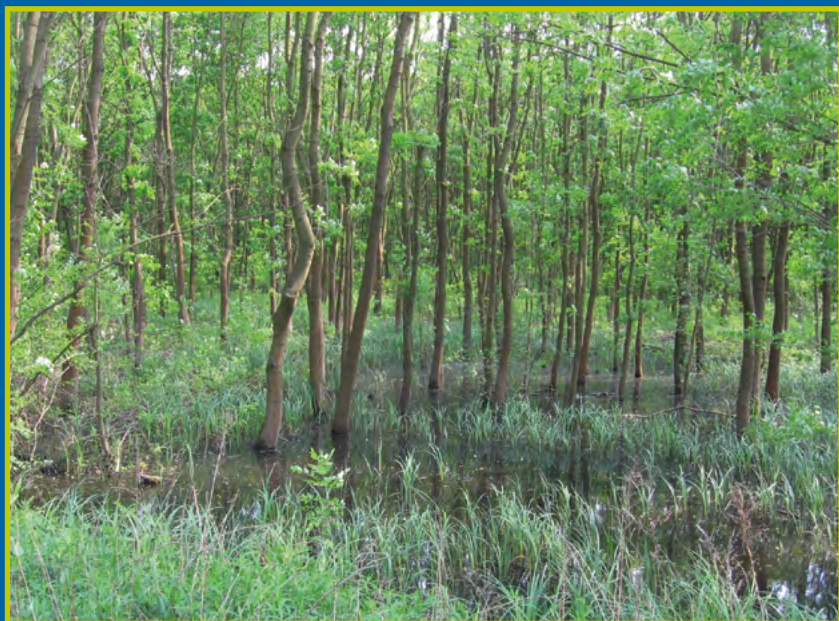


BIOTECHNICKÁ OPATŘENÍ PRO ÚPRAVU VODNÍHO REŽIMU VE VYBRANÝCH LOKALITÁCH MODELOVÉHO ÚZEMÍ POMORAVSKÉ NIVY



JIŘÍ KULHAVÝ
MILOSLAV ŠLEZINGR
PAVEL KOVÁŘ
JAKUB ŠTIBINGER
MIROSLAV BLAŽEJ a kol.

Certifikovaná metodika

11/2015

Mendelova univerzita v Brně
Česká zemědělská univerzita v Praze
FOREST-AGRO, spol. s r. o., Hrušky

**Biotechnická opatření
pro úpravu vodního režimu
ve vybraných lokalitách
modelového území Pomoravské nivy**

Certifikovaná metodika

Jiří Kulhavý
Miloslav Šlezinger
Pavel Kovář
Jakub Štibinger
Miroslav Blažej
Alois Prax
Ladislav Menšík
Pavel Hadaš
Vítězslav Hybler
Milan Sůva

Lesnický průvodce 11/2015

Vydáno ve spolupráci:

Mendelova univerzita v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno
www.mendelu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýčká 129, 165 21 Praha 6-Suchbát
www.czu.cz

FOREST-AGRO, spol. s r. o., Hrušky
Za Vodů 203, 691 56 Hrušky
www.forestagro.estranky.cz

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště
www.vulhm.cz

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-108-6
ISSN 0862-7657

BIOTECHNICAL MEASURES FOR TREATMENT OF WATER REGIME IN SELECTED LOCATIONS MODEL TERRITORY MORAVA RIVER FLOODPLAIN

Abstract (Summary)

Methodology to solve the problems of biotechnical measures for water regime optimization in the selected Moravia alluvial areas with the typical pilot cases had not elaborated yet and can be applied in the conditions of river alluvial areas in the Czech Republic. Methodology defines, besides others, procedures of determining of basic design parameters of biotechnical measures with control elements for water regime protection of flood plain forest and agricultural land in model locality of South Moravia.

The values of basic design parameters of biotechnical measures are determined by mathematic-physical descriptions of surface and subsurface flow, based on selected hydraulic methods. All procedures can be verified hydrological simulations. Basic input data of recharges and discharges (mm / time interval) in the biotechnical measures system were derived by the results of water balance relates with use of the WBCM-7 model.

Systems of biotechnical measures, projected by designed methodology, can strongly mitigate negative impacts of hydrological extremes in a form of floods and long term droughts in the locations of forest alluvial areas and agricultural landscape of South Moravia. The basic design principles, presented in this methodology, can be applied in the other river alluvial areas in conditions of the Czech Republic.

Key words: biotechnical measures, water regime, hydrological, Moravia alluvial

Oponenti: Dr. Ing. Přemysl Fiala, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
doc. Ing. Vladimír Švihla, DrSc., emeritní pracovník VÚMOP, v.v.i.
Praha

Adresy autorů:

Jiří Kulhavý
Miloslav Šležingr
Alois Prax
Ladislav Menšík

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta

Vítězslav Hybler
Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta

Pavel Hadaš
Zpracování dat, Ořechovka 1727, Strážnice

Jakub Štibinger
Pavel Kovář
Milan Sůva
Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí

Miroslav Blažej
FOREST-AGRO, spol. s r. o., Hrušky

Obsah:

I. CÍL METODIKY	7
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
1 Úvod	7
2 Přírodní a hospodářské poměry zájmového území	8
3 Vodní bilance modelového území	9
4 Potřeba revitalizací	11
5 Návrhy vzorových řešení	13
5.1 Systém příkopového odvodnění	13
5.2 Návrh na rekonstrukci systematické trubkové drenáže zemědělských pozemků	32
5.3 Integrovaný příkopový systém závlahy – odvodnění	36
5.4 Řízená (regulovatelná) příkopová infiltrace	43
5.5 Biotechnická opatření Využití rychlerostoucích dřevin	46
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	47
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	48
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY	49
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	51
VII. SEZNAM POUŽITÉ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	52
VIII. DEDIKACE	54

I. CÍL METODIKY

Základní podmínkou udržitelného zemědělsko-lesnického využívání aluviálních území a ochrany původních společenstev rostlin a živočichů je zachování typického hydrologického režimu a zajištění alespoň základních předpokladů a výhod fluvio-álnímu procesu.

Cílem předkládané metodiky je navázat na dosavadní praxi revitalizačních opatření, která byla započata v 80. a 90. letech minulého století, a dílčím způsobem přispět k návrhu nových postupů technického a biologického řešení revitalizačních opatření na zemědělských pozemcích a v lesních ekosystémech v Pomoravské nivě v současnosti.

Biotechnická opatření navržená a realizovaná podle předložené metodiky výrazně zmírní negativní dopady hydrologických extrémů, a to zejména masivních záplav a déle trvajícího sucha v lužních lesích a zemědělských oblastech Pomoravské nivy. Technická a biologická revitalizační opatření s prvky řízené regulace, navrhovaná podle principů předkládané metodiky, jednoznačně přispějí k ochraně vodního režimu, životního prostředí, lužních lesů a zemědělských pozemků v této oblasti.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1 Úvod

Vlivem regulace a úprav řeky Morava (mezi Hodonínem a Lanžhotem) došlo na území Pomoravské nivy k výraznému snížení hladiny vody v tomto toku. Úroveň hladiny podzemní vody v propustných štěrcích komunikuje s volnou hladinou vody v řece Morava, v důsledku jejího poklesu dochází velmi často k přerušení kapilárního vztlínání hladiny podzemní vody ze štěrkopísků do prostředí náplavových hlín, což se projevuje v nedostatku vláh v oblasti lužních lesů, zejména v déle trvajících obdobích sucha.

V období s dlouhodobými dotacemi vody (jarní tání, déle trvající srážky, záplavy) dochází k nežádoucímu, déle trvajícímu zamokřování souvislou hladinou vody na zemědělských plochách této lokality. V mnoha případech se tento jev objevuje i na území lužních lesů Pomoravské nivy.

Hodnoty základních návrhových parametrů biotechnických opatření jsou určovány na základě matematicko-fyzikálního popisu proudění podzemních a povrchových vod, který vychází z vybraných hydraulických metod a ověřených hydrologických simulací (Šlezinger a kol. 2016).

Přírodní poměry zájmové lokality jsou složité, nicméně mělký profil s vysokou polohou velmi málo propustných vrstev vytváří vhodné podmínky k použití analytických metod pro řešení rovinných úloh, které v těchto případech velmi dobře aproximují skutečné přírodní procesy proudění podpovrchových vod. Analytické postupy jsou velice názorné, parametry řešené problematiky se promítají do výsledných výrazů a vysvětlují, jak dané (použité) charakteristiky ovlivňují vodní režim.

Předložená metodika popisuje pomocí návrhů konkrétních vzorových řešení postup vedoucí ke stanovení základních parametrů biotechnických opatření včetně regulačních prvků (integrováný příkopový systém závlahy – odvodnění) pro optimalizaci a ochranu vodního režimu této lokality.

Zvýšením regulovatelné volné hladiny v systému příkopů může být vyvolán proces závlah průsaky do pórovitého prostředí svrchních vrstev půd lužních lesů, který jednoznačně zmírní nepříznivé hydrologické a hydrogeologické poměry v období déle trvajícího sucha. Nežádoucí, déle trvající zamokřování souvislou hladinou vody na zemědělských plochách bude řešeno příkopovým systémem, včetně retenční nádrže s možností řízené regulace drenážního odtoku v déle trvajících obdobích sucha.

2 Přírodní a hospodářské poměry zájmového území

Aluviální oblast dolního toku řek Moravy a Dyje je srážkově deficitní. Celé soutokové území patří geograficky k Dolnomoravskému úvalu se zřejmým vlivem panonského klimatu. Vodní bilance je zvláště v suchých letech nepříznivá (Kovář 2016). Vlhkostní režim půd je významně závislý na dynamice hladiny podzemních vod a její spojitosti s průtoky vody v hlavních recipientech.

Půdy jsou i přes některé nepříznivé fyzikální vlastnosti obecně velmi úrodné a člověk je od nepaměti intenzivně využíval pro pěstování lesa a pro zemědělské účely. V současné době je v zájmovém území zachován největší komplex lužních lesů o rozloze 7 tis. ha. Dalších 6 tis. ha nivních pozemků aluviálního území je dnes využíváno jako intenzivně obhospodařovaná zemědělská půda (Vybíral a Čupa, 2004). Významnou úlohu z pohledu biologické diversity mají rozsahem nevelké mokřadní

biotopy, tůňe a jezírka. Specifické hydrogeologické podmínky umožňují dále využití území jako zdroje pitné vody, těžbu štěrkopísků, ropy a plynu. Území je vysoce ceněno pro svoji biologickou diverzitu a rekreační účely.

3 Vodní bilance modelového území

Vodní bilance modelového území Pomoravské nivy byla vytvořena s implementací hydrologického modelu WBCM-7. Pro provedení analýzy z dosažených poznatků vodní bilance v závěrečném roce řešení (2015) Aktivita A02 se ukázalo, že rozdělení jednotlivých let na suchá (2003 a 2011), normální (2009 a 2012) a povodňová (2010 a 2013) bylo dobře zvoleno.

Model WBCM (*Water Balance Conceptual Model*) je klasifikován jako model deterministický, konceptuální, celistvý, nelineární. Každý kapacitní element modelu reprezentuje přirozenou zásobu vody v jednotlivých vertikálních subsystémech hydrologického profilu.

Model byl navržen pro studium jednotlivých komponent hydrologické bilance v závislosti na změnách hospodářského využití povodí. Simuluje denní bilanční hodnoty ve vegetačním období – kritickém období pro vznik vláhvových deficitů – a zahrnuje všechny podstatné interakce mezi jednotlivými zónami, tj. vegetační, nenasycenou a nasycenou zónou.

Kapacity všech zón respektují různorodost přirozených hydrologických podmínek povodí. Model ve většině zón předpokládá lineární rozdělení těchto kapacit kolem jejich průměrných hodnot. Struktura modelu respektuje fyzikální principy, podle nichž dochází k interaktivním hydrologickým procesům: **evapotranspiraci, intercepci, infiltraci a tvorbě přímého a základního odtoku.**

Nedílnou součástí modelu je automatická optimalizace parametrů v jeho identifikační fázi. Aplikační verze modelu WBCM-7 používá denních hydrometeorologických dat a optimalizuje tři parametry: **S_{MAX}**, **G_{WM}**, **B_K**, (Kovář et al., 2010). Princip optimalizace těchto parametrů je stejný, jako u předchozích verzí modelu WBCM-1 až 6, ale změnila se kritériální funkce.

Změna spočívá v tom, že namísto použití kritéria shody měřených a vypočtených průtoků se používá kalibrace modelem pro dosažení optimální shody dekadních hladin podzemní vody (HPV) v nejbližších měřených vrtech (transektech) ČHMÚ s hodnotami HPV vypočtenými modelem WBCM-7.

Popis jednotlivých symbolů vstupujících a vystupujících parametrů a proměnných v modelu WBCM-7, je uveden v Tab. 1. V této tabulce jsou také uvedeny jednotky,

v jakých je třeba vstupní hodnoty zadat do modelu. Model pracuje s denními hydrometeorologickými daty a ve vzájemné interakci řeší výše zmíněné dílčí hydrologické procesy.

Tab. 1:

Popis symbolů podle modelu WBCM

P_j	výška deště [mm·den ⁻¹]	OF_j	transformovaný přímý odtok [mm·den ⁻¹]
PE_j	potenciální evapotranspirace [mm·den ⁻¹]	WUL_j	obsah vody v aktivní zóně [mm]
PEV_j	evapotranspirace vody zachycené intercepce [mm·den ⁻¹]	$FCUL_j$	průměrná retenční kapacita aktivní zóny [mm]
PES_j	potenciální evapotranspirace z půdy [mm·den ⁻¹]	WLL_j	obsah vody v celé nenasycené zóně [mm]
AES_j	skutečná evapotranspirace [mm·den ⁻¹]	$FCLL_j$	průměrná retenční vodní kapacita nenasyc. zóny [mm]
THR_j	propad deště vegetačním krytem [mm·den ⁻¹]	GWR_j	přírůstek objemu podzemní vody [mm·den ⁻¹]
$SURPL_j$	povrchová retence [mm·den ⁻¹]	GWS_j	akumulace podzemní vody [mm]
ULR_j	voda zadržaná vrchní zónou a voda zadržaná v mikrodepresích [mm·den ⁻¹]	GWT_j	hladina podzemní vody pod úrovní terénu v měřeném reprezentativním profilu [m n. m.]
LLR_j	voda infiltrující během retenční fáze [mm·den ⁻¹]	WCR_j	kapilární doplňování nenasycené zóny ze zásob podzemní vody [mm·den ⁻¹]
$RECH_j$	velikost infiltrace [mm·den ⁻¹]	BF_j	základní odtok [mm·den ⁻¹]
ROF_j	výška přímého odtoku [mm·den ⁻¹]	TQC_j	celkový odtok [mm·den ⁻¹]

Porovnání hodnot deficitů (-) a dotací (+) mezi srážkami a územními výpary ukazují Tab. 2 (Mikulčice) a Tab. 3 (Kostice) – hlavní klimatické charakteristiky jednotlivých zkoumaných období. Deficity v suchých letech 2003 a 2011 jsou pro lužní lesy nepříznivé. Naopak, srážkové dotace v roce 2010 zapříčinily, že v oblasti Gbelských luk (Kostice – Lanžhot) voda vylitá z břehů stagnovala na jaře v poldru několik měsíců a v roce 2013 v letních měsících řadu týdnů.

Tab. 2:

Rozdíly úhrnů srážek celkových odtoků a evapotranspirace v charakteristických letech vegetačního období – Mikulčice

Vegetační období roku	Srážkový úhrn (mm)	Celkový odtok (mm)	Potenciální evapo-transpirace (mm)	Aktuální evapo-transpirace (mm)
2003 (suchý)	288	85	665 (-377)	300 (-24)
2011 (suchý)	317	84	633 (-316)	321 (-4)
2009 (normální)	407	185	449 (-42)	288 (+119)
2012 (normální)	327	46	642 (-315)	377 (-50)
2010 (povodňový)	598	221	581 (+17)	366 (+232)
2013 (povodňový)	420	118	629 (-209)	334 (+86)

Tab. 3:

Rozdíly úhrnů srážek celkových odtoků a evapotranspirace v charakteristických letech vegetačního období - Kostice

Vegetační období roku	Srážkový úhrn (mm)	Celkový odtok (mm)	Potenciální evapo-transpirace (mm)	Aktuální evapo-transpirace (mm)
2003 (suchý)	293	88	669 (-376)	310 (-17)
2011 (suchý)	364	119	640 (-276)	367 (-3)
2009 (normální)	485	191	647 (-162)	395 (+90)
2012 (normální)	323	14	652 (-329)	374 (-51)
2010 (povodňový)	580	292	592 (-12)	375 (+205)
2013 (povodňový)	433	139	627 (-194)	330 (+103)

Je zajímavé, že potenciální evapotranspirace, zejména v suchých letech vychází v oblasti transektu Kostice o něco větší než v transektu Mikulčice, kde je lesní porost, což má význam i pro rekreační účely. Jedná se o shodu s publikovanými výsledky zahraničních autorů, jež se zabývá i nastupující globální změnou klimatu. Připomínáme, že v bilanci není zahrnut celkový objem surové vody pro pitné účely, která ročně představuje dodávku 150 000 – 200 000 m³.

4 Potřeba revitalizací

První vážnější změny v hydrologickém režimu řek Moravy a Dyje způsobila rozsáhlá kolonizace krajiny spojená s postupným odlesňováním území celého povodí. Byly tak narušeny odtokové poměry, docházelo k erozi a odnosu půdy z vyšších poloh a její ukládání v polohách nižších. Tento proces pokračoval v několika vlnách spojených s rozvojem pastevectví a zemědělství od středověku až po současnost (Prax 2004).

Postupná rozsáhlá regulace dolní části toku řeky Moravy v minulém století (zejména v letech 1969–1982), jejímž primárním cílem byla ochrana zemědělských a lesních pozemků, sídel a významných objektů před záplavami, způsobila další narušení přirozeného vývoje hydrologického režimu. Nová trasa sledovala původní směr, ale byly prodlouženy kritické poloměry oblouků a zejména byla použita technologie tvrdé prohrádky dna do větší hloubky koryta tvaru lichoběžníka (kyneta a bermy) příčného profilu řeky Moravy. Z hlediska hydrogeologického v některých profilech se již dno toku dostalo do vrstvy kvartéru řeky Moravy, kde byly odplaveny těsnící jílové sedimenty, jejichž absence způsobila průsak vody z koryta dnem do akvatické zóny podzemních vod. Tím dochází k prohlubování koryta v některých příčných profilech řeky až o 1 m. Tyto změny v erozních a sedimentačních procesech v korytě Moravy se projevují negativně poklesnutím hladiny podzemních vod (Kovář, Kulhavý, 2014).

Odstranění každoročních záplav vedlo na většině území k trvalému přerušení fluvialního procesu s dopadem do snížení dostupnosti přístupných živin (Kovář, Kulhavý, 2014). Snížení hladiny podzemních vod a změna její dynamiky v průběhu roku vedly často k narušení dostupnosti vody zejména pro starší lesní porosty, u kterých byla adaptace na změnu vodního režimu nedostatečná. Doloženy byly změny v lužních fytocenózách a v produkci dubu a jasanu (Vašíček 1991, Prax a kol. 2007).

Na části zemědělských pozemků s nepříznivými fyzikálními podmínkami (v kombinaci s poruchami drenážních soustav) se projevil vliv ohrázování toku ve zhoršení odtokových poměrů a výskytu dlouhodobějších epizod zamokření.

Cílem následných revitalizačních opatření na dolním toku Moravy a Dyje započatých lesníky ve spolupráci s ochranou přírody v 80. letech bylo obnovení základních předpokladů pro podporu fungování lesních ekosystémů a zachování udržitelného lesnického hospodaření. Škody na zemědělských pozemcích byly řešeny převážně změnou pěstovaných plodin, nebo náhradou škody op pojištěním.

5 Návrhy vzorových řešení

5.1 Systém příkopového odvodnění (příklad Gbelské louky)

Rovinatá zemědělská oblast Gbelských luk s ohledem na své hydropedologické a geomorfologické poměry trpí při déle trvajících srážkách nebo v průběhu jarního tání nežádoucím, ve většině případů dlouhodobým zamokřováním povrchu, velmi často doprovázeným souvislou hladinou povrchových vod (viz obr. 1).

Vzhledem k minimálním infiltračním schopnostem podpovrchových vrstev, nízké retenční kapacitě a rovinatému území není umožněno odvedení povrchových vod (povrchovým odtokem, infiltrací) z této zemědělské plochy.

Navrhovaný integrovaný příkopový systém odvodnění pro optimalizaci vodního režimu umožní (spolu s vhodnou úpravou terénu) odvedení nežádoucích povrchových vod. Soustava příkopů bude vybavena pohyblivými stávkami umožňující řízenou regulaci volné hladiny vody v příkopech.



Obr. 1:
Zamokřené plochy Gbelských luk se souvislou hladinou povrchových vod (foto J. Štibinger)

V období s dlouhodobými dotacemi vody (jarní tání, déle trvající srážky, záplavy) bude možné úpravou (snížením) volné hladiny vody v příkopech generovat odvodňovací procesy také pod úrovní terénu a ovlivnit tak úroveň hladiny podpovrchové vody v době zamokření nebo zaplavení pozemků.

Navržený integrovaný systém sběrných a svodných příkopů (vybavený pohyblivými stavitky spolu s úpravou povrchu terénu do parabolického tvaru pro urychlení povrchového odtoku směrem k příkopům) tak umožní nejen včasné odvedení povrchových vod ze zemědělské plochy, ale zároveň zajistí výrazně rychlejší snížení hladiny podpovrchové vody, než by bylo dosaženo pouze vlivem nestacionární infiltrace. Pro období déle trvajícího sucha je prověřována možnost zvýšit regulaci volnou hladinu vody v příkopech a vyvolat tak proces závlah průsaky do pórovitého prostředí svrchních vrstev na území Gbelských luk.

Systém příkopů bude zaústěn do retenční nádrže, příkopy budou lichoběžníkového tvaru s šířkou 1,0 m ve dně s hloubkou okolo 0,9 m pod úrovní terénu, sklon stran příkopu bude 1:1. Zeminy z výkopu budou podle možností použity na zasypání depresí a k vytvoření parabolického tvaru povrchu ve směru k příkopům.

Výkresy retenční nádrže (situace průtočné a vsakovací varianty) spolu s příčným řezem příkopu (žebrovitou odvodňovací soustavou) jsou znázorněny na obr. GV1, GV2 a GV3.

V dalším postupu bude vyhodnocen vliv příkopů na polohu hladiny vody pod terénem v období bezprostředně po odvedení povrchových vod, způsobujících nežádoucí zamokření terénu. Základní vstupní data a údaje, která jsou nezbytná pro tyto analýzy, tvoří výsledky hydro-pedologických, hydrologických a hydrogeologických průzkumů a šetření. Půdní poměry této oblasti jsou velmi složité a jejich popis byl podrobně proveden (včetně analýz výsledků) pod vedením prof. Praxe (MENDELU Brno) v minulých etapách tohoto výzkumu.

Je možné uvažovat, že svrchní vrstvy mají nižší hydraulickou vodivost. Z výsledků, dosažených přímým měřením v terénu (Šlezingr a kol. 2014), byla stanovena hodnota reprezentativní, charakteristické hydraulické vodivosti váženým průměrem z výrazu $K \text{ (m/d)} = (0,5 \times K_1 + 0,4 \times K_2 + 0,6 \times K_3) / 1,5 = (0,5 \times 0,31 + 0,4 \times 0,12 + 0,6 \times 0,26) / 1,50 = 0,24 \text{ (m/d)}$, efektivní drenážní pórovitost $P = 4,8 \%$ obj. byla určena nepřímou z grafu US. Bureau of Reclamation (Štibinger, Kulhavý 2010). Pod touto vrstvou se nachází velmi málo propustné půdní prostředí jílovitohlinitých materiálů zřejmě okolo úrovně cca 1,5 m pod povrchem terénu.

Lze předpokládat, že proces neustáleného proudění podpovrchových vod bude probíhat v poměrně mělké zvodni s charakteristickou hydraulickou vodivostí $K = 0,24 \text{ m.den}^{-1}$ a s efektivní drenážní pórovitostí $P = 4,8 \%$ obj. = 0,048 (-), která je uložena na velmi málo propustných jílovitých vrstvách cca 1,5 m pod povrchem terénu.

Hodnocení hydraulické účinnosti sporadického (ojedinělého) příkopu s možností řízené regulace jeho volné hladiny pomocí pohyblivého stavítka, stejně jako hodnocení hydraulické účinnosti příkopového systému, bylo provedeno pomocí matematicko-fyzikálního popisu proudění vody v nasyceném pórovitém půdním prostředí s použitím vhodně vybraných hydraulických metod (Šlezinger 2016).

Teoretické podklady

Sporadický (ojedinělý) příkop

Neustálé proudění podzemní vody v nasyceném půdním prostředí charakterizuje rovnice (1), která představuje linearizovanou Boussinesquovu rovnici (Boussinesq 1904, Štibinger a Kulhavý 2010) v podmínkách nasyceného neustálého proudění podzemní vody, bez výrazného výparu a přítoku do hladiny podzemní vody, s přibližně vodorovným velmi málo propustným podložím,

$$D \frac{\partial^2 h(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial h(x,t)}{\partial t} \quad (1)$$

kde $D = K.H/P$. Parametr H (M) zde představuje střední hodnotu funkce $h(x, t)$ ve vyšetřované oblasti a v daném časovém intervalu $0 = < t$.

Symbol H (M) reprezentuje určitou „průměrnou“ mocnost zvodnělé vrstvy nebo střední hodnotu zvodnělé vrstvy v průběhu jednorozměrného nasyceného neustálého proudění podzemní vody. Funkce $h(x,t)$ (M) znázorňuje úroveň hladiny vody nad srovnávací rovinou velmi málo propustného, přibližně vodorovného podloží.

x (M) představuje vodorovnou osu souřadnicového systému, K (M/T) je hydraulická vodivost, P (-) efektivní drenážní pórovitost, t (T) je čas. Symbol M (resp. symbol T) označuje délkovou (resp. časovou) jednotku.

Jedná se o parciální diferenciální rovnici parabolického typu, která má stejný tvar jako jednorozměrná rovnice pro vedení tepla v pravoúhlých oborech. Výsledky a metodické postupy z této oblasti výzkumu (Carslaw a Jaeger 1959) pak byly úspěšně aplikovány při analýze pohybu volné hladiny podzemní vody v podmínkách neustálého proudění v nasycené zóně.

Bylo prokázáno (Prax a kol. 2011), že regulací úrovně volné hladiny vody v kanále (korytě, potoku) pomocí pohyblivých stavítek je možné do určité míry ovlivňovat vodní režim.

Zvýšením (resp. snížením) úrovně volné hladiny vody v kanále bude docházet ke zvyšování (resp. snižování) hladiny podzemní vody v jeho blízkém okolí. Může

tak být vyvolán závlahový proces (při zvyšování volné hladiny vody v kanále – přítok, dotace) anebo drenážní proces (při snižování volné hladiny – odtok) a to podle daných potřeb vyplývajících z hydrologických poměrů.

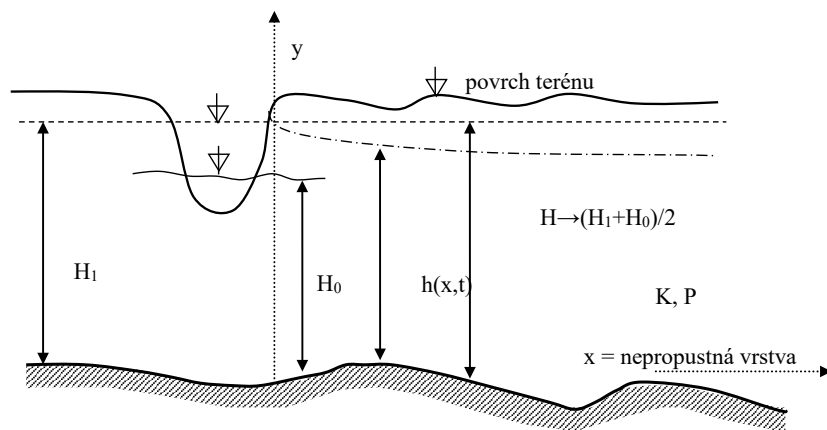
Momentální vzestup (resp. pokles) volné hladiny vody v otevřeném kanále z původní konstantní hodnoty H_0 (M) na nově zvolenou, opět konstantní hodnotu H_1 (M), je možné vnímat jako náhlé zvýšení (resp. snížení) volné hladiny – jako náhlý skok volné hladiny.

Regulace úrovně volné hladiny vody v kanále tak vyvolá typický příklad regulovaného rovinného neustáleného nasyceného proudění v pórovitém prostředí za předpokladu existence přibližně vodorovné, velmi málo propustné vrstvy, situované v určité vzdálenosti pod povrchem terénu.

V okolí kanálu budeme považovat neustálené nasycené proudění v pórovitém prostředí zeminy za rovinné, které probíhá ve svislé rovině kolmé na svislou rovinu, jenž tvoří rozhraní mezi zeminou a volnou hladinou vody v kanále (viz obr. 2).

Předpokládá se, že pórovité prostředí zeminy je homogenní izotropní, charakterizované jedinou hodnotou hydraulické nasycené vodivosti (K) a efektivní drenážní pórovitosti (P).

Pro matematicko-fyzikální popis výše uvedené problematiky rovinného neustáleného nasyceného proudění v pórovitém prostředí byla použita rovnice (1), dále platí pro průměrnou mocnost zvodnělé vrstvy $H = \frac{H_0 + H_1}{2}$. Hledaná funkce $h(x, t)$



Obr. 2:

Schéma neustáleného nasyceného proudění podzemní vody v pórovitém prostředí zeminy při náhlém zvýšení hladiny vody v příkopu

(M) zde představuje úroveň hladiny podzemní vody nad přibližně vodorovnou, velmi málo propustnou vrstvou v libovolném čase t (T) > 0 ve zvolené vzdálenosti x (M) od kanálu. Výsledné analytické řešení rovnice (1) s příslušnými počátečními $h(x,0) = H_0$ pro $x > 0, t = 0$ a okrajovými $h(0,t) = H_1$ pro $x = 0, t > 0$ podmínkami (Mls 1984) představuje výraz pro stanovení hledané funkce $h(x,t)$ (M) ve tvaru

$$h(x,t) = H_1 + (H_0 - H_1) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (2)$$

Pomocí rovnice (2) je možné určovat hodnoty funkce $h(x,t)$ (M) v průběhu snižování a zvyšování úrovně volné hladiny vody v toku, kdy se volná hladina vody v toku bude pomocí regulace snižovat (nebo zvyšovat) z počáteční (původní) úrovně H_0 (m) na úroveň H_1 (m).

Systematické příkopové odvodnění

V případě systému příkopů s rozchodem L (M) bylo při analytickém řešení rovnice (1) použito substituce $H = d + h_0/4$, kde parametr d (M) představuje mocnost ekvivalentní „Hooghoudtovy“ vodorovné imaginární nepropustné vrstvy pod volnou hladinou vody v příkopech (Ritzema 2006, Šležingr a kol. 2016). Symbol h_0 (m) reprezentuje horizontální úroveň počáteční hladiny podzemní vody nad trubkovými drény v čase $t = 0$.

Ukazatel d (M) je funkcí rozchodu L (M), poloměru sběrných drénů r_0 (M) a hloubky skutečné nepropustné vrstvy D_s (M) pod drény. Předpoklad, že platí vztah $h(x,0) = h_0$ v čase $t = 0$ v oboru $0 < x < L$ znamená, že počáteční hladina vody v čase $t = 0$ je přibližně vodorovná. Analytické řešení rovnice (1), založené na použití Fourierovy sinové řady (Rektorys 1995), reprezentuje výraz

$$h(x,t) = \frac{4h_0}{\pi} e^{-\alpha \cdot t} \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{L}\right) \quad (3)$$

kde:

$h(x,t)$ (M) – výška hladiny vody nad drény ve vzdálenosti x (m) od drénu v čase t (T), L (M) – rozchod drénů, (T^{-1}) – drenážní faktor, ukazatel drenážní intenzity, platí $\alpha = (\pi^2 \cdot K \cdot H) / (L^2 \cdot P_d)$

Geometrické znázornění výšky vody nad drény $h(x,t)$ ve vzdálenosti $x > 0$ od drénu v čase $t > 0$ v podmínkách nasyceného neustáleného drenážního proudění je zobrazeno na obr. 3.

Sporadický (ojedinělý) příkop

Po odvedení povrchových vod z úrovně terénu bude hladina vody ve sporadickém (ojedinělém) příkopu na určité, relativně vysoké úrovni H_0 (M), ze které bude regulací snížena na úroveň H_1 (M). Je možné předpokládat, že v průběhu povrchového odtoku a bezprostředně po odvedení povrchových vod do retenční nádrže bude počáteční úroveň volné hladiny v příkopu $H_0 = 1,5$ m. Řízenou regulací pomocí pohyblivého stavítka byla nastavena (snížena) úroveň volné hladiny vody v příkopu asi 5 cm nad dno příkopu, $H_1 = 1,5 - 0,9 + 0,05 = 0,65$ m.

Základní vstupní data a předpoklady řešení

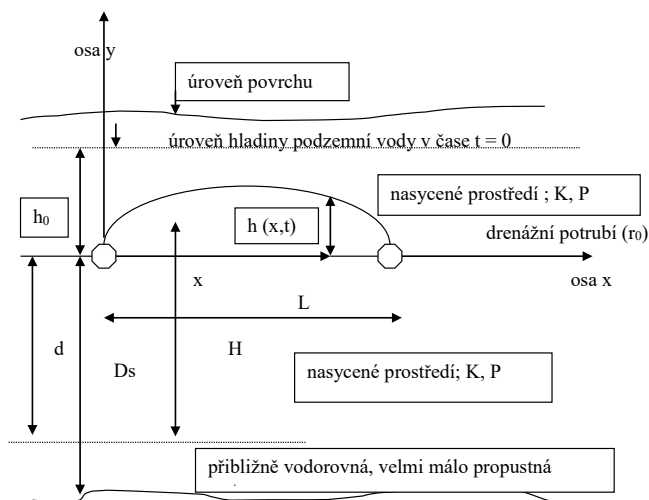
Parametry hodnoceného příkopu (lichoběžníkového tvaru):

Šířka ve dně: 1,0 m

Hloubka dna: 0,9 m pod úrovní terénu

Sklon stran: 1:1

Mocnost zvodnělé vrstvy: 1,50 m, hydraulická vodivost: 0,24 m/den, efektivní drenážní pórovitost: 0,048 (-).



Obr. 3:

Výška vody nad drény $h(x, t)$ ve vzdálenosti $x > 0$ od drény v čase $t > 0$ v podmínkách nasyceného neustáleného drenážního proudění

Hydraulické a hydrotechnické výpočty, výsledky

Pomocí rovnice (2) byla stanovena úroveň hladiny $h(x,t)$ (m) nad srovnávací rovinou ve vzdálenosti $x = 100$ m od příkopu v čase $t = 30$ dní. Výsledné hodnoty byly určeny podle rovnice (2) s pomocí kalkulátoru polohy HPV (Sůva M., 2013) a jsou znázorněny graficky i tabelárně (viz obr. 4, 5 a 6).

Zadávání vstupních údajů

Symbol	Popis	Jednotky	Hodnota
H₀	Původní výška hladiny	m	1,5
H₁	Zvýšená/snížená výška hladiny	m	0,65
K	Hydraulická vodivost	m/den	0,24
P_d	Efektivní drenážní porovitost	(-)	0,048
t	Čas (období)	dny	30
x	Vzdálenost	m	100
R	Suma srážek za období	mm/období	
E	Suma evapotranspirace za období	mm/období	0,5,10,15

snížení hladiny





zvýšení hladiny

Obr. 4:

Vstupní data pro hodnocení hydraulické účinnosti ojedinělého drenážního příkopu – lokalita Gbelské louky



Obr. 5:

Grafická zobrazení výsledků hodnot $h(x,t)$ pro hodnocení hydraulické účinnosti ojedinělého drenážního příkopu – lokalita Gbelské louky

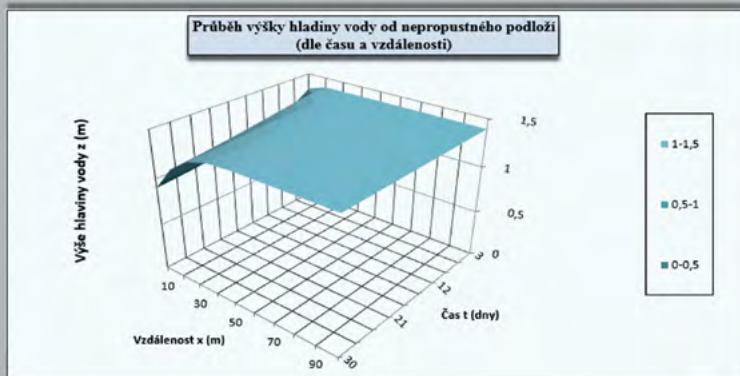
Systém příkopového odvodnění

Základní vstupní data a předpoklady řešení

V navrženém příkopovém systému pro odvodnění byly prověřovány varianty rozchodů L (m) postupně pro L (m) = 20, 25, 30, 35, 40. Lze předpokládat, že v průběhu povrchového odtoku a bezprostředně po odvedení povrchových vod do retenční nádrže bude počáteční úroveň hladiny podzemní vody totožná s povrchem terénu. Hloubka dna příkopů je cca 0,9 m pod terénem, řízenou regulací pomocí pohyblivého stavítka byla nastavena (snížena) úroveň volné hladiny vody v příkopech asi 5 cm nad dno příkopu, volná hladina vody v příkopu bude 0,05 m. Pro h_0 (m) pak platí $h_0 = 0,9 - 0,05 = 0,85$ m.

Detailní krokový výpočet

vzdálenost (m)		čas (dny)									
		t_0 3	t_1 6	t_2 9	t_3 12	t_4 15	t_5 18	t_6 21	t_7 24	t_8 27	t_9 30
x_0	10	1,32931656	1,21471684	1,13291425	1,07401051	1,02949211	0,99444534	0,9659939	0,94230284	0,9221915	0,90484561
x_1	20	1,39546901	1,38498406	1,36011567	1,32931656	1,29786505	1,26790898	1,2401553	1,21471684	1,19147527	1,17023373
x_2	30	1,39583323	1,39567405	1,393888	1,3888144	1,38040392	1,36945569	1,35685191	1,3433022	1,32931656	1,31524233
x_3	40	1,39583333	1,39583279	1,39579279	1,39546901	1,39444552	1,39240498	1,38923529	1,38498406	1,37978435	1,37379997
x_4	50	1,39583333	1,39583333	1,39583302	1,39582423	1,39576335	1,39555699	1,39508927	1,39425844	1,39299668	1,39127266
x_5	60	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583323	1,39583138	1,39581966	1,39577796	1,39567405	1,39546901	1,39512397
x_6	70	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583292	1,39583063	1,39582218	1,39579952	1,39575007
x_7	80	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583325	1,39583279	1,39583108	1,39582619
x_8	90	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583332	1,39583323	1,39583287
x_9	100	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583333	1,39583331



Obr. 6:

Grafická a tabelární prezentace výsledků hodnot $h(x,t)$ – postupný krokový výpočet – pro hodnocení hydraulické účinnosti ojedinělého drenážního příkopu – lokalita Gbelské louky

Van Hoornovo transmisibilitní kritérium (Ritzema 2006) umožní průběh procesu neustáleného proudění podpovrchových vod v poměrně mělké zvodni s charakteristickou hydraulickou vodivostí $K = 0,24 \text{ m.den}^{-1}$ a s efektivní drenážní pórovitostí $P = 4,8 \% \text{ obj.} = 0,048 (-)$, která je uložena na velmi málo propustných jílovitých vrstvách cca 1,5 m pod povrchem terénu (zemědělské plochy).

Hydraulické a hydrotechnické výpočty, výsledky

Hodnota d (m) „Hooghoudtovy“ vodorovné imaginární nepropustné vrstvy pod volnou hladinou vody v příkopech pak bude pro všechny varianty rozchodů L (m) = 20, 25, 30, 35, 40 stejná, $d = 0,62 \text{ m}$. Pro parametr H (m) platí $H = d + h_0/2 = 1,045 \text{ m}$.

Výpočet hodnot $h(t)$ (m) výšek vody nad volnou hladinou vody v příkopech uprostřed sousedních příkopů čase t (den) byl proveden podle rovnice (3). Hodnoty h_p (m) úrovní hladin podzemní vody pod terénem uprostřed sousedních příkopů / pro zvolené rozchody příkopů L (m)/ byly vypočteny z výrazu $h_p = h_0 - h(t) = 0,85 - h(t)$.

Za čas t (den) byly postupně dosazeny vybrané hodnoty t (den) = 7, 10, 15, 20, 25, 30. Nejnižší čas $t = 7$ dní vyhovuje kritérii $t > 0,2$ i pro nejmenší hodnotu drenážního faktoru = $0,0322 \text{ den}^{-1}$ ($0,0322 \times 7 > 0,2$).

Výsledky jsou vedeny v tabulce 4 a graficky znázorněny na obr. 7.

Tab. 4:

Hodnoty h_p (m) úrovní hladin podzemní vody pod terénem pro rozchody příkopů L (m) v čase t (den)

t (den)	$L=20 \text{ m}$	$L=25 \text{ m}$	$L=30 \text{ m}$	$L=35 \text{ m}$	$L=40 \text{ m}$
7	0,40	0,24	0,12	0,043	povrch zamokřen
10	0,53	0,37	0,24	0,14	0,065
15	0,69	0,53	0,39	0,27	0,180
20	0,76	0,64	0,50	0,38	0,280
25	0,80	0,71	0,59	0,47	0,360
30	0,82	0,76	0,65	0,54	0,430

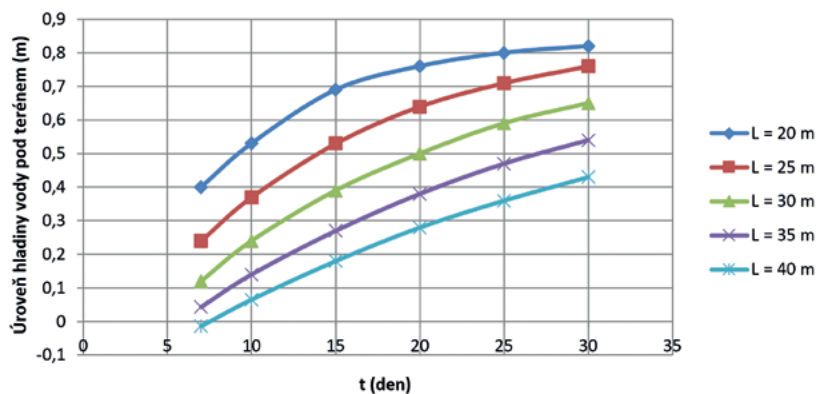
Zhodnocení výsledků, závěry

Prioritou lokality Gbelských luk pro optimalizaci vodního režimu je odvedení povrchových vod (ze záplav, z jarního tání, z déle trvající srážky) z lokálních depresí této zájmové lokality.

V průběhu procesu odvodnění je vliv sporadického (ojedinělého) příkopu na pohyb hladiny podzemní vody patrný. Např. ve vzdálenosti 40 m od příkopu bude za 15 dní hladina vody asi 10 cm pod úrovní terénu, za 30 dní pak 13 cm, přitom se neuvažuje vliv evapotranspirace.

Z analýzy vyhodnocených výsledků vyplývá, že v procesu odvodnění je pokles hladiny pod povrchem terénu popsán parabolickým tvarem hladiny podzemní vody pod terénem, a to do vzdálenosti cca 50 metrů od příkopu. Ve vzdálenosti od 50 do 100 m od příkopu je pokles hladiny vyjádřen téměř vodorovnou přímkou a výrazně se nemění.

Po odvedení povrchových vod příkopem, bude hladina z úrovně povrchu terénu snižována nejen infiltrací (a případně evapotranspirací), ale proces odvodnění se urychlí působením ojedinělého příkopu nebo systému příkopů, jež vyvolají převládající horizontální proudění podzemní vody ve směru k volné hladině v drenážním příkopu.



Obr. 7:

Hodnoty h_p (m) úrovní hladin podzemní vody pod terénem pro rozchody příkopů L (m) v čase t (den) – Gbelské louky

Návrh a výstavba příkopového odvodňovacího systému s rozchodem L (m) bude pro lokalitu Gbelských luk zřetelným přínosem. Např. už za týden po odtoku povrchových vod bude hladina vody pod terénem uprostřed sousedních příkopů 12 cm pro rozchod příkopů $L = 30$ m.

Pro rozchod příkopů $L = 20$ m bude hladina dokonce 40 cm pod terénem (uprostřed sousedních příkopů). Směrem k příkopům pak bude pokles hladiny vody pod terénem mnohem výraznější. Příkopová soustava bude opatřena pohyblivými stavítky pro případné přerušení odvodňovacího procesu v období déle trvajícího sucha, a může tak reagovat na nežádoucí dopady sucha v době se srážkovým deficitem.

Současná a prognózovaná dynamika klimatu očekává déle trvající období bez srážek, které bude prokládáno intenzivními přívalovými dešti a častými záplavami. Bude proto vhodnější navrhnout a realizovat podle možností menší rozchody příkopů, přibližně kolem hodnoty $L = 20$ m s tím, že bude možné upravit intenzitu odvodňovacích procesů **řízenou regulací volné hladiny v příkopech**.

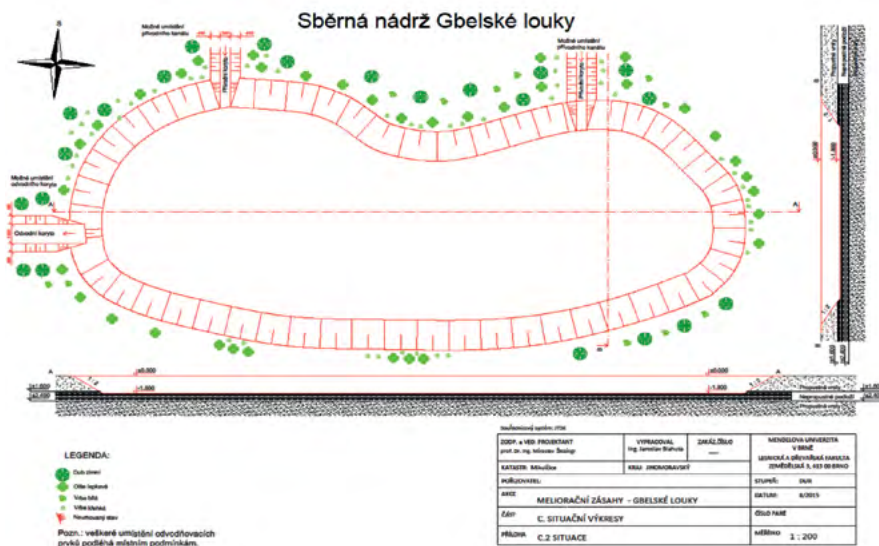
Návrhy možných způsobů melioračních zásahů na Gbelských loukách jsou zobrazeny v níže uvedených situacích.

Jako příklad jsou prezentovány tři způsoby vedení žeber odvodňovací soustavy. Všechny jsou zaústěny do sběrné retenční nádrže. Tato nádrž může být koncipována jako průtočná (obr. 8), ale i jako vsakovací (obr. 9), pokud její dno dosáhne do úrovně propustných vrstev. Zde je ale nebezpečí, že v případě dlouhodobých vysokých průtoků v řece Moravě může dojít k interakci – vzestupu hladiny podzemní vody a případnému vyběžení vody se sběrné nádrže.

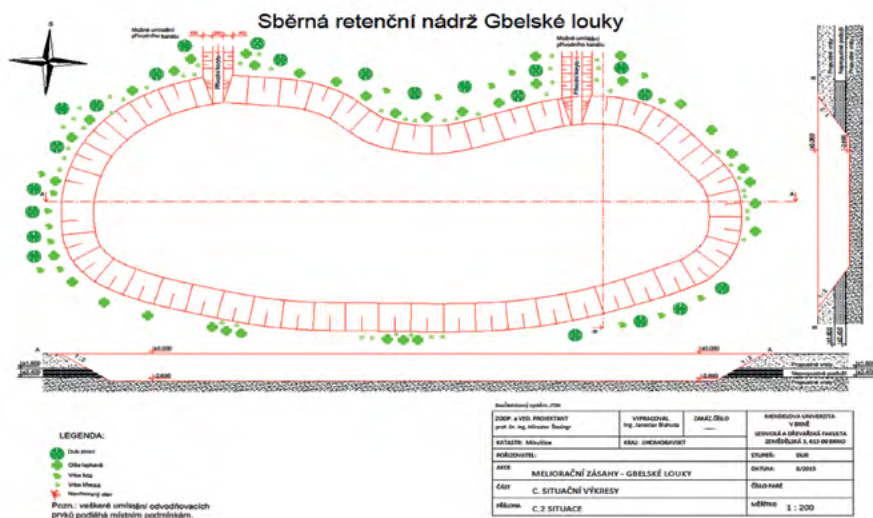
V okolí nádrže i v břehové zóně je pak možno (např. dle způsobu úpravy sklonu břehů, aj.) navrhnout a zajistit prosperitu mokřadních společenstev – toto již závisí na rozhodnutí, možnostech a zájmu budoucího uživatele.

Sběrná retenční nádrž může být bezodtoká, případně s odtokem, který by byl situován v nejnižších místech oblasti Gbelských luk ve směru k níže položenému lužnímu lesu (viz přílohy: Situace 1–3). V tomto případě by se vlastně jednalo o přepad uváděný samovolně do funkce při dosažení určité úrovně hladiny v nádrži. Předpokládán by byl gravitační odtok odtokovým kanálem do lužního lesa.

Dle možností a potřeby je realizovatelné zahrazení přítoku i odtoku z nádrže (např. soustavou hradítek, použitím dluží, případně vybudováním stavidel).



Obr. 8:
Návrh odvodnění Gbelské louky – situace (průtočná retenční nádrž)



Obr. 9:
Návrh odvodnění Gbelské louky – situace (vsakovací retenční nádrž)



Technická zpráva o výstavbě			MORAVSKO-ŠUMSKÁ UNIVERZITA V BRNĚ	
Jméno a příjmení autora prof. Ing. Miroslav Štěpánek		Výpracování Ing. Jaroslav Štěpánek	VÝSTAVBA A OBNOVA POKRYTÍ KOMUNIKACE A VÝSTAVBA	
Adresa objektu Královská ulice		Kraj Středočeský kraj	Stavba Dle	
Adresa objektu MELIČOVSKÝ ZÁHRADY - GBELSKÉ LOUKY		Datum 8/2015		
Adresa objektu C. SITUACNÍ VÝKRESY		Období Období		
Adresa objektu C.3 PŘÍČNÝ ŘEZ		Měřítko 1 : 500		

Obr. 10:
Návrh odvodnění Gbelské louky – příčný řez



Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 1



1:10 000



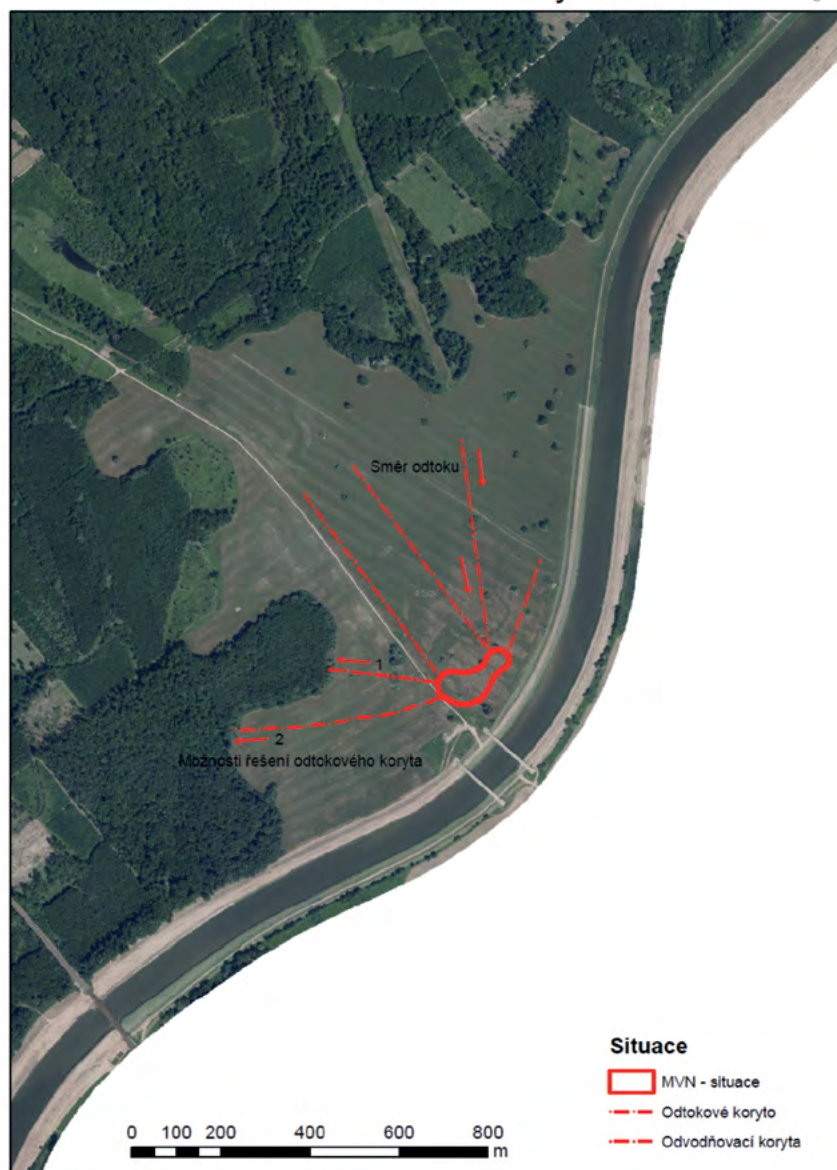
Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 1



1:10 000



Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 2



1:10 000



Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 2



1:10 000



Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 3



1:10 000



Návrh odvodnění Gbelské louky - situace 3



5.2 Návrh na rekonstrukci systematické trubkové drenáže zemědělských pozemků (příklad Kostice, Lanžhotská Čista)

Zájmová lokalita zemědělských pozemků o rozloze cca 68 ha u obce Kostice v blízkosti města Lanžhot je situována východně od spojnice obcí Kostice – Tvrdonice. Na západě je tato oblast ohraničena řekou Kyjovkou, východní stranu hranice tvoří Stibůrkovská a Hnátkovské jezera a začínající lužní lesy se systémem otevřených zavlažovacích (odvodňovacích) příkopů.

Přírodní a zejména hydrologické poměry této lokality, jejíž zemědělské pozemky trpí nadměrným zamokřováním, byly velmi podrobně popsány včetně analýz a rozborů získaných výsledků v předchozích etapách výzkumu (Šlezingr a kol. 2014). Geomorfologie rovinatého území s mnoha depresiemi, které spolu s minimální infiltrační schopností povrchových vrstev půdního profilu (hydraulická vodivost $K = 0,01$ až $0,02 \text{ m.den}^{-1}$) vytváří vhodné podmínky pro časté zamokřování (viz obr. 11).



Obr. 11:
Souvisle zamokřené plochy zemědělských pozemků obce Kostice (foto J. Štibinger)

Příčinou nadbytečných dotací vod mohou být průsaky z řeky Kyjovky a z otevřených kanálů lužních lesů, které tvoří na východě hranici mezi zemědělskou lokalitou a lužními lesy. Nežádoucí zamokřování mohou způsobit i případná období déle trvajících srážek (popř. jarního tání), kde srážkové vody bez možnosti výraznější infiltrace stagnují na povrchu zemědělské plochy.

Zvýšená hladina vody v řece Morava koresponduje vlivem propustných štěrkopís-kových vrstev se zvýšenou hladinou podzemní vody, která s ohledem na svrchní málo propustné vrstvy náplavových hlín může vytvářet tlakové vody s kapilárním vzlínáním k povrchu zemědělských pozemků. Vedle výše uvedených příčin může být důvodem také nedostatečná funkce stávající trubkové drenáže, vybudované na základě výsledků hydro-pedologického průzkumu (Hrabálek 1980) po r. 1980.

Hodnoty rozchodů L (m) stávající systematické trubkové drenáže na zemědělských pozemcích obce Kostice se nepodařilo přímo identifikovat. Na základě terénních šetření a z výsledků hydro-pedologického průzkumu (Hrabálek 1980) se může po-hybovat hodnota rozchodu okolo $L = 14\text{--}10\text{ m}$, spíše však okolo $L = 13\text{ m}$.

Tuto hypotézu nepřímou potvrzují také výsledky místních pozorování a šetření. Bylo zjištěno, že v nepříznivých srážkových poměrech (začátek jara 2015) trvalo souvislé zaplavení (zamokření) povrchu zemědělské plochy u obce Kostice přibližně 1 mě-síc. Obdobná situace byla identifikována na zemědělských pozemcích se systema-tickou trubkovou drenáží v lokalitě Lanžhotská Čista. Tyto důvody byly příčinou uvažovat o renovaci trubkových drenů, jež by vycházela z návrhových parametrů stávající zemědělské drenáže.

Technické parametry a opatření na trubkových drénech v návrhu rekonstrukce podzemní systematické trubkové drenáže (Kostice, Lanžhotská Čista)

Svodné drény

Profil:	DN 250 mm
Hloubka pod terénem:	0,5 až 2,0 m
Celková délka:	5 160 m
Sklon:	$1,18 - 1,55 \text{ ‰}$

Počet objektů (šachty, rozdělovací objekty): 8

Opatření na objektech:

Vybrané drenážní šachty na svodných drénech budou vybaveny pohyblivými sta-vítky pro regulaci odvodňovacích procesů v období sucha a pro etapovou regulaci jednotlivých drenážních skupin.

Čerpací stanice (ČS):

1 + kalové čerpadlo s výtlačkem 25,0 m, o výkonu 19,8 m³/hod. (400 V)

Sběrné drény

Rozchod L (m): (byly testovány 3 varianty)

L = 13 m, 9 m, 7 m

Z analýzy výsledků a z rozborů dalších šetření vyplývá, že jednoznačně nejvyšší hydraulickou účinnost vykazuje podzemní systematická trubková drenáž s rozchodem L = 7 m (Šlezinger 2016).

Průměrná hloubka pod terénem: 1,0 m

Profil: DN 200 mm

Délka jednotlivého sběrného drénu: 104 m a 115 m

Materiál drenážního potrubí (svodných i sběrných drénů):

flexibilní umělohmotný, vysoko-hustotní perforovaný PE

Drenážní filtr

Renovovaná drenážní rýha (před tím než bude do ní umístěn podsyp, drenážní potrubí a drenážní filtr) bude vybavena netkanou geotextilií typu NETEX (geo NETEX A PP, GTX – 3, 235 – TT, výrobce JUTA a.s., a to do výšky 70 cm ode dna rýhy.

Materiály NETEX společnosti JUTA a.s. (maximální velikost průliny 0,2 mm) byly vybrány jako pokračování dlouholetého výzkumu VÚMOPu Praha-Zbraslav, ČR, /doc. V. Švihla/ s materiály PETEX (maximální velikost průliny 0,18 až 0,23 mm) a s ohledem na jejich osvědčení při praktickém používání u podobných vodohospodářských staveb (např. firma Aquion spol. s r. o.).

Podsyp v obnovené drenážní rýze, ve které bude uloženo drenážní potrubí (DN 250, DN 200), bude 10 cm ode dna rýhy.

Parametry drenážního filtru rekonstruovaných trubkových drénů:

70 cm (ode dna rýhy)

60 cm (od úrovně podsypu v rýze)

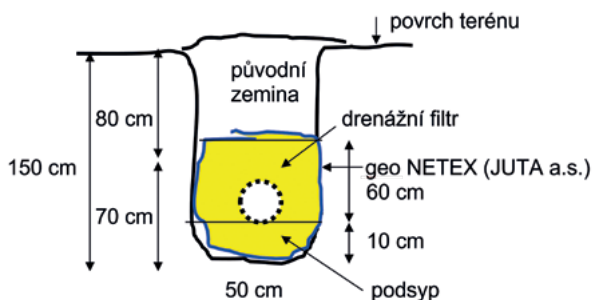
Materiál pro drenážní podsyp a drenážní (granulovaný) filtr, alternativy (varianty):

a) Betonářský písek (zrnitost 0/16 mm)

- b) Drť z lomu, odpad (zrnitost 0/10 mm)
- c) Štěrkopísek, doporučená zrnitost (požadavky na zrnitost, hodnoty křivky zrnitosti)

$d_{10} = 0,86 \text{ mm}$
 $d_{15} = 1,05 \text{ mm}$
 $d_{50} = 1,60 \text{ mm}$
 $d_{60} = 1,70 \text{ mm}$
 $d_{85} = 1,96 \text{ mm}$

Renovovaná drenážní rýha bude od 70 cm od úrovně dna zahrnuta (vyplněna) původním výkopkem (tj. původní zeminou z výkopu), celkem tedy 80 cm v drenážní rýze bude původní zemina (obr. 12).



Obr. 12:
Schéma drenážní rýhy

Výkopkek nesmí být ukládán do drenážní rýhy mokrý, v případě srážek je potřeba zemní práce zastavit. Hydraulickou bezpečnost systému zajistí následující opatření:

- a) Před uložením výkopku do rýhy jej za sucha smísit v poměru 1 : 2 nebo 1 : 3 s pískem / 1 (písek) : 2 resp. 3 (zemina)
- b) Opatřit drenážní potrubí (DN 250, DN 200) v rýze stejným typem geotextílie, jaký je v drenážní rýze
- c) Uplatnit varianty a) a b) dohromady

Zhodnocení navrhované rekonstrukce, závěry

Výše uvedené a definované technické parametry a opatření na trubkových drénech budou uplatněny v návrhu a realizaci rekonstrukce podzemní systematické trubkové drenáže na zemědělských plochách pozemků obce Kostice a Lanžhotské Čisty.

Navrhovaná rekonstrukce zajistí požadovanou úroveň hladiny podzemní vody pod terénem i v období extrémních srážek (déle trvající srážkové období, jarní tání) a nedopustí souvislé nežádoucí zamokřování povrchu zemědělských ploch.

Rekonstrukce bude směřovat (podle možností) k hodnotě rozchodu $L = 7$ m u sběrných drénů. Návrh tak reaguje na současnou a budoucí dynamiku klimatu a také na možnost uplatnit inverzní, závlahovou funkci (regulační drenáž) renovovaného systému v zemědělských lokalitách obce Kostice a Lanžhotské Čisty (Šlezinger 2016, Šlezinger a kol. 2014) v období déle trvajícího sucha.

5.3 Integrovaný příkopový systém závlahy – odvodnění (příklad Mikulčice – les)

Lokalita Mikulčice – les se nalézá na území lužního lesa asi 3 km východně od obce Mikulčice (okres Hodonín) a přibližně 3 km jižně od města Hodonín. Oblast je na východě ohraničena řekou Moravou a meandrujícím bezodtokým kanálem situovaným těsně pod hrází, na severu je území lemováno příkopem napojeným na odpadní kanál z ČOV Hodonín o vydatnosti $Q_T = \text{cca } 3,0 \text{ m}^3/\text{sec}$. V lokalitě se nachází obtížně definovatelný systém nepravidelných, málo udržovaných příkopů.

Na základě rozboru hydropedologického a hydrogeologického průzkumu a z výsledků dalších šetření vyplývá, že profil lužního lesa v oblasti Mikulčice – les je charakteristický relativně propustnějšími svrchními vrstvami, které jsou zvětralé, s vyvinutým kořenovým systémem a s vyššími hodnotami hydraulické vodivosti pohybujícími se kolem $1,0 \text{ m}/\text{den}$.

