

Vliv pěstovaných plodin na formování povrchového odtoku

The effect of agricultural crops on surface runoff formation

*Jakub Stašek¹, Tomáš Dostál¹, Josef Krása¹, David Zumr¹, Petr Kavka¹, Martin Neumann¹,
Adéla Roudnická¹, Luděk Strouhal¹, Tomáš Laburda¹, Martin Mistr², Ivan Novotný²*

*České vysoké učení v Praze, Fakulta stavební, katedra hydromeliorací a krajinného
inženýrství¹; Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.²*

Abstrakt

Vznik povrchového odtoku je jednoznačně určen výskytem příčinné srážky. Důležitým faktorem