustainable development. *Hydrological Sciences Journal*, 42(4), 467–480.
- [8] Panu, U., Sharma, T. (2002) Challenges in drought research: some perspectives and future directions. *Hydrological Sciences Journal*, 47(S1), S19–S30.
- [9] Peters, E. (2003) Propagation of drought through groundwater systems: illustrated in the Pang (UK) and Upper-Guadiana (ES) catchments. Wageningen Universiteit.
- [10] Trnka, M., Semerádová, D., Eitzinger, J., et al. (2003) 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, Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia.
- [11] Vizina, A., Horáček, S., Hanel, M. (2015) Nové možnosti modelu Bilan. *VTEI*, roč. 55, s. 4–5.

- [12] Vizina, A., Hanel, M., Melišová, E. (2015) Analýza propagace sucha pomocí generátoru počasí. Vodní hospodářství, roč. 56, č. 6, s. 5–11. ISSN 1211-0760.
- [13] Wanders, N., Van Lanen, H., van Loon, A. F. (2010) Indicators for drought characterization on a global scale.
- [14] Wilhite, D. A. (2000) Drought as a natural hazard: concepts and definitions. Drought, a global assessment, 1, 3–18.
- [15] Witt, J. L. (1997) National Mitigation Strategy: Partnerships for Building Safer Communities. Diane Publishing.

Poděkování

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

STUDIE ZVÝŠENÍ RETENČNÍ SCHOPNOSTI PRAMENNÉ OBLASTI CHKO BRDY V POVODÍ KLABAVY

Martin STEHLÍK^{1,✉}, Miroslav Lubas, Jiří Guziur

¹Sweco Hydroprojekt a.s., Táborská 31, 140 13, Praha 4

✉martin.stehlik@sweco.cz

Abstrakt

Príspevok obsahuje poznatky ze Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy – I. etapa Klabava. Ve studii je posuzována hydrografická síť a odtokové poměry povodí. Ke zhodnocení odtoku byl vytvořen hydrologický model HEC-HMS. Pro povodí byl sestaven systém návrhu opatření pro zvýšení retence: opatření na vodních tocích, opatření na vodních nádržích, opatření na melioracích, opatření na cestní síti a opatření na způsobech lesního hospodaření. Byl zhodnocen možný účinek těchto opatření na velikost povodňových vln.

Klíčová slova: povodí Klabavy, CHKO Brdy, retenční schopnost povodí, opatření pro zvýšení retence vody, vyhodnocení povodňových vln

1 ÚVOD

Tento příspěvek vychází z poznatků Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy – I. etapa Klabava, která byla dokončena v březnu 2017 společností Sweco Hydroprojekt a.s. na základě objednávky od AOPK ČR. Cílem studie bylo získat představu o odtokové situaci v území, navrhnout možná opatření pro zvýšení retence a kvantifikovat potenciál možného snížení parametrů povodňových vln v závěrovém profilu povodí.

Zájmové povodí studie zaujímá cca 72 km² a je vymezeno povodím Klabavy po profil nad zástavbou obce Strašice. Zájmové povodí leží celé v CHKO Brdy a nacházejí se v něm oba nejvyšší vrcholy Brd, Tok 865 m n.m. a Praha 862 m n.m. Pro účely studie bylo zájmové povodí rozděleno na dílčí povodí. Základ říční sítě povodí tvoří vlastní tok Klabavy (KL), Třitrubecký potok (TT) a jeho významné přítoky Rezerva (RE) a Voložný potok (VO). Podle Konsolidované vrstvy ekosystémů převládají v území z 91,4 % lesní ekosystémy (79,2 % území tvoří hospodářské lesy jehličnaté). Průměrná sklonitost zájmového povodí je 10,8 %. Plošší území se nachází v kotlině v jižní části povodí. Součástí kotliny jsou také

nejvýznamnější vodní plochy v území - Hořejší Padrťský rybník a Dolejší Padrťský rybník, na které navazuje jediné souvislejší bezlesí v území.

V rámci studie byly vyhodnoceny dostupné podklady o území. Analytická i návrhová část studie je zpracována v prostředí ArcGIS 10.1. Z podkladů od ČÚZK byla mimo jiné zpracována geodatabáze ZABAGED a model terénu DMR 5G, z podkladů ÚHUL Mapy lesních hospodářských celků, Porostní mapy lesů a Mapy lesních typů. Dalším důležitým podkladem poskytnutým AOPK ČR byla Konsolidovaná vrstva ekosystémů. V rámci studie byla v území provedena terénní šetření se zaměřením především na vodní toky a plochy, cestní síť a její odvodnění, plošné odvodnění v území a způsoby lesního hospodaření. Zjištění v terénu byla zahrnuta do podkladů, také s nápomocí fotodokumentace s GPS souřadnicemi.



Obr. 1 Rozdělení zájmového povodí na dílčí povodí

2 POVODŇOVÝ REŽIM ÚZEMÍ

V povodí Klabavy výrazně převládá letní režim povodní, tj. povodně se vyskytují převážně z dešťových srážek, nejčastěji v období květen až srpen. To platí i o zájmovém povodí horní Klabavy. Výskyt zimních a jarních povodní omezuje nižší průměrný výskyt sněhových zásob (v porovnání např. s pohraničními horami) a také jejich postupné odtávání (přítomnost lesa a výškových rozdílů). Letní povodně nejčastěji způsobují vícedenní srážky spojené s přechodem frontálních systémů, působením tlakových níží nebo s výskytem synoptických situací s bouřkovými událostmi.

Z historických povodní bylo povodí Klabavy součástí katastrofální povodně v květnu 1872. Přítalové srážky nebývalého rozsahu tehdy způsobily např. povodňovou vlnu na Berounce v Berouně s kulminací 3000 m³/s. Největší povodně na Klabavě v nedávné době byly zaznamenány v těchto měsících / letech: 5/1978, 7/1980, 7/1981, 6/1995, 8/2002, 5/2006, 6/2013. Podrobněji je jejich průběh popsán v práci M. Kadeřábka (2015).

Povodeň v květnu 2013 byla zaznamenána i v rámci Lokálního varovného povodňového systému Plzeňského kraje. Na srážkoměrné stanici Praha byly zaznamenány tyto úhrny: 29.5. – 3.6. ... 140,4 mm, 9.6. – 10.6. ... 32,6 mm (max. 18,2 mm/h). Odtoková odezva na příčinné srážky je dále patrná i na stanicích Klabava – Padrť a Třítrubecký potok - Tři trubky. Stanice Tři trubky však vykazuje během povodně poruchu, takže není možné porovnat odtokovou odezvu v obou stanicích. Rozmístění stanic může být přesto přínosné pro rozbor budoucích povodní v povodí horní Klabavy (spolu se stanicí ČHMÚ Klabava – Strašice).

3 DEFINOVÁNÍ HYDROGRAFICKÉ SÍTĚ POVODÍ

Pro vyhodnocení odtokových poměrů je důležité definování hydrografické sítě povodí. To je určení sítě, kde dochází k soustředěnému odtoku vody. Odtok přitom může být stálý nebo občasný, v závislosti na aktuální situaci v povodí. Základem pro vytvoření hydrografické sítě v povodí jsou vodní toky definované geodatabází ZABEGED.

Definování podrobnější sítě bylo zpracováno na základě vrstvy terénu DMR 5G (nepravidelná trojúhelníková síť, střední chyba výšky 18 cm v odkrytém terénu, 30 cm v zalesněném terénu, pořízení v letech 2013 až 2014). Tato vrstva byla použita k vytvoření rastru terénu 0,5 x 0,5 m ve formátu GRID. Na rastr terénu byly následně aplikovány nástroje ArcGIS (Fill, Flow Direction, Flow Accumulation), které umožnily vygenerovat rastr s definovanými hodnotami přispívajících ploch. Z tohoto rastru byly pro účely studie dále vytvořeny (nástroji

Stream Definition, Raster to Polyline) odtokové linie s přispívajícími plochami nad 0,025 ha, 0,5 ha a 2,5 ha. Tyto linie znázorňují přirozené odtokové linie v povodí. Výjimkou jsou však místa, kde odtok prochází skrz propustky či mosty, v těchto místech DMR 5G zaznamenává povrch terénu a ne proudění vody. To je třeba při posuzování hydrografické sítě zohledňovat. Dále je vhodné zohlednit, zda odtoková linie skutečně prochází určitou sníženinou v terénu, nebo zda byla vytvořena jen poměrně náhodně podle postupné koncentrace vody na delších svazích. To, zda dochází ke skutečné koncentraci odtoku, napovídá vrstva vrstevnic po 0,5 m (vytvořená nástrojem Contour z rastrového terénu 0,5 x 0,5 m).

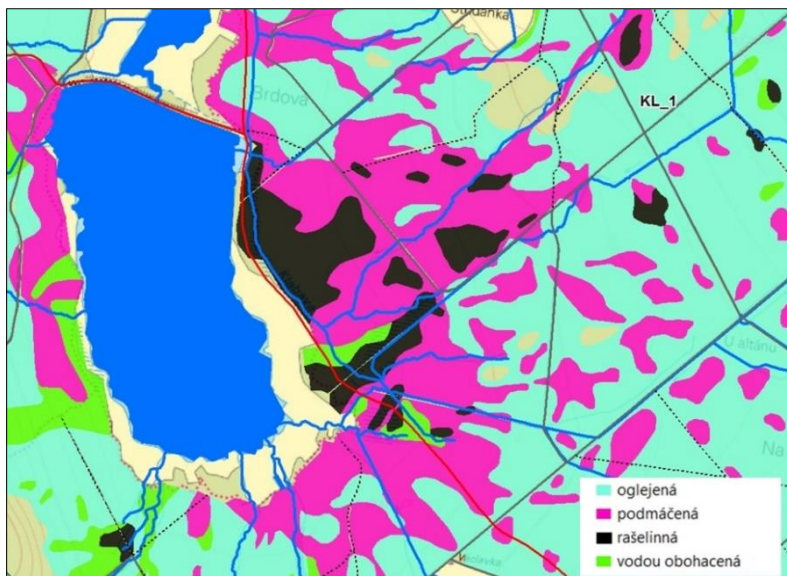
Vybrané odtokové linie v povodí zaznamenávají přirozenou koncentraci odtoku podle morfologie terénu, dále koncentraci odtoku způsobenou cestní sítí (nebo jejím odvodněním) a také odtokové linie vytvořené cíleným plošným odvodněním území. Korytový odtok je obecně rychlejší než plošný povrchový odtok. V některých případech koncentrovaný korytový odtok přechází opět do volného terénu a lze tak počítat s jeho zpomalením. Plošné odvodnění bylo pro účely studie zakresleno do mapy analýzy odtokových poměrů, a to podle zmiňovaných generovaných odtokových linií (napřímené a zahhloubené) a dále s využitím porostní mapy lesů, terénního šetření a ortofotomap (odvodnění v bezlesí).



Obr. 2 Příklad trasování odvodňovacích příkopů podle odtokových linií z terénu DMR 5G

4 ODTOKOVÉ CHARAKTERISTIKY PLOCHY POVODÍ

Současný pokryv zájmového povodí charakterizuje Konsolidovaná vrstva ekosystémů ČR (KVES ČR), která byla vytvořena ve spolupráci Ústavu výzkumu globální změny AV ČR (CzechGlobe) a AOPK ČR jako mapový podklad pro hodnocení služeb ekosystémů. KVES umožňuje rozlišení přírodních biotopů od antropogenních (umělých) typů ekosystémů v rozlišení vhodném pro hodnocení ekosystémových služeb. KVES obsahuje 41 základních kategorií ekosystémů ve čtyřech hierarchických úrovních a šesti širších typech ekosystémů. V zájmovém povodí dominují lesní ekosystémy s 91,4 % zastoupením (nejvíce hospodářské lesy jehličnaté 79,2 %, dále smrčiny 5,1 %, bučiny 3,7 %, hospodářské lesy smíšené 1,6 %, lužní a mokřadní lesy 1,1 %, suché bory 0,35 %, rašelinné lesy 0,12 % a další). Z travinných systémů s 5,3% jsou nejvíce zastoupeny mezofilní louky s 2,8 %, dále hospodářské louky s 1,5 %, aluviální a vlhké louky s 0,9% a vřesoviště s 0,13 %. Vodní systémy zaujímají 1,9 % plochy. Mokřady zaujímají 1,08 % plochy (mokřady a pobřežní vegetace 0,9 %, rašeliniště a prameniště 0,13 %). Pod 0,2 % jsou zastoupeny území bez vegetace, urbánní systémy a zemědělské ekosystémy.



Obr. 3 Mapa ekologických řad ovlivněných vodou podle lesnické typologie východně od Hořejšího Padrtského rybníka znázorňuje přirozený dlouhodobý vodní režim v území. Rašeliniště a rašelinné lesy se však v současnosti vlivem odvodnění území vyskytují jen na části území s rašelinnou ekologickou řadou.

Pro posouzení retence území byla vytvořena vrstva CN křivek. Z hodnot CN křivek byla určena maximální retence v povodí S (viz následující kapitola). Hodnoty CN jsou určovány na základě krajinného pokryvu a hydrologických skupin půd (např. Janeček, 2012). Pro studii byla jako výchozí vrstva hodnot CN použita vrstva znázorněná na portálu vodavkrajine.cz, zpřesněná podle Konsolidované vrstvy ekosystémů. Hydrologické skupiny půd dále poměrně úzce souvisí s hydrickým režimem území. Pro určení hydrického režimu byla využita vrstva s vymezením ekologických řad ovlivněných vodou podle lesnické typologie (oglejené, podmačené, rašelinné a vodou obohacené řady). Vymezení hydrického režimu znázorňuje dlouhodobý přirozený charakter lokality, méně ovlivněný současným umělým odvodněním.

5 VYTVOŘENÍ HYDROLOGICKÉHO MODELU POVODÍ

Pro zájmové povodí byl sestaven hydrologický model v prostředí programu HEC-HMS 4.0. Model byl v závěrovém profilu nakalibrován podle návrhových průtoků od ČHMÚ ($Q_{100} = 68,7 \text{ m}^3/\text{s}$). Jednodenní návrhové srážky jsou odvozeny podle srážkoměrné stanice Borovno – Mišov (Šamaj, Valovič, Brázdil, 1985), např. $P_{100} = 105,6 \text{ mm}$. Stanice leží cca 1,5 km jihozápadně od hranice zájmového povodí. Pro rozdělení srážek do hyetogramů byl zvolen postup podle ČHMÚ (Kulasová, Šercl, Boháč, 2004). Protože se předpokládá možný vícedenní charakter příčinných srážek, byla u zájmového povodí uvažována vysoká nasycenost povodí, zohledněna v parametru retence povodí typu CN III (kumulativní úhrn srážek za 5 dní před příčinnou srážkou byl větší než 53 mm).

Vytvoření modelu vycházelo z postupů doporučených ČHMÚ (Šercl, 2004) a manuálu programu HEC-HMS. Pro dílčí povodí byly v prostředí GIS určeny následující parametry: A plocha povodí v km^2 , Y sklon povodí v procentech, CN_{III} hodnota čísla odtokových křivek pro vysoký stupeň nasycení, L délka nejdelší údolnice v povodí v m, S_{1085} průměrný sklon povodí podél maximální délky toku ve stopách na míli v úseku mezi 10-85% délkou.

Pro výpočet objemu přímého odtoku byla použita metoda CN-křivek. Pro transformaci přímého odtoku byla v modelu zvolena metoda jednotkového hydrogramu dle Clarka. Při kalibrování modelu byl pro dílčí povodí rovnoměrně korigován retenční koeficient R . Pro postup povodňové vlny v říčních úsecích byla použita metoda Muskingum.

Model HEC-HMS se skládá z dílčích povodí, přitom povodí KL_1a (Klabava přes obtokovou strouhu po profil pod Hořejším Padrtským rybníkem) bylo v modelu rozděleno na dvě poloviny (s poloviční plochou povodí) KL_1aa a KL_1ab se shodnými parametry. V modelu se tak simuloval odhad současného stavu, že polovina objemu povodňových vln odtéká obtokovým korytem a

polovina se přelévá do Horního Padrťského rybníku. Obdobně bylo rozděleno povodí KL_1b (Klabava přes obtokovou strouhu po profil pod Dolejším Padrťským rybníkem) vzhledem k Dolnímu Padrťskému rybníku. Kromě rozdělovaných dílčích povodí obsahuje dílčí povodí KL_2, KL_3, KL_4, KL_5, VO_1, TT_1, TT_2, TT_3, RE_1 a RE_2.

V modelu byly dále simulovány Hořejší Padrťský rybník (HOR_P) a Dolejší Padrťský rybník (DOL_P). Do modelu byly zadány jejich charakteristiky (křivka výšek hladin a objemů, parametry bezpečnostních přelivů) podle platného manipulačního řádu (2008) a jeho aktualizace (2015). V modelu byla také simulována koryta vodních toků Klabavy (Klab_1, Klab_2, Klab_3), Třítrubeckého potoka (Trub_1, Trub_2) a Rezervy (Rezer_1). Soutoky v modelu reprezentují prvky Junction_1 až Junction_5. Prvek Junction_3 je zároveň závěrovým profilem zájmového povodí.

6 NÁVRHY OPATŘENÍ PRO ZVÝŠENÍ RETENCE

Návrhy opatření na zvýšení retence v zájmovém povodí jsou ve studii rozděleny do systému opatření: 1. Opatření na vodních tocích OPVT, 2. Opatření na vodních nádržích OPVN, 3. Opatření na melioracích OPME, 4. Opatření na cestní síti OPCS, 5. Opatření na způsobech lesního hospodaření OPLH.

Opatření na vodních tocích se dále dělí na opatření (OPVT 1 až OPVT 5): Revitalizace Voložného potoka, Revitalizace obtokového koryta Padrťských rybníků, Revitalizace Klabavy pod Dolejším Padrťským rybníkem, Revitalizace odvodňovacího příkopu podél silnice u Dolejšího Padrťského rybníka a Revitalizace toků jihovýchodně od Hořejšího Padrťského rybníka.

Revitalizace Voložného potoka by měla napravit nevhodný zásah ve formě prohrábky a zkapačnění koryta od správce toku. Charakter odtokového režimu, kdy se Voložný potok za menších průtoků ztrácel do hrubých sutí vyplňujících údolní dno, byl totiž vyhodnocen jako vada. Přitom se zřejmě jedná o unikátní akumulace hrubé suti, která může být pozůstatkem kamenného ledovce z posledního glaciálu (Cílek, Mudra, Sůvová a kol., 2015). Určité zamokření údolí by navíc odpovídalo přirozenému výskytu podmačených a rašelinných smrčín.

Opatření na vodních nádržích se týká Hořejšího a Dolejšího Padrťského rybníka a navazuje na opatření Revitalizace obtokového koryta Padrťských rybníků. V současné době je část průtoků, které by byly transformovány v prostoru rybníků, sváděna obtokovým korytem pod Dolejší Padrťský rybník a to zřejmě z důvodů posílení produkčních schopností rybníků, kdy obtokové koryto omezuje nátok poměrně kyselých vod do rybníční soustavy. Revitalizací obtokového koryta by bylo možné obnovit přirozený rašelinný charakter území a také zpomalit postup povodňových vln. Funkce obtokového koryta navíc není popsána v rámci

manipulačního řádu, provozního řádu ani v povolení s nakládání s vodami a v rámci zpracování studie nebylo nikde zjištěno, že by tato stavba byla oficiálně legalizována a povolena. Další součástí opatření by mělo být posouzení stávajících objektů (zejména bezpečnostních přelivů) Padrtských rybníků, zda odpovídají aktuálním návrhovým povodňovým vlnám. Pokud by tomu tak nebylo, byly by potřebné patřičné stavební úpravy na objektech nádrží.

Opatření na melioracích se dále dělí na (OPVT 1 až OPVT 4): Ponechání odvodnění samovolnému zaplňování a renaturaci (pro drobnější odvodnění spíše v plošším území), Přerušení odvodnění přehrázkami (zvláště pokud odvodnění drénují rašelinné biotopy), Zpřírodnění trasy odvodnění (rozčlenění hloubky popř. rozvlnění do stran) a Udržování příp. zřízení nového odvodnění (v některých případech bezlesí může dílčí odvodnění vytvářet ekologicky cennější biotopy než trvalé zamokření). Charakter opatření na melioracích mají také některé části opatření na vodních tocích (např. převládá u návrhu Revitalizace obtokového koryta Padrtských rybníků).

Opatření na cestní síti se dále dělí na (OPVT 1 až OPVT 7): Rušení vybraných cest, Podpora cest bez soustředěného odtoku, Přerušení soustředěného odtoku na cestách – svodnice, Přerušení soustředěného odtoku na cestách – průlehy, Přerušení soustředěného odtoku v cestních příkopech – odklon trasy příkopu, Přerušení soustředěného odtoku v cestních příkopech – trubní propustky, Doplnění odvodnění u cest poškozených povrchovým odtokem.

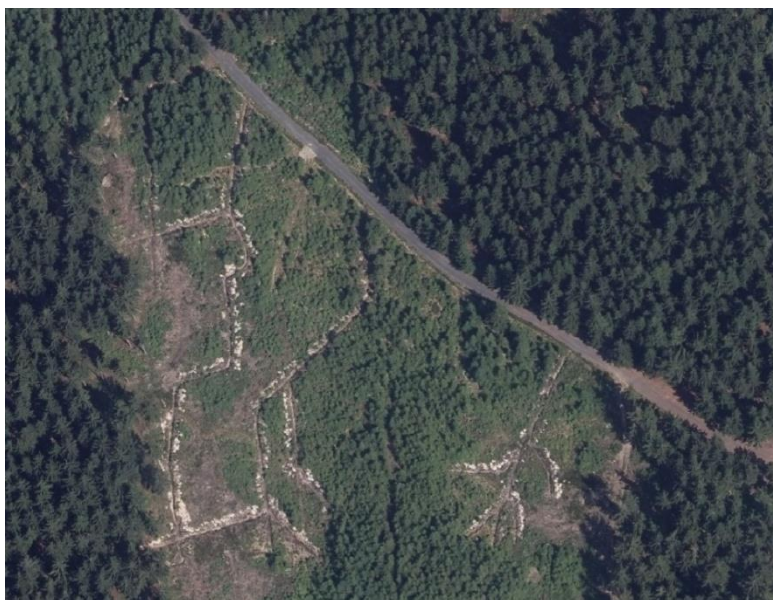
Rušení vybraných cest je navrhováno u cest nejnižší kategorie, které významněji ovlivňují odtokové poměry a zároveň nejsou cestami odvozními. Podpora cest bez soustředěného odtoku znamená mimo jiné zvážení použití cest volně přeléváných, bez příkopů na návodní straně (Keller, Sherar, 2003). Další možností obzvláště v bezlesí je podpora formy odvodnění, kdy jsou příkopy tvarovány spíše do podoby zasakovacích průlehlů. Přerušení soustředěného odtoku na cestách formou svodnic je vhodné spíše v případě, že je třeba odvodnit pouze vlastní sklonitější cestu. Pokud by mělo odvodnění sloužit i pro převod vod z přilehlého povodí je vhodné pro větší kapacitu nahradit svodnice průlehy v rámci cestní sítě. Tato alternativa se však zatím v zájmovém povodí nevyskytuje. Za příznivých morfologických podmínek je vhodným způsobem rozptýlení vody z příkopů jejich odkloněním do volného terénu. Poměrně častým typem převedení vod z příkopů na druhou stranu cesty ve směru sklonu terénu je převedení pomocí trubních propustků. Na tento typ převedení by obecně mělo navazovat rozptýlení vody do volného terénu, nemělo by docházet ke koncentraci do uměle vytvořených rýh. Návrhy opatření Doplnění odvodnění u cest poškozených povrchovým odtokem jsou reakcí na relativně časté zjištění poškození cest proudící vodou při terénních šetřeních.

Opatření na způsobech lesního hospodaření (OPLH) jsou vymezená ve čtyřech stupních priorit: 1. lesy v I. zóně CHKO nebo lesy v EVL (2,74 km² lesů v zájmovém povodí), 2. lesy ve II. zóně CHKO (2,94 km² lesů v zájmovém povodí), 3. vybrané lesy mimo I. a II. zónu CHKO nebo EVL (17,18 km² lesů v zájmovém povodí), 4. ostatní lesy. Hranice priorit 1 a 2 byly vymezeny podle hranic zón CHKO a EVL a podle hranic lesa definovaných v lesních hospodářských plánech (LHP). Priorita 3 byla vymezena s přihlédnutím k těmto kritériím: propojení lesů v 1. a 2. prioritě do souvislejších celků, vymezení ekologických řad lesních typů ovlivněných vodním režimem, zahrnutí ploch s přírodním charakterem lesů, vymezení lesů ochranných.

Hlavním cílem navrhovaných opatření je vytvoření trvale udržitelných přirozeně se obnovujících stabilních a odolných lesních porostů s přírodě blízkou cílovou druhovou skladbou, případně s dostatečným podílem melioračních dřevin. Při obhospodařování těchto porostů by měly být využívány principy přírodě blízkého hospodaření (Vacek, Podrázský, 2006). Modelové zhodnocení ekonomické efektivity hospodaření navíc ukazuje, že takové postupy mohou být i ekonomicky výhodné (Remeš a kol., 2011).



Obr. 4 *Voda z propustků by měla odtékat nesoustředěným odtokem, ne uměle vytvořeným korytem*



Obr. 5 Odvodnění při zalesňování po holosečném způsobu těžby v povodí horní Rezervy (ČÚZK, 2015)

7 VYHODNOCENÍ NÁVRHŮ OPATŘENÍ

Návrhy opatření mají vliv na zvýšení retenční schopnosti území a zpomalení odtoku. Při zrušení obtokového koryta Padrtských rybníků (OPVT 2) bude větší část odtoku z povodí Klabavy východně od rybníků transformována nádržemi. Pro současný stav je odhadována situace, že polovina objemu povodňových vln z území východně od rybníků (dílčí povodí KL_1a a KL_1b) odtéká obtokovým korytem a polovina se přelévá do rybníků. Po návrhu zrušení obtokového koryta přehrazením je modelováno, že veškerá voda z tohoto území bude odtékat přes rybníky.

Při kvantifikaci vlivů revitalizací, rušení odvodnění a použití vhodného odvodnění cestní sítě je uvažováno s prodloužením doby koncentrace v dílčích povodích. Návrh prodloužení doby koncentrace vychází z pojetí Kirpichova faktoru úpravy (Chow et al., 1988). Kirpich mimo jiné uvažuje s dvojnásobnou dobou koncentrace u přírodních koryt oproti umělým příkopům. Při vyhodnocení je uvažováno, že se doba koncentrace v povodí zdvojnásobí u revitalizovaných toků, odvodnění přerušeno přehrázkami, odvodnění se zpřírodněnou trasou a úpravou odvodnění u cestních příkopů s přímou návazností na vodní toky. Aby se podchytila proporce vlivu opatření mezi sebou navzájem i vzhledem k ploše

dílčího povodí byl kolem linií opatření vytvořen buffer o celkové šířce 5 m. Pro celé dílčí povodí byla vypočtena suma hodnot v bufferu nad vrstvou Flow Accumulation (rastr 0,5 x 0,5 m). Ve vrstvě Flow Accumulation je zachyceno jaká plocha se podílí na odtoku v dané buňce rastru. Podílem sumy hodnot nad bufferem a sumy hodnot nad celou plochou dílčího povodí byl získán doporučení odhad vhodného zvýšení doby koncentrace pro dílčí povodí.

Kvantifikace zvýšení retenční schopnosti území využívá rozdělení lesních porostů na kategorie lesů hospodářských a lesů s přírodním charakterem. Tedy tak, jak je to uvedeno v Konsolidované vrstvě ekosystémů. Pro lesy hospodářské se předpokládá při určování hodnot CN se „středními hydrologickými podmínkami“ (podle Janeček, 2012). Pro lesy s přírodním charakterem se předpokládají hodnoty CN s „dobrymi hydrologickými podmínkami“ (podle Janeček, 2012) a to zejména vlivem příznivějšího pokryvu a svrchní vrstvy půdy a lepšího prokořenění půdního profilu. Po přijetí opatření na způsobech lesního hospodaření na dalších územích se předpokládá postupný posun v těchto územích ze „středních hydrologických podmínek“ na „dobré hydrologické podmínky“ a tím i zvýšení retenční schopnosti území. To je korigováno mírným snížením retence, kdy se předpokládá, že při příznivém způsobu lesního hospodaření budou obnovena rašeliniště v rozsahu rašelinné ekologické řady podle lesnické typologie.

Dalším příznivým efektem úpravy lesního hospodaření může být vyloučení holosečného způsobu těžby. Kompletně odlesněný povrch je náchylnější pro urychlený odtok a erozní projevy. Navíc je často při následném zalesnění používáno odvodnění příkopy, neboť na povrchu byla přerušena desukční (odsávací) funkce lesa. Lesy s přírodní skladbou jsou také méně náchylné na kalamitní situace.

Pro vyhodnocení vlivu přijatých opatření na povodňové průtoky byly posuzovány následující varianty modelů zájmového povodí:

- a) odhad současného stavu povodí – polovina povodňového odtoku z povodí KL_1a a KL_1b směřuje do Padrťských rybníků a polovina odtéká podél obtokové strouhy.
- b) hypotetická úprava současného stavu, Padrťské rybníky jsou prázdné a absorbují bez odtoku veškerý objem z povodí (KL_1a, KL_1b, KL_2, KL_3)
- c) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha
- d) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, na územích s prioritou 1, 2 a 3 jsou uplatňována opatření na lesním hospodaření
- e) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, na územích s prioritou 1, 2 a 3 jsou uplatňována opatření na lesním hospodaření, připouští se nižší retence na nově vzniklých rašeliništích

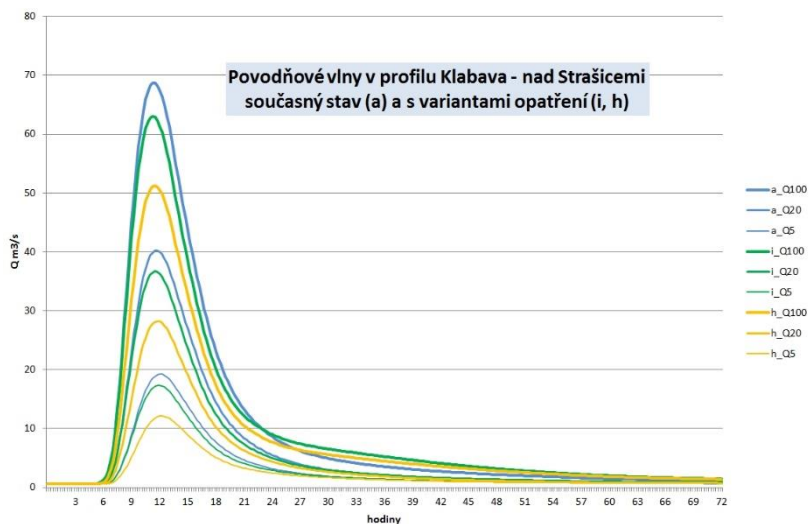
- f) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, na celém zájmovém povodí jsou uplatňována opatření na lesním hospodaření, připouští se nižší retence na nově vzniklých rašeliništích
- g) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, na územích s prioritou 1, 2 a 3 jsou uplatňována opatření na lesním hospodaření, připouští se nižší retence na nově vzniklých rašeliništích, doby koncentrace v modelu jsou korigovány podle opatření na vodních tocích, opatření na melioracích a opatření na cestní síti
- h) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, na celém zájmovém povodí jsou uplatňována opatření na lesním hospodaření, připouští se nižší retence na nově vzniklých rašeliništích, doby koncentrace v modelu jsou korigovány podle opatření na vodních tocích, opatření na melioracích a opatření na cestní síti
- i) oproti současnému stavu je zrušena obtoková strouha, doby koncentrace v modelu jsou korigovány podle opatření na vodních tocích, opatření na melioracích a opatření na cestní síti

Tab. 1 *Vyhodnocení vlivu opatření pro zvýšení retence na povodňové průtoky v závěrovém profilu zájmového povodí*

varianta modelu	Q_{100} (m ³ /s)	W_{100} (tis. m ³)	Q_{50} (m ³ /s)	W_{50} (tis. m ³)	Q_{20} (m ³ /s)	W_{20} (tis. m ³)	Q_{10} (m ³ /s)	W_{10} (tis. m ³ /s)	Q_5 (m ³ /s)	W_5 (tis. m ³ /s)
a	68,674	2623,4	55,807	2100,7	40,238	1539,9	28,947	1152,2	19,219	820,0
b	62,839	2086,6	50,951	1718,1	36,576	1274,1	26,195	951,4	17,262	677,2
c	63,356	2599,5	51,349	2064,5	36,879	1434,8	26,395	1058,4	17,407	754,8
d	61,513	2505,4	49,686	1981,4	35,519	1375,5	25,292	1022,5	16,556	726,7
e	61,541	2512,2	49,711	1987,2	35,539	1378,2	25,308	1022,9	16,568	727,0
f	51,503	2168,6	40,906	1685,0	28,383	1147,2	19,524	842,1	12,183	588,8
g	61,219	2512,1	49,444	1987,2	35,348	1378,2	25,185	1022,9	16,49	727,0
h	51,258	2168,5	40,682	1685,0	28,237	1147,2	19,429	842,1	12,122	588,8
i	63,035	2599,5	51,054	2064,4	36,689	1434,8	26,273	1058,4	17,329	754,9



Obr. 6 Uměle zahloubené koryto Voložného potoka snižuje dobu koncentrace T_c v povodí



Obr. 7 Povodňové vlny Q100, Q20 a Q5 v závěrovém profilu zájmového povodí pro současný stav (a) a pro dvě varianty opatření i (zrušení obtokového kanálu Padříských rybníků, opatření na vodních tocích, melioracích a cestní síti v povodí) a h (jako opatření i plus opatření na lesním hospodaření v celé ploše povodí)

8 SOUHRN A ZÁVĚR

Pro zlepšení retenční schopnosti území byl vytvořen systém návrhů opatření na vodních tocích, vodních nádržích, melioracích, cestní síti a způsobech lesního hospodaření. Návrhy opatření jsou zakresleny ve formátu Esri shapefile do mapového díla. Za nejvýznamnější problémy v území z hlediska zaměření studie lze označit nevhodnou úpravu koryta Voložného potoka, svedení Klabavy před Padrt'skými rybníky do obtokového koryta a převládající intenzivní způsob lesního hospodaření (monokultury smrkových porostů, holosečné těžby, odvodnění porostů).

Návrhy opatření mohou mít poměrně podstatný pozitivní vliv na zvýšení retenční schopnosti území a zpomalení odtoku. V tabulce 2 je shrnuta kvantifikace vlivu možných opatření na kulminace povodňových vln s vybranými dobami opakování 100, 20 a 5 let.

Tab. 2 Vliv navrhovaných opatření na kulminace povodňových vln v závěrovém profilu zájmového povodí

varianta	Q₁₀₀ (m³/s)	Q₂₀ (m³/s)	Q₅ (m³/s)
a (výchozí stav)	68,7 (100 %)	40,2 (100 %)	19,2 (100 %)
c (zrušen obtokový kanál)	63,4 (-7,7 %)	36,9 (-8,3 %)	17,4 (-9,4 %)
i (zrušen obtokový kanál, úprava doby koncentrace)	63,0 (-8,2 %)	36,7 (-8,8 %)	17,3 (-9,8 %)
g (zrušen obtokový kanál, úprava doby koncentrace, OPLH v prior. zónách 1,2 a 3)	61,2 (-10,9 %)	35,3 (-12,2 %)	16,5 (-14,2 %)
h (zrušen obtokový kanál, úprava doby koncentrace, OPLH v celém povodí)	51,3 (-25,4 %)	28,2 (-29,8 %)	12,1 (-36,9 %)

Zrušení obtokového kanálu kolem Padrt'ských rybníků přispěje ke snížení kulminace stoleté povodně v závěrovém profilu o 7,7 % (u menších povodní bude snížení mírně výraznější). Pokud kromě zrušení obtokového kanálu budou realizována i ostatní opatření na vodních tocích, opatření na melioracích a cestní síti dojde k dalšímu (nepříliš velkému) snížení kulminace, u stoleté povodně v souhrnu o 8,2 %.

Pokud budou kromě výše uvedených opatření použita i opatření na způsobech lesního hospodaření na prioritních územích 1, 2 a 3 (tedy na cca 1/3 plochy povodí) lze očekávat snížení kulminace stoleté povodně v závěrovém profilu o 10,9 % (u menších povodní bude snížení výraznější). Pokud by byla opatření na způsobech lesního hospodaření použita na celém povodí, lze očekávat snížení kulminace stoleté povodně v závěrovém profilu o 25,4 % (u menších povodní bude snížení podstatně výraznější). Opatření na způsobech lesního hospodaření však souvisí s dobou obmýti a postupnými změnami svrchní vrstvy půdy, jejich komplexní efekt se tedy může projevit až v horizontu cca 100 let. Přirozenou skladbu lesů budou přitom dále korigovat očekávané změny klimatu.

Posouzení vlivů navrhovaných opatření může být přístupné další diskusi. Rovněž není vhodné zužovat problematiku retence vody v povodí pouze na kvantifikaci zmenšení povodňových vln. Zpomalení odtoku vody z území má vliv také na vyrovnaní druhého extrému vodního režimu krajiny – zmenšení projevů sucha. Navrhovaná opatření mohou mít pozitivní vliv také na jakost vod a podporují na vodu vázané ekosystémy.

Literatura

- [16] Aktualizace manipulačního a provozního řádu soustavy Padrtských rybníků (2015). Vodní díla – TBD.
- [17] Cílek V., Mudra P., Sůvová Z. a kol. (2015): Střední Brdy – hory uprostřed Čech. Dokořán. 184 s.
- [18] Hanák K. a kol. (2008): Stavby pro plnění funkcí lesa. IC ČKAIT. Praha. 304 s.
- [19] Chow V. T., Maidment D. R., Mays L. W. (1988): Applied Hydrology. McGraw Hill. 572 s.
- [20] Kadeřábek M. (2015): Vliv VD Amerika na průtoky na Klabavě. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. 68 s.
- [21] Janeček M. a kol. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ČZÚ. 113 s.
- [22] Kantor P., Krečmer V., Šach F., Švihla V., Černohous V. (2003): Lesy a povodně. Souhrnná studie. Praha, MŽP. 48 s.
- [23] Keller G., Sherar J. (2003): Low-Volume Roads Engineering. Best Management Practices Field Guide. US Agency for International Development. 158 s.
- [24] Kulasová B., Šercl P., Boháč M. a kol., (2004): Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní. Závěrečná zpráva projektu QD1368, ČHMÚ, Praha. 71 s.

- [25] Manipulační a provozní řád soustavy Padrtských rybníků (2008) HYDROEKO, Příbram.
- [26] Remeš J. a kol. (2011): Modelové zhodnocení ekonomické efektivity hospodaření při uplatnění variantních pěstebních způsobů. Zprávy lesnického výzkumu. ČZU. 56: 20–26 s.
- [27] Šamaj, F., Valovič, Š., Brázdil, R. (1985): Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901-1980. Zborník prác SHMÚ, Bratislava. 112 s.
- [28] Šercl P. (2009): Vliv fyzickogeografických faktorů na charakteristiky teoretických návrhových povodňových vln. Sborník prací ČHMÚ, Praha. 88 s.
- [29] Scharffenberg W. A. (2013): Hydrologic Modeling System HEC-HMS. User's Manual, Version 4.0. US Army Corps of Engineers 441 s.
- [30] Vacek S., Podrázský V. (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. ČZU. Praha. 74 s.

VODA V KRAJINĚ A REVITALIZACE

Petr PETŘÍK^{1,✉}, Klára Salzmann², Josef Hejzlar³, David Pithart⁴, Josef Fanta¹

¹*Botanický ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Zámek 1, 252 43 Průhonice*

²*Fakulta architektury, ČVUT v Praze, Thákurova 9, 166 34 Praha 6 – Dejvice*

³*Hydrobiologický ústav, Biologické centrum AVČR, v. v. i., Branišovská 1160/31, 370 05 České Budějovice*

⁴*Beleco, z. s., Slezská 482/125, 130 00 Praha 3*

[✉]*petr.petrik@ibot.cas.cz*

Abstrakt

Jak vrátit vodu do krajiny a jak ji v ní udržet? Jedním ze strategických cílů a priorit ochrany vod by se měla stát především revitalizace říční sítě doprovázená změnou přístupu k jejímu managementu. V co největší části povodí by měla být obnovena hydrografická síť s její přirozenou hydromorfologií. Počet a rozsah revitalizací vodních toků však neodpovídá současným potřebám společnosti (definovaných například v Národní adaptační strategii na změnu klimatu) a finanční zdroje na ně nejsou plně využívány. Tento příspěvek shrnuje doporučení vzešlá na konferenci Říční krajina 2017 organizované Koalicí pro řeky, kde se diskutovaly možnosti, výzvy a překážky revitalizací vodních toků.

Dalším strategickým cílem je zlepšení retence vody na celém území ČR. Každý vlastník by měl udělat vše pro to, aby voda vsákla do půdy tam, kde spadla. Týká se to volné krajiny, ale i všech sídel, zemědělské, lesní krajiny, výrobních areálů, sídlišť, v neposlední řadě i rodinných domů. Součástí tohoto strategického cíle je také změna přístupu každého z nás k vodě, maximální úspornost, recyklace vody a omezení její spotřeby. Klimatické změny vidíme jako příležitost pro diskuzi, která by se neomezovala pouze na technická řešení, ale vzala by vážně i potenciál ekosystémů a přirozených procesů, které v naší krajině probíhaly po tisíciletí a které jsme drasticky zredukovali. Platforma pro krajinu vytváří prostor pro takovou diskuzi.

Klíčová slova: Rámcová směrnice EU o vodách, Natura 2000, Evropská úmluva o krajině, Operační program Životní prostředí, Plavební stupeň Děčín, obnova krajiny, veřejný zájem, Platforma pro krajinu

1 OCHRANA VOD V ČESKÉ REPUBLICE

Podle Rámcové směrnice EU o vodách (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky), mají členské státy přijmout opatření k odstranění znečištění povrchových vod zejména plánovanou obnovou mokřadních ekosystémů a snížením znečištění ve všech dílčích vodních útvech. Po jejím zavedení dosáhla ochrana vod v České republice v posledních dvou desetiletích sice řady pokroků, nicméně řešení stále narůstající četnosti hydrologických extrémů – povodní a such i jakosti vody stále postrádá dostatečně komplexní a důsledný přístup.

V minulosti byl přirozený stav hydrografické sítě, tedy toků a řek v daném povodí významně pozměněn technickými úpravami. Pramenné oblasti a mokřady se odvodňovaly a rašeliniště se vysušovala kvůli těžbě rašeliny. Vodní toky se napřimovaly, zahlubovaly a zatrubňovaly, abychom získali zemědělské pozemky a urychlil se odtok vody. Řada toků byla obestavěna hrázemi s cílem omezení rozlivů na plochách niv, aby se daly lépe využívat pro zemědělství a urbanizaci. Další toky byly přehrazeny množstvím jezů a výstavbou nádrží pro využití vodní energie či odběry vody. Mnoho jezů v současnosti již nemá praktické uplatnění. K rozlivům do nivy dochází až při několikanásobně vyšších průtocích oproti přirozeným stavům, což má za následek erozní nestabilitu koryt toků a produkci plavenin, urychlení odtoku, snížení retenční kapacity říčního systému a zvyšování povodňových vln v dolních částech povodí. Degradace pramenných úseků toků a mokřadů v odvodněné zemědělské půdě má samozřejmě dopady na vodní režim krajiny. Podobně jako u rozšiřování nepropustných ploch dochází ke zrychlení a redukci malého vodního cyklu, které se projevuje vysokou lokální zranitelností při výskytu sucha.

V oblasti jakosti vod se situace z minulosti zlepšila v objemu čištěných odpadních vod a organického znečištění splaškovými a průmyslovými odpadními vodami z velkých komunálních a průmyslových zdrojů. Nicméně zatížení říční sítě živinami (zejména fosforem) z odpadních vod, a v některých oblastech ČR i zatížení z produkčních rybníků, je stále neúnosně vysoké a způsobuje eutrofizaci a neplnění požadavků Rámcové směrnice EU o vodách. Kritický, dosud nedoceňovaný vliv na kvalitu vody v tocích zejména v oblastech s podprůměrným specifickým odtokem a v suchých obdobích, má komunální znečištění z malých sídel. Legislativa v ochraně kvality povrchových vod před znečištěním z malých sídelních zdrojů je nedostatečná. Rovněž není uspokojivě řešeno v současnosti velmi aktuální znečišťování toků organickými polutanty, jako jsou pesticidy a farmaka.

Podstata problému ochrany vod tkví v obecně přijímané představě, že zlepšení situace v retenci vody, v ochraně proti povodním a suchu i v jakosti vod

Lze dosáhnout pomocí technických opatření při zachování současného stavu silně modifikované hydrografické sítě, tedy výstavbou dalších nádrží, ohrázováním toků a regulací říčních koryt. Taková technická opatření jsou však drahá a mnohdy působí protikladně vůči různým požadavkům (viz obr. 1) a jsou neúčinná v extrémních situacích. Naproti tomu kapacita přirozených zásobních prostorů v nivách se uplatňuje pružně. Zahrnuje samoregulující mechanismy tlumící výšku povodňových vln i nadměrný pokles průtoku v korytě v suchém období. Samočisticí kapacita přirozeného systému toku a údolní nivy je vysoká a účinně dokáže zadržovat organické znečištění, plaveniny i živiny. Podrobnější příklady čtenář nalezne v publikaci *Krajina a lidé* (Petřík et al. 2017).



Obr. 1 Příklad tzv. protipovodňového opatření realizovaného z prostředků OPŽP na povodí Lužické Nisy u Bílého Kostela nad Nisou. Lesní mokřad i se stromy byl zničen a na jeho místě vybudována retenční nádrž. Foto P. Petřík

Strategickým cílem a prioritou ochrany vod by se měla stát především revitalizace říční sítě a údolních niv doprovázená změnou přístupu k managementu říční sítě. V co největší části povodí by měla být obnovena hydrografická síť s její přirozenou hydromorfologií, včetně pramenných částí toků a mokřadů (s využitím historických podkladů). Využití záplavových oblastí údolních niv by mělo být podřízeno přirozenému odtokovému režimu a urbanizace ani zemědělské využití by neměly omezovat přirozený rozsah rozlivu vody do nivy. Důraz by měl být kladen na 1) kvalitu vody, 2) ekologický stav říční sítě a 3) účinné řešení znečištění živinami z malých komunálních zdrojů. Také je třeba podpořit vsakování srážek a opětovné využití srážkové vody odtékající ze zpevněných ploch v urbanizovaných územích. Dále je nutné legalizovat a maximálně rozšiřovat použití alternativních sanitačních postupů bez napojení na vodní cyklus, zejména kompostovací záchody, které lze používat s výhodou

v zástavbě rodinných domů a v malých sídlech. Silné a slabé stránky, hrozby a příležitosti této problematiky shrnuje následující tabulka 1.

Tab. 1 SWOT analýzy současného stavu ochrany povrchových vod. (převzato z Petřík et al. 2017)

S – strong/silné stránky	W – weak/slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> Administrativa a organizace vodního hospodářství v současnosti i historicky na velmi dobré úrovni Zavedený důkladný systém monitoringu jakosti a množství vod Nezávislost ČR na přítoku vody z jiných států – pramenná oblast Evropy Hydrologicky bohaté zdrojové oblasti hor se stabilně vysokým odtokem Vybudovaný systém zásobních a energetických nádrží s dostatečně velkým objemem pro pokrytí spotřeby vody 	<ul style="list-style-type: none"> Nerovnoměrnost velikosti přirozeného odtokového režimu v různých částech ČR – horská povodí s vysokým odtokem vs. povodí ve středních a nižších nadmořských výškách s relativně nízkým odtokem Nevhodná druhová skladba lesů Hydrografická síť pozměněná technickými úpravami a její špatný ekologický stav se snahou realizovat další technické úpravy (např. kanál Dunaj-Odra-Labe, další přehrady) včetně odvodnění zemědělských a lesních pozemků a negativně ovlivněná hydromorfologie vodních toků Nedostatečná retence vody v krajině a její znečištění rizikovými látkami související s degradací půdy Nedostatečná koncepce řešení odpadních vod, malá účinnost prováděcí legislativy pro malé obce a rybníky a nedostatečné řešení odvodnění zemědělských, lesnických i urbanizovaných ploch Nedostatečná koncepce nakládání s vodami v souvislosti s rizikem sucha a vazba povrchových zdrojů na klimatickou změnu
O – opportunities/příležitosti	T – threats/hrozby
<ul style="list-style-type: none"> Udržitelné zemědělské a lesnické hospodaření v krajině a udržitelný rozvoj urbanizace s minimalizací dopadů na množství a kvalitu povrchových vod Dotační tituly směrem k správnému hospodaření s vodou, zejména srážkovou Realizace opatření blízkých přirozenému stavu pro snížení negativních následků povodní a sucha Revitalizace vodních toků v širším měřítku včetně zvýšení retence vody v krajině a revize odvodňovacích systémů Zlepšení obecného povědomí o hodnotě kvalitní pitné vody 	<ul style="list-style-type: none"> Pokračující trend změny hydrografické sítě a údolních niv technickými úpravami, ztráta biodiverzity říční sítě Zvyšování nebezpečí povodní a sucha v důsledku pozměněné hydrografické sítě a klimatických změn Omezené zdroje vod včetně nedostatku pitné vody či vysokých nákladů na její úpravu (pitná voda, zemědělství, průmysl) Snížení zemědělské produkce a potravinové soběstačnosti Konflikty na úrovni přeshraniční spolupráce v oblasti vod

2 PLAVEBNÍ STUPEŇ DĚČÍN JAKO PŘÍKLAD NEPOCHOPENÍ VEŘEJNÉHO ZÁJMU

O jednotlivých bodech v tabulce 1 by se dalo dlouze diskutovat. Zastavme se proto u jedné z hrozeb pro vodní režim v krajině, kterou lze poměrně jednoduše administrativně vyřešit, a tou jsou nevratné technické úpravy na tocích. Takovou úpravou může být hojně diskutovaný Plavební stupeň Děčín (PSD). Má přeshraniční dopad, protože se přímo dotýká evropsky významné lokality Labské údolí. Údolí Labe v Českém středohoří a zejména navazující kaňon Labe v Labských pískovcích, jehož svahy na pravobřežní straně jsou dnes chráněny v nejvyšší kategorii jako národní přírodní rezervace, je svou pestrostí geomorfologických forem ve střední Evropě unikátní. Komise pro životní prostředí AV ČR (dále KŽP AV ČR) kritizovala nezařazení lokality Labského údolí do Národního seznamu evropsky významných lokalit soustavy NATURA 2000. Snahy o výstavbu PSD jsou problematické nejen z environmentálního, ale především z ekonomického hlediska (nízká splavnost). V rámci mezinárodního srovnání jsou takové snahy anachronické – s probíhajícími klimatickými změnami přistupuje k revitalizaci i velkých toků a jejich návratu do přírodě blízkému stavu řada rozvinutých zemí (Německo, Rakousko, Francie, Itálie aj.).

Na naprosto výjimečný splaveninový a hydrologický režim největšího toku v ČR, nejvyššího možného řádu u nás, poukazuje i samostatná studie v rámci EIA, která ještě není uzavřena. KŽP AV ČR doporučila dále, aby MŽP jako příslušný úřad ve svém stanovisku vyjádřil nesouhlas s návrhem koncepce vodní dopravy z hlediska možných negativních vlivů na životní prostředí a veřejné zdraví ve smyslu § 10g odst. 2 zákona EIA, a to z důvodu rozporu návrhu koncepce s požadavky § 45i odst. 9 zákona o ochraně přírody a krajiny v části navrhuující vybudování Plavebního stupně Děčín. Návrh koncepce je podle ní v rozporu s tímto zákonem, podle něhož: „Pokud posouzení podle odstavce 2 prokáže negativní vliv na příznivý stav předmětu ochrany nebo celistvost evropsky významné lokality nebo ptačí oblasti a neexistuje variantní řešení bez negativního vlivu, lze schválit jen variantu s nejmenším možným negativním vlivem, a to pouze z naléhavých důvodů převažujícího veřejného zájmu a až po uložení a zajištění kompenzačních opatření nezbytných pro zajištění celkové soudržnosti soustavy ptačích oblastí a evropsky významných lokalit podle odstavce 11“, a to z těchto důvodů: nebyly prokázány naléhavé důvody převažujícího veřejného zájmu a nebyla uložena a zajištěna kompenzační opatření.

Jak vidno, často se u podobných staveb argumentuje ve jméno veřejného zájmu. Na místě je připomenout existující judikaturu, která se vyjadřuje k pojmu „naléhavý veřejný zájem“ a k otázce, kdy naléhavý veřejný zájem převažuje nad zájmem ochrany přírody při aplikaci zákona o ochraně přírody a krajiny. Nejvyšší

správní soud v rozsudku č. 6 As 73/2015 z 30. září 2015 konstatoval, že existence či intenzita veřejného zájmu je mnohdy otázkou navýsost politickou, kterou nelze od politiky zcela oddělit, avšak zároveň mezi výsledky politické činnosti a pojem veřejného zájmu nelze bez dalšího klást rovnítko. Dále Soud dovodil, že příslušný úřad v daném případě pochybil, když při posuzování hodnoty veřejného zájmu v daném případě nezohlednil všechny dokumenty, které měl prokazatelně k dispozici, nýbrž zohlednil jen některé (ty, které podporovaly závěry úřadu). Přitom při posuzování existence naléhavého veřejného zájmu a jeho převahy nad zájmem ochrany přírody je třeba zohlednit všechny důležité podklady, jinak výsledek trpí nepřezkoumatelností.

Domníváme se, že místo podpory takových projektů by pozornost měla být zaměřena na projekty revitalizací drobných vodních toků a mokřadů v krajině. Tímto se právě zabývali i účastníci konference Říční krajina 2017, která se konala ve dnech 27. – 28. 4. 2017 za účasti asi 60 odborníků z oblasti ekologie, vodního hospodářství, hydrogeologie, vodních staveb, administrace evropských fondů a dalších. Účastníci konference a závěrečné diskuse se shodli na doporučeních, která v drobných úpravách přejímáme v závěru tohoto příspěvku.

3 DOPORUČENÍ K PROBLÉMU REVITALIZACÍ VODNÍCH TOKŮ A MĚKKÝCH OPATŘENÍ V KRAJINĚ S CÍLEM ZVYŠOVAT RETENCI VODY

- Počet a rozsah revitalizací vodních toků a dalších měkkých opatření v krajině zaměřených na zvýšení retence vody v ČR neodpovídá současným potřebám společnosti (definovaných například v Národní strategii adaptace na změnu klimatu). Přetrvávající meliorace nadále snižují zásoby podzemní vody a při pokračování trendu klimatické změny lze předpovídat její další úbytek. Množství finančních prostředků alokovaných na revitalizace je přitom značné. Operační program Životní prostředí (OPŽP) a jeho struktura neodpovídá reálným požadavkům a neodráží skutečný, realizovatelný postup prací. V první řadě chybí koncepce realizovatelných prvků v krajině a jejich návaznost. Dále si je nutno uvědomit, že výstavba tůní a výsadby vegetace jsou až posledním stupněm realizace revitalizace uvedené plochy. Předcházející etapy často stavebního charakteru velmi často nejsou součástí podpořených aktivit v rámci OPŽP. Tyto zdroje však nejsou využívány, případně jsou využívány především na vyhotovení studií proveditelnosti, v daleko menší míře na vlastní realizace projektů. Správci vodních toků (v první řadě státní podniky spravující povodí toků a státní podnik Lesy ČR) stále nevnímají revitalizaci říční sítě a ekologickou správu toků jako svoji prioritu. Tento úkol jim nebyl jakožto prioritní předložen ani jejich zřizovatelem MZe – nebo jim byl předložen pouze formálně bez skutečné vůle

zajistit jeho splnění. Z tohoto důvodu se nestali stěžejními žadateli o financování projektů z programů OPŽP, jak se očekávalo.