Směrem do hloubky propustnost půd lužních lesů zřetelně klesá, náplavové hlíny s příměsí jílu mají minimální efektivní drenážní pórovitost. Tyto vrstvy o mocnosti kolem 1,5 až 1,7 metru spočívají na propustných kyselých štěrkopiscích s vysokou propustností. Podložní vrstvy jsou tvořeny pontskými sedimenty z období neogenu, které jsou reprezentované pestrými jíly, místy slabě písčitými, s množstvím železitých a manganových příměsí.

Úroveň hladiny podzemní vody v propustných štěrcích komunikuje s volnou hladinou vody v řece Moravě, v důsledku jejího poklesu dochází k přerušení kapilárního vztlínání hladiny podzemní vody ze štěrkopísků do prostředí náplavových hlín, což se projevuje v nedostatku vláh v oblasti lužních lesů, zejména v déle trvajících obdobích sucha.

Integrovaný příkopový systém závlahy – odvodnění pro optimalizaci vodního režimu bude vybavený pohyblivými stavítky, které umožňují řízenou regulaci volné hladiny vody v příkopech (viz obr. 13).

Zvýšením regulovatelné volné hladiny v systému příkopů může být vyvolán proces závlah průsaky do pórovitého prostředí svrchních vrstev lužních lesů. Výrazně se tak zmírní nepříznivé hydrologické a hydrogeologické poměry v zájmové lokalitě Mikulčice – les v období déle trvajících sucha.

Naopak v období s dlouhodobými dotacemi vody (jarní tání, déle trvající srážky, záplavy) bude možné snížením volné hladiny vody v příkopech generovat odvodňovací procesy a upravit tak úroveň hladiny podpovrchové vody ve vztahu ke kořenovému systému lužních lesů.



Obr. 13:

Příkopový systém s regulovatelnou volnou hladinou (foto J. Štibinger)

Teoretické podklady

Hodnocení hydraulické účinnosti integrovaného příkopového systému (závlahy – odvodnění) pro úpravu vodního režimu lužního lesa bylo provedeno pomocí matematicko-fyzikálního popisu proudění vody v nasyceném pórovitém půdním prostředí s použitím vhodně vybraných hydraulických metod. Teoretické podklady, včetně předpokladů umožňujících odvození finálních vztahů pro vyhodnocení dané problematiky, jsou podrobně uvedeny v závěrečné zprávě tohoto výzkumu (Šlezinger 2016). Na základě principu kontinuity a s uplatněním Darcyho zákona (Darcy 1856) platí vztah:

$$-(\text{resp.}+)K \cdot y \frac{dy}{dx} = Et(\text{resp.}R)\left(\frac{L}{2} - x\right) \quad (1m)$$

kde L (m) je rozchod příkopů, reprezentativní vzdálenost mezi dvěma sousedními, přibližně rovnoběžnými příkopy.

V procesu závlah, s použitím parametru Et charakterizující evapotranspiraci, kde pravá strana rovnice (2m) reprezentuje ztráty evapotranspirací (ztráty vody na jednotku plochy z hladiny podzemní vody), lze rovnici (1m) upřesnit pomocí výrazu:

$$h(x, t) = H_1 + (H_0 - H_1) \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (2m)$$

Vztah (2m) je obyčejná diferenciální rovnice s okrajovými podmínkami, /platí/. Dále platí:

$$h(x, t) = \frac{4h_0}{\pi} e^{-a \cdot t} \sin\left(\frac{\pi \cdot x}{L}\right) \quad (3m)$$

resp.:

$$K \cdot \int_y^{H_p} y dy = Et \int_0^x \left(\frac{L}{2} - x\right) dx \quad (4m)$$

Po integraci a dalších úpravách obdržíme výslednou rovnici ve tvaru

$$Y(x) = \sqrt{\frac{Et}{K} X^2 - \frac{Et}{K} L \cdot X + H_p^2} \quad (5m)$$

kteřá umožňuje určovat výšku vody $Y(x)$ (m) nad nepropustným podložím v určité, libovolně zvolené (od nuly do $L/2$) vzdálenosti X (m) od příkopu v průběhu závlah s uvažováním vlivu evapotranspirace. Tímto způsobem je možné popsat průběh hladiny podzemní vody v oblasti mezi příkopy při závlaze.

Na stejném principu je založeno odvození rovnice pro popis chování hladiny podzemní vody $Y_o(x)$ (m) mezi příkopy v průběhu odvodnění. Platí vztah

$$Y_o(x) = \sqrt{\frac{R}{K} L \cdot X - \frac{R}{K} X^2 + H_0^2} \quad (6m)$$

kde H_0 (m) je výška volné hladiny vody v příkopu měřeno od srovnávací roviny v průběhu odvodňování, pro kterou platí.

Základní vstupní data a předpoklady řešení

Technické (návrhové) parametry příkopu (obr. 14)

Hloubka dna příkopu: 1,2 – 1,4 m p.t.

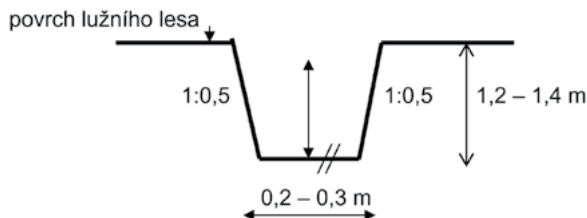
Šířka ve dně: 0,2 – 0,3 m

Sklon stěn: 1 : 0,5

Délka příkopu: do 150 m

Sklon dna příkopu: podle možností kolem 2,0 až 5,0 ‰

Reprezentativní rozchod L (m) příkopového systému závlahy – odvodnění: $L = 20$ m.



Obr. 14:

Vzorový profil regulovatelných příkopů (Mikulčice – les)

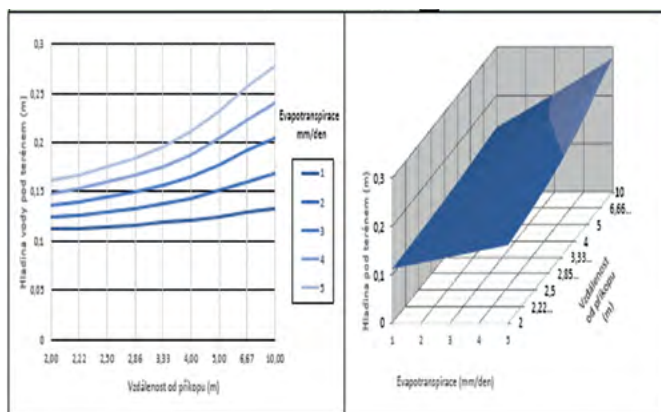
Regulovatelný systém příkopů je situovaný ve vrstvě o mocnosti kolem 1,6 m v prostředí náplavových jílovitohlinitých půd lužního lesa v lokalitě Mikulčice – les, hloubka dna příkopů byla navržena cca 1,2 až 1,4 m pod úroveň terénu.

Závlahový proces

Předpokládá se, že pro vyvolání závlah v období extrémního déle trvajícího sucha bude pomocí pohyblivých stavítek v příkopech nastavena volná hladina vody v příkopovém systému přibližně 10 cm pod povrch terénu, platí tedy $H_p = 1,6 - 0,1 = 1,5$ m. Pro příkopový integrovaný systém závlahy – odvodnění byl uvažován reprezentativní rozchod příkopů $L = 20$ m. Pro homogení izotropní prostředí povrchových vrstev náplavových hlín lužního lesa byla uvažována jediná hodnota hydraulické vodivosti $K = 1,0$ (m/den). Pro hodnoty evapotranspirací, uvažované postupně E_t (mm/den) = 1, 2, 3, 4 a 5, byly pro vybraná X (m), vzdálenosti od příkopu, podle rovnice (5m) určeny hodnoty $Y(x)$ (m), výšky vody v pórovitém prostředí lužních lesů od úrovně srovnávací roviny. Zároveň byly určeny úrovně hladiny podzemní vody pod terénem $h(x)$ (m) ve vzdálenosti X (m) od příkopu podle vztahu $h(x) = 1,6 - Y(x)$. Výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 15.

Odvodňovací proces

V období s dlouhodobými dotacemi vody (např. jarní tání, déletrvající srážky, záplavy) bude možné řízenou regulací tj. snížením volné hladiny vody v příkopech vyvolat odvodňovací procesy a upravit tak úroveň hladiny podzemní vody ve vztahu ke kořenovému systému lužních lesů.



Obr. 15:

Integrovaný systém závlaha – odvodnění (Mikulčice – les) v procesu závlahy pro rozchod $L = 20$ m včetně 3-D zobrazení plochy hladiny vody pod terénem

Pomocí pohyblivých stavítek bude nastavena (snížena) volná hladina vody v příkopovém systému přibližně do úrovně 0,35 m nad srovnávací rovinu málo propustných vrstev náplavových hlín, platí tedy $H_0 = 0,35$ m.

Pro příkopový integrovaný systém závlahy – odvodnění byl uvažován reprezentativní rozchod příkopů $L = 20$ m.

Pro homogení izotropní prostředí povrchových vrstev náplavových hlín lužního lesa byla uvažována jediná hodnota hydraulické vodivosti $K = 1,0$ (m/den).

Pro hodnoty dotací R (mm/den), uvažované postupně R (mm/den) = 1, 2, 3, 4 a 5, byly pro vybraná X (m), vzdálenosti od příkopu, podle rovnice (6m) určeny hodnoty $Y_0(x)$ (m), výšky vody v pórovitém prostředí lužních lesů od úrovně srovnávací roviny.

Dále byly v procesu odvodnění určeny úrovně hladin podzemní vody pod terénem $h_0(x)$ (m) ve vzdálenosti X (m) od příkopu podle vztahu $h_0(x) = 1,6 - Y_0(x)$.

Výsledky jsou tabelárně zpracovány v tabulce 5 a graficky znázorněny na obr. 16.

Tab. 5:

Úrovně hladin pod terénem (m) pro $L = 20$ m při dotaci R (mm/den) ve vzdálenosti X (m) od příkopu

X (m)	$R = 1$ mm/den	$R = 2$ mm/den	$R = 3$ mm/den	$R = 4$ mm/den	$R = 5$ mm/den
2	1,2	1,16	1,12	1,1	1,05
4	1,17	1,1	1,04	0,98	0,93
7	1,13	1,05	0,97	0,9	0,84
10	1,12	1,03	0,95	0,87	0,81

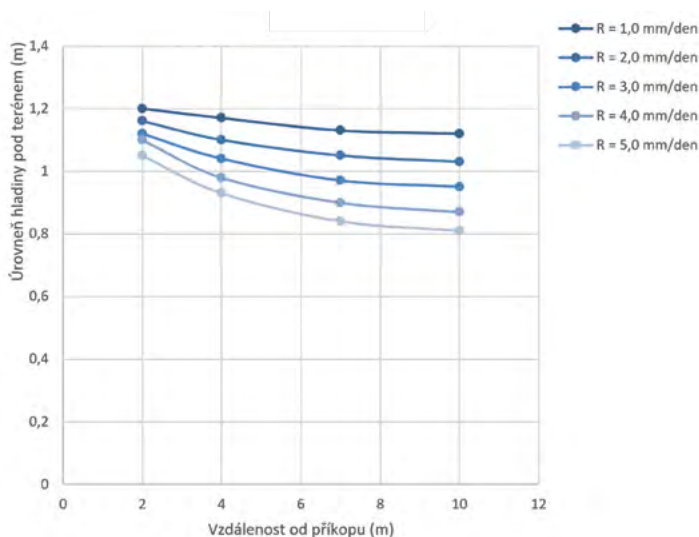
Zhodnocení výsledků, závěry

Z uvedených výsledků vyplývá, že příkopový integrovaný systém závlahy – odvodnění s rozchodem $L = 20$ m zajistí i pro vyšší hodnoty evapotranspirace $E_t = 5$ mm/den (v období déle trvajícího, extrémního sucha) výšku hladiny vody pod terénem uprostřed sousedních příkopů 0,28 m, a ve vzdálenosti 2 m od příkopu dokonce 0,17 m. V období déle trvajícího, extrémního sucha jsou tyto hodnoty v oblasti lužního lesa vynikající.

Naopak v období déle trvajících srážek nebo jarního tání, které je reprezentované extrémně vysokou hodnotou dotace $R = 5 \text{ mm/den}$, rozchod příkopového systému $L = 20 \text{ m}$ zajistí hladinu vody pod terénem uprostřed sousedních příkopů v dostatečné hloubce $0,81 \text{ m}$, ve vzdálenosti 2 m od příkopu dokonce $1,05 \text{ m}$ pod povrchem terénu.

S přihlédnutím k současné a prognózané dynamice klimatu, která očekává déle trvající období bez srážek, bude zřejmě vhodnější navrhovat a realizovat podle možností menší rozchody $L \text{ (m)}$ přibližně $15\text{--}25 \text{ m}$ s tím že bude možné upravit intenzitu závlah řízenou regulací volné hladiny v příkopech, to znamená úpravou hodnoty H_p .

Při snižování hladiny podzemní vody v průběhu odvodňování bude možné vhodně řízenou regulací (snížením) volné hladiny vody v otevřených příkopech (hodnota H_o) upravit a korigovat úroveň hladiny vody pod terénem v závislosti na vydatnosti dotace a na hodnotě rozchodu $L \text{ (m)}$.



Obr. 16:

Úrovně hladin pod terénem (m) pro $L = 20 \text{ m}$ při dotaci $R \text{ (mm/den)}$ ve vzdálenosti $X \text{ (m)}$ od příkopu

5.4 Řízená (regulovatelná) příkopová infiltrace (příklad Mikulčice – les)

V podmínkách velmi malé propustnosti svrchních půdních vrstev spolu s horší propustností lesního porostu v lužních lesích oblasti Mikulčice – les se nabízí možnost uplatnění řízeného povrchového vsakování (infiltrace) pomocí systému mělkých příkopů, vybavených regulačními prvky (Blažej, Kloupar 2015).

Přívod a distribuci vody pro vsakování do povrchových vrstev a ke kořenovému systému lužního lesa zajistí soustava povrchových příkopů situovaná ve velmi mírném sklonu směrem od zdroje vody, na který je napojená hlavním přívaděčem (HP).

Hlavní přívaděč (HP) tvoří příkop s hloubkou dna kolem 40–70 cm pod terénem, s šířkou ve dně 20 cm až 30 cm, se sklonem stěn 1 : 0,5 a se sklonem dna 2,0 až 5,0 ‰ (viz obr. 1), který je rozdělovacím objektem přímo napojený na zdroj, (v případě lokality Mikulčice – les se jedná o Teplý Járek s dlouhodobým průměrným denním průtokem kolem $Q_j = 3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Technické a návrhové parametry hlavního (HP) a vedlejšího (VP) přívaděče:

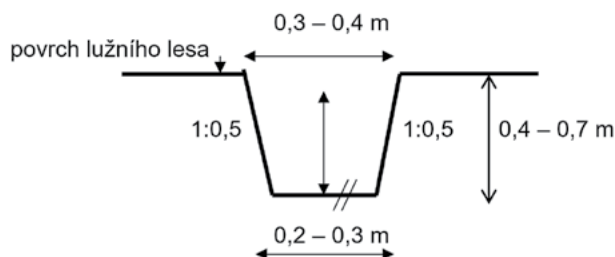
Hloubka dna příkopu: 0,4 – 0,7 m p.t.

Šířka ve dně: 0,2 – 0,3 m

Sklon stěn: 1 : 0,5

Délka příkopu: do 150 m

Sklon dna příkopu: kolem 1,0 až 5,0 ‰



Obr. 17:

Vzorový profil hlavního (HP) a vedlejšího přívaděče (VP) pro distribuci vody k řízené povrchové infiltraci.

Na hlavní přivaděč (HP) vody jsou napojené vedlejší přivaděče (VP) se stejnými parametry jako (HP). Vsakovací brázdy (VB) jsou pak napojeny na vedlejší přivaděče, ale mohou být napojeny přímo na hlavní přivaděč.

Vsakovací brázdy (VB) představují mělké rýhy miskovitého tvaru s šířkou 40 m až 50 cm v úrovni terénu a s hloubkou 20 cm až 30 cm pod úrovní povrchu, tvoří křivky nepravidelného tvaru, v některých případech (v závislosti na terénních a geomorfologických poměrech) to mohou to být i přímky. Vzdálenost, rozchod L (m) mezi nimi může být $L = 5$ m, 20 m nebo i 30 m či 50 m.

Do vsakovacích brázd (VB) je voda přivedena vedlejšími přivaděči (VP) nebo přímo hlavním přivaděčem (HP), z vsakovacích brázd (VB) voda přímo infiltruje do povrchových vrstev.

Funkčnost systému zajistí rozdíl hladin ve vsakovací brázdě (VB) a vedlejšími přivaděči (VP)/nebo v hlavním přivaděči (HP)/.

(HP) a (VP) jsou vybaveny rozdělovacími objekty (RO) s pohyblivými stavitky, nebo pouze manipulovatelnými stavitky (S), které umožňují řízené vsakování. Bude tak možné vyvolat vsakování ve zvolených časových etapách a pro vybrané části soustavy povrchových příkopů, a reagovat tak na možné změny vydatnosti zdroje vody a potřeby vody v určitých partiích lužního lesa.

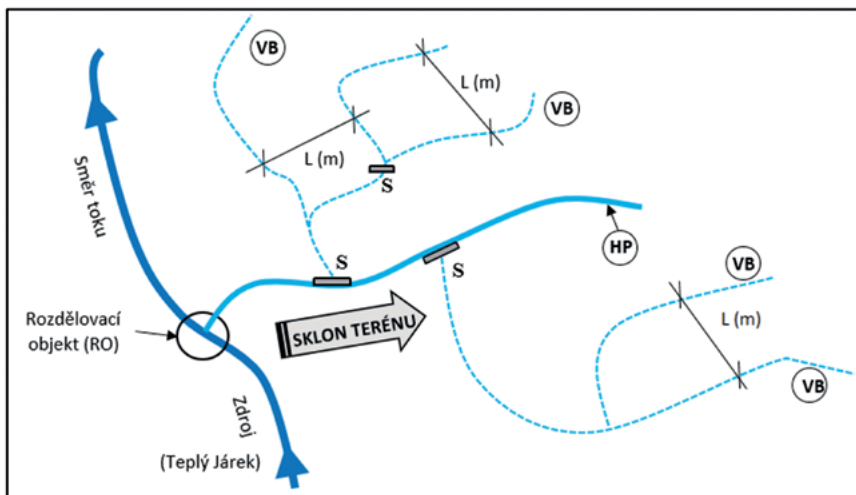
Návrh situace výše popsané koncepce řízeného povrchového vsakování (infiltrace) pomocí systému mělkých příkopů s regulačními prvky je velmi flexibilní a je možné je uplatňovat v mnoha variantách a kombinacích s využitím místních podmínek a morfologie povrchových vrstev lužního lesa.

Schéma na obr. 18 znázorňuje variantu přímého napojení vsakovacích brázd (VB) na hlavní přivaděč (HP).

Zhodnocení výsledků, závěry

Dotace vody do kořenového systému lužního lesa pomocí řízeného povrchového vsakování bude probíhat nejen povrchovou infiltrací ze vsakovacích brázd (VB), ale zároveň i prouděním podpovrchových vod (v převládajícím horizontálním směru) z hlavního přivaděče (HP) a z vedlejších přivaděčů (VP). Dotace vody tak bude výrazně vyšší než u stávajících příkopových soustav, kde se uplatňoval převážně horizontální průsak.

Předpokládá se, že intenzita horizontálních průsaků z příkopů (HP, VP) bude nižší než intenzita infiltrace (v převládajícím vertikálním směru) ze vsakovacích brázd, kde více propustné a místy rozpukané povrchové vrstvy vytvářejí vhodné podmínky pro uplatnění infiltračního procesu.



Obr. 18:

Vsakovací brázdy (VB) jsou napojené přímo na hlavní přivaděč (HP)

Legenda:

vsakovací brázda ...		VB
vedlejší přivaděč ...		VP
hlavní přivaděč ...		HP
regulační stavitko ...		S
rozdělovací objekt ...		RO
zdroj vody (Teplý Járek)		
charakteristická (reprezentativní) vzdálenost vsakovacích brázd, rozchod L (m) ...		L (m)

5.5 Biotechnická opatření

Využití rychlerostoucích dřevin

Pěstování rychle rostoucích dřevin (RDD) na stanovištích s obtížně upravitelným vodním režimem aluviálních oblastí je vhodnou alternativou tradiční zemědělské výroby. V principu se jedná o využití víceletých rychlerostoucích dřevin např. vrb a topolů s krátkou dobou obměty (5–7 roků). Konečným produktem je dřevní štěpka využitelná v energetice a pro výrobu dřevovláknitých materiálů využitelných např. v nábytkářském průmyslu. Využití RDD na vhodných stanovištích je v současné době podporováno Evropskou komisí v rámci programu Inteligentní Energie Evropy (www.srcplus.eu).

Z dosavadních zkušeností z jiných oblastí je zřejmé, že pěstování a využití RDD jako zdroje energie nebo štěpky může být obecně hodnoceno pozitivně s ohledem na nízké energetické vstupy, efektivnější hospodaření s vodou a živinami při zabezpečení vyšší výnosovosti. Hlavní překážkou mohou být potenciální konflikty s cíli ochrany přírody. Schvalovací proces vyžaduje povinnost zpracování posouzení vhodnosti s ohledem na lokality NATURA podle par. 451 zákona 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny autorizovanou osobou, resp. biologické hodnocení podle par. 67 stejného zákona.

Zdroj: Volně zpracováno podle závěrů výzkumného projektu No. IEE/13/574 Short Rotation Woody Crops (SRC) plantations for local supply chains and heat use (www.srcplus.eu)



Obr. 19:
Topolová plantáž

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodické postupy řešící problematiku biotechnických opatření pro optimalizaci vodního režimu ve vybraných lokalitách Pomoravské nivy spolu s předloženými návrhy vzorových řešení nebyly doposud zpracovány a jsou použitelné pro oblasti říčních niv v podmínkách ČR.

Novost postupů spočívá v uplatnění vybraných hydraulických metod, které vhodným způsobem aproximují velmi složité přírodní poměry v modelovém území Pomoravské nivy. Správnost získaných údajů a dat byla opakovaně ověřována přímým terénním měřením (Šlezingr a kol. 2014).

Metodika definuje, mimo jiné, určování základních návrhových parametrů biotechnických opatření s regulačními prvky pro ochranu vodního režimu lužních lesů a zemědělských půd v modelových oblastech zájmového území Pomoravské nivy. Hodnoty návrhových parametrů jsou určovány na základě matematicko-fyzikálního popisu proudění podzemních a povrchových vod, který vychází z ověřených hydrologických simulací a postupů (Šlezingr a kol. 2015).

Vybraná vstupní data a údaje hydrofyzikálních vlastností půdního prostředí lužních lesů a zemědělských oblastí byly stanoveny přímým měřením v terénu s použitím odpovídajících infiltračních procesů. Data, charakterizovaná simulacemi dotací a vláhových deficitů (mm/časový interval) do systému biotechnických opatření, tvořily výsledné hodnoty vodní bilance hydrologického modelu WBCM-7, konkrétně se jednalo o rozdíly objemu podpovrchové vody SGWR (Šlezingr a kol. 2014).

Realizace návrhů biotechnických opatření s regulačními prvky pro ochranu vodního režimu lužních lesů a zemědělských půd v modelových oblastech zájmového území Pomoravské nivy bude vycházet z výše uvedených procesů a postupů. Takto navržená a realizovaná biotechnická opatření výrazně přispějí k optimalizaci, úpravě a k ochraně vodního režimu ve vybraných lokalitách modelového území Pomoravské nivy. Navrhovaná biotechnická opatření pomohou zmírňovat negativní dopady hydrologických extrémů ve formě masivních záplav a déle trvajícího sucha v lužních lesích a zemědělských oblastech Pomoravské nivy. Principy jejich návrhů mohou být uplatněny pro oblasti říčních niv v podmínkách ČR.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena odborné vodohospodářské a zemědělské praxi i vlastníkům a uživatelům lužních lesů a zemědělských ploch na území Pomoravské nivy. Dále může sloužit obecním a městským úřadům, zejména Ministerstvu zemědělství ČR a Ministerstvu životního prostředí ČR při řešení problematiky ochrany vodních zdrojů v oblasti Pomoravské nivy.

Návrhy biotechnických opatření pro optimalizaci vodního režimu, založené na použití vybraných hydraulických metod se vstupními údaji získanými z infiltračních procesů a z hydrologických modelů, jsou použitelné pro ostatní oblasti říčních niv v podmínkách ČR. Metodika poskytuje souhrnné informace pro návrhy případných rekonstrukcí stávajících příkopových a drenážních systémů v krajině Pomoravské nivy s cílem vytvoření podmínek pro použití řízené regulace.

Předpokládá se využití integrovaných příkopových systémů pro potřebné uplatnění závlahových a odvodňovacích procesů.

Metodika může inspirovat při hledání alternativ ochrany a úprav vodního režimu se zaměřením na regulaci odtoků a zachycování vody ve srážkově bohatých obdobích za účelem jejího dalšího možného využití v déle trvajících suchých obdobích.

Metodika nalezne uplatnění i jako edukativní prostředek pro poskytnutí přehledu o možnostech úpravy funkcí stávajících a nově navrhovaných biotechnických opatřeních.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpokládané ekonomické a další přínosy spočívají ve snížení škod na zemědělské produkci, spojených s nepříznivými klimatickými podmínkami, a zvýšení výnosovosti pěstovaných plodin. V lesnickém využití pozemků budou eliminovány škody na kulturách a zvýší se produkce dříví hlavních hospodářských dřevin. Navrženými postupy se dále zvýší stanovištní diverzita a optimalizuje se využití stanovišť v souladu s přírodními podmínkami.