Příčiny tohoto stavu lze formulovat a navrhnout jejich odstranění:

Administrativní a vlastnické překážky

1. U intravilánových akcí či u revitalizací na obecních pozemcích přetrvává problém složité administrace, na kterou se menším obcím nedostává potřebných kapacit, a proto jsou nuceny najímat firmy, což se projevuje nárůstem nákladů. Žadatelům o revitalizační projekty navíc vadí proměnlivá a dosti nepřehledná pravidla OPŽP.
2. Přetrvávající problém vlastníků pozemků a jejich souhlasu s revitalizacemi vede k pokřivenému stavu, kdy hospodařící subjekty jsou důležitějším zúčastněným subjektem než majitelé. Subjekty hospodařící na zemědělské půdě jsou přitom vůbec jednou z nejdůležitějších cílových skupin pro dotace na dodržování ekologických aspektů hospodaření. Příjemce dotace by ale měl strpět na svém půdním bloku revitalizační projekt.
3. Získání stavebního povolení nezbytného pro čerpání dotací je dlouhodobý a komplikovaný proces. Bylo by proto vhodné metodicky vést zejména vodoprávní úřady a sjednotit jejich přístup k právním problémům spojeným s revitalizačními projekty (rušení stávajících úprav, vynětí ze zemědělského půdního fondu apod.).
4. Systém veřejných zakázek (kritérium nejmenší ceny) snižuje často odbornou kvalitu projektů.

Nedostatečná erudice úředníků a malé obecné povědomí

5. Plány povodí podniků Povodí s. p. nejsou veřejností akceptovány a využívány k tlaku na realizaci revitalizací, a proto je třeba využít veřejná projednávání, aktivizovat obce. Plány povodí jednotlivých toků vlastně nejsou skutečnými plány povodí na zlepšení retence vody. Jedná se o plán správy technických zařízení na uvedených tocích. Správa povodí se vlastně retencí vody v krajině nezabývá vůbec.
6. Silně zaostávají znalosti inženýrů – absolventů stavebních fakult ohledně technických aspektů revitalizací. Odborné školy vodohospodářského směru nepřizpůsobily svou výuku potřebám doby.
7. Přetrvává nedostatek kvalifikovaných projektantů v oblasti revitalizací. Komory architektů a urbanistů by měly zahrnout školení ohledně revitalizací do systému svého vzdělávání a využít jejich značného vlivu na rozhodování v obcích. Řešením je úzká spolupráce technických a biologických profesí, resp. poskytnout větší prostor nově se objevujícím oborům, jímž je krajinářská architektura, který se hodlá víc zabývat krajinou a řešením environmentálních problémů měst a obcí.

Úloha klíčových ministerstev

8. Tituly OPŽP zaměřené na revitalizace a měkká opatření v krajině jsou v konfliktu s dotačními národními programy MZe zaměřenými na tvrdá opatření technických protipovodňových opatření a měly by být přehodnoceny.
9. Podobně MMR nevhodně vyhlásilo podporu protipovodňových opatření v lesích založených na zkapacitňování koryt a nikoli na retenci vody. Bylo by např. vhodné zahájit diskusi o vhodnosti revitalizace malých lesních toků, které jsou sice evidovány jako neupravené, přesto jsou ve špatném a dále se zhoršujícím ekologickém stavu (zahlučování).
10. MŽP by mělo více vysvětlit obcím, co se myslí přírodě blízkou protipovodňovou úpravou a systematicky vzdělávat lidi v regionech.
11. ČR podepsala Evropskou úmluvu o krajině v roce 2002, kdy se zavázala řešit problematiku krajiny tzv. mezirezortně. Bohužel mezirezortní přístup ke krajině v České republice není příliš úspěšný, stále nejsme schopni vzájemného dialogu a spolupráce. Přitom krajina je právě tím unikátním prostorem, kde nemůže mít každý z našich zájmů svůj vlastní prostor. Musíme začít spolupracovat, komunikovat, stanovit priority a hledat nejlepší řešení.

Systematická a dlouhodobá podpora

12. Po dokončení studie proveditelnosti v případě nesouhlasu části majitelů (hospodářských subjektů) s navrhovanou akcí (přírodě blízká protipovodňová opatření, revitalizace) často nejsou dále s dotčenými subjekty vedena jednání s cílem přesvědčit je o potřebnosti strpět revitalizační projekt.
13. Kofinancování projektů OPŽP může být problémem a mělo by být zajištěno z národních finančních zdrojů. Není ale jasné, z čeho budou revitalizace financovány poté, co již nebudou k dispozici fondy EU.

V České republice chybí úřad pro aktivní podporu revitalizací, který by v této oblasti vyvíjel dlouhodobou a systematickou činnost.

Česká republika jako jedna z mála zemí EU nemá zavedené krajinné plánování. Přitom právě krajinný plán (podobně jako plán územní) by mohl stanovit koncepci rozvoje v daném území a priority i s ohledem na revitalizace. Česká krajina v současnosti potřebuje nalézt novou tvář. Dnes se nedá obecně hospodařit na několikaarových pozemcích, ale všeobecný přechod na velkoplošné obhospodařování půdy, které nebere ohled na lokální stanovištní podmínky, střídání plodin, potřebu organického hnojení a řídí se jen ekonomickými hledisky, je naprosto nevhodný. Poškození erozí, ohrožení suchem, povodněmi je aktuálním problémem. Základním dokumentem by mělo být vypracování politiky nebo strategie krajiny, která by jasně stanovila vize dalšího rozvoje, priority. K tomu je

ale nutný konsenzus všech ministerstev. Jsme tohoto konsenzu schopní? Platforma pro krajinu (www.nasekrajina.eu) nabízí prostor, kde by takový konsenzus mohl vzniknout.

Literatura

- [1] Petřík P., Macková J. & Fanta J. (2017): Krajina a lidé. – Academia, Praha.

Poděkování

Činnost Platformy pro krajinu probíhá za podpory projektu Strategie AV21 (program Rozmanitost a zdraví ekosystémů). Vznik tohoto příspěvku byl umožněn díky dlouhodobému koncepčnímu rozvoji BÚ AV ČR, v. v. i. (RVO 67985939). Za právní konzultace děkujeme JUDr. Haně Müllerové, Ph.D. z Ústavu státu a práva AV ČR, v. v. i.

MOŽNOSTI MANAGEMENTU VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY SNÍŽIT ŠKODY PŘI POVODNÍCH A SUCHU

František KULHAVÝ✉

*Nová 209, 530 09 Pardubice
✉frkulhavy@gmail.com*

Abstrakt

Hledání konsensu mezi potřebnou ochranou krajiny a potřebou nalézt soustavné, celistvé, úsporné a racionální řešení protipovodňové ochrany a snižování následků globálního oteplování má multidisciplinární (profesní i oborové) parametry. Například v Bílé zprávě Evropská komise vyhlásila: Strategie zaměřená na management a ochranu vody, krajiny a biologických zdrojů s cílem zachovat a obnovit zdravé, účinně prospívající a klimatickým změnám odolné ekosystémy jsou jedním ze způsobů preventivního oddálení neštěstí pro naši planetu. Předložený příspěvek se snaží, v návaznosti na Usnesení vlády České republiky ze dne 29. července 2015 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody (dále jen „usnesení“) [1,2,3], uvést některé aspekty optimalizace vodního hospodářství krajiny, vedoucí ke snížení škod způsobených povodněmi a globálním oteplováním. Tohoto cíle lze dosáhnout především vypracováním, a brzkým uvedením do praxe, koncepce celistvého multidisciplinárně řešeného managementu vodního hospodářství krajiny, podpořeného jak legislativně, finančně tak i důslednou kontrolou dodržování vytčených zásad.

Keywords: vodní hospodářství krajiny; retardace srážek; klima; povodně; využití odpadních vod

1 ÚVOD

Klima a jeho projevy, jakými jsou např. povodně a sucho, je vytvářeno interakcí řady faktorů: slunečním zářením, ovzduším, vodou v různém stavu skupenství, vlastnostmi zemského povrchu (rozložení pevniny a vodních ploch, konfigurace terénu, druhu a způsobu využití půdy, rozložení a druh fytoceózy, atd.), antropogenní činností (průmysl, stavebnictví, doprava, zemědělství, rozšiřování intravilánu, atd.), ale i změnami uvnitř samotného klimatického

systému včetně zpětných vazeb. Opakovaná nestabilita klimatických poměrů, projevující se přírodními katastrofami a to za poslední dvě desetiletí ve formě povodní (11x), sucha (6x) a škodami přesahujícími 200 mld. Kč poukazují mimo aspektů oteplování planety, také na nevhodné a nekoncepční environmentální chování člověka [4,5,6,7]. Mezi příklady nekoncepční krajinné politiky v měřítku ČR, která v mnoha případech nezajišťuje požadovanou efektivitu vynaložených prostředků i dostatečnou právní ochranu veřejného zájmu v oblasti vodního hospodářství krajiny, lze uvést:

- Vlivem uvedených nekoncepčních schvalovacích procesů významně narůstají zastavěné a ostatní plochy, které nepříznivě ovlivňují mikroklimatické poměry v krajině. Např. v období 1971 do 2015, tj. za 44 let vzrostla tato plocha o 187 400 ha (tj. o 29%, viz Tab. 1) což způsobilo roční zvýšení uvolněné sluneční tepelné energie o 2 038 GWh (podle ERÚ 2015 to představuje více než 7 % roční výroby energie vodních elektráren a 7,7 % jaderných elektráren).
- Při koncepci krajinné politiky je nutno brát zřetel i na skutečnost, že v současnosti máme ve zranitelných oblastech 50,2 % výměry zemědělské půdy [5], dále 50 % ploch zemědělské půdy trpí zhutněním a nedostatkem humusu, a 11 % orné půdy je ohroženo vodní erozí a podle maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace (C_p) jsou orné půdy kriticky ohrožené až ohrožené v rozsahu 19,69 %, mírně ohrožené až 4,77 % a půdy náchylné 15,35 %, větrnou erozí jsou půdy kriticky ohrožené až ohrožené v rozsahu 10,87 %, mírně ohrožené až 7,35 % a půdy náchylné 7,01 % [5, 9].
- Současně je nutno brát na zřetel skutečnost, že v naší republice patří kolem 22 % lesní půdy fyzickým osobám a 16 % městům a obcím, mnohdy bez zkušeností s hospodařením v lesích a více jak 86 % zemědělské půdy je obhospodařeno nájemníky, obvykle bez zájmu udržet nebo zlepšovat půdní úrodnost [8].
- Dalším významným dědictvím minulých století v naší krajině je existence zemědělských odvodňovacích soustav na celkové rozloze 1 064 999 ha (tj. 25,2 % zemědělské půdy a 13,5 % celkové rozlohy státu) a 159 955 ha zavlažovatelných ploch [14]. U většiny těchto staveb byla v uplynulých 40ti letech zanedbána základní údržba.
- Z hlediska vodního hospodářství krajiny, je v současné době, významným negativním faktorem absence koordinátora a celistvé správy v oblasti výstavby, provozu, údržby a modernizace hydromelioračních staveb (především odvodnění a závlahy). Bude účelné čerpat z historie „vodních družstev“ založených koncem 19 století, které „věnovaly pozornost soustavné úpravě vodního hospodářství v krajině včetně využitkování hnojivého účinku říční vody“. Bez nové legislativy nelze tento problém úspěšně řešit!
- Plánovací agendy v krajině jsou vedeny několika resorty a obvykle jsou spravovány za odlišnými účely [4] (např. Program rozvoje venkova, Program

prevence před povodněmi – oba MZe ČR, Operační program Životní prostředí, Optimalizace vodního režimu krajiny – MŽP).

- Rezortní roztržičnost, přílišná detailnost dotačních programů a krátké termíny k přihlášení, zabraňují koncepčně řešit danou problematiku multidisciplinárně a vodohospodářsky, environmentálně i ekonomicky efektivně.
- Krajinnotvorné programy většinou neřeší problematiku vodního hospodářství krajiny koncepčně v rámci ucelených povodí ve smyslu Rámcové směrnice o v (2000/60/ES).
- Bude vhodné přijmout doporučení Evropského výboru regionů, aby místo politiky založené na plánu se využívalo takzvané „přizpůsobitelné politiky“ a současně změnit vodní politiku, která je převážně „odvětvová“ na politiku "ucelenou" [10].
- Ve schvalovacích procesech státní a samosprávní administrativy i podnikatelské veřejnosti převažuje jednostranný přístup, postrádající multidisciplinární environmentální aspekty řešení dané problematiky. Bude žádoucí vytvořit personální i materiální (hardware a software) podmínky pro zkvalitnění činnosti státní správy a samosprávy, včetně zajištění veřejně dostupných informací o vodním hospodářství a rozvoj „public relations“.

Tab. 1 Vývoj environmentálních charakteristik krajiny

Ukazatel v roce 1971 v roce 2015 (přírůstek, úbytek)	Plocha ² Km /%	Souč. ^x p. odt. o %	Výpar + Evapotransp. + intercepce v mm	Doporučená základní environmentální opatření z hlediska optimalizace vodního režimu krajiny
Rozloha území	78 869	0,18 až 0,32 18 – 32	458 – 557	Optimální koncepce vodohospodářské politiky včetně managementu udržitelného rozvoje krajiny
Zastavěné + ostatní plochy	6 538 8 412 +1 874/29	0,45 až 0,90 45 – 90	20 – 250	Retardace odtoku; nové zelené a vodní plochy; modernizace vodohospodářské infrastruktury a ČOV; závlahy zeleně
Vodní plochy	1 609 1 655 + 46/3	0 až 0,95 0 – 95	500 – 950	Protipovodňové stavby na tocích a nádržích, retardace odtoku pohyblivými příčnými stavbami, odbahnění
Lesní pozemky	26 070 26 684 + 614/2	0 až 0,10 0 – 10	260 – 490	Obnova bystřinných toků, lesních nádrží a meliorací; zajistit víceúčelové funkce lesa včetně půdoochranných funkcí
Zemědělská půda orná + ostatní	34 930 32 112 -2 818/8	0,04 až 0,20 4 – 20	300 – 900	Ekologicky hospodařit a zúrodnovat půdu; prodlužovat pokrytí ploch rostlinami; modernizace se soustavným managementem melioračních staveb (regulační drenáž, hnojivé závlahy, atd.)
Z.p., louky, TTP	9 720 10 006 +286/3	0,03 až 0,20 3 – 12	450 - 900	V údolích řek preferovat louky a TTP; modernizace se soustavným managementem melioračních staveb

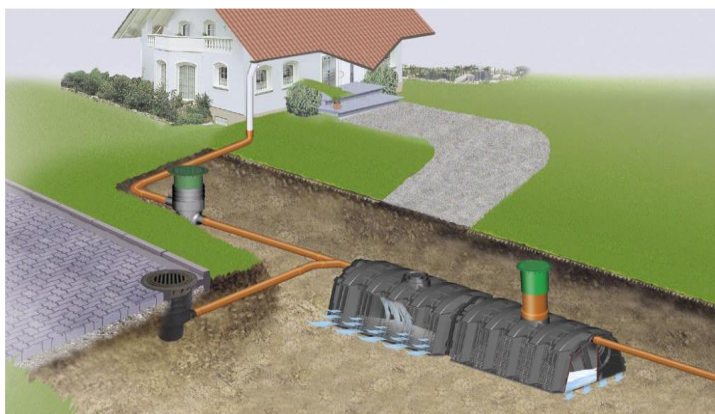
2 ROZBOR DOPORUČENÝCH OPATŘENÍ V OBLASTI MANAGEMENTU VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

2.1 Urbanizovaný segment krajiny

Vodní režim naší krajiny v zastavěné části měst a obcí prošel v průběhu posledních dekád environmentálně významnou proměnou. Vlivem nových územních plánů v mnoha případech ovlivněných lobbystickými zájmy, byly na úkor vodního hospodářství krajiny a zeleně, upřednostněny zájmy plošného rozšiřování zástavby včetně dopravní infrastruktury. Ke zlepšení tohoto stavu bude účelné realizovat následující opatření:

- V této části krajiny vždy bude prioritní optimální management vodovodů a kanalizací k zabezpečení vodohospodářských služeb obyvatelstvu. I když 94,2 % obyvatel je zásobováno vodou z vodovodů a 84,2 % obyvatel bydlí v domech připojených na kanalizaci [5], i v této oblasti je nutno řešit další opatření, například snížit ztráty pitné vody (v roce 2015 dosáhly **99,1 mil. m³**, tj. 16,8 % z vody určené k realizaci) nebo obnovit funkce případně prohloubit stávající studny k odběru pitné nebo užitkové vody. U kanalizačních soustav ověřit, zda vyhovují novým podmínkám a zda nebude vhodné řešit jejich rekonstrukci.
- Retencí srážkových vod např. podporou v rámci Národního programu Životní prostředí na téma: "Hospodaření s dešťovou a přečištěnou odpadní vodou (Dešťovka)" podle Obr. 1. Zvážíme-li, že by u všech stávajících rodinných domků u nás, v počtu 1,5 mil., se ročně retardovaly srážky v rozsahu 10 až 50 m³, pak jen tímto opatřením by se zadrželo v průměru asi **30 mil. m³** srážkové vody. Dále se doporučuje vyžadovat budování zasakovacích nádrží nebo akumulacních nádrží umožňujících retardaci srážek s následným využitím nebo regulací odtoku u všech nových velkoplošných stavebních objektů (hal, komunikací, parkovišť, atd.) podle Obr. 2. Při ročním využití tohoto opatření jen na ploše 5 000 ha a při celoročním úhrnu srážek roku 2015 o hodnotě 531 mm (79 % normálu), bylo by možné zadržet objem vody **27 mil. m³**.
- Významným aspektem vodního hospodářství krajiny je využití přírodních (močůvky, kejdy, odpadních vod škrobáren, cukrovarů, atd.) nebo čištěných komunálních odpadních vod ke hnojivé závlaze neboť se současně řeší jak problematika tzv. „zneškodnění“ těchto odpadních vod s jejich využitím v zemědělství ve formě dodávky půdní vláhy a živin (převážně organického původu). Podle vyjádření Evropské komise je v současné době v Evropě produkováno 40 000 mil. m³ odpadních vod, přičemž jen 964 mil. m³ je znovu v různých formách využito s výhledem rozšířit využívání odpadních vod v roce 2025 v množství 6 000 mil. m³, tj. 15%. Celosvětově nejvíce znovu využívá odpadní vody po čištění Izrael 90 % a Španělsko 17 %. Odborným odhadem lze předpokládat, že lze takto využít v zemědělství min. 5 % produkovaných odpadních vod, tj. **39 mil. m³** (Tab. 7.2.1 literatury [5]).

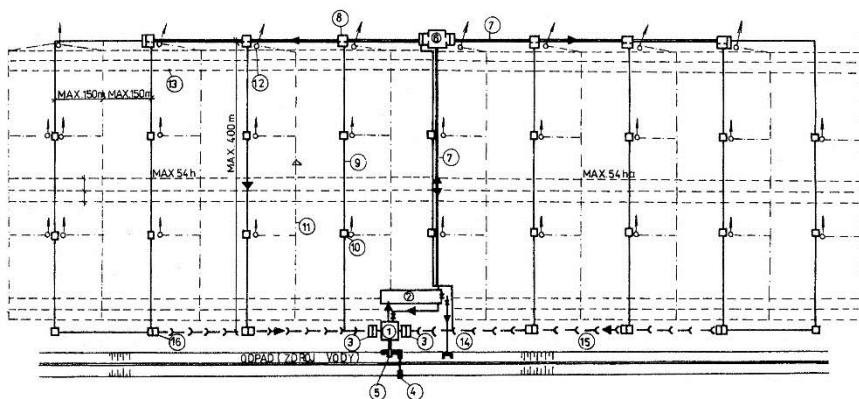
- Z hlediska mikroklimatu je žádoucí zajistit v intravilánu maximální možný plošný rozsah rostlinného a vodního pokryvu, neboť tím se snižuje teplota ovlivněna dopadem slunečního záření a současně se evapotranspirací půda ochlazuje. Z uvedeného vyplývá potřeba podpořit rozšíření městské zeleně včetně zvyšování ploch zelených střech (při testech Minkeho a Wittera v Německu [11] v roce 1982 docházelo během roku na střechy bez vegetace ke kolísání teplot mezi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, tedy rozdílu $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na střechy s vegetací teploty kolísají mezi $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ tj. pouze rozdíl $30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dále rozšíření otevřených vodních ploch může mimo zlepšení klimatu zlepšit i sociální podmínky (rekreační a sportovní činnosti, atd.).
- Z hlediska zkvalitnění prevence před povodněmi je nutno v rámci krajinného plánování propojit účelné environmentální, biotechnická a technická opatření (např. vhodná regulace místních vodotečí, řešení cestní sítě mimo záplavová území, atd.) do jedné funkční soustavy, zaměřené na zvýšení akumulace vody v území, snížení kulminačních průtoků při povodních a zpomalení průchodů povodňových vln, s cílem zajistit lepší přípravu území v záplavových oblastech (např. v těchto oblastech zakázat novou výstavbu pozemních objektů, stávající objekty v rámci možností vykoupit a zbourat a v těchto územích preferovat městskou zeleň, hřiště, apod. umožňující rozliv vody při minimálních škodách).
- V členitém území je nutno posoudit, zda na rozhraní intravilánu a extravilánu nebude účelné vybudovat záchytné otevřené odpady k odvedení „cizích“ vod z horních částí povodí a odvést je neškodně do vhodného recipientu (vodoteč, nádrž, suchý poldr), nebo u menšího povodí do zasakovacích objektů (příkop, šachta nebo nádrž).



Obr. 1 U rodinných domků se doporučuje vyžadovat budování zasakovacích nádrží nebo akumulačních nádrží umožňujících retardaci srážek s následným využitím nebo regulaci odtoku [GRAF].



Obr. 2 Také u velkoplošných staveb se doporučuje vyžadovat jako vyvolané investice budování podzemních zasakovacích, případně podzemních nebo povrchových nádrží [GRAF].



Obr. 3 Schéma optimálního řešení regulační drenáže [12] (1 – čerpací stanice; 2 – akumulční nádrž; 3 – koncová regulační šachta; 4 – stavidlo; 5 – odběrný objekt; 6 – rozdělovací a dávkovací šachtičky; 7 – rozvodné potrubí; 8 – dávkovací regulační šachta; 9 – kolektor; 10 – regulační šachtičky; 11 – větrací drén; 12 – větrací šachtičky; 13 – regulační drén; 14 – výpustný objekt (s přepadem z nádrže); 15 – odpadní potrubí; 16 – koncová regulační šachta)

2.2 Zemědělský segment krajiny

Vodní režim naší zemědělské krajiny prošel v průběhu minulého století velmi významnou, a z environmentálního hlediska převážně nepříznivou, proměnou. Tato proměna byla způsobena mnohdy velmi razantními změnami uspořádání

krajiny, např. rušením historických a ekologicky významných mezí a průlehů, vznikaly velkoplošné půdní bloky, umožňující působení vodní a větrné eroze, nekoncepční výstavbou dopravní infrastruktury nepříznivě ovlivňující povrchový odtok vody, intenzifikací zemědělského hospodaření, zhoršením struktury a propustnosti zemědělské půdy, environmentálně nevhodnou regulací vodotečí a rozšiřováním zástavby na úkor zemědělské půdy. Jako důsledek uvedených zásahů do vodního režimu krajiny a vlivem klimatické změny dochází v současné době stále častěji k povodním a suchu. Proto je nutno propojit agrotechnická, biotechnická a technická opatření do jedné funkční soustavy, zaměřené na efektivní mechanismy k ochraně obyvatelstva a majetku před neovlivnitelnými meteorologickými extrémními a povodněmi, s cílem minimalizovat škody. V době výskytu extrémů pak operativně regulovat odtok z retardačních objektů, obnovovat porušené hráze a především následně minimalizovat přímé a nepřímé škody. Nutná je také osvěta k uvědomělé činnosti jednotlivce během extrémů. Ke zlepšení tohoto nepříznivého stavu doporučuje se realizovat následující opatření:

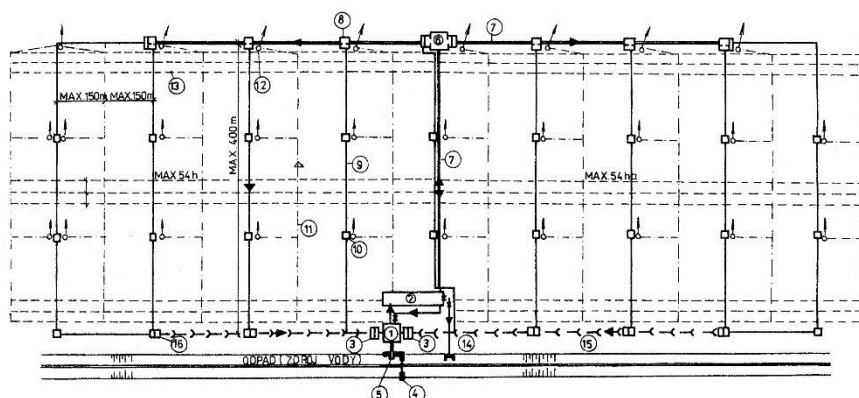
- V oblasti vodního hospodářství zemědělské krajiny představují prioritní opatření erudovaně a multidisciplinárně vypracované komplexní pozemkové úpravy (dále KPÚ). Nevýhodou tohoto opatření je, že vlastní proces realizace navržených opatření je často zdoluhavý a komplikovaný.
- Obvykle v rámci KPÚ současně s environmentální optimalizací honového uspořádání krajiny se řeší také cestní a vodní síť včetně ochrany krajiny před vodní a větrnou erozí.
- Z hlediska vodního hospodářství zemědělské krajiny je významným negativním faktorem skutečnost, že 50 % ploch zemědělské půdy trpí zhutněním a nedostatkem půdního humusu. Meliorační úpravou půdy je možné zvýšit využitelnou vodní kapacitu podle druhu půdy například při zvýšení obsahu humusu o 1 % v rozmezí 2,5-7 %, (u písčitých půd zeleným hnojením, slínováním, využitím sorbentů, hloubkovým hnojením kejdou, hnojivou závlahou a používáním bioalginátů ve stájích i v rostlinné výrobě, viz Tab. 2) v rozsahu více jak 5 % [12]. Je nutno si uvědomit, že pokud takto využijeme k retardaci pouze výše uvedenou zemědělskou půdu tj. 2 105 968 ha při hloubce ornice cca 0,30 m a při zvýšení využitelné vodní kapacity v průměru o 3 % zadržíme jednorázově v půdě min. **190 mil. m³** vody.
- Významnou složkou vodního hospodářství krajiny je již zmíněná současná existence zemědělského odvodnění na celkové rozloze přes 1 mil. ha. U většiny těchto staveb byla v uplynulých 40-ti letech zanedbána základní údržba, což bylo způsobeno jak změnami ve společnosti, tak i opatřeními MZe. Zrušením Zemědělské vodohospodářské správy v roce 2012 schází v současnosti hydromeliorační koordinátor, zajišťující poradenskou činnost a management výstavby, provozu, údržby a modernizace těchto staveb. Významným technickým a provozním aspektem pro současné využívání těchto staveb je skutečnost, že byly obvykle budovány bez ohledu na

vlastnické vztahy k půdě, tj. na pozemcích spravovaných tehdejšími zemědělskými podniky a tudíž je nelze nyní udržovat podle dílčích ploch jednotlivých současných vlastníků. K zajištění řádného provozu je nutná spolupráce všech vlastníků na ucelené ploše jednotlivé stavby pod vedením erudovaného koordinátora (fyzické nebo právnické osoby). V této oblasti je v současné době legislativní vakuum. Z vodohospodářského hlediska bude vhodné podle odborného odhadu zahájit modernizaci cca. 20 % v současné době existující drenáže s možností v různém stupni retardovat drenážní vody (viz Obr. 3, Tab. 3) [12] na ploše asi 213 000 ha při průměrném jednorázovém zadržení drenážní vody $1000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v realizační ceně 12 až 20 Kč·m³ lze jednorázově zajistit retardaci drenážních vod v množství minimálně **213 mil. m³**. Při správném provozu a příznivých klimatických podmínkách lze u těchto staveb retardaci opakovat 2- až 4- krát za rok.

- Dalším historickým dědictvím je skutečnost, že v roce 1993 bylo evidováno 154 224 ha zavlažovatelných ploch a podle statistiky z roku 2010 se snížila zavlažovatelná plocha na pouhých 32 200 ha, z toho skutečně zavlaženo bylo 20 000 ha. Z povolených odběrů vody pro závlahy v roce 2015 bylo čerpáno celkem 40,3 mil. m³ povrchové vody a 14 mil. m³ podzemní vody. Podle aktuálních podkladů [14] je celková plocha závlahových staveb 159 955 ha, z toho 66 105 ha (41,6%) provozovaných. V této oblasti bude vhodné zajistit modernizaci stávajících závlah jak pro doplňkové závlahy s preferencí podle plodin na mikrozávlahy nebo kapkové závlahy, tak i využití hnojivých závlah (močůvkou a kejdou zušlechtěných bioalginátů) nebo závlah čištěnými odpadními vodami.
- V současné době [5,12] Státní pozemkový úřad spravuje následující meliorační stavby:
- 8 889 km melioračních kanálů z toho 5 125 km otevřených a 3 764 km zatrubněných, 17 vodních nádrží a 126 čerpacích stanic (2 závlahové, 124 odvodňovacích). V rámci retence srážkových vod bude účelné na otevřených melioračních kanálech vybudovat retenční hradítka a efektivněji využít čerpací stanice.
- Neméně významným prvkem vodního hospodářství krajiny, v současné době podporovaným, jsou malé vodní nádrže a rybníční soustavy v počtu cca 23 000. V této oblasti se navrhuje jejich obnova, odbahnění, rekonstrukce a sporadicky ve vhodných stanovištích i nová výstavba.

Tab. 2 Vliv BIOALGEENU S 90 na vodní bilanci plodin (Moravany)

Položka	Jednotka	Kontrola		Bioalgeen S 90	
		brambory	vojtěška	brambory	Vojtěška
Plodiny	-				
Hloubka křenů	m	0,50	0,60	0,60	0,75
Využitelná vodní kapacita	%	13	13	15	15
	m ³ ·ha ⁻¹	650	780	900	1 125
Vláhová potřeba	m ³ ·ha ⁻¹	3 000	3 800	3 000	3 800
Vzlínající voda, HPV 1.5 m	mm·d ⁻¹	0,5	1,0	2,5	3,5
Dtto,	m ³ ·ha ⁻¹	900	1 800	4 500	6 300
Krytí vláhové potřeby	%	30	47	150	166



Obr. 3 Schéma optimálního řešení regulační drenáže [12] (1 – čerpací stanice; 2 – akumulční nádrž; 3 – koncová regulační šachta; 4 – stavidlo; 5 – odběrný objekt; 6 – rozdělovací a dávkovací šachtice; 7 – rozvodné potrubí; 8 – dávkovací regulační šachta; 9 – kolektor; 10 – regulační šachtice; 11 – větrací drén; 12 – větrací šachtice; 13 – regulační drén; 14 – výpustný objekt (s přepadem z nádrže); 15 – odpadní potrubí; 16 – koncová regulační šachta)

Tab. 3 Příklad změn ve vodní bilanci u stavby regulační drenáže

Popis položky/Označení stavby	Jednotka	Andrejka	Koleso - Vápno
Druh půdy (jílovitá, písčitolinitá)	-	J	Ph
Hloubka orniční vrstvy	m	0,40	0,30
Hloubka regulovaného půdního profilu	m	1,01	0,90
Využitelná vodní kapacita	%	21	17
Retardace drenážních odtoků (X – III), max.	m ³ .ha ⁻¹	2 367	1 559
Dtto, min	m ³ .ha ⁻¹	896	500
Dtto, za vegetační období (IV – IX), max	m ³ .ha ⁻¹	1 108	1 294
Dtto, min	m ³ .ha ⁻¹	913	588

2.3 Lesní segment krajiny

Také v oblasti lesní krajiny jsou významné rezervy environmentálního posílení vodního hospodářství. V roce 2015 byl následující stav [13]: celková rozloha 2 668 392 ha z toho plochy dřevin 2 568 227 ha v zastoupení 1 880 344 ha jehličnatých dřevin a 687 882 ha listnatých dřevin. Podle vlastnictví jsou lesní plochy zastoupené: státní 1 478 528 ha; měst a obcí 419 421 ha; soukromé 568 736 ha a ostatních majitelů 201 707 ha (družstevní, vlastnictví sdružení, politických stran a církví, zahraniční vlastnictví, atd.). V této části krajiny se z hlediska zlepšení jejího vodního hospodářství doporučuje:

- Zavést trvale udržitelné hospodaření v obnově, výchově, těžbě a především v jednotlivé oblasti ve skladbě dřevin upřednostnit klimatickým změnám odolné dřeviny.
- Ve sklonitých terénech a v územích silně ohrožených vodní a větrnou erozí využívat lesní porosty ke snížení povrchového odtoku srážek, neboť při vhodné skladbě dřevin lze tlumit přívalové srážky od 100 mm až 200 mm i více.
- Podobně jako v zemědělské krajině modernizovat údržbu a provoz lesotechnických meliorací, hrazení bystřin a vodní nádrže.

3 ZÁVĚR

Na základě výše uvedeného a v souladu s platnou i nově potřebnou legislativou vyplývají také zásady optimální koncepce v činnosti státní správy, samosprávy i řadového občana v oblasti vodního hospodářství krajiny, zajišťující zmírnění dopadů extremity klimatu a povodní. Doplnit v legislativě i v praxi stávající, převážně konzervačně a oborově orientované plánovací pohledy na vodní hospodářství krajiny, pohledy zohledňujícími multidisciplinární celostní a integrovaný přístup. Současně stanovit principy etického a environmentálního chování člověka v krajině včetně zajištění odpovídající osvěty a výchovy.

Pokud by v článku navržená opatření byla realizována v následujícím desetiletí, lze v naší krajině uspořít **99 mil. m³** pitné vody a retardovat minimálně **500 mil. m³** srážkové vody (která by umožnila zajistit optimální rozvoj plodin při průměrném závlahovém množství 1600 m³ .ha⁻¹ na minimální ploše 312 500 ha).

Literatura

- [1] USNESENÍ VLÁDY ČESKÉ REPUBLIKY ze dne 29. července 2015 k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody.
- [2] Dtto, příloha č. 1 Analytické podklady
- [3] Dtto, příloha III. Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody
- [4] Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka (2015): Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice
- [5] MZe ČR, MŽP ČR (2016): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2015. Praha 2016, 147 s., ISBN 978-80-7434-319-3
- [6] MZe ČR (2015): Sucho vážná hrozba pro Českou republiku. 23 s.

- [7] ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, MŽP ČR (2015): Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015. Předběžná zpráva. 75 s.
- [8] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2016) webové stránky
- [9] MZe ČR, Ústav zemědělské ekonomiky a informací (2015): Zpráva o stavu zemědělství ČR za rok 2015
- [10] Lhotský J. (2017): Návrh na účinný systém hospodaření s vodou v Evropské unii. <http://www.vakinfo.cz/vodni-hospodarstvi/navrh-na-ucinnny-system-hospodareni-s-vodou-v-evropske-unii/>
- [11] ČERMÁKOVÁ B., MUŽÍKOVÁ R. (2009): Ozeleněné střechy. Grada Publishing, a.s., 248str., ISBN 978-80-247-1802-6
- [12] KULHAVÝ F., KULHAVÝ Z. (2008): Navrhování hydromelioračních staveb. Technická knižnice ČKAIT Praha, 432 s. ISBN 978-80-87093-83-2
- [13] Český statistický úřad (2015) - <https://vdb.czso.cz/>
- [14] VÚMOP, v.v.i. (2016) : Studie ověření stavu závlahových systémů a jejich inventarizace

NEJVĚTŠÍ KOŘENOVÁ ČISTÍRNA SVÉ DOBY PO DVACETI LETECH PROVOZU

Jiří KLICPERA^{1,✉}

¹nezavislý ekolog, Gočárova 615, 533 41 Lázně Bohdaneč
✉klicpera@iol.cz

Abstrakt

Záměr financovat výstavbu ČOV pro obec Višňovou na Frýdlantsku, o kapacitě 500 EO se připravoval jako projekt financovaný z předvstupních fondů Phare Evropské Unie v r. 1996-7. Společnost PURE Abwassertechnik deklarovala, že používá k mechanicko – biologickému předčištění rákosová pole s povrchovým naplávováním odpadních vod, s hrubými nečistotami rozmělněnými v čerpadlech s drticím zařízením a nepotřebuje tedy předřadit žádný septik. Odpadní vody z obecní kanalizace se musely v každém případě přečerpávat a bylo jen dílčí otázkou, do jaké výšky. Ve výsledku se ukázalo, že obchodní deklarace nesedí zcela a úplně s výsledkem a musely být provedeny určité úpravy na přítoku, nicméně čistírna vykazuje dlouhodobě – 18 let – spolehlivé výsledky a vysokou účinnost. Standardní splašky jsou čištěny s účinností 94 % dle BSK₅ a 90 % dle CHSK, dlouhodobý průměr na odtoku je 17 mg/l BSK₅ a 60 mg/l CHSK. Doba úspěšného provozu již přesáhla standardně počítanou životnost běžných mechanicko-biologických čistíren.

Klíčová slova: Odpadní vody, biologické čištění, kořenové čistírny odpadních vod, investiční efektivnost

1 ÚVOD – PŘÍPRAVA PROJEKTU

Záměr financovat výstavbu ČOV pro obec Višňovou na Frýdlantsku, o kapacitě 500 EO se připravoval jako projekt financovaný z předvstupních fondů Phare Evropské Unie v r. 1996-7. Řídicím pracovištěm projektové sekce CBC – přeshraniční spolupráce – procházela asi polovina financí EU pro ČR. Financovala se tudy řada dopravních projektů, silniční obchvaty, spojovací silnice přes hranice, průtahy železnic napříč republikou a také některé projekty ochrany ovzduší a vod. Šlo o výstavbu ČOV a kanalizací v oblastech sousedících především s Německem a Rakouskem, dále ještě s Polskem a Slovenskem. V té době se o prvních

kořenových ČOV do 5-10 EO začínalo u nás mluvit, ale nikdo o tom nic nevěděl, a o kapacitě pro 500 EO ani v Německu. Největší zjiřitelná reference z té doby byla pro 35 EO, a to ještě teprve ve výstavbě. Jediná obecní ČOV v té době u nás postavená byla špatně navržena a musela být z provozu odstavena.



Obr. 1 Celkový pohled na stavbu v létě 2000

Obec Višňová se nachází v podsoustavě Západní Sudety v geomorfologické jednotce Frýdlantská pahorkatina s mírně zvlněným reliéfem skloněným k severu. Frýdlantský výběžek má členitý povrch. Jižní hranici oblasti je rozvodí Baltu a Severního moře, resp. Nisy a Jizery. Většina oblasti (273 km²) je odvodňována Smědou v délce 41 km toku.

Životní prostředí je zde výrazně ovlivněno důlní činností na polském území v bezprostřední blízkosti obce. Státní hranice zde probíhá na okraji obce, několik desítek metrů od obecního úřadu. Důlní činnost je lokalizována do vzdálenosti kolem 2 km, přičemž výsypka povrchového dolu zasahuje až na okraj obce a výrazně ovlivňuje hydrologické poměry v místě. Podle některých zdrojů je zvýšení plochy povodí a čerpání důlních vod na českou stranu jednou z příčin často se opakujících povodní.

Časté přívalové stavy jsou několikrát do roka převáděny po prudších srážkách do obce během velmi krátké doby, nejvýše několika hodin. Obcí prochází silnice a železniční trať do Polska. Řeka Smědá měla sice již tehdy regulované koryto se zpevněnými břehy, avšak terén je zde velmi plochý a tak pravidelně dochází k častým vybřežením toku na okolní louky a do obce. V celém Frýdlantském výběžku měly být rekonstruovány a doplněny obecní a městské ČOV a doplněny kanalizace tak, aby byla zachována kvalita vody v řece Smědě na velmi dobré úrovni. Týkalo se to zejména Frýdlantu, Nového Města pod Smrkem, Hejnic, Libverdy a dalších obcí.

V roce 1995 vypracovala firma ANVES Liberec projekt kanalizace a čistírný odpadních vod pro obec Višňovou. Součástí stavby měla být podle projektu

klasická aktivační čistírna typu CNP firmy BMTO Liberec, umístěná v inundaci řeky Smědé. Po vyčíslení pořizovacích a provozních nákladů a na jejich základě stanovené předpokládané výše stočného pro občany, začal hledat Obecní úřad Višňová méně nákladné řešení nakládání s odpadními vodami. Tím se zdála být kořenová čistírna typu PURE PFKA firmy PURE Abwassertechnik z Bad Reichenhall v SRN. Tento typ se svojí konstrukcí poněkud lišil od KČOV do té doby běžně budovaných na území ČR, které používají v 1. stupni septik nebo šterbinovou nádrž, což vede opět k produkci kalu a potřebě jej likvidovat. Čistírna PURE deklarovala, že používá k mechanicko – biologickému předčištění rákosová pole s povrchovým naplávováním odpadních vod, s hrubými nečistotami rozmělněnými v čerpadlech s drtícím zařízením. Vegetace měla čistit úspěšně i v zimě (!). Odpadní vody z obecní kanalizace se musely v každém případě přečerpávat a bylo jen dílčí otázkou, do jaké výšky. Tento typ nakonec zvolen pro způsob čištění. Projekt stavebního řešení zpracovala firma TERRAPROJEKT Liberec.

V dokumentaci EIA z ledna 1997 je pak uvedeno s odvoláním na technologický návrh: ...Ve druhém stupni pak jsou předčištěné vody filtrovány půdní filtrací dvoustupňovým horizontálním průtokem se současným biochemickým působením mikroorganismů a zřejmě i vyšších rostlin, odcházející vody jsou tím vyčištěny na úroveň odpovídající zákonným normám ČR. Celková plocha nádrží bude cca 7.000 m², takže využitelná plocha na 1 obyvatele je přes 10 m². Takové zatížení odpovídá hodnotám, zjištěným experimentálně na menších čistírnách podobného typu. Navrženým vegetačním porostem jsou rákos obecný (*Phragmites australis*), lesknice rákosovitá (*Phaleris arundinacea*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia*).



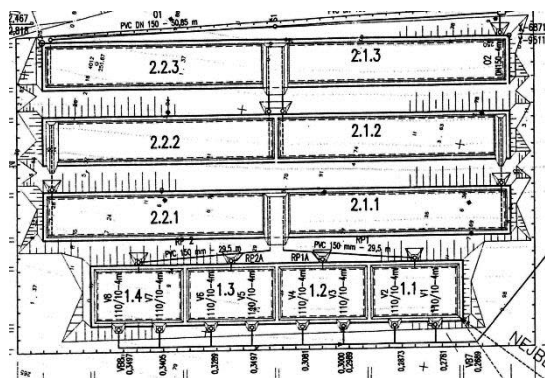
Obr. 2 První fáze výstavby

Původně navržená klasická mechanicko-biologická aktivační ČOV pro Višňovou měla být postavena u řeky Smědé pod obcí a zvýšena osazením nad

hranici 100 leté vody, takže všechny vody by se do ní musely přečerpávat. Podle stanoviska Povodí Labe Hradec Králové k projektu by taková úprava terénu významně zhoršila odtokové poměry v lokalitě a zvětšila pravidelné záplavy obce. Plocha potřebná pro její výstavbu a výška nutného navýšení nad terénem tedy přímo vylučovala její umístění v polohách při řece Smědě z důvodů značného ovlivnění záplavového území tak velkým tělesem. Vznikl tedy problém s umístěním ČOV a zastupitelstvo s tehdejší paní starostkou Marií Matuškovou přišlo s požadavkem využití tehdy zcela nové technologie kořenové čistírny. Ta by ale byla pravidelně zaplavována a její funkce by byla jen iluzorní, k takovému řešení ale nebylo možno dát souhlas v řídicí jednotce Phare CBC, pracující v působnosti Delegatury EU v Praze. Řízení postupovalo již dle evropských standardních dokumentů.

Bylo by také velice nákladné dovézt tak velké množství zeminy potřebné na podsypy a obsypovou ochranu KČOV. Z pro obec dostupných pozemků byl navržen a vybrán pozemek p.p.č.kat. 1283/1 v k.ú. Višňová, který byl v době rozhodování o umístění stavby v majetku PF ČR. Tento pozemek se nachází 90 m od nejbližšího obytného domu a nad údolní nivou řeky Smědě má převýšení cca 25 m. V té době byl využit jako motokrosové cvičiště mládeže.

Protože obec měla možnost získat do vlastnictví zmíněný pozemek na kopci za obcí, byla zvolena varianta postavit ČOV poněkud netradičně na kopci, a to kořenovou jako velký pilotní projekt, i když tehdy nikdo nevěděl, zda a jak to vůbec bude fungovat a s projekty byly i velmi negativní zkušenosti. Navíc chyběly i ty nejzákladnější kapacitní údaje, vodítkem byl pouze možný počet napojených obyvatel – celkem 500 EO. V obci bylo nutno postavit 2,1 km dlouhou, převážně gravitační stokovou síť se třemi přečerpávacími stanicemi. Pouze úsek mezi poslední přečerpávací stanicí a KČOV je kvůli převýšení realizován jako tlakové potrubí.



Obr. 3 Projektové řešení hlavní stavby

Pro projekty Phare se již vyžadovala určitá forma veřejného projednání stavby, obdobné dnešní proceduře EIA. Podle tehdy platného zákona 244/1992 Sb. se projekty téhle velikosti vůbec neprojednávaly, podle dnešních hodnocení (zákon 100/2001 Sb.) by se jednalo o podlimitní záměr. Bylo proto nutno připravit vyhodnocení ve formě dnešního Oznámení EIA ve zkrácené podobě a tak, aby jej mohlo schválit na veřejném jednání zastupitelstvo. Projekt byl zařazen do sekce Česko – Polsko – Saské příhraniční spolupráce a získal při plánovaných nákladech 4,9 mil. Kč poměrně významnou finanční dotaci téměř 90 tis. ECU (cca 2,7 mil. Kč). Bylo nutno zahájit výběrové řízení na projektanta a dodavatele Díla.

2 VLIVY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ DLE EIA:

Podle studie Vliv lomu Turów na životní prostředí obce Višňová bylo ovzduší silně znečišťováno popílkem zanášeným sem právě při převládajících západních a jihozápadních větrech. Popílek je v množství asi 5 mil. m³/rok z velké části nevhodně ukládán a za určitých okolností (zejm. při podílu nad 20% obj.) může způsobovat i nestabilitu výsypkového tělesa. Dálkovým přenosem bylo zatěžováno životní prostředí také exhalacemi elektrárny Mělník a podkrušnohorských elektráren, tehdy ještě neodsířených. Imise dosahovaly podle Atlasu životního prostředí ČR kolem 10 až 20 t/km² u oxidu siřičitého, 2 - 5 t/km² u oxidů dusíku a do 5 t/km² u tuhých látek - ovšem mimo bezprostředního okolí lomu, kterým je právě obec Višňová. V prostoru Višňové je ve štěrkopískovém podloží lokalizován výskyt keramických hlín a ložisko lignitu - cca 12 mil. t. S jeho využitím se nepočítá a bylo navrženo k odpisu.

Recipientem čistírny je pravostranný přítok Nisy Smědá, vodohospodářsky významný tok, číslo povodí 2-04-10-001 s průměrným průtokem 3,6 m³/s. V obci Višňová se do Smědé vlévá Višňovský potok, vodohospodářsky významný tok s č. povodí 2-04-10-022 a Minkovický potok (č. povodí 2-04-10-021/13), který není klasifikován jako vodohospodářsky významný, avšak oba potoky způsobují v obci často záplavy, stejně jako hlavní tok Smědé. Minkovický potok má vypočtenou kapacitu koryta na 3,2 až 9,2 m³/sec, plochu povodí asi 3,8 km² (původně 2,2 km², zvětšeno důlní činností na polské straně hranice). Jednoletá voda v Minkovickém potoce převyšuje dnes vlivem úprav na polské straně hranice 10 m³/s, čímž dochází v obci k častějším záplavám než dříve, kdy šlo především o vyběžení řeky Smědé. Kvalita všech tří zmíněných vodotečí je značně proměnlivá vlivem výrazné diverzifikace průtoků a nedostatečné povodňové regulaci. V povodí není žádná významná retenční kapacita a přirozená akumulace v lesních porostech je v důsledku poškození lesů v „Černém trojúhelníku“ rovněž snížena. V okolí obce, zejména v místech povodí Minkovického potoka, byla zjištěna kontaminace arsenem v místech, kde je povrch ovlivněn důlní výsypkou.

Kvalita odtoku podle informací dodavatele:		Vypouštěné znečištění:
pH	není garantováno	
BSK5	1 - 10 mg/l	1 kg/den
CHSK	5 - 50 mg/l	5 kg/den
NL	max 30 mg/l	3 kg/den
amoniak	max 1,5 mg/l	0,15 kg/den
fosfor celk.	max 0,5 mg/l	0,05 kg/den
dusík celk.	max. 10 mg/l	1 kg/den

- Kvalita odtoku podle informací dodavatele: Vypouštěné znečištění:
- pH není garantováno
- BSK5 1 - 10 mg/l 1 kg/den
- CHSK 5 - 50 mg/l 5 kg/den
- NL max 30 mg/l 3 kg/den
- amoniak max 1,5 mg/l 0,15 kg/den
- fosfor celk. max 0,5 mg/l 0,05 kg/den
- dusík celk. max. 10 mg/l 1 kg/den

Odtok tedy měl vyhovovat s rezervou požadavkům tehdy platného vl. nař.171/92 Sb.

Původní Vzorový projekt PURE s kapacitou pro 30 EO měl hygienický atest hlavního hygienika ČR č. j. HEM-3246-5.12.94 vydaný rozhodnutím ze dne 23.12.1994. Kapacita navrhované čistírny byla v týmu dále přepočtena pro 500 EO.

Ve výběrovém řízení na stavbu KČOV zvítězila firma BeReTa Liberec, vlastníci podklady a licenci pro zpracování projektu KČOV typu PURE na smluvním základě přímo od firmy Pure Abwassertechnik. Firma BeReTa Liberec však stavbu KČOV nedokončila. Po dokončení 1. stupně (čtyř kalových polí) zkrachovala a stavbu dokončila po složitém doplňovacím řízení firma Silkcom Frýdlant. To sebou přineslo spoustu problémů, např. předávání dokumentace, nedodržování rozpočtu, termínů dokončení a z toho plynoucí technické a technologické nedostatky v provedení stavby atd. Právě zde je možné hledat jeden z důvodů pozdějších problémů s účinností KČOV, které se ale podařilo díky vysokému úsilí zástupců obce vyřešit.

3 NÁVRHOVÉ A PROVOZNÍ PARAMETRY KČOV

Nejprve činil návrh 500, potom 400 ekvivalentních obyvatel – současný stav kolem 396 obyv.

- Návrh přítok **80 m³/den, 2400 m³/měsíc** – skutečnost kolem 26.000 m³ ročně (2166 m³/měs.)
- V EIA uvažováno 110 m³/den, roce 2013 na základě předložených výsledků vodoprávně povoleno max. 5,6 l/s a 3000 m³/měs., (tj. **100 m³/den**)

předpokládané denní znečištění na přítoku	BSK ₅	24 kg/den
	ChSK _{Cr}	40 kg/den
	NL	22 kg/den
Předpokládaný odtok z čistírny	Q _D	1 l/s
Předpokládané znečištění na odtoku	BSK ₅	20 mg/l
	ChSK _{Cr}	80 mg/l
	NL	25 mg/l
Recipient: řeka Smědá – pravostranný přítok Nisy		
	Q ₃₅₅	812 l/s
	BSK ₅	3,1 mg/l

4 POPIS ČISTÍRNY

KČOV ve Višňové sestává ze tří částí:

- čerpací šachta
- 1. stupně – tzv. mechanicko biologické předčištění změněno na sedimentaci
- 2. stupně – biologické čištění tzv. kořenovou filtrací

Celková plocha ČOV je významně menší než původní návrh - 2400 m², první stupeň 2x2 nádrže 20x12 m hl. 0,8 m, z toho 0,3 m šterková náplň. Provoz nádrží se po cca 2 týdnech střídá. Druhý stupeň tvoří 6 nádrží 9x51,6 m x 0,6m hloubky s horizontální filtrací. Zimní a letní provoz se liší. V nádržích je osazen především rákos obecný.

4.1 Čerpací šachta před ČOV

Čerpací šachta je plastová s dvěma čerpadly (Amarex, 6,5 l/s, druhé čerpadlo funguje jako záložní), opatřenými drticím zařízením pro rozmělnění všech pevných součástí. Zhomogenizovaná odpadní voda je čerpána tlakovým potrubím o průměru 90 mm do 1. stupně – původně kalových polí.

4.2 Nádrže KČOV obecně

Všechny nádrže čistírny jsou od okolního prostředí odděleny PE folií chráněnou z obou stran geotextilií a ve dně uloženou na vyrovnávací pískové vrstvě tl. 100 mm. (obr. 4) Izolace je vytažena až pod šterkové chodníky. Rozvodná potrubí v nádržích jsou z PVC trub DN 150 a sběrná potrubí jsou z PVC DN 150 a perforovaná. Regulaci výšky vody umožňují takzvané kolenové regulátory v kontrolních šachtách na odtoku z jednotlivých nádrží. K měření výšky vody v náplni slouží ukazatele zhotovené z perforované PVC trubky DN 200 a umístěné v blízkosti odtoků.



Obr. 4 Složení izolace nádrží

4.3 1. stupeň čištění – sedimentační nádrže

První stupeň tvoří čtyři nádrže půdorysného rozměru 20,0 x 11,9 m a hloubky 0,8 m. Nádrže jsou zapojeny dvě paralelně pro celou sadu polí druhého stupně. Výše šterkové náplně je 0,3 m. Zbývajících 0,5 m je prostor pro hromadění kalu a prostor pro napuštění surové odpadní vody. Stěny nádrží mají sklon 1:1.

Odpadní voda je přiváděna dvěma trubkami DN 100 osazenými uzavíracími klapkami. Odtok je realizován sběrným potrubím položeným rovnoběžně se stranou protilehlou k nátoku, perforovaným a na konci vyvedeným nad náplň a opatřeným zátkami. Pole byla původně osázena rákosem obecným a dalšími druhy dle požadavku PURE.

Vždy jen jedna nádrž je povrchově plněna odpadní vodou. Přítok odpadní vody do jednotlivých nádrží se pravidelně v týdenních intervalech střídá. V ostatních nádržích se mezitím odehrává mineralizace. Celková plocha 1. stupně je 800 m² a proti původnímu projektu PURE musela být radikálně přebudována.

4.4 2. stupeň čištění

Druhý stupeň čištění je tvořen šesti nádržemi půdorysného rozměru 9,10 x 51,60 m a hloubky 0,6 m z čehož vlastní šterková náplň je do výšky 0,3 m. Přívodní potrubí z předchozí nádrže je zaústěno do rozváděcího drénu překrytého kvůli zamrzání vrstvou zeminy. Nádrže byly původně osázeny těmito druhy rostlin: bahnička, kosatec, sítina rozkladitá, sítina sivá, tužebník, kyprej, ostřice, máta vodní, pryskyřník, skřípinec. Protože v zimě tato vegetace odumírá a čistírna

přítom vykazuje stále dobré výsledky, je evidentní původní předpoklad technologa, že na této vegetaci čistící efekt nezávisí.

5 PROVOZ

Čistírna byla uvedena do zkušebního provozu rozhodnutím OkÚ Liberec – Referátu životního prostředí dne 18. září 2000. Šestiměsíční zkušební provoz však nepřinesl dobrou zkušenost. Na povrchu kalových polí 1. stupně se vytvořila místy až 15 cm tlustá vrstva špatně se odvodňujícího kalu, na dvou polích došlo k téměř úplnému úhynu rákosu. Cyklus plnění a vyprazdňování kalových polí neprobíhal tak, jak bylo deklarováno. Jednotlivé nádrže byly plné již za tři dny a odvodnění trvalo až tři týdny. Nedocházelo tedy ke klidové fázi, která měla podle projektu trvat čtrnáct dní. Bylo navrženo rozšíření systému drenážních trub, vybudování zpevněné plochy pod nátoky do kalových polí o šířce cca 2 m a oddělené od zbytku nádrže hrázkou z polopropustného materiálu, výměna filtrační náplně ve zbylé části kalového pole a dorovnat vrstvu náplně sekundárních polí do vodorovné polohy. Důvodem pro vybudování zpevněné plochy pod nátoky byla snaha zachytit největší množství sedimentů na této ploše s možností jejich ručního vyklizení. Uvedená opatření s respektováním původního českého technologického návrhu přinesla významné zlepšení provozu, původního dodavatele zachránil před vysokou penalizací krach. Náklady ovšem nesl investor, příčinou bylo m.j. dodržení požadavků na formální výběrové řízení.

V roce 2001 byla KČOV uvedena po úpravách na základě vyhovujících výsledků do trvalého provozu, v r. 2008 získala nové vodoprávní povolení bez nutnosti sledování přítoku a v r. 2013 bylo vydáno další, nyní platné povolení do 31.10.2023. Platné parametry jsou dodržovány. Nátok surové vody se v posledních letech nesleduje, k dispozici jsou jen data do r. 2009. Z nich je možno vypočítat i parametry účinnosti, viz grafické přílohy.

CHSK (Cr) v nátoku se obvykle pohybovalo v rozmezí 400 – 600 mg/l, na odtoku jsou hodnoty převážně do 100 mg/l, limit je 170 mg/l. Účinnost podle CHSK je v mezích nad 80%, pouze v některých lednových rozborech 2005 a 2006 klesla až k 60% patrně vinou silnější zimy. Stanovený limit je dodržován s rezervou, dlouhodobý průměr je 60,2 mg/l.

Hodnoty BSK₅ v nátoku jsou velmi rozkolísané, od 100 do 650 mg/l, ale převážně v rozmezí 200 – 500 mg/l. Hodnoty na výstupu se pohybují v posledních letech pod 10 mg/l a často pod 5 mg/l, ačkoli limit je 70 mg/l. Dlouhodobě je průměr 17 mg/l a účinnost procesu je lepší než u CHSK(Cr) – pohybuje se trvale nad 90%. Hodnoty vodoprávního povolení jsou trvale plněny.

Hodnoty nerozpuštěných látek se v tomto případě nedají podobně hodnotit, protože dochází k významné transformaci hmoty. Obvyklé hodnoty se pohybují

v rozmezí 100 – 300 mg/l a na odtoku obvykle do 20 mg/l dlouhodobý průměr je 9,5 mg/l, stanovený limit je 70 mg/l. Povolené hodnoty jsou s rezervou plněny.

Obdobně je to s amoniakálním dusíkem. Na přítoku jsou koncentrace v průměru kolem 100 mg/l a stanovený limit pro vypouštění je 40 mg/l. Hodnoty výstupu jsou dlouhodobě 13,8 mg/l. Stanovené limity jsou tedy se značnou rezervou plněny, v zimě však neprobíhá nitrifikace a bývá vyšší množství dusitanů – průměr je až 10,8 mg/l.

Jak již bylo zmíněno, hlavním kladem použité technologie měla být tzv. kalová pole (1. stupeň čištění). Autor technologie udává roční přírůstek sedimentů asi 1 cm. Výšková rezerva vytvořená v kalových polích je 30 cm, tedy asi na třicet let provozu. Již šestiměsíční zkušební provoz tento předpoklad vyvrátil a projekt bylo nutno revidovat, jak je uvedeno výše.

Regulačních prvků na KČOV není mnoho. Lze nastavovat výšku hladiny vody v jednotlivých polích pomocí kolenových regulátorů a ovládat napouštění jednotlivých van 1. stupně. Liší se zimní a letní provoz v sekundárním stupni. V létě se drží hladina asi 5 – 10 cm pod horní hranici filtrační náplně. V zimě je nutné hladinu vody držet kvůli zamrzání cca 10 cm nad filtrační náplní. Čistírna však v praxi funguje i v zimě navzdory tomu, že makrofyta odumírají. Jejich funkce je tedy především obchodní a skýtá majiteli licence klíčku pro vyklouznutí ze záruk, jestliže není dodržena „druhá skladba“.



Obr. 5 Kalová pole před rekonstrukcí

Na povrchu kalových polí se po zahájení provozu vytvořila místy až 15 cm tlustá vrstva špatně se odvodňujícího kalu, na dvou polích došlo k téměř úplnému úhynu rákosu. Cyklus plnění a vyprazdňování kalových polí neprobíhal tak jak bylo deklarováno. Jednotlivé nádrže byly plné již za tři dny a odvodnění trvalo až tři týdny. Nedocházelo tedy k deklarované klidové fázi, která měla podle projektu trvat čtrnáct dní.

Při rekonstrukci prvního pole se objevily některé nové skutečnosti, z části objasňující problémy s jejich funkcí. V průvodní technické zprávě je uvedeno „Náplň je tvořena vrstvami různých frakcí štěrku uspořádaných v ploše filtru tak, aby nedocházelo ke zkratovým proudům. Výskyt obtížného hmyzu a nepříjemného zápachu je vzhledem k tomu, že k povrchu nádrží je neustálý přístup vzduchu, eliminován.“



Obr. 6 Detail kalového pole s úhynem makrofyt (rákosu) v první etapě provozu

Ve skutečnosti však byla náplň složena **pouze z netříděného písku**. Tento materiál přirozeně nemohl fungovat dostatečným způsobem. Schéma složení a rozvrstvení náplně kalových polí se podařilo získat OÚ Višňová až později, zde selhala funkce stavebního dozoru (písková měla být jen svrchní několika centimetrová vrstva a dále následují štěrky různých zrnitostí). Je možno se ale domnívat, že špatné složení náplně kalových polí není jediným faktorem způsobujícím problémy a považuje se vzhledem k chování vrstvy sedimentů (pevná nepropustná křusta) možnost jejich ručního odklizení za velice přínosnou. Za další faktor pokládáme poddimenzovanou plochu proti propočtu v technologickém návrhu a EIA při stávající technologii a složení odpadních vod. Řadě problému bylo možno předejít, kdyby bylo možno respektovat zjištění uvedená v hodnocení projektu a nabídek.

6 VÝSLEDKY PROVOZU

I přes potíže v 1. stupni čištění byly od počátku výsledky na odtoku z KČOV dobré. Po mnoha různých investorských peripetiích se podařilo postavit a zkolaudovat ČOV, která je trvale v provozu od roku 2000 a toto dítě vykazuje 18 let trvale výborné výsledky. Významná je úspora el. energie a fakt, že k samotné obsluze ČOV není třeba vysoká kvalifikace. Rozbory z pravidelných kontrol a

protokol ČIŽP jsou k dispozici. Kontroly ČIŽP dopadly výborně, nebyly uděleny žádné pokuty ani nápravná opatření.



Obr. 7 Kalová pole po rekonstrukci

Rozborů jsou prováděny obvykle 4x do roka a jsou dobře vedeny a archivovány s tím, že nátok již od roku 2009 není na základě vodoprávního povolení pravidelně sledován, protože je v podstatě stabilní. V protokolech rozborů odpadních vod se vyskytují místy jisté abnormality, které ale s odstupem času již nejde opravit nebo vysvětlit. V příložených grafických výstupech je však zřejmé, že kvalita výstupu je stále dobrá, od roku 2010 je po úpravách ještě stabilnější a lepší.

7 ZÁVĚRY

Na výstupu mělo být podle projektu a obchodní nabídky denně asi 110 m³ vyčištěných vod s touto kvalitou:

BSK ₅	1 - 10 mg/l – je dodrženo až v posledních letech po úpravách
CHSK(Cr)	5 - 50 mg/l – dtto
NL	max. 20 mg/l – pouze tento parametr se ve skutečnosti podařilo od počátku dodržet

Vodoprávní povolení byla však vydávána s větším přiblížením k zákonnému požadavku a platným nařízením vlády. Čistírna je v souladu s moderními požadavky na čištění odpadních vod z menších obcí do 500 EO.

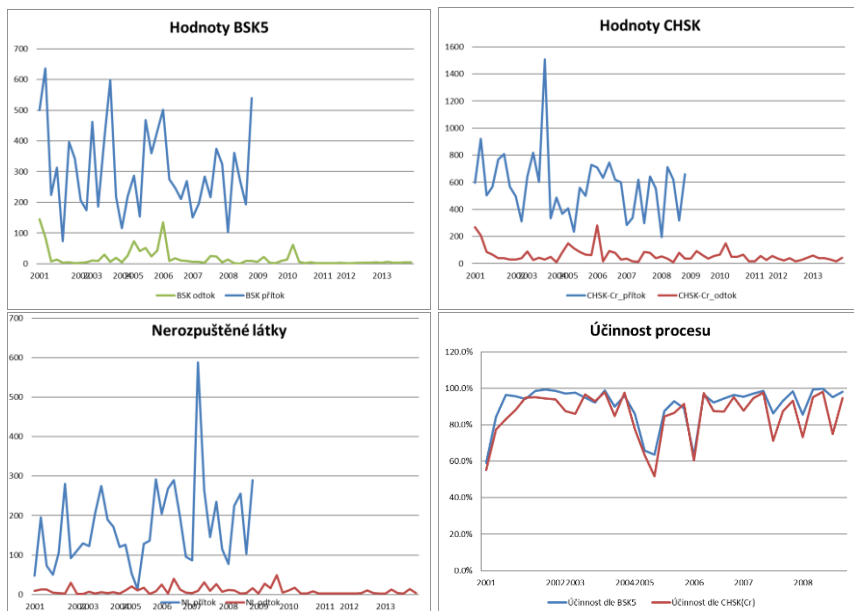
Návrh a doplněk kořenové čistírny pro obec Višňová prokázal, že nejen umíme vyprojektovat a připravit světově progresivní dílo dobře zapadající do krajiny, ale také jej zrealizovat a dobře provozovat.

Literatura a zdroje

- [1] PURE – Pflanzenkläranlagen – Informationen 1996
- [2] Projektová dokumentace ČOV Višňová pro Phare CBC 1996
- [3] Písařová M., Fuchs P.: Sledování a hodnocení vegetačních čistíren, záv.zpráva VÚV TGM Praha, listopad 1995, 47 str.
- [4] Mattiello, Janda: Porovnání variant nabízených čistíren pro obec Višňová, únor 1996, 5 str.
- [5] Klicpera J.: EIA ČOV Višňová, leden 1997, 20 str.
- [6] Malý, Mir.: Zpráva o zkušebním provozu ČOV Višňová, říjen 2001
- [7] Protokol o kontrole ČIŽP, 16. květen 2013
- [8] Vodoprávní povolení OŽP MÚ Frýdlant č.j. 2366/2013/OSUZP/4/Hd-231.2 z 21.10.2013
- [9] Kořenová ČOV Višňová, veřejná prezentace ObÚ Višňová ppt
- [10] Přehled o výsledcích laboratorních kontrol
- [11] Místní šetření a vlastní fotodokumentace

Laboratorní výsledky a záznamy použity s vědomím a svolením Obecního úřadu ve Višňové, starostka paní Erbanová, ostatní dokumentace je autorova vlastní

Grafická příloha – časový průběh důležitých parametrů přítoku a odtoku



EROZNÍ ÚČINNOST VODY U NÍZKOKAPACITNÍCH KOMUNIKACÍ

Pablo Fernández ARIAS^{1,✉}, Elena Ševelová¹

*¹Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny, Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno*

✉ xferman1@node.mendelu.cz

Abstrakt

Realizace každé lesní cesty je z hlediska celkové rovnováhy v krajině ve svém důsledku nepříznivá, neboť snižuje produkční plochu, nepříznivě ovlivňuje vodohospodářské poměry a při nevhodných technických opatřeních podporuje erozi lesní půdy i podložních zemin. Vhodné nástroje a postupy vedoucí k minimalizaci toho sice původně přírodního geologického procesu, ale v tomto případě vyprovokovaného aktivitou člověka, by se měly promítat již do přípravy návrhu lesní cesty. Cílem příspěvku je zdůraznit účinnost bionástrojů pro kontrolu eroze a zvýšení protierozní odolnosti půdy s cílem udržet vodu v krajině a tím minimalizovat dopady aktivit člověka na rovnováhu a harmonii.

Klíčová slova: eroze, lesní cesta nízkokapacitní komunikace, půda, kořeny vegetace, drenáž, sklon svahu

1 ÚVOD

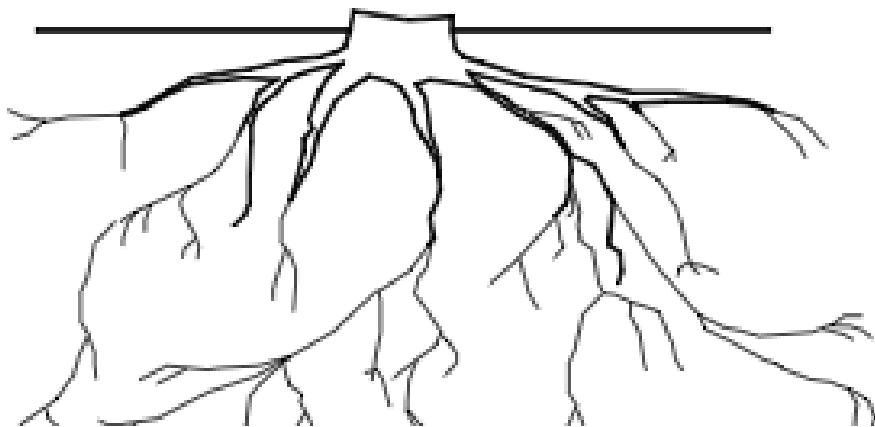
Eroze je přirozenou součástí geologického cyklu, který zahrnuje změny, kterými degraduje reliéf působením rozličných činitelů. Erozi způsobuje vítr, voda, změny teploty a také v nemalé míře činnost člověka dle Porto et al., (2009). Lidskou činnost vyvolávající erozi lze rozdělit na dva základní druhy: erozi způsobenou stavební činností a dále zapříčiněnou hospodářským využíváním půdy k těžbě, zemědělství či lesnictví. Všechny tyto aktivity vedou k odlesňování, mechanickému poškozování a rozrušování povrchu a tím k urychlování jeho degradace a podporování eroze. Vlastní existence, a intenzivní využívání lesních cest, může způsobovat změny vodního režimu v oblasti, zvyšovat množství a intenzitu odtoku. Díky tomu dochází k rychlému nástupu vrcholu odtoku a jeho množství a tím je podporováno vyplavování jemných částic a narůstá množství nekohezivního materiálu dle Úbeda et al., (1996). Erodivní materiál se pak shromažďuje v dopravní a vodní síti a způsobuje problémy jak s další degradací

krytu povrchu vozovek nízkokapacitních komunikací, tak se zanášením koryt toků. Abrasivní účinek a kumulace sedimentů tak snižuje životnost.

2 METODIKA

Přirozenými nástroji pro snížení eroze je vegetace, která může mít z tohoto pohledu několik hlavních funkcí. Určuje obsah vody na povrchu a dává konzistenci půdě uspořádáním jejích kořenů v půdě. Jako regulátor infiltrace vody má přímý účinek na podzemní vody a působí také jako regulátor vlhkosti půdy tím, že odebírá vodu k provádění svých biologických funkcí.

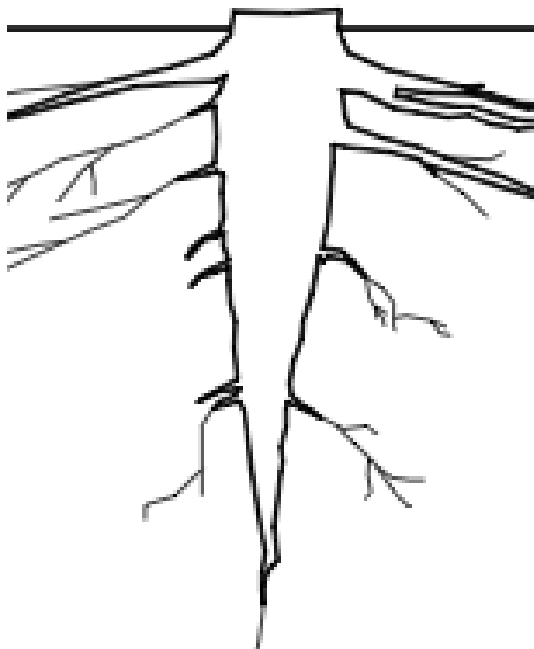
Kořenové systémy budou záviset na druhu, věku, fyzikálních a chemických vlastnostech půdy a životního prostředí podle Greenway (1987). Některé rostliny mají "rozsáhlý" kořenový systém, ve kterém kořeny dosáhnou velkých hloubek (Obr. 1) nebo zasahují velkou plochu (Obr. 2), zatímco jiné tvoří "intenzivní" systém s kratšími a tenčími kořeny (Obr. 3), tak jak je znázorněno na následujících schématech.



Obr. 1 Kořenový systém-hloubkový



Obr. 2 Kořenový systém-plošný



Obr. 3 Kořenový systém-pivotový

3 VÝSLEDKY

Efektivní způsob, jak zabránit problémům s erozí půdy či alespoň minimalizovat dopady lidské činnosti, je průběžná péče o biotop a jeho obnovení a plánování doprovodných opatření již při návrhu a realizaci liniových staveb. Velice účinné se ukázaly například ochranné pásy zasazené podél odvodňovacích zařízení a svahů, aby nedocházelo k poškození půdy vázané na tyto lesní cesty a zabránilo tak erozi. Technika "svahové biotechnologie" navrhuje stabilizaci svahů pomocí vegetace a dalších konstrukčních prvků pro kontrolu eroze, byla zhodnocena jako vysoce efektivní dle Gray (1982). Další úspěšné příklady rekultivačních zásahů pro zmírnění následků po realizaci lesních cest lze najít v díle V. Larrea Sáenz, J. Arnaez Vadillo a L. Ortigosa Izquierda, které potvrzují účinnost výsadby keřů či travin při minimalizaci erozivních procesů a kontroly eroze na svazích lesních cest.

Vegetační kryt je příznivý pro zadržování srážek a zvýšení výparu vody prostřednictvím evapotranspirace rostlin, ale také zvyšuje odpor půdy kořenovými systémy. Kořeny s průměrem menším než 20 milimetrů jsou účinnější pro stabilitu svahu než kořeny většího průměru dle Leventhal (1987). Použití organických

krytů nepůvodních společně s endemickou vegetací oblasti tak poskytuje integrální ochranu před erozivními procesy.

4 DISKUZE

Na erozních procesech lesních cest spojených s povrchovým odtokem se podílí jak topografické, tak i environmentální faktory. Nejdůležitější proměnné, které můžeme rozlišit, jsou litologie a typ půdy, charakteristika svahů a odvodnění, tj. sklon a délka, a dále vegetační kryt, protože ten při některých sklonech a podmínkách hůře zakořeňuje a potřebuje delší dobu k růstu. Jsou popsány různé techniky pro výstavbu lesních cest s menším dopadem na životní prostředí.

Zásadním faktorem pro správný návrh liniové stavby, s minimalizací erozivních dopadů, je zajištění kontrolovaného odtoku vody pomocí vhodných drenážních opatření, která jsou při nesprávném či nedostatečném návrhu příčinou eroze a sedimentace McFero et al., (1998) a Eck a Morgan (1987). Nedílnou součástí návrhu odvodnění, by měl tvořit i návrh vhodných druhů vegetace a pravidelná údržba. Z dalších doporučení je možno zmínit adekvátní trasování a vyhnout se prudkým svahům s nestabilním materiálem či upřednostňovat cesty v prosluněných oblastech Tolosana (1993). Dále lze doporučit instalaci smíšených odtoků, tj. kombinace odtokových žlabů, propustů a příkopů i v dočasných tratích a používat vozidla s větším počtem os nebo snížit tlak v pneumatikách. Toto opatření může snížit až 50% eroze podle Bellito & Burroughs (1990).

Literatura

- [1] Bellito, M. y Burroughs, E. (1990). The effect of reduced tire pressure on sediment production from a forest road. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Intermountain Research Station. Idaho, U.S.A.
- [2] Eck, R.W. y Morgan, P.J. (1987). Culverts versus dips in the Apalachian Region: a performance-based decision-making guide. En: Fourth International Conference on Low- Volume Roads. Volume 2, Transportation Research Record 1106; pp. 330-340.
- [3] Gray, D.H., Leiser A.T. (1982). "Biotechnical slope protection and erosional control". Van Nostrand Reinhold, New York, 271 pp.
- [4] Greenway D.R. (1987), "Vegetation and Slope Stability", Slope Stability, edited by Anderson M.G, John Wiley and Sons Ltd. Pp. 187-230, New York.
- [5] Julián Pérez Porto y María Merino. Publicado: 2009. Actualizado: 2009.

- [6] Larrea Sáenz, J. Arnaez Vadillo y L. Ortigosa Izquierdo, Revegetación natural en taludes de pistas forestales (sistema iberico, La Rioja, España); 1994
- [7] Leventhal A.R. - Mostyn G.R. (1987) "Slope Stabilization Techniques and Their Application", Soil Slope Instability and Stabilisation " Edited By Walker B. and Fell R., A.A. Balkema, pp. 183-230, Rotterdam.
- [8] Mcfero, J. (1998). Sediment export from forest road turn-outs: a study design and preliminary results. Presentation at ASAE Annual International Meeting. Orlando, Florida.
- [9] Víctor larrea Sáenz (2004), Evaluación de procesos de erosión en pistas forestales no pavimentadas de áreas de montaña (Sistema Ibérico noroccidental). ISBN 978-84-692-5515-5
- [10] Xavier Úbeda, Lourdes Reina, & María Sala (1996). Quantificación de la erosión en un camino forestal de un bosque típico mediterráneo de quercus suber. Facultat de Geografia i Història. Universitat de Barcelona.

KVALITA VODNÍHO PROSTŘEDÍ RYBNÍKŮ A NÁDRŽÍ PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH ZAHRAD, AREÁLŮ A REZERVACÍ

Miloš ROZKOŠNÝ^{1,✉}, Zdeněk Adámek³, Miriam Dzuráková¹,
Hana Hudcová¹, Hana Mlejnková², Eva Mlejnská², Alžběta
Petránová², Pavel Sedláček¹

¹Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., Mojžírovo náměstí 2997/16, 612 00 Brno

²Výzkumný ústav vodohospodářský TGM v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

³Ústav biologie obratlovců Akademie věd ČR v.v.i., Květná 8, 603 65 Brno

✉ milos_rozkosny@vuv.cz

Abstrakt

Vodní prvky představují významnou součást prostředí kulturních památek a památkových zón a rezervací. Pro plnění požadovaných funkcí, které mohou zahrnovat společenské, ale i environmentální funkce, je nutné, aby byly v odpovídajícím cílovém stavu. Tento stav zahrnuje jak stavebně – technický stav, tak i kvalitativní stav. Článek přináší poznatky z průzkumu vybraných, cca 70 lokalit památkově chráněných objektů a území v ČR a hodnocení ohrožení jejich vodních prvků antropogenními tlaky. Výsledkem takového průzkumu může být návrh doporučení pro úpravu hospodaření s rybí obsádkou (řešitelné dohodou s nájemci, zavedením dravých ryb, apod.), pro nakládání se sedimenty a pro úpravu zdrojů vody (což nemusí být vždy v silách a možnostech správy objektů).

Klíčová slova: kulturní dědictví; zahrady; památkové rezervace; vodní prvky; rybníky; okrasné nádrže

1 ÚVOD

Malé vodní nádrže a rybníky jsou ve středoevropském prostoru jedním ze základních elementů zemědělské krajiny (Juszczak a Kedziora, 2003). Jejich výstavba zde má dlouhou tradici (Pavelková a kol., 2014). Představují jednu z nejvhodnějších přírodních složek kulturní krajiny transformované intenzivní lidskou činností (Waldon, 2012). Kvalita vody se v malých nádržích a rybnících často zásadně mění, podle míry znečištění dochází ke změnám pozitivním, v případě silného organického zatížení přítoku (dočištění samočisticími procesy), tak negativním v případě neznečištěného přítoku (Luzar a

Nowaková, 2010; Rozkošný a kol., 2011; Všeticková a kol., 2012). Z ekologického hlediska jsou významným lokálním biocentrem zvyšujícím biodiverzitu v krajině (Pechar, 2007). Vodohospodářsky zadržují vodu v povodí a ovlivňují její další distribuci. Při správné manipulaci s retenčním prostorem jsou schopné transformovat povodňové vlny (Beran, 2005). Přes svoji nezastupitelnost v krajině tvoří malé vodní nádrže také jeden z ohrožených ekosystémů v Evropě, který je pod neustálým antropogenním tlakem. Nejvíce náchylné jsou malé vodní nádrže v blízkosti velkých sídel nebo v zemědělsky intenzivně obhospodařované krajině. Zde čelí riziku eutrofizace vlivem znečištění vod splašky, používání umělých hnojiv, splachů půdy ze zemědělských ploch, atd.

Historické zahrady a parky, od renesance až do současnosti, zahrnují různé zahradní typy a umělecké pojetí volného prostoru v jejich rámci. Skládají se z konstrukčních (včetně vodních prvků – např. malých vodních ploch přírodního charakteru, umělých kanálů, fontán, apod.) a vegetačních prvků a jsou součástí krajiny, uměle a umělecky navržené či upravené člověkem (Pacáková-Hošťálková a kol., 2004; Online 1). Historické parky a zahrady představují mimořádně hodnotné, nenapodobitelné a nenahraditelné kulturní dědictví minulosti (Kříž a kol., 1978). Mohou také tvořit významná území z hlediska ochrany přírody a krajiny, zahrnující i širokou škálu biotopů vázaných na vodu, např. Lednicko-valtický areál, nebo soustava rybníků na Třeboňsku (NKP Rožmberská soustava) jak uvádí Chytil a Hakrová (2001).

Z hlediska ohrožení vodních prvků lze rozčlenit ohrožení kvality vodního prostředí (přísun znečištění z bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění), ohrožení prostorových charakteristik (zazemňováním, ucpáváním, vysycháním, atd.) a ohrožení kvality doprovodné vegetace (rozšiřování invazivních druhů, ohrožení suchem, záplavami, změnami hladiny podzemní vody, škůdci a nemocemi, atd.). Kontaminaci objektů netěsnými kanalizacemi a odpadovými jímkami popisuje jako jeden z problémů, zejména při výskytu povodní Krčmář (2003). Významnou roli v ohrožení vodních prvků hraje eutrofizace vod (Rozkošný a kol., 2011, Všeticková a kol., 2012). Velkým problémem je také ukládání splavenin a zazemňování a následné zarůstání vegetací, což může být problémem i u vodních prvků památek, které jsou napojeny na povrchové vody s nedostatečnou kvalitou, přinášející erozní smyvy (Kvítek a Tippl, 2003). Vliv změny klimatu na parky a zahrady byl zdokumentován v práci Bisgrove a Hadley (2002). Informace z tohoto výzkumu potvrzují, že vlivem lokálních událostí spojených s extrémními stavy počasí bylo poškozeno nebo zničeno mnoho historických částí krajiny, ale navíc v současnosti existují obavy, že kvůli změnám klimatu může být obtížné nahradit původní stav. Změny v chemismu a výšce hladiny podzemní vody by mohly ovlivnit zásoby vody okrasných rybníků, nádrží a dalších vodních prvků (Holman et al, 2001; Hulme et al, 2002). Monitoring stavu

památek, včetně zahrad a parků a vodních prvků, cílený na vhodné nastavení údržby, bude mít podle autorů Cassar a Pender (2005) velký význam v souvislosti se změnami klimatu a výskytem extrémní počasí.

2 METODIKA

Hlavní náplní prezentované práce bylo hodnocení stavu vodních prvků (fontán, kašen, apod.) a ploch (bazénů, nádrží, rybníků) památkově chráněných objektů (SKD, NKP) a území (MPR, VPR, APR, OPR), kvality vodního prostředí a stavu a kvality na vodu vázaných biotopů (včetně změn jejich diverzity). A to i s cílem posouzení dopadu na stav a kulturní hodnotu těchto památek a území.

Úvodní fází práce bylo provedení dotazníkového šetření. Dotazníkové šetření bylo prováděno pracovníky VÚV TGM, v.v.i. a NPÚ, v.v.i. (Forejtníková a kol., 2014) postupně v jednotlivých krajích ČR v letech 2012 až 2015.

Následně byla použita metodika (Forejtníková a kol., 2015) hodnocení ohrožení stavu vodních prvků, které jsou součástí památkově chráněných objektů a území. Metodika je rozdělena na tři části:

- Část I hodnocení stavu vodních prvků
- Část II hodnocení kvality vodního prostředí
- Část III hodnocení ohrožení stavu vodních biotopů

Základním principem hodnocení je to, že jsou samostatně hodnoceny jednotlivé identifikované vodní prvky. Pro tyto prvky je provedeno hodnocení všech uvedených tří částí metodiky. Po klasifikaci stupně ohrožení v jednotlivých částech je vybrán jako relevantní nejhorší stupeň hodnocení z těchto tří částí. Tento je platný pro daný vodní prvek. Pro danou lokalitu je pak platný stupeň ohrožení vodního prvku, který je nejhorší. Jelikož výsledná hodnota stupně ohrožení odpovídá nejhoršímu zjištěnému stupni, doporučuje se při zjišťování parametrů a vlivů, které způsobily zjištěný stav, detailní rozbor celého hodnocení a nalezení klíčových prvků a působících vlivů z hlediska závažnosti hodnocení, respektive dosaženého stupně ohrožení. Podrobný popis metodiky je součástí certifikované metodiky Forejtníková a kol., 2015 (popis také v publikaci Forejtníková a kol., 2014).

Rámcový průzkum kvality vodního prostředí vybrané skupiny NKP, VPR a MPR byl proveden v letním období roku 2016, v období s předpokládaným nejméně příznivým stavem v jakosti vod během roku. Vzorky vod byly analyzovány v akreditovaných laboratořích VÚV na alkalitu, aciditu, P_{celk} a fosforečnany, N_{celk} a jednotlivé formy dusíku, TOC, DOC, CHSK, nerozpuštěné látky sušené a žíhané, a to standardními analytickými metodami. V terénu byly

měřeny tyto veličiny (přístroji Hach-Lange HQ40d): stanovení teploty vody, koncentrace rozpuštěného kyslíku, nasycení kyslíkem v %, elektrická konduktivita vody a pH, a to pod hladinou a u dna (Obr. 1). Průhlednost byla měřena Secchiho deskou. Pro posouzení míry eutrofizace vodního prostředí byl zvolen postup založený na stanovení trofického potenciálu vody (Žáková a Mlejnková, 2001), doplněný o stanovení chlorofylu, feopigmentů a rámcový rozbor složení biosestonu (fytoplankton, zooplankton).



Obr. 1 Měření základních fyz.-chem. vlastností vody

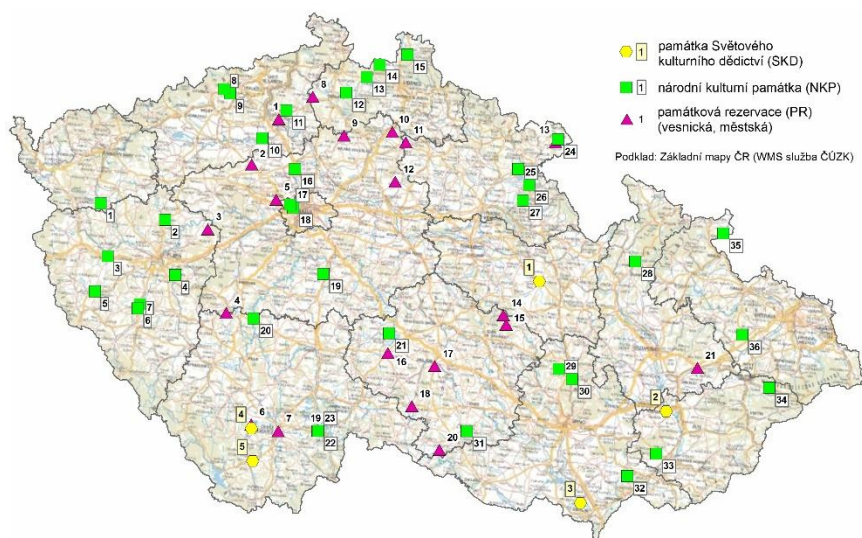


Obr. 2 Sediment z odběru trubkovým odběrákem (vlevo) a odběr Ekmanovým drapákem (vpravo)

Vzorky sedimentů (Obr. 2) byly odebírány trubkovým odběrákem nebo Ekmanovým drapákem z čluvu, nebo broděním, jako prostorově smíšené a analyzované na sušinu, ztrátu žíháním, mikrobiální kontaminaci a obsah těžkých kovů. Při tomto průzkumu nebyly stanovovány organické polutanty.

3 VÝSLEDKY

Dotazníkové šetření mělo přispět k základnímu rozdělení objektů a území do kategorií „neohrožené“ a „ohrožené“ ve smyslu působení antropogenních vlivů na památky, v naší části výzkumu, na vodní prvky. Analýzou odpovědí dotazníkového šetření bylo posouzeno cca sedmdesát lokalit s ohrožením stavu, anebo kvality prostředí vodních prvků (Tab. 1). Z nich bylo vybráno pro následný orientační průzkum cílený na potvrzení ohrožení, či vyloučení ze skupiny „ohrožené objekty / území“, 62 lokalit (Obr. 3).



Obr. 3 Hodnocené památkové chráněné zóny a objekty.

Vysvětlivky:

Památky SKD: 1 - Litomyšl, zámek; 2 - Kroměříž, zahrady a zámek; 3 - Lednice, zámek; 4 - Holašovice, VPR; 5 - Český Krumlov, historické jádro

NKP: 1 - Klášter premonstrátů Třebíč; 2 - Klášter Plasy; 3 - Klášter Kladruhy; 4 - Zámek Kozel; 5 - Zámek Horšovský Týn; 6 - Hrad Švihov; 7 - Zámek Červené Poříčí; 8 - Klášter v Oseku; 9 - Zámek Duchcov; 10 - Zámek Libochovice; 11 - Zámek Ploskovice; 12 - Zámek Zákupy; 13 - Zámek Lemberk; 14 - Hrad Grabštejn; 15 - Zámek Frýdlant; 16 - Zámek Veltrusy; 17 - Hradiště Šárka; 18 - Břevnovský klášter; 19 - Zámek Konopiště; 20 - Zámek Orlik; 21 - Klášter premonstrátů v Želivě; 22 - Rožmberská rybníční soustava; 23 - Zámek Třeboň; 24 - Klášter v Broumově; 25 - Zámek v Ratibořicích; 26 - Zámek Nové Město nad Metují; 27 - Zámek Opočno; 28 - Zámek Velké Losiny; 29 - Zámek Lysice; 30 - Zámek Rájec nad Svitavou; 31 - Zámek Jaroměřice nad Rokytinou; 32 - Zámek Milotice; 33 - Zámek Buchlovice; 34 - Valašské muzeum v přírodě; 35 - KP Zámek Slezské Rudoltice; 36 - Bratrský sbor ve Fulneku

PR: 1 – MPR Terežín; 2 - VPR Třebíč; 3 - VPR Ostrovec; 4 - VPR Drahenice; 5 - VPR Dobrovíz; 6 – VPR Zábोří; 7 – MPR České Budějovice; 8 - VPR Janovice; 9 - VPR Nosálov; 10 - VPR Mužský; 11 - VPR Vesec; 12 - VPR Bošín; 13 - VPR Křínice; 14 - VPR Křižánky; 15 - VPR Krátká; 16 – MPR Pelhřimov; 17 – MPR Jihlava; 18 – MPR Telč; 19 – MPR Třeboň; 20 - VPR Dešov; 21 – MPR Lipník nad Bečvou

Z dotazníkového šetření vyplynulo, že více než polovina památek zařazených mezi památky světového kulturního dědictví (UNESCO) má vodní prvky ohrožené působením antropogenních vlivů (Tab. 1), což je dáno i tím, že se jedná o areály s historickými zahradami majícími řadu vodních prvků i typu nádrží a rybníků (Český Krumlov, Holašovice, Lednice, Litomyšl, Kroměříž, Průhonice, Telč), prakticky 7 ze 12 lokalit (příčemž zde uvádíme Průhonice jako zástupnou lokalitu za Prahu (SKD je vymezena jako historické jádro Prahy + Průhonický areál). Také byl zjištěn významný podíl ohrožených lokalit mezi souborem vesnických památkových rezervací (VPR), a to 30 %. Důvodem je většinou nadměrná eutrofizace vod návesních rybníčků, nádrží a rybníků splaškovými vodami a smyvy. Jeden nebo více vodních prvků typu nádrže, nebo rybník, má v rámci vymezené památkově chráněné zóny 32 z 61 zkoumaných VPR. Z těchto 32 lokalit bylo 18 (56 %) zařazeno mezi ohrožené.

Tab. 1 Podíl ohrožených objektů z pohledu vodních prvků na celkovém počtu sledovaných památkově chráněných objektů dané kategorie

Kategorie památkově chráněných	Celkový počet sledovaných	Podíl objektů kategorie	Počet ohrožených objektů	Procentní podíl	Počet objektů s vodním	Počet ohrožených objektů	Procentní podíl
SKD	12	3 %	7	58 %	7	5	71 %
NKP	253	67 %	39	15 %	29	20	69 %
VPR	61	16 %	18	30 %	32	18	56 %
MPR	40	11 %	9	23 %	10	3	30 %
APR	8	2 %	0	0 %	0	0	0 %
OPR	2	1 %	0	0 %	0	0	0 %
Celkem	376	100 %	73		78	46	

V rámci orientačního průzkumu byly odebírány na jednotlivých lokalitách vzorky vody a sedimentů, v nichž byly sledovány výše uvedené parametry, látky a rizikové prvky. Výsledky byly posuzovány s využitím limitní hodnoty koncentrací, uvedených v nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. (Tab. 2).

U vzorků vod byly jako problematické určeny parametry rtuť, celkový fosfor, amoniakální dusík a parametry související s rozvojem fytoplanktonu a samočisticími procesy eliminujícími znečištění (nerozpuštěné látky, TOC, pokles koncentrace rozpuštěného kyslíku a nárůst pH vody). U rtuti byly zjištěny významné koncentrace (mezi 0,3 a 0,9 ug/l) u lokalit v blízkosti hnědouhelných

lomů v severních Čechách (Duchcov, Osek) a u tří VPR, kde nebyl možný původ zatím identifikován. Výskyt nadlimitních koncentrací amoniakálního dusíku (nad 0,23 mg/l) a celkového fosforu (nad 0,15 mg/l) spolu často koreloval, zvýšené koncentrace obou látek byly zjišťovány u lokalit ovlivňovaných vnosem nečištěných komunálních vod. Koncentrace celkového fosforu byly nadlimitní i u mnoha dalších lokalit, konkrétně u 54 vzorků ze 105 analyzovaných.

Z analýzy sedimentů vyplynulo, že u 12 vzorků z 38 (Tab. 2) bylo zjištěno překročení limitní hodnoty některého ze sledovaných těžkých kovů. Jednalo se zejména o limity pro kadmium, arsen a zinek. U arsenu a kadmia to byly prakticky lokality v severních a severovýchodních Čechách (Duchcov, Frýdlant, Osek). V jednotlivých případech se dále jednalo o dosažení limitní hodnoty olova a překročení limitní hodnoty mědi (110 mg/kg oproti limitu 100 mg/kg) a kobaltu (zde pouze o 1 mg/kg nad limit 30 mg/kg).

Tab. 2 Obsah těžkých kovů v sedimentech

Označení vzorku	Kategorie	As mg/kg	Be mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	V mg/kg	Zn mg/kg
Červené Poříčí - rybník	NKP	16,0	0,9	<0,50	13	36	37	0,06	25	48	61	92
Duchcov - nádrž	NKP	52,0	3,8	3,6	15	54	56	0,30	53	61	58	350
Frýdlant - rybník	NKP	13,0	4,4	4,3	17	69	86	0,47	54	95	56	420
Hořavský Týn - dolní rybník	NKP	7,0	1,0	<0,50	13	36	30	0,08	29	30	49	136
Jaroměřice - říční rameno	NKP	9,4	1,4	0,5	14	61	41	0,12	41	30	65	168
Kladruhy - rybník	NKP	18,0	2,0	1,9	21	41	46	0,20	42	100	54	548
Kozel - horní rybník	NKP	26,0	1,0	0,7	31	44	47	0,11	70	27	58	135
Miloticé - bazén	NKP	5,4	0,7	<0,50	7	19	22	0,10	23	15	24	81
Miloticé - rybník	NKP	<5,0	0,3	<0,50	4	11	12	0,02	11	5	10	23
Opočno - dolní rybník	NKP	8,2	1,0	0,5	9	47	38	0,10	28	29	42	127
Opočno - horní rybník	NKP	7,8	1,0	0,5	8	46	38	0,09	28	27	42	127
Osek-bazén 1	NKP	45,0	4,0	6,0	18	41	60	0,36	46	75	53	530
Osek-bazén 2	NKP	28,0	2,5	1,3	8	58	110	0,25	29	70	76	210
Osek-bazén 3	NKP	33,0	3,3	2,6	17	59	43	0,17	41	55	85	300
Rájec - bazén	NKP	5,1	0,9	<0,50	10	13	27	0,17	13	21	29	309
Ratibořice - bazén	NKP	7,7	0,3	<0,50	3	11	43	0,10	11	30	14	85
Švihov - vodní příkop	NKP	14,0	1,6	1,8	21	68	64	0,25	49	44	85	299
Velké Losiny - rybník	NKP	<10	1,0	0,8	11	62	69	0,14	52	36	46	196
Zákupy - nádrž	NKP	5,3	0,9	<0,50	5	24	20	0,09	14	27	34	70
Kroměříž - Divoký rybník	SKD	<3,0	0,3	<0,30	4	12	9	0,05	12	12	14	43
Kroměříž - Dlouhý rybník	SKD	<3,0	0,4	<0,30	<0,30	14	14	0,07	40	17	17	40
Kroměříž - Chotkův rybník	SKD	4,2	0,8	<0,30	8	26	21	0,08	22	22	36	44
Lednice - Růžový rybník	SKD	5,7	1,4	0,7	11	66	37	0,17	43	29	56	103
Lednice - Zámecký rybník	SKD	5,4	1,1	0,5	10	52	38	0,10	44	24	46	952
Litomyšl - bazén 1	SKD	<5,0	<0,100	<0,50	<0,30	3	9	0,01	4	3	2	30
Litomyšl - bazén 2	SKD	7,0	0,7	<0,50	7	29	33	0,10	22	29	30	151
Litomyšl - rybník nad zámkem	SKD	9,5	1,1	<0,50	9	37	28	0,11	28	32	43	155
Dešov - rybník 1	VPR	9,3	1,8	<0,50	14	60	48	0,10	45	25	68	167
Dešov - rybník 2	VPR	6,0	1,3	<0,50	11	39	39	0,13	31	27	45	181
Dobruvz - rybník	VPR	5,7	0,6	<0,50	3	13	31	0,10	12	20	12	100
Drahenice - rybník	VPR	13,0	1,7	<0,50	13	44	43	0,12	26	42	61	140
Krátká - dolní rybník	VPR	11,0	2,1	<0,50	14	40	33	0,09	33	25	52	169
Krátká - horní rybník	VPR	5,6	2,1	1,3	8	31	34	0,18	28	30	33	249
Křínice - dolní rybník	VPR	5,5	0,9	0,5	6	19	27	0,08	21	27	40	101
Křínice - horní rybník	VPR	<5,0	0,8	<0,50	5	20	19	0,05	19	30	24	71
Muškov - rybník	VPR	8,0	1,3	<0,50	10	36	25	0,06	33	32	33	90
Nosálov - rybník	VPR	10,0	2,2	0,8	6	22	48	0,12	42	35	34	250
Ostrovce - nádrž	VPR	6,0	2,2	<0,50	11	42	47	0,29	27	41	48	350
Limitní hodnoty dle přílohy č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb.												
		30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

V případě mikrobiálního znečištění bylo ze 40 vzorků již zpracované sady: 18 vzorků s obsahem termotolerantních koliformních bakterií a enterokoků méně než 50 KTJ na gram; 10 vzorků s obsahem termotolerantních koliformních bakterií méně než 1000 KTJ/g a enterokoků méně než 50 KTJ/g; 6 vzorků s obsahem obou typů bakterií méně než 1000 KTJ/g a 4 vzorky nevyhověly. Zbývající dva vzorky obsahovaly méně než 50 KTJ/g termotolerantních koliformních bakterií, ale více než 50 KTJ/g enterokoků (obě hodnoty však byly do 100 KTJ/g). Dle vyhlášky č. 257/2009 Sb. musí pro indikátorové mikroorganismy termotolerantní koliformní bakterie a enterokoky z 5 odebraných vzorků minimálně 2 vzorky vyhovět limitu < 1000 KTJ/g a 3 vzorky limitu < 50 KTJ/g. Vzhledem k tomu, že byl prováděn průzkumný monitoring, kdy byl odebírán pouze 1 vzorek, je hodnocení pouze orientační.

Mikrobiální znečištění se tak jeví podstatnější překážkou pro aplikaci sedimentů v případě nutnosti odtěžení než obsah kovů. Při orientačním průzkumu nebyly z finančních důvodů analyzovány organické polutanty uvedené ve zmíněné vyhlášce. Tyto polutanty budou sledovány až při detailním monitoringu v letech 2017 a 2018.

Součástí orientačního průzkumu bylo i posouzení složení biosestonu a rybí obsádky prvků. Díky sezónnímu odběru biocenózy jsme získaly aktuální informaci vztahující se k letnímu období, které považujeme za klíčovou část roku z hlediska orientačního posouzení míry kvalitativního ohrožení vodního prostředí. Prozatím nelze usuzovat trend sukcese biocenózy během roku. Ten bude předmětem detailního šetření na pilotních lokalitách v letech 2017 a 2018. Z výsledků, které budou ještě detailněji porovnány (obsahy živin, rybí obsádka apod.) se ukazuje, že větší diverzita biocenózy fytoplanktonu je u vodních prvků typu rybník než je tomu u umělých nadržů typu bazén, které mají často specifický režim provozu. Jako modelový příklad nám poslouží porovnání vodních prvků NKP - zákmlů Opočno a Lednice. Zatímco v případě biocenózy fytoplanktonu Dolního zámeckého rybníka v Opočně dominovaly zelené řasy (40%), následované rozsivkami (25%), krásnookami (20%) a sinicemi (15%), tak rozbor biocenózy fytoplanktonu bazénu prokázal jasnou dominanci zelených řas (50%), následovanou obrněnkami a rozsivkami (shodně po 20%). Byli nalezeni také vířníci (10%) jako zástupci zooplanktonu (konzumentů). V Lednici převažovaly u formálních vodních prvků rozsivky (50%) a zelené řasy (40%), u Zámeckého rybníka zatíženého znečištěním z přítoku převažovaly rozsivky méně (45%) a druhou nejpočetnější skupinou byly sinice (30%). V letním období byl v tomto rybníce extrémně silně rozvinut sinicový vodní květ, tvořený převážně rodem *Microcystis*.

Se složením fytoplanktonu poměrně úzce souvisí i složení zooplanktonu, který je následně ovlivňován složením rybí obsádky. Pro doplnění popisu

biosestonu v lednickém areálu uvádíme i složení zooplanktonu: ten byl poměrně bohatý, ale z více důvodů (druhové složení – nedostatečná abundance dafnií, velikost kolonií sinic, podmínky prostředí) nebyl schopen rozvoj fytoplanktonu kontrolovat. Nejpočetnější skupinou zooplanktonu byly buchanky všech vývojových stádií a vířníci rodů *Keratella* a *Brachionus*, hojně byly i perloočky rodu *Daphnia*, které se pravděpodobně živily bakterioplanktonem v mikrobiální smyčce. Naopak, ve druhém rybníku zámeckého areálu, v Růžovém rybníku, byl zaznamenán silný zákal způsobený abiosestonem, vyvolaný velmi početnou populací střevličky a kachnami v podmínkách velmi nízké hloubky a silných vrstev sedimentů. Růžový rybník byl prakticky bez zooplanktonu.

I na jiných lokalitách byl zooplankton pod tlakem rybích obsádek: v rybníce Ploskovickeho zámeckého parku byl tvořen povětšinou drobnými perloočkami rodu *Bosmina*, poměrně častý však byl i hrubý filtrující zooplankton (*Daphnia*). Celkově lze stav zooplanktonu v rybníce hodnotit poměrně příznivě, svědčí však o poměrně značném vyžíracím tlaku ryb.

V zooplanktonu rybníka zámeckého parku v Červeném Poříčí dominují drobné formy, především vířníci (*Brachionus*, *Keratella*, *Asplanchna*) a naupliová stádia klanonožců (*Copepoda*), pravděpodobně v důsledku silného vyžíracího tlaku drobných kaprovitých ryb.

Zooplankton Divokého rybníka Podzámecké zahrady v Kroměříži byl velmi chudý. Je to důsledek především silného vyžíracího tlaku početné populace karasa stříbřitého na hrubý zooplankton a pravděpodobně i nepříznivých podmínek prostředí (nízká hladina vody, silná vrstva bahnitého sedimentu).

4 DISKUZE

Obdobný metodický postup uvádí práce Lindblom (2012), a to pro problematiku přístupu a hodnocení ohrožení památkově chráněných objektů v procesu posuzování vlivů na životní prostředí. Přístup je založený na podrobném dotazníkovém šetření, které zohledňuje historické, sociální, kulturní a environmentální aspekty, a na jeho statistickém zpracování.

Jiný postup hodnocení kvality prostředí pomocí objektivních a subjektivních kritérií, včetně využití mapových podkladů a protokolů, uvádí ve své práci Ehrenfeld (2000) pro hodnocení mokřadních ploch v urbanizovaných územích.

Pro posouzení ohrožení vodních prvků se ukázalo jako potřebné doplnění dotazníkového šetření, provedeného distančně, místním ověřením stavu a provozu prvků, kvality prostředí měřením vybraných parametrů kvality vodního prostředí (Sternér a George, 2000), záznamem výskytu invazních druhů rostlin, průzkumem složení rybí obsádky a početnosti, včetně invazních druhů ryb (Adámek a Sukop, 2000; Musil a kol., 2014; Macháček, 2015) a vedle výpočtu trofického potenciálu

vody (Žáková a Mlejnková, 2001), také rámcovým průzkumem složení fyto- a zooplanktonu.

Jusczak a Kedziora (2003) identifikovali jako hlavní tlaky působící negativně na malé vodní nádrže: skládkování v povodí, vnos znečištění odpadními vodami, vnos znečištění drenážními systémy (vše IV. třída antropogenních tlaků ze čtyř); dále sousedství se zemědělsky obhospodařovanou půdou, chov ryb a rybářství (vše III. třída antropogenních tlaků ze čtyř). Také v případě námi sledovaných lokalit jsou tyto tlaky hlavními příčinami ohrožení s následkem nevyhovujícího stavu, včetně nevhodného estetického působení, které je důležitým faktorem vnímání návštěvníky památkově chráněných objektů, areálů a území.

5 ZÁVĚR

Vodní prvky představují významnou součást prostředí kulturních památek a památkových zón a rezervací. Pro plnění požadovaných funkcí, které mohou zahrnovat společenské, ale i environmentální funkce, je nutné, aby byly v odpovídajícím cílovém stavu. Tento stav zahrnuje jak stavebně – technický stav, tak i kvalitativní stav. Kvalitativní stav můžeme rozdělit na: 1) kvalitu vodního prostředí, v metodice prezentované části II, která se věnuje posouzení míry eutrofizace (znečištění) vodního prostředí, 2) kvalitu biotopů vázaných na vodní prostředí, které jsou v interakci s vodními prvky. Zde je nutné posoudit výskyt invazních druhů rostlin a ryb.

Výsledkem takového průzkumu může být návrh doporučení pro úpravu hospodaření s rybí obsádkou (řešitelné dohodou s nájemci, zavedením dravých ryb, apod.), pro nakládání se sedimenty a pro úpravu zdrojů vody (což nemusí být vždy v silách a možnostech správy objektů).

Terénní šetření provedené v letním období roku 2016 také pomohl nastavit rozsah detailního monitoringu osmnácti lokalit (2x VPR, 1x SKD-VPR, 11x NKP, 4x SKD-NKP), který je prováděn od začátku roku 2017 s plánovaným ukončením v prosinci 2018.

Použité zkratky

APR	archeologická památková rezervace
MPR	městská památková rezervace
NKP	národní kulturní památka
NPÚ	Národní památkový ústav
OPR	ostatní památková rezervace
PR	památková rezervace
SKD	památka světového kulturního dědictví
VPR	vesnická památková rezervace

Literatura

- [1] Adámek Z., Sukop I. (2000). Vliv střevličky východní (*Pseudorasbora parva*) na parametry rybníčního prostředí. In: Lusk S., Halačka K. (Eds): Biodiverzita Ichtyofauny České republiky (III), Brno: 37-43.
- [2] Beran, J. (2005). Rybníční soustavy jižních Čech. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- [3] Bisgrove, R., Hadley, P. (2002). Gardening in the global greenhouse: the impacts of climate change on gardens in the UK, Technical Report, UKCIP, Oxford.
- [4] Cassar, M., Pender, R. (2005). The impact of climate change on cultural heritage: evidence and response. 2005. <http://eprints.ucl.ac.uk/5059/1/5059.pdf> (poslední přístup 2012-10-31).
- [5] Ehrenfeld, J. G. (2000). Evaluating wetlands within an urban context. *Ecological Engineering* 15 (2000): 253-265.
- [6] Forejtníková, M., Dzuráková, M., Konvit, I., Mlejnková, H., Ošlejšková, J., Rozkošný, M., Smelík, L., Uhrová, J. (2014). Metody hodnocení ohrožení památkových objektů vybranými přírodními a antropogenními vlivy. *Zprávy památkové péče*, roč. 74, č. 5, s. 373-378.
- [7] Forejtníková, M. a kol. (2015). Metodika hodnocení míry potenciálního ohrožení památek antropogenními a přírodními vlivy. Certifikovaná metodika. Osvědčení č. 98, č.j. MK 16529/2016 OVV.
- [8] Holman, I. a kol. (2001). The REGIS Project (CC0337) Regional climate change impact and response studies in East Anglia and in North West England (RegIS), Cranfield, UK. <<http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/projects/regis/>> (cit. 31. 10. 2012).
- [9] Hulme, M. a kol. (2002). Climate change scenarios for the United Kingdom: the UKCIP02 Scientific Report, Norwich, UK, Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- [10] Chytil, J., Hakrová, P. (2001). Wetlands of the Czech Republic – the list of wetland sites of the Czech republic. – Czech Ramsar Committee, Mikulov. Třeboň: JAVA.
- [11] Juszczak, R., Kedziora, A. (2003). Threats to and Deterioration of Small Water Reservoirs Located within Wyskoć Catchment. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2003, vol. 12, n. 5, p. 567–573.
- [12] Krčmář, I. (2003). O povodních z časového nadhledu. *Zpravodaj STOP. Časopis Společnosti pro technologie ochrany památek*, 5, 2003, č. 1, s. 18-28.

- [13] Kříž, Z., Riedl, D., Sedlák, J. (1978). Významné parky Jihomoravského kraje. Brno.
- [14] Kvítek, T., Tippl, M. (2003). Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: ÚZPI. Zeměd.informace. 10/2003.
- [15] Lindblom, I. (2012). Quality of Cultural Heritage in EIA; twenty years of experience in Norway. Environmental impact Assessment Review 34 (2012): 51-57.
- [16] Luzar, T., Nowaková, H. (2010). Vliv rybníků na jakost vody v recipientu. VTEI, roč. 52, č. 2, 8–11, příloha Vodního hospodářství č. 4/2010
- [17] Macháček P. (2015). Vliv ryb na početnost vodních ptáků na Zámeckém rybníku v Lednici. Veronica, 29(2):13.
- [18] Musil M., Novotná K., Potužák J., Hůda J., Pechar L. (2014) Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) – question of natural food structure. Biologia, 69(12): 1757-1769.
- [19] Online 1: Cultural (garden) heritage as a focal point for sustainable tourism. <http://www.culttour.eu/en/homepage/> (cit. 30.10.2013)
- [20] Pacáková-Hošťálková, B., Petrů, J., Riedl, D., Svoboda, A. (2004). Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Praha: Nakladatelství Libri. 2004, 526 s.
- [21] Pavelková, R. a kol. (2014). Historické rybníky České republiky: srovnání současnosti se stavem v 2. polovině 19. stol. Praha: VÚV TGM, v.v.i., 167 s. ISBN 978-80-87402-32-0.
- [22] Pechar L.: Impacts of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. Fisheries Management and Ecology. n. 7, 2007, p. 23–31.
- [23] Rozkošný, M., Adámek, Z., Heteša, J., Všetičková, L., Marvan, P., Sedláček, P. (2011). Vliv rybníků na vodní ekosystémy recipientů jižní Moravy. VTEI, 2011, roč. 53, č. 1/2011, s. . ISSN 0322-8916.
- [24] Sterner, R. W., GEORGE, N. B. (2000). Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of Cyprinid Fishes. Ecology, 81, 2000: 127–140 s.
- [25] Všetičková, L., Adámek, Z., Rozkošný, M., Sedláček, P.(2012). Effects of semi-intensive carp pond farming on discharged water quality. ACTA ICHTHYOLOGICA ET PISCATORIA, 2012, roč. 42, č. 3, s. . ISSN 1734-1515.

- [26] Waldon, B. (2012). The conservation of small water reservoirs in the Krajeńskie Lakeland (North-West Poland). *Limnologica*, vol. 42, 2012, p. 320–327.
- [27] Žáková, Z., Mlejnková, H. (2001). Porovnání výsledků stanovení trofického potenciálu vody získaných mikrometodou dle TNV 757741 a standardisovanou metodou. *Czech Phycology*, Olomouc, I: 107-112, 2001.

Poděkování

Práce byly provedeny v rámci výzkumného projektu DG16P02M032 z výzvy NAKI II Ministerstva kultury ČR „Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“.

VLIV AKTIVNÍ PROTIABRAZNÍ OCHRANY NA PŘETVÁŘENÍ BŘEHŮ

Lenka GERNEŠOVÁ^{1,✉}, Jana Marková¹, Petr Pelikán¹

¹*Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Zemědělská 3, 613 00 Brno
✉ molestia@centrum.cz*

Abstrakt

Předkládaný článek se zabývá problematikou stability břehů u nádrží ohrožených erozními neboli abrazními procesy. Případ abrazního ohrožení břehů nádrže jsou demonstrovány na příkladu Vodního díla Brno, konkrétně oblast Osada, kde vlivem břehové eroze vznikly několikametrové abrazní sruby. Tato část nádrže je navíc pod ochranou (stavební uzávěra), která znemožňuje jakýkoliv zásah do těchto břehů. Jako kompromisní řešení je použití aktivní protiabrazní ochrany břehů, která nijak nenaruší současný břeh.

Klíčová slova: Vodní dílo Brno, abraze, břeh, stabilizace

1 ÚVOD

Abraze je jezním ze základních procesů, které přetvářejí břehy nádrží. Do těchto procesů dále patří sesuvy a jiné svahové pohyby, akumulace a omývání (Spanilá 1975, Vuglinskij 1991). Jedná se o plošné obrušování dna a břehů způsobené pohybem vody s následným transportem a ukládáním erodovaného materiálu do prostoru nádrže (Šlezingr 2011). Samotná abraze bývá definována jako proces mechanické destrukce hornin vlnobitím a prouděním, což vede při déletrvající úrovni hladiny v nádrži k vytváření strmého případně sviského abrazního srubu. U pat abrazních srubů dochází vlivem dalšího působení pohybu vody k vyplavování jemné frakce a následně až ke vzniku kaveren. U takto vzniklého převisu může dojít až k jeho zřícení (Spanilá 1975). Tento proces se nemusí nutně projevovat u všech nádrží, ale pouze tam, kde jsou břehy ke vniku abraze náchylné (Šlezingr 2011).

Břehová abraze se projevila i na Vodním díle Brno (dále jen VD Brno), zejména v rekreační oblasti Osada (levý břeh nádrže), kde je břeh nejvíce postižen abrazní činností (viz obr. 1). Vznikly zde až 5 m vysoké kolmé abrazní sruby v celkové délce cca 250 m. Takto rozsáhlé projevy vodní eroze mohou mít negativní vliv na stabilitu různých objektů nacházejících se v těsné blízkosti břehu. Jedná se například o chaty, různé rekreační objekty včetně komunikací, ale také

může dojít i k ohrožení návštěvníků přehrady, kteří se zde pohybují celoročně. Dalším negativním jevem je rozplavování břehu a transport erodovaného materiálu do prostoru nádrže, čímž dochází k jejímu zanášení a zároveň ztrátám půdy (Šlezinger 2004, 2007).

Kromě oblasti Osada je abrazí poškozeno více částí břehů jak na pravém tak levém břehu. Řada narušených či poškozených břehů je stabilizována pomocí pasivní ochrany břehů. V případě oblasi Osada to není možné, protože právě tato lokalita je chráněna stavební uzávěrou, která má za úkol zachovat břehy v takovém stavu v jakém se nacházejí a navíc tyto břehy slouží jako hnízdiště ledňáčka říčního (*Alcedo atthis L.*). Možným řešením, jak stabilizovat narušené břehy, je použití aktivní protiabrazní ochrany břehů, která bude předsazena před narušený břeh a zároveň bude zabraňovat další destrukci.



Obr.1 Oblast Osada – 4 m vysoký abrazní srub s utrženým převisem

2 METODIKA

V rámci výzkumu bylo právě v oblasti Osada navrženo a následně realizováno několik typů prvků aktivní protiabrazní ochrany, které mají za úkol snížit dopady vlnění vodní hladiny a zároveň zmírnit abrazní proces a navíc

zabránit smyvu abraďovaného materiálu do prostoru nádrže. Jako aktivní protiabrazní ochrana zde byli vytvořeny: dvojitý a jednoduchý zápleťový plůtek, stěna z dřevěných kůlů, gabion a vrbový porost. Všechny tyto ochranné prvky jsou vytvořeny jako biotechnické nebo biologické konstrukce na bázi vlnolamů. K jejich konstrukci byl použit především přírodní materiál přímo z pobřežní části přehrady (hlavně kámen a živé prýty dřevin).

Tento článek je obsahově zaměřen pouze na jedno opatření a to na dvojitý zápleťový plůtek. Tento typ aktivní protiabrazní ochrany byl vytvořen na jaře v roce 2014 na abrazní plošině rovnoběžně s břehovou linií ve vzdálenosti cca 5 m od abrazního srubu (výška srubu 4 – 5 m). Práce byly započaty během jarního období, kdy hladina vody v nádrži ještě nedosahovala běžného stavu nadřeni a nacházela se 4 m pod normálem (úroveň hladiny v měsících duben – září). Rozměry konstrukce jsou 0,6 x 0,3 x 7,0 m (výška x šířka x délka). Jako stavební materiál byl použit kámen a štěrk z abrazní plošiny, vrbové kůly s průměrem 3 – 4 cm a délkou 1,2 m. Dále byly použity vrbové prýty s minimální délkou 1,5 m. Vrbové kůly byly zaraženy do abrazní plošiny ve vzdálenosti 0,5 m (vztaženo k jedné řadě zápleťového plůtku) a dále vypleteny vrbovými prýty. Druhá řada zápletu je souběžná s řadou první a nachází se od ní ve vzdálenosti 0,3 m. Takto vytvořené zápleťové plůtky byly vyplněny místním kamenivem a štěrkem. Finální podoba takového opatření je kombinací biologických a technických prvků. Výškové umístění objektu respektuje úroveň nejčtetnější hladiny vody v nádrži, tedy 228,80 m n. m. Tato úroveň byla stanovena statistickými metodami (data úrovní hladin z let 2010 – 2014). Horní část konstrukce dosahuje výšky úrovně hladiny 228,70 m n. m., tzn., že je během hlavní sezóny horní část konstrukce zatopená (nachází se 5 – 10 cm pod hladinou). Díky tomu tato konstrukce plní funkci zatopeného vlnolamu.

V případě VD Brno, v oblasti Osada mají největší vliv na rozvoj břehové abraze právě vlny neboli vlnění vodní hladiny vzniklé působením větru. I když převažující směr větru na VD Brno je severo-západní, tak vítr mající největší vliv na rozvoj abraze je spíše opačný, a to jiho-jiho-východní. To je dáno zejména délkou rozběhu větru po hladině nádrže, která v tomto směru je asi 2050 m (Gernešová, Pelikán, Šlezinger et al., 2017). Na této lokalitě byly prováděny experimenty měření vln a zjišťování účinků vln a jejich deformace vlivem aktivních protiabrazních konstrukcí (konstrukce na bázi předsazených vlnolamů). Předsazené vlnolamy chrání pobřeží snižováním účinku vln a zároveň dochází k sedimentaci abraďovaného materiálu za tělesem vlnolamu, za kterým vzniká pobřežní výběh. Předsazené vlnolamy snižují energii vln a mění směr vln za vzniku „stínových zón“, kde je sediment posouván podél pobřeží nebo ukládán právě v tělese pobřežního výběhu (Dally et Pope 1986).

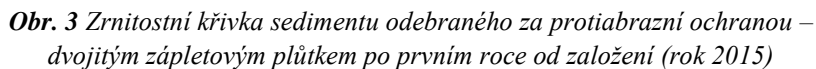
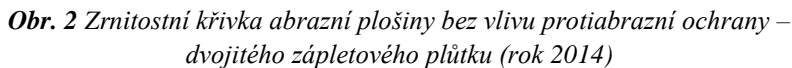
Dále zde byly prováděny odběry abradovaného materiálu zachyceného za protiabrazní konstrukcí. Účinky vln byly zjišťovány statistickým zpracováním naměřených dat. V článku však samotné hodnocení efektivního účinku protiabrazního opatření na působení vln není (to již bylo prezentováno například v člancích: Šlezingr, Marková, Gernešová, 2016; Gernešová, Pelikán, Blahuta, 2016 a Gernešová, Pelikán, 2015), je zde však vyhodnocení změn zrnitostního složení sedimentu zachyceného za protiabrazní konstrukcí. Od roku 2014, tedy od založení konstrukce dvojitého zápletového plůtku, byl každý následný rok proveden odběr sedimentu zachycený konstrukcí. Odběry byly prováděny v jarním období (únor – březen v letech 2014, 2015, 2016 a 2017), v době kdy byla snížena hladina vody v nádrži a sediment nebyl zmrzlý. Následně probíhal síťový rozbor v laboratoři mechaniky zemin na Ústavu inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny Mendelovy univerzity v Brně. Při analýze určení zrnitostního složení bylo postupováno podle normy ČSN 72 1007.

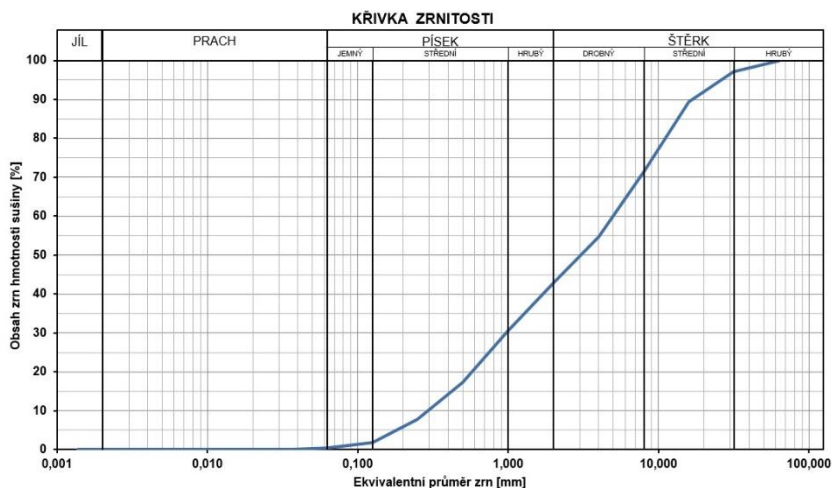
3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Odebraný materiál zachycený prvkem aktivní protiabrazní ochrany – dvojitým zápletovým plůtkem, byl analyzován v laboratoři mechaniky zemin a zatříděn dle platné normy ČSN 72 1007.

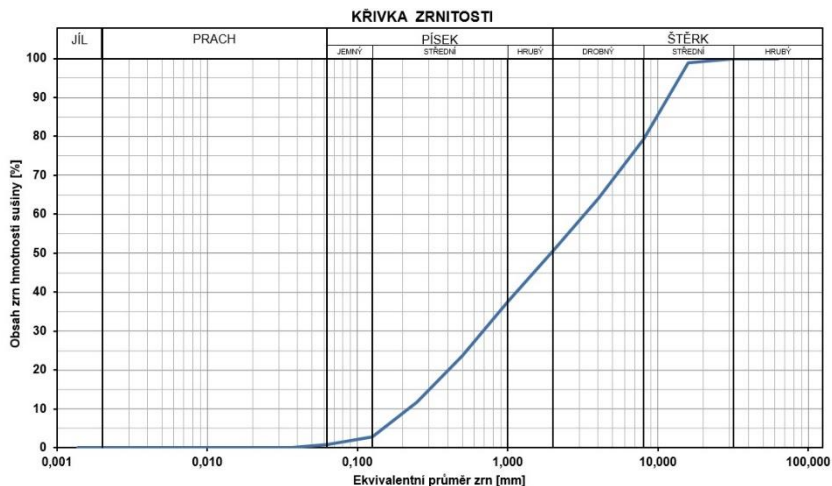
Na jaře v roce 2014 byl zbudován dvojitý zápletový plůtek. Protože tato konstrukce byla založena ještě před letní sezónou, kdy je hladina vody v nádrži ve výšce 228,80 m n. m., nemohla zadržet žádný abradovaný materiál z předcházejícího roku. Odebraný sediment byl tedy odebrán z abrazní plošiny bez vlivu aktivní protiabrazní konstrukce a jeho zrnitostní křivka charakterizuje zrnitostní složení abrazní plošiny.

Z následujících grafů (Obr. 2 – 5) je patrné, že v sedimentu zadrženém dvojitým zápletovým plůtkem vzrůstá objem jemnějších frakcí. Oproti původnímu vzorku (z roku 2014) byl nárůst jemného písku z 0,5 % na necelé 1,5 %, v případě písku středně zrněného byl zaznamenán nárůst této frakce z 12,5 % až na 35 %. Procentuální zastoupení u hrubozrného písku bylo v roce 2014 7,5 % z celkového objemu, tento objem narostl do roku 2017 až na 13,5 %; frakce drobného štěrku narostla o 8 % z původních 20 % na 28 %. U střednězrněného štěrku došlo k poklesu objemu z 53 % (2014) na 21 % (2017). V roce 2017 už není podíl hrubého štěrku ve vzorku patrný na rozdíl od roku 2014, kdy zaujímal 6,5 %. V tabulce 1 je uveden přehled objemů frakcí v procentech pro prach, písek (jemný, středně zrněný a hrubý) a štěrk (drobný, střední a hrubý).





Obr. 4 Zrnitostní křivka sedimentu odebraného za protiabrazní ochranou – dvojitým zápleťovým plůtkem po prvním roce od založení (rok 2016)



Obr. 5 Zrnitostní křivka sedimentu odebraného za protiabrazní ochranou – dvojitým zápleťovým plůtkem po prvním roce od založení (rok 2017)

Tab. 1 Objem jednotlivých tříd zemin z celkového objemu analyzovaného vzorku

Rok	Prach (%)	Písek (%)			Štěrk (%)		
		jemný	střední	hrubý	jemný	střední	hrubý
2014	0,0	0,5	12,5	7,5	20,0	53,0	6,5
2015	2,5	5,0	17,5	6,0	27,5	32,5	9,0
2016	0,5	1,5	28,0	13,5	28,5	25,5	2,5
2017	1,0	1,5	35,0	13,5	28,0	21,0	0,0

Největší nárůst byl tedy u střednězrněného písku z původních 12,5 % na 35 % (nárůst o 22,5 %) a největší pokles byl zaznamenán u střednězrněného štěrku, který měl v roce 2014 zastoupení 53 % a v roce 2017 již jen 21 %, což je celkový pokles o 32 % z celkového objemu.

Proces postupného zanášení prostoru za vlnolamem je známý. Jedná se o přirozený proces. V případě, kdy dojde k propojení sedimentu usazeného za aktivní antiabrazní konstrukcí a břehu, tento jev se nazývá z angličtiny „tombolo“ (Dally et Pope, 1986). Při postupném zanášení prostoru za objektem, je možné očekávat situaci, kdy se objekt ochranné konstrukce stane součástí nového břehu a bude tvořit jeho patu. Velmi záleží na použitém materiálu. Nejstabilnějším prvkem by byl objekt z kamene (například v podobě předsazené hrázky) či gabion. V případě dvojitého zápleťového plůtku se jedná o konstrukci s krátkou životností. Postupně dochází k degradaci vrbových prýtů a následnému rozpadu a vysypání vnitřní výplně.

4 ZÁVĚR

Proces abraze je patrný na různých břehových částech pevniny – moří, oceánů, ale i jezer a vodních nádrží. Abraze se však neprojevuje na všech březích, ale pouze na březích náchylných k abrazi. Jedním z příkladů může být i VD Brno, kde v břehové části OSADA vznikly až několik metrů vysoké abrazní sruby. V rámci experimentu zde byly vytvořeny prvky aktivní protiabrazní ochrany: gabion, jednoduchý a dvojitý zápleťový plůtek a vrbový prost. Tyto konstrukce plní funkci předsazených vlnolamů.

Tento článek byl zaměřen na konstrukci dvojitého zápleťového plůtku, který byl založen na jaře v roce 2014 paralelně s břehovou linií cca 5 m od paty abrazního srubu. Výškové umístění konstrukce je 5 – 10 cm pod úroveň nejčtenější hladiny v nádrži (228.80 m n. m.). Tyto konstrukce mají dvě funkce, a to tlumit účinky vln a zároveň zamezit odnosu abrazovaného materiálu do prostoru nádrže. Tento uložený materiál byl odebírán a následně analyzován v laboratoři

mechaniky zemin. Odběry byly prováděny vždy v jarních měsících, kdy byla hladina vody cca o 4 m níž než byl normální stav. V roce 2014 je v zrnitostním složení zachycen pouze stav bez vlivu ochranné konstrukce. Za roky 2014, 2015, 2016 a 2017 byla v zrnitostním složení zaznamenána změna v nárůstu jemnějších frakcí (největší nárůst byl u střednězrněného písku, který měl v roce 2014 zastoupení 12,5 % objemu a v roce 2017 35 % objemu) a naopak poklesu hrubších frakcí (největší pokles byl zaznamenán u střednězrněného štěrku, kde došlo k poklesu o 32 % v celkovém objemu).

Literatura

- [1] ČSN 72 1007: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin: Část 4.: Stanovení zrnitosti
- [2] DALLY, R. William, POPE Joan. Technical report: Detached breakwaters for shore protection. Costal engineering Research Center: Department of Army, 1986, 88 s.
- [3] GERNEŠOVÁ, Lenka; PELIKÁN, Petr. Gabion as an active stabilization structure on water reservoir. Sborník: Workshop O vode: Technická univerzita v Košiciach, 2015. s. nestránkováno. ISBN 978-80553-2227-8.
- [4] GERNEŠOVÁ, Lenka; PELIKÁN, Petr; BLAHUTA, Jaroslav; The possibility of bank stabilization of reservoirs with recreational use. In: Public recreation and landscape protection – with nature hand in hand...: Coference proceeding. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016. S. 270-275. ISBN 978-80-7509-408-7.
- [5] GERNEŠOVÁ, Lenka; PELIKÁN, Petr; ŠLEZINGR, Miloslav; MARKOVÁ, Jana a BLAHUTA, Jaroslav. Příklad použití aktivního protiabrazního prvku – dvojité zápleťový plůtek. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI). Praha: VÚV TGM, v.v.i.: ABALON, 2017, 59(1.). s. 12-16. ISSN 0322-8916
- [6] SPANILÁ, Tamara. Přehledná zpráva o stavu výzkumu přetváření břehů vodních nádrží. Vyd. 1. Praha, Geologický ústav, ČSAV Praha, 1975, 76 s.
- [7] ŠLEZINGR, Miloslav. Bank abrasion: Contribution to the issue of ensuring the stability of banks. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-7204-342-0.
- [8] ŠLEZINGR, Miloslav. Stabilization of reservoir banks using an „armoured earth structure“. Journal of Hydrology and Hydromechanics. Praha: Department for Hydrodynamics AV CZ, 2007. ISSN 0042-790x.
- [9] ŠLEZINGR, Miloslav. Bank erosion – possible ways of bank stabilization. Brno: Mendlova univerzita v Brně, 2011. Folia

Univerzitis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-566-9.

- [10] ŠLEZINGR, Miloslav; MARKOVÁ, Jana; GERNEŠOVÁ, Lenka. Stabilization of banks of reservoir in alternatives. In: Structural and Physical Aspects of Construction Engineering (SPACE 2016). Košice: Technická univerzita v Kosiciach, 2016. s. nestránkováno. ISBN 978-80-553-2643-6.
- [11] VULGINSKIY, V. S. Water resources and water balance of large reservoirs of the USSR. Gidrometeoizdat, 1991, s. 212.

Poděkování

Tento výzkum byl spolufinancován projektem Interní grantové agentury Mendelovy univerzity s číslem LDF_PSV_2016002 „Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině“.

ÚSPORY VODY PŘI AUTOMATIZOVANÉ ZÁVLAZE

Pavla SCHWARZOVÁ^{1,✉}, Václav Kuráž¹, Naděžda Braťková²,
Adam Tejkl¹

¹Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební, ČVUT v Praze,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice

²Ittec s.r.o., Modletice 106, 251 01 Říčany u Prahy
✉ pavla.schwarzova@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Vývoj klimatické situace posledních let znamenal často velké snížení zemědělské produkce v místech, kde nebyla vybudována závlaha. Letní měsíce roku 2015 prohloubily hydrologické sucho a místy vyvolaly nedostatek pitné vody. Závlahové systémy jsou v současné době budovány většinou jako úsporné, nízkotlaké, s vysokým stupněm automatizace. Vznikl tlak, aby pitná voda nebyla využívána pro závlahu, a naopak na intenzivnější využívání dešťové vody pro závlahy. Současně pro řízení provozu závlah používat zařízení (čidla) na sledování vlhkosti půdy a vybraných meteorologických prvků. Testování zemědělských půd mj. na schopnost vsakování vody ze srážek při různých okrajových podmínkách probíhá již více než 15 let v rámci podporovaných erozních výzkumů na Laboratorním dešťovém simulátoru ČVUT. U plně automatizovaných závlahových systémů se v posledních letech rozvíjejí trendy inteligentního ovládání.

Klíčová slova: závlahy, automatické závlahové systémy, sucho, laboratorní dešťový simulátor

1 ÚVOD

Po r. 1989 ustoupily závlahy v České republice dlouhodobě do pozadí zájmu. Z původních cca 160 000 ha závlah vybudovaných v ČR do roku 1993 zůstalo v provozu dodnes cca 40%, (65 000 ha). Tyto výměry byly prezentovány na zakládající schůzi „Spolku uživatelů, provozovatelů a vlastníků závlahových soustav“ ve Skalském Dvoře ve dnech 7. a 8.3.2017. Uváděná „současná“ výměra zahrnuje systémy původní, i nově vybudované v posledních letech a údaj byl odvozen z plateb podnikům Povodí. [1]

Zlom v situaci zavlažování přineslo suché období léta 2015, kdy kombinace vysokých teplot a nedostatku dešťových srážek v červenci a srpnu znamenala

často velké ztráty zemědělské produkce v místech, kde nebyla vybudována závlaha. Situaci ztížilo i sucho hydrologické a tudíž místy nedostatek pitné vody. Pro více než 300 000 malých závlahových systémů byl významný zákaz používání pitné vody pro závlahu.

V současné době proto dochází k rozšiřování závlah. Dne 8.3.2017 byl znovuzaložen „Spolek uživatelů, provozovatelů a vlastníků závlahových soustav“ s 52 zakládajícími členy, zahrnující největší závlahové subjekty ČR, které „přežily“ období od revoluce. Vzhledem k nerovnoměrnému rozdělení srážek a vlivem klimatických změn se stává obzvláště u speciálních plodin závlaha nutností. Na druhé straně je nutné stávající vodní zdroje využívat co nejúsporněji, optimalizovat závlahový provoz a v maximální možné míře využívat také dešťovou vodu. Pro závlahové systémy vyvstává nutnost řídit závlahy na základě měření srážek, vlhkostí půdy atd., využívat úsporných způsobů závlah. Trendem současné doby je v zavlažování důraz na úsporu závlahové vody, fertigace (přihnojování) a přesné zemědělství.

2 KLIMATICKÁ SITUACE ROKU 2015

Klima léta 2015, viz tab. 1, důrazně upozornilo na vážnost nebezpečí nedostatku vody. Nutnost zajištění pitné vody pro obyvatele a zároveň produkce potravin vyvolaly potřebu zvýšit možnosti akumulace vody v krajině. Řešením jsou různé způsoby zpomalování odtoku ze zemědělské krajiny, od výstavby malých vodních nádrží, přes hospodaření s dešťovou vodou až k budování zelených střech. Dále zlepšení vsakování do půdního profilu změnami agrotechnických postupů, výsadbou mezi přerušujícími dráhy povrchového odtoku až po ryze technická řešení jako převody vody z velkých nádrží do suchých oblastí, či přímo výstavba nových nádrží v suchem ohrožovaných povodích. Byla vypsána řada dotačních titulů, které mají podpořit rychlou realizaci vybraných opatření. Vyhodnocení sucha ve vegetačním období roku 2015 bylo prezentováno například na konferenci Voda a krajina 2015 [2]. Prezentovaná práce ukázala, že sucho nezasáhlo pouze regiony, v nichž je očekáváno, (např. Jižní Moravu), ale může zasáhnout i vodné regiony, jako Jižní Čechy. Dále je možné sledovat nárůst průměrných teplot za vegetační období, který zvyšuje evapotranspiraci rostlin a nároky na závlahu, případně odebírá vodu přímo z půdního profilu. Od tohoto období je vyvíjen tlak, aby pitná voda nebyla využívána pro závlahu a naopak na intenzivnější využívání dešťové vody, či recyklované vody pro závlahu.

Tab. 1 Srovnání klimatických normálů 1980-2010 a úhrnů srážek a teplot v roce 2015 [2]

Region	Úhrn srážek roční 2015 (mm)	Úhrn srážek normál (mm)	Úhrn srážek veget. obd. 2015 (mm)	Úhrn srážek normál veget.obd. (mm)	Teplota průměrná roční 2015 (°C)	Teplota normál (°C)	Teplota průměrná veget. obd. 2015 (°C)	Teplota normál veget.obd. (°C)
Střední Čechy	397,3	537,1	247,9	348,0	10,2	8,6	16,0	14,6
Jižní Čechy	459,9	624,1	273,0	400,3	9,1	7,4	15,0	13,4
Západní Čechy	449,4	556,4	284,6	341,1	9,1	7,7	15,0	13,6
Severní Čechy	504,8	535,6	319,0	325,9	9,8	8,4	15,4	14,4
Východní Čechy	440,1	625,8	253,9	380,4	9,9	8,2	15,8	14,2
Severní Morava	407,8	630,1	240,4	416,9	10,0	8,3	16,1	14,5
Jižní Morava	381,6	499,2	214,9	323,3	10,3	8,6	16,6	14,9

Vytvářením podkladů pro jedno z nejjednodušších řešení sucha, nadlepšování vody do půdního profilu, se zabývá již více než 15 let tým Laboratorního dešťového simulátoru na Fakultě stavební ČVUT. V rámci podporovaných erozních výzkumů zde probíhá testování půd mj. na schopnost vsakování vody ze srážek při různých okrajových podmínkách. Přes více než 13 různých druhů půd, vyskytujících se v zemědělských oblastech ČR, již bylo testováno na infiltraci, rychlost vytváření povrchového odtoku, množství půdního smyvu a tvorbu mezirýžkové eroze. Proběhlo více než 300 hodinových simulovaných srážek různých intenzit (20 - 60 mm/h), které testovaly relativně velký půdní vzorek (0,9 x 4 x 0,15 m) pro různé vlhkosti půdy, různé varianty kypření a různé sklony půdního povrchu (2 - 8°). Celkové množství pedologických rozborů v rámci těchto simulací již přesáhlo 14 000 a mezi vyhodnocované parametry patří určování fyzikálních vlastností půd, gravimetrické stanovování půdní vlhkosti, analýza půdních smyvů a odtoku, měření perkolace a kontrolní stanovení zrnitostního složení v odebraných vzorcích. Výsledky jsou publikovány například v [3, 4].

Testovány byly zejména půdy, které se v krajině vyskytují v zemědělských oblastech. Jejich specifikem je zvýšená erozní ohroženost díky nesouvislému vegetačnímu pokrytí v průběhu celého roku. Sledováním procesu jejich zvlhčování a vysychání, vlivu vytváření krusty, průběhu infiltrace vody ze srážek různých intenzit, byla získávána vstupní data i pro problematiku zavlažování. Infiltrace vody půdním profilem je vždy při simulacích hodnocena ve třech vrstvách vzorku (0-5cm, 5-10cm a 10-15 cm) a to před deštěm a po hodinové srážce. V průběhu simulovaného deště je navíc odebírána perkolace z jednotlivých etází půdního vzorku (ve stejných intervalech jako povrchový odtok), čímž dochází k podrobnému popisu vývoje vlhkosti vzorku. Přehled testovaných a vyhodnocovaných půdních vzorků uvádí tabulka 2.

Tab. 2 Přehled testovaných půdních vzorků na Laboratorním dešťovém simulátoru ČVUT [4]

#	půdní set	rok	počet experimentů	textura
1	Horoměřice	2002/4	25	jílovito-hlinitá
2	Třebsín I	2004/6	22	písčito-hlinitá
3	Neustupov	2006/7	14	hlinito-písčitá
4	Klapý	2007/8	25	jílovito-hlinitá
5	Třebsín II	2008/9	28	písčito-hlinitá
6	Třebešice I	2009/10	27	hlinito-písčitá
7	Třebešice II	2010/11	36	písčito-hlinitá
8	Nučice	2011/12	35	hlinitá
9	Všetaty I	2012/13	24	hlinitá
10	Všetaty II	2013/14	17	hlinitá
11	Třebešice III	2014/15	22	písčito-hlinitá
12	Nové Strašecí	2015/16	20	hlinitá
13	Řisuty	2016/17	21	hlinitá

3 AUTOMATIZOVANÉ ZÁVLAHOVÉ SYSTÉMY

Dodávka závlahové vody pro zemědělské plodiny byla v dobách rozmachu zemědělských závlah v ČR zejména pásovými zavlažovači, pivotovými zavlažovacími stroji a přenosným rychlospojkovým potrubím. Po roce 1989 došlo k omezení zavlažované plochy a u pivotových zavlažovacích strojů došlo téměř k jejich vymizení z české krajiny. V posledních letech došlo k modernizaci závlahového detailu a kromě uvedených tří typů se rozšířily závlahové systémy úsporné, nízkotlaké a většinou automatizované. Automatizované se staly i nové pivotové zavlažovací stroje, mající vlastní ovládací jednotku pracující na principu časového spínače, která u některých typů umožňuje i zasílání chybových hlášení uživateli, viz dále. V zemědělství došlo ke značnému rozšíření kapkovacího potrubí (je využíváno na chmelnicích, v sadech, na vinohradech, v jahodárnách i v raných fázích pěstování zeleniny) a též nízkotlakých postřikovačů (přenosné svinovatelné potrubí, anebo na konzolách pásových zavlažovačů), které jsou vhodné zejména pro závlahu křehké zeleniny. Pro tyto aplikace se zemědělci snaží o vytváření vlastní akumulace vody pro zálivku (např. montované „genapy“ pro chmelnice). Rozmach nízkotlakých automatizovaných závlah byl zaznamenán během posledních let i u komerčních závlahových systémů. Nárůst zpevněných ploch v intravilánech, kde je znemožněno zasakování přirozených srážek se snaží kompenzovat zelené střechy (intenzivní, polointenzivní i extenzivní), kde je umožněna infiltrace dešťové vody a její alespoň částečné zadržení. Na prvních

dvou uvedených typech se též instalují automatizované závlahové systémy, čímž v období vysokých teplot zlepšujeme mikroklima, podporujeme vlhkost v atmosféře a tvorbu srážek, snižujeme prašnost ovzduší a výskyt alergií.

Automatizované závlahové systémy jsou v současné době již standardním řešením. Z uvedené současné výměry závlah v ČR (65 000 ha) je odhadujeme na $\frac{1}{4}$ plochy. Běžné jsou pro menší zavlažované plochy (veřejné parky, zahrady RD, skleníky), pro chmelnice a sady a samozřejmě také pro komerční systémy (sportoviště, firemní areály). Systémy pracují většinou bez přítomnosti obsluhy a dodávají přesnou a rovnoměrnou závlahu. Obsahují zpravidla ovládací jednotku (mozek systému), elektromagnetické ventily, které ovládací jednotka podle naprogramovaných pokynů otevírá, postřikovače nebo kapkovací potrubí, které distribuuje vodu po zavlažované ploše, trubní rozvody, elektroinstalaci a zdroj vody. Systémy většinou obsahují i senzory pro monitorování vybraných meteorologických prvků nebo kompletní meteostanice.

Typickým prvkem automatizovaných závlahových systémů jsou většinou plastové trubní rozvody (PE-HD, PE-LD), které bývají umístěny v zámrzné hloubce (povrchové linky kapkovacího potrubí, 25-35 cm zahrádky RD, 40-50 cm sportovní plochy). Systémy je proto nutné na zimu vypouštět, aby nedošlo k poruše potrubí a armatur vlivem objemových změn vody. Zdrojem elektrické energie je pro ovládací jednotku standardní napětí 230V, ale další elektroinstalace po zavlažované ploše je již rozváděna pouze bezpečným napětím 24V (kabely se zemní izolací). Zdrojem vody pro tyto systémy bývá voda podzemní (vrtané a kopané studny), voda povrchová (nádrže, zejména pro větší, sportovní plochy), voda dešťová s dopouštěním (pro zahrádky RD) a stále ještě často voda z vodovodního řadu (v minulých patnácti letech byla z pořizovacího hlediska investičně nejjednodušším řešením). Nedílnou součástí napojení na zdroj vody, nebo čerpací stanice je hlavní sestava, ve které jsou prvky pro zabránění zpětného toku vody, uzavírací prvky, prvky upravující tlakové podmínky a prvky zajišťující požadovanou kvalitu vody do závlahového systému. Filtrace vody je nutná i v případě napojení na vodovodní řad, protože jednotlivé prvky v závlahovém systému obsahují malé přepouštěcí i výtokové otvory, které vyžadují filtraci až 130 micronmetrů. Automatizované závlahové systémy mohou být ovládané manuálně, s částečnou nebo úplnou automatizací.

4 TRENDY INTELIGENTNÍHO OVLÁDÁNÍ ZÁVLAHOVÝCH SYSTÉMŮ

V souvislosti s nutností šetřit vodou a rozvojem informačních technologií se rozvíjí také nové trendy inteligentního ovládání závlahových systémů. Umožňují

nejen přesné dodání závlahové dávky a její rovnoměrnost, úspornou závlivku v nočních/časných ranních hodinách, kdy je minimalizován výpar a vliv větru, ale také jsou schopny reagovat na každodenní změnu počasí úpravou dob závlah, případně četností závlivky. V neposlední řadě automatickou závlahou optimalizujeme (a v případě klimatického sucha již vlastně zabezpečujeme) výnosy plodin nebo poskytujeme zdravé, estetické prostředí k relaxaci při uživatelském komfortu.

4.1 Systémy částečně automatizované.

Většina automatických komerčních i zemědělských závlahových systémů je dnes realizována, z hlediska řízení, jako systémy s částečnou automatizací. Skládají se z klasické ovládací jednotky, která funguje na principu časového spínače a podle předem určeného pořadí, postupně zapíná a vypíná jednotlivé sekce/bloky závlahy. Pokyny k závlaze zadává do ovládací jednotky většinou školená instalační firma, zahradník nebo agronom. Systém má nastaven startovací časy, dobu závlahy pro jednotlivé sekce a dny, ve kterých závlahový cyklus probíhá. Systémy většinou také obsahují jednoduchá (blokační) zařízení pro sledování meteorologických podmínek.

Pokud je zdrojem závlahové vody nádrž na dešťovou vodu (s dopouštěním z jiného zdroje) nebo voda povrchová, je obvykle automatizován i provoz čerpací stanice. V případě rozsáhlejších systémů nebo zdroje s horší kvalitou vody, bývá v systémech částečně automatizovaných zautomatizována i úprava závlahové vody v hlavní sestavě (filtrace s automatickým proplachem). Přenos dat je u částečně automatizovaných závlahových systémů kabelový nebo bezdrátový. Při profesionálním návrhu rovnoměrné závlahy jsou tyto systémy schopny úsporně zavlažit požadovanou plochu a přesně rozlišit závlahové dávky pro sekce s odlišnou potřebou závlahy (například pro různé druhy výsadeb/odrůd plodin, nebo pro plochy trávníku).

Nejrozšířenějším zařízením používaným pro sledování meteorologických veličin v částečně automatizovaných systémech je dešťový senzor (čidlo srážek), zjednodušená forma srážkoměru. Prostřednictvím ovládací jednotky pozastaví závlahu při dosaženém srážkovém úhrnu, zabrání proběhnutí nastaveného závlahového cyklu a následného přemokření zavlažované plochy. Podobným principem reagují i půdní vlhkostní čidla (metody tenzometrické, elektrické nebo kapacitní/dielektrické). Jejich použití pro řízení závlahového režimu v současné době není příliš rozšířené, častější je jejich použití v agroaplikacích než v komerčních závlahových systémech. Mezi největší překážky jejich použití patří velká heterogenita půdních vlastností a tedy i vlhkostí půdy (plošná i profilová). Vlhkostní čidla je nutno v dané lokalitě předem kalibrovat a uvedená heterogenita

půdních vlastností výrazně ovlivňuje interpretaci naměřených dat. Nalezení reprezentativního umístění čidla je obtížné zejména na větších zavlažovaných plochách. Pro více stanovišť znamená toto řešení vyšší pořizovací náklady. Nevýhodou je i sledování vlhkosti půdy v hloubce kořenového systému rostlin, čímž vzniká časová prodleva, než je závlahový systém zablokovan. Blokační zařízení na sledování meteorologických veličin obecně umožňují další úsporu závlahové vody (závlahový cyklus neprobíhá při dešti a po dobu vysychání zavlažované plochy).

4.2 Systémy plně automatizované

Systémy úplné automatizace provozu (tzv. Inteligentní automatizované ovládací systémy) musí splňovat dvě základní podmínky. Řídí závlahový systém podle aktuální potřeby závlahové vody, tj. průběžně mění velikost závlahové dávky podle aktuálních klimatických dat, a zároveň umožňují vzdálený přístup uživatele k systému ovládání (z PC, SmartPhonu, tabletu), pro nějž se používá ovládání rádiové, GSM, WiFi/LAN.

Vyhodnocení vláhového deficitu jednotlivých kultur provádí ovládací jednotka opět na základě údajů ze senzorů. Tato měřicí zařízení mohou jednotlivě poskytovat data o srážkách, směru a rychlosti větru, teplotě, vlhkosti půdy, solární radiaci, vzdušné vlhkosti, výparu aj. Komplexně jsou často obsaženy v automatických meteorologických stanicích. Kromě vlastní meteorologické stanice v zavlažovaném území však ovládací jednotky mohou využívat také údaje ze sítě veřejných meteorologických stanic nebo z dostupných databází meteorologických serverů. Průběžným měřením, digitalizací naměřených hodnot a jejich počítačovým zpracováním, se vytvářejí předpoklady pro stanovení optimálního průběhu závlahy. Některé moderní ovládací systémy umí využívat data i z předpovědi počasí. Vyhodnocují reálná data (minulá i očekávaná) a vytváří další úsporu závlahové vody tím, že při očekávaném vyšším srážkovém úhrnu pro následující den dočasně pozastaví závlahu a poté podle naměřených dat aktualizují provoz. Výpočetní technika tedy umožňuje prostřednictvím software z měřených vybraných meteorologických prvků komplexní vyhodnocení přesné potřeby závlah.

Plně automatizované závlahové systémy většinou obsahují ovládací/řídící jednotku, která automaticky upravuje dobu závlahy podle dat z připojených senzorů a otevírá dálkově ovládané uzávěry/elektromagnetické ventily. Dále zahrnují automatizovanou čerpací stanici (v případě řešení nádrže na dešťovou vodu s dopouštěním, podzemní nebo povrchové vody), úpravu vody v hlavní sestavě (filtrace s automatickým proplachem) a též obsahují doplňkové prvky automatizace (prvky měrné, regulační a ochranné), se kterými ovládají

čerpací stanice, akumulární nádrže závlahové vody, zabezpečují optimální a bezpečný provoz systému.

Do Inteligentních automatických ovládacích systémů lze přiřadit i některé poloautomatické ovládací jednotky přidáním komunikačního modemu. Systém pak dále obsahuje elektromagnetické ventily, radio, wifi nebo GSM moduly pro připojení na internet (umožnění komunikace s centrálním počítačem, nebo prostředím v cloudu, včetně komunikace s meteostanicemi a případně meteorologickými servery). Pro rozsáhlejší závlahové soustavy se zpravidla navrhuje centrální řídicí ústředna/centrální ovládací prvek (počítač - hardware a software), který umožňuje správu jednotlivých ovládacích jednotek z různých zavlažovaných pozemků. Komunikace je většinou bezdrátová prostřednictvím k tomu určeného prvku (modem, cartridge). I tento systém využívá sběr dat z meteostanic. Vzdálený přístup je umožněn z osobního počítače nebo mobilního zařízení přes Internet a data jsou uložena v cloudu. [5]

4.3 Prvky měrné, regulační a ochranné.

Součástí automatických závlahových systémů jsou doplňková zařízení – prvky měrné, regulační a ochranné techniky. Měrná zařízení na závlahových systémech měří průtok vody v potrubí (vodoměry, průtokoměry), úroveň hladin v nádržích (stavové tlakové nebo vodivostní sondy), tlak v potrubí (manometry) nebo dávkování tekutých hnojiv (rotametry). Regulační prvky mají optimalizační charakter (nevyrovnané průtoky sekcí, příliš silné čerpadlo atd.). Ochranné prvky čerpacích stanic, závlahových systémů a systémů dopouštění nádrží zabráňují poškození čerpadla, trubních rozvodů nebo značným únikům vody. I tyto prvky přispívají k úsporám vody, zabráňují únikům vody při haváriích nebo poruchách systému.

Na závlahových trubních řadech se stanovuje především průtok a tlak. Vodoměry a průtokoměry se osazují k měření průtoku a spotřeby závlahové vody většinou v závlahových čerpacích stanicích nebo v hlavních sestavách tlakového zdroje. U závlahových systémů napojených na veřejnou vodovodní síť mohou mít funkci podružného vodoměru pro diferenci spotřeby vody pro závlahy a pro účely domácnosti. U zemědělských aplikací mohou být osazovány pro zpoplatnění odebrané vody ze zdroje, anebo na hydranty/sekční uzávěry tlakové sítě pro zpoplatnění odběrů jednotlivých uživatelů. Indukční vodoměry nebo průtokoměry můžeme u automaticky ovládaných závlahových systémů osadit také ve funkci senzoru. Měří průtok v reálném čase a ve spojení s ovládací jednotkou lze nastavit hodnotu maximálního průtočného množství za závlahový cyklus, maximálního proteklého objemu vody za hodinu nebo minimální okamžitý průtok. V případě překročení nebo nedosažení této hodnoty nastavené v ovládací jednotce je

vysíláno chybové hlášení vyžadující zásah uživatele (např. funkce Flow Watch). U některých systémů je vyvolána i reakce – uzavřou se ventily (hlavní nebo sekční, podle charakteru poruchy). Při GSM připojení je umožněno zasílání chybových hlášek textovou zprávou nebo mailem správci. S těmito prvky umí některé systémy stanovit optimalizované pořadí závlahy jednotlivých sekcí (optimalizace průtoku vzhledem ke kapacitě zdroje vody/čerpací stanice). Spustí sekce v takovém pořadí, aby byla kapacita čerpací stanice ideálně využita (např. funkce Flow Manager). [6]

Tlak vody se měří v trubních závlahových soustavách manometry různých typů a uspořádání. Nejčastěji jsou umístěny v čerpacích stanicích (na výtlačném potrubí za čerpadly) před a za filtrem, kde stanovují potřebu čištění filtru (sledují průchodnost/ucpání filtru). Měření tlaku se používá též formou stavových tlakových nebo vodivostních sond monitorujících polohu hladiny v nádrži.

O způsobu použití regulačních prvků rozhodují dané tlakové poměry v trubní síti a výškové poměry zavlažovaných pozemků. Regulační prvky mají optimalizační charakter, pokud do systému nejsou osazeny, mohla by být způsobena jeho kratší životnost. Patří mezi ně hydraulická regulace (škrcení průtoku, obtok), regulátory tlaku (redukční tlakové ventily) a frekvenční měnič (posouvá charakteristiku čerpadla). Povolný tlak vody udávaný výrobcem závlahového detailu nesmí být překročen v celé délce závlahové linky. Redukční ventily chrání potrubí i jednotlivé prvky sítě před poškozením. V případech dílčích požadavků jednotlivých sekcí jsou redukční tlakové ventily osazovány až za sekční uzavěry/ventily, čímž redukují vstupní tlak konkrétních sekcí. Regulátory tlaku mohou být buď nastavitelné, nebo s pevně nastaveným výstupním tlakem.

Nejběžnějšími regulačními prvky v automatizovaných závlahových systémech jsou redukční tlakový ventil a frekvenční měnič. Redukční tlakový ventil zajišťuje bezpečně a poměrně stabilní tlakové poměry v závlahové síti. Je nutné jej zařadit do systému zejména při napojení na vodovodní řad (kolísání tlaku ve špičkách, v noci, o víkendy). Regulace tlaku je používána většinou jednostupňová (na sekčních ventilech). Dvoustupňovou regulaci navrhujeme tam, kde gravitační přívod vody do systému vytváří vysoké vstupní hodnoty tlaku, nebo tam, kde je použito čerpadlo s velkým výstupním tlakem (například v systémech, kde je součástí závlaha postřikem i mikrozávlaha). Pak je první regulátor tlaku osazen v hlavní sestavě a druhý stupeň regulace je zajištěn na sekčních ventilech. Prvkem regulačním (ale i ochranným a spínacím) je frekvenční měnič. Je součástí větších čerpacích stanic a obsahuje elektronická zařízení, která udržují konstantní tlak v systému a regulují otáčky čerpadla podle velikosti průtoku vody.

Ochranné prvky čerpacích stanic a systémů dopouštění nádrží jsou u automatizovaných závlahových systémů většinou vyžadovány. Zabraňují

poškození čerpadla, trubních rozvodů nebo značným únikům vody. Zahrnují signalizaci výšky hladiny vody (hladinové hlídání), elektronickou ochranu proti přetížení, ochranu proti chodu nasucho/naprázdno, ochranu proti tlakovým rázům a ochranu pojistným přetlakovým ventilem (pojišťovací ventil). Posledně jmenovaný je minimální nutnou ochranou závlahového systému pro případ neotevření ventilu.

Ochranné prvky závlahového systému zahrnují dva základní komponenty umístěné v hlavní sestavě: filtr mechanických nečistot a hlavní elektromagnetický ventil. Jak již bylo řečeno, filtr chrání závlahový systém před mechanickým a případně i biologickým znečištěním. Často i zrnko písku dokáže způsobit netěsnost (nedovření) elektromagnetického ventilu a značné (i nepozorované) úniky vody. Typ filtrace (sítový, diskový, pískový, hydrocyklony) volíme podle druhu a stupně znečištění a podle použitého závlahového detailu. Standardně je doporučována filtrace 120 mesh/130 micronmetrů [7]. Armatura hlavní elektromagnetický ventil je umístěna v hlavní sestavě a jedná se opět o ventil ovládaný ovládací jednotkou. Vpouští vodu do systému pouze po dobu zavlažování (systém je proto díky němu pod tlakem vody jen po omezenou dobu), čímž zvyšuje životnost závlahového systému a snižuje riziko následků plynoucích z možného úniku vody a poškození trubních rozvodů. Zároveň i chrání čerpadlo před jeho častým spouštěním v případě netěsnosti potrubí.

Pro závlahové systémy využívající vodu z vodovodního řadu (jako primární zdroj nebo jako dopouštění nádrží s dešťovou vodou) patří mezi ochranné prvky potrubní oddělovač a zpětná klapka. Obě armatury se umísťují do hlavní sestavy zdroje. Potrubní oddělovač bezpečně chrání rozvody vody před kontaminací způsobenou zpětným tlakem, zpětným průtokem nebo zpětným nasátím ze závlahových rozvodů a jako jediný vyhovuje ČSN EN 1717 „Ochrana proti znečištění pitné vody ve vnitřních vodovodech a všeobecné požadavky na zařízení na ochranu proti znečištění zpětným průtokem“. Musí být odkanalizován pro vypuštění zbytkové vody při poklesu vstupního tlaku. Zpětná klapka též zabráňuje zpětnému přísátí závlahové vody zpět do vodovodního řadu, nespĺňuje však ČSN EN 1717. V případě připojení závlahy na domovní vodárnu má zpětná klapka i další funkce - zabráňuje přetlačování vody zpět do čerpadel či umožňuje čištění filtrační vložky. [7]

Spínací prvky čerpacích stanic jsou většinou vyžadovány jako ochrana a zabezpečení čerpadla. Většinou je možno volit z různých provedení (ovládání spínacím relé, tlakovým spínačem, průtokovým spínačem nebo tlakovým spínačem s frekvenčním měničem).

5 ZÁVĚR

Klimatické podmínky léta 2015 upozornily na vážnost nebezpečí nedostatku vody a vyzdvihly možnost úspor vody při automatické závlaze. Akumulaci vody v půdním profilu řeší experimentálně Laboratorní dešťový simulátor ČVUT. Již 15 let poskytuje podrobná data o vývoji vlhkosti v půdním profilu a infiltraci srážek pro velký půdní vzorek. V posledních letech došlo k rozšíření úsporných a nízkotlakých způsobů závlah. Umožňují nejen přesné dodání závlahové dávky a její rovnoměrnost, úspornou zálivku v nočních/časných ranních hodinách, kdy je minimalizován výpar a vliv větru, ale také jsou schopny reagovat na každodenní změnu počasí úpravou dob závlah, případně četností zálivky. Automatické závlahové systémy obsahují senzory pro měření meteorologických prvků, které pozastaví závlahu při dosaženém srážkovém úhrnu a po dobu vysychání. Rozvíjí se též trendy inteligentního ovládání závlah - řízení závlahového režimu stanovením potřeby závlahové vody podle aktuálních klimatických dat z meteorologických stanic nebo serverů. Některé systémy ovládání vytváří další úsporu závlahové vody tím, že umí pracovat s předpovědí počasí. Dočasně pozastaví závlahu při očekávaném vyšším srážkovém úhrnu pro následující období a podle naměřených dat automaticky aktualizují provoz. Úsporu v automatických závlahových systémech zajišťují i měrné, regulační a ochranné prvky. Optimalizují provoz závlahových systémů, čerpacích stanic a zabráňují unikům vody při haváriích nebo poruchách systému.

Literatura

- [1] Schwarzová, P.: Záznam z jednání zakládající schůze „Spolku uživatelů, provozovatelů a vlastníků závlahových soustav“ Skalský Dvůr, 7.-8.3.2017.
- [2] Tejkl, A.: Vyhodnocení klimatické situace v létě 2015, příspěvek na konferenci Voda a krajina 2015, ČVUT Praha.
- [3] Schwarzová, P.; Laburda, T.; Tejkl, A.; Pavlík, O.: Ztráta půdy při proměnných intenzitách deště na laboratorním dešťovém simulátoru. In: Seminář Adolfa Patery 2015 Extrémní hydrologické jevy v povodích. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2015, pp. 85-92. Rok 2015. ISBN 978-80-01-05856-5.
- [4] Laburda, T.; Schwarzová, P.; Krása, J.: Dlouhodobý výzkum eroze půdy pomocí laboratorního dešťového simulátoru ČVUT v Praze, In: Juniorstav 17. odborná konference doktorského studia, fakulta stavební. VUT v Brně, Fakulta stavební, 2015, ISBN 978-80-214-5091-2.

- [5] Technologické předpisy a informace o produktech výrobců Rain Bird (www.rainbird.com), Weathermatic (www.weathermatic.com), Solem (www.solem.fr), Hydrowise (www.hydrowise.com)
- [6] Odborné články a materiály Irrigation Association (<http://www.irrigation.org/>)
- [7] Irimon: Technologický předpis pro návrh a montáž závlahových systémů Hunter, Irimon s.r.o., Praha 2017, MID-B7-0117

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS17/173/OHK1/3T/11 "Experimentální výzkum erozních a transportních procesů v zemědělsky využívané krajině".

Titul: Krajinné inženýrství 2017
Vydavatel: Česká společnost krajinných inženýrů ČSSI, z.s.
Tisk: XXXXXXXXXXXXXXXX
Náklad: 125 ks
Počet stran: 196
ISBN:



vodní hospodářství®

Specializovaný vědeckotechnický časopis přináší již 67. rokem informace z oblasti projektování, realizace a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v České republice a na Slovensku.

Do časopisu přispívají přední čeští a slovenští odborníci.

Vychází 12 x ročně.

**Více informací a možnost objednání
na www.vodnihospodarstvi.cz**

Vydává Vodní hospodářství, spol. s r. o.
Tel.: Ing. Václav Stránský 603 431 597
E-mail: stransky@vodnihospodarstvi.cz