Zvýšení efektivity výroby při optimálním režimu vlhkostních a hydrologických poměrů ve finančním hodnocení na zemědělských pozemcích:

Celková plocha realizace výzkumu je:

Gbelské louky: 85 ha

Lanžhotská čista: 32 ha

Celkem: 117 ha

Z produkce za poslední roky zemědělské výroby, kdy docházelo na těchto lokalitách i k totálnímu zničení polních kultur záplavou, bylo dosahováno výnosů:

Pšenice ozimá: 20–25 q/ha

Ječmen jarní: 20–25 q/ha

Řepka ozimá: 15–18 q/ha

Při zlepšení podmínek pro běžné pěstební technologie by došlo ke zvýšení výnosů, a to např. u pšenice ozimé na 50 q/ha. Při takovémto navýšení výnosu v průměru o 20 q/ha u pšenice je finanční výsledek následující:

$117 \text{ ha} \times 20 \text{ q/ha (navýšení výnosu)} = 2\,340 \text{ q.}$

Při průměrných výkupních cenách z posledních let se jedná o částku:

$2340 \text{ q} \times 420,- \text{ Kč/q} = 982\,800,- \text{ Kč,}$

tedy asi 1 000 000,- Kč.

U řepky ozimé by došlo k navýšení výnosu o 15 q/ha, tedy ke zvýšení finančního výsledku:

$117 \text{ ha} \times 15 \text{ q/ha} = 1755 \text{ q}$

$1755 \text{ q} \times 950,- \text{ Kč/q} = 1\,667\,250,- \text{ Kč.}$

Zvýšení efektivity výroby při optimálním režimu vlhkostních a hydrologických poměrů ve finančním hodnocení na lesních pozemcích:

Výrobní činnosti LHC v oblasti lužních lesů Pomoravské nivy jsou v současnosti zaměřeny na obnovu porostů mýtního věku, kde je nejvyšší naléhavost založení nových kvalitních porostů. Jsou to porosty, kde se odrazilo dřívější hospodaření bývalých singulárních společností. Jedná se o porosty, kde byla uplatňována obnova pařezovými výmladky. Ukazatelé výnosů z takto obnovených porostů jsou nízké a náklady na obnovu porostů naopak vysoké. Zalesnění a následná péče o založené lesní kultury a výchova nových porostů vyžaduje vysoké náklady, které ovlivňují celkovou ekonomiku lesního hospodaření. Snížení objemu těžeb a zmenšení podílu holin, snižuje plánovaný objem tržeb za vyrobené dříví. Z pohledu výnosovosti lesnického hospodaření stojí za pozornost výrazné snížení radiálního růstu dubu v posledním decenniu a vliv bakteriálního poškození asimilačního aparátu jasanu na jeho produkci.

Dalším významným faktorem, který v současné době ovlivňuje ekonomiku hospodaření je nízká hladina podzemní vody a nedostatek vláhy v půdě, což se projevuje stresovými efekty u starších i mladších lesních porostů, které posléze podléhají působícím patogenům a houbovým chorobám.

Zvýšením hladiny podzemní vody a úpravou vláhových poměrů lesních půd dojde k pozitivní změně vitality rostoucích dřevin a zvýšení objemových přírůstků dřevní hmoty. Tím stoupne celková efektivnost lesní výroby v zájmové oblasti. Vedlejším efektem optimalizace vodního režimu budou také pozitivní změny u bylinného společenstva, kde dojde ke zvýšení druhové pestrosti stanovištních rostlin (zvýšení biodiverzity).

Ekonomické hodnocení a peněžního vyjádření funkcí lužních ekosystémů vychází ze skutečnosti, že procesy a funkce lesních ekosystémů se projevují v ekonomickém prostředí jak na straně vstupů, tak výstupů. K hlavním ekonomickým charakteristikám patří:

- hodnotový průměrný mýtní přírůstek (PMPh),
- celkový průměrný přírůstek hodnotový (CPPh),
- přímé a úplné vlastní náklady pěstební činnosti,
- přímé a úplné vlastní náklady těžební činnosti,
- potenciální počet a intenzita probírkových zásahů,
- aktuální a ekonomicky optimální doba obměny,
- potenciální hrubý zisk lesní výroby (HZLV).

Syntetickým ukazatelem efektu hodnocení je hrubý zisk lesní výroby (HZLV), který je definován jako rozdíl výnosů a úplných vlastních nákladů.

Při optimalizaci vodního a vlhkostního režimu bude činit potenciální roční hrubý zisk lesní výroby v zájmové oblasti Pomoravské nivy cca 3,5 tis. Kč/ha oproti současným hodnotám ve výši 2,5–2,7 tis. Kč/ha.

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Hadaš, P., 2002: Globální a UV složka radiace pro libovolné expozice reliéfu vyšších poloh Moravskoslezských Beskyd – modelový výpočet. *Beskydy*, 15:31–38.
- Hadaš, P., 2004: Vláhová bilance ekosystému lužních lesů jižní Moravy v roce 2003. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., (ed): „Extrémny počasí a podnebí“. Brno, 11. března 2004. ISBN 80-86690-12-I.
- Henek M., Dymák R., Kravka, M. Zařízení pro měření hydraulické vodivosti. 26944. Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika. URL: <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0026/uv026944.pdf>
- Kovář P., Heřmanovská D., Hadaš P., Hrabalíková M. and Pešková J. 2016: Water Balance Analysis of the Morava River Floodplain in the Kostice-Lanžhot Transect Using the WBCM-7 Model. *Environmental Monitoring and Assessment*. Manuscript: AMAS-D-14-03062R2, to be issued in 2016.
- Kovář P., Štibinger J. a kol., 2007. Modelování hydrologické bilance na experimentálním povodí Němčického potoka. In: Kovář P., Štibinger J. a kol.: Metodika návrhu výstavby optimálních protipovodňových a protierozních opatření (PPPO) pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodní a sucha v krajině. Číslo grantu: NPV-MZe 2005. VRK1/TP3-DP6 (1G57040). Výroční zpráva 2007. ČZU v Praze.
- Kovář P., Novotná J., Vaššová D., 2010a: Using a Water Balance Model for Hydro-restoration of Mining Pits. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 41/4: 206–212. ISSN 1211-3174.
- Kovář P., Vaššová D., 2010b: Impact of Arable Land to Grassland Conversion on the Vegetation-Period Water Balance of Small Agricultural Catchment (Němčický Stream). *Soil and Water Research*, 5, č. 4, s. 128–138.
- Kovář, P. 1994: Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích. *Doktorská disertační práce (DrSc.)*. ČZU v Praze.
- Kovář, P., Cudlín, P., Šafář, J. 2004: Simulation of Hydrological Balance on Experimental Catchments Vseminka and Drevnice in the Extreme Periods 1992 and 1997. *Plant, Soil and Environment*, 50, č. 11, s. 478–483.
- Kulhavý, Z., Kovář, P. 2000: Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí. VÚMOP Praha. ISBN 1211-3972. 123 str.
- Menšík L., Vahalík P., Hybler V., Kostková E., Hadaš P., Prax A., Kulhavý J. 2015: Dynamika podzemních vod v Pomoravské nivě. *Zprávy lesnického výzkumu*.

sv. 60, č. 3, s. 225–231. ISSN 0322-9688. URL: <http://www.vulhm.cz/sites/File/ZLV/fulltext/414.pdf>

Menšík, L., Vahalík, P., Prax, A., Kostková, E., Hadaš, P., Hybler, V., Kulhavý, J. 2015: Řeka Morava a dynamika zásob a ztrát podzemní vody v přílehlé nivě na fluvizemích pelických. In: Pedologické dny 2015, Česká a slovenská pedologie v Mezinárodním roce půd. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, s. 46. ISBN 978-80-244-4802-2.

VII. SEZNAM POUŽITÉ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Boussinesq J. 1904: Recherches théoretiques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources. *Journal de mathématiques pures et appliquées*, no.10, part 5, pp. 5–78, (ve francouzštině), Francie.

Carslaw H. S., Jaeger J. C. 1959: *Conduction of heat in solids*. Oxford University Press. Oxford. UK.

De Zeeuw J. W. A, Hellinga F. 1958. Nerslaag en afvoer. *Landbouwkundig Tijdschrift*, 70 pp. 405–422 (v holandštině s anglickým abstraktem).

Dupuit J. 1863: *Ethudes theoretiques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et a travers les terrains permeables*. Dunod, Paris. France.

Dvořák P. 1972: Podklady pro navrhování odvodňovacích staveb. Skriptum. ČVUT Praha.

Forchheimer P. 1930: *Hydraulik*. 3rd ed. Teubner. Leipzig-Berlin. Německo.

Hoorn J. W. Van 1964: Principes fondamentaux du drainage des terres. *Annual Bull. ICID*.

Hrabálek V. 1980: Podrobný hydropepologický průzkum pro odvodnění zemědělských pozemků JZD Lanžhot. (OSMS Brno, Agroprojekt Brno), Brno, ČR.

Kloutar M., Blažej M. 2015: Uplatnění řízeného povrchového vsakování (infiltrace) pomocí systému mělkých příkopů, vybavených regulačními prvky v prostředí lužního lesa v lokalitě Mikulčice – les. Nepublikované materiály, Lednice, Břeclav, Praha.

- Kovář P., Kulhavý J. 2014: *Optimalizace vodního režimu na modelovém území Pomoravské nivy*. AKTIVITA A02, Výroční výzkumná zpráva za rok 2014, 91 s.
- Kovář P., Štibinger J. a kol. 2010. *Vyhodnocení stávajících a nově navrhovaných opatření pro úpravu vodního režimu*. Číslo grantu: QH 92 086/2009. Výroční zpráva za r. 2010. ČZU Praha, FŽP.
- Kovar P., Hermanovska D., Hadas P., Hrabalikova M., Peskova J. 2016: Water balance analysis of the Morava River floodplain in the Kostice-Lanzhot transect using the WBCM-7 model. *Environmental Monitoring and Assessment* (2016) 188:74. DOI 10.1007/s100661-015-5080-7.
- Kulhavý J., Grunda B. 2000: Loss of inundation in floodplain forests: danger for their sustainable management. [Odstranění záplav v lužních lesích znamená ohrožení jejich existence]. In: *Proceeding of poster abstract from International Symposium Managing Forest Soil for Sustainable productivity*, 18-22. September 2000. Vila Real – Portugal, p. 219
- Mls J. 1984: *Hydraulika podzemní vody*. Skriptum. ČVUT Praha, Fakulta stavební, Praha.
- Mls J. 2005: Analytické řešení obyčejné diferenciální rovnice se známými konstantami. (Nepublikované materiály). UK Praha.
- Prax A., Hybler V., Štibinger J., Kloupar M. 2011: *Effect of natural cut-off meanders and revitalization channels on the moisture regime of a floodplain forest*. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 30. No. 3, str. 334–318.
- Prax A. a kol. 2007: Sources of water in river floodplains. *Ekológia* Bratislava, No.3., p. 305–312.
- Prax A. 2004: Pedologické poměry v jihomoravských lužních lesích. In: *Lužní les v Dyjsko-moravské nivě*, s. 35–39.
- Rektorys K. a kol. 1995: *Přehled užití matematiky*. Praha, Prometheus.
- Ritzema H. P. 2006: Subsurface flows to drains. In: H. P. Ritzema (Ed) *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publ. 16, Wageningen, The Netherlands, 283–294.
- Šlezinger M., Kulhavý J., Kovář P. a kol. 2014: *Optimalizace vodního režimu na modelovém území Pomoravské nivy*. Číslo grantu: NAZV QJ 122 00 33. Periodická zpráva za r. 2014. Brno, Praha, Hrušky. Mendelova universita v Brně, ČZU Praha.
- Šlezinger M., Kulhavý J., Kovář P. a kol. 2016: *Optimalizace vodního režimu na modelovém území Pomoravské nivy*. Číslo grantu: NAZV QJ 122 00 33.

Souhrnná zpráva za r. 2012-15. Brno, Praha, Hrušky. Mendelova universita v Brně, ČZU Praha (v tisku).

Štibinger J., Kulhavý Z. 2010: Úpravy vodního režimu půd odvodněním. Monografie, ČZU Praha, FŽP, KBÚK a VÚMOP, ISBN 978-80-213-2132-8. Na práci navazuje drenážní kalkulátor, přístupný na adrese [http://www.hydromeliorace.cz/sw/kalkulator \(sw=4\)](http://www.hydromeliorace.cz/sw/kalkulator(sw=4))

Štibinger J. 2011: Hydraulic functions of subsurface pipe drainage system on agriculture and drainage experimental field in Mahstul Pilot Area (Nile Delta, Egypt). *Agricultura Tropica et Subtropica*, 44, 2: 103–112.

Vašíček F. 1991: Changes in the structure and biomass of the herb layer in Floodplain forests. In: Penka M. et al.: Floodplain forest Ecosystem II. Praha, Academia: 197–227.

VIII. DEDIKACE

Mapy jsou výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV č. QJ1220033 „Optimalizace vodního režimu na modelovém území Pomoravské nivy“.

LESNICKÝ PRŮVODCE



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
www.vulhm.cz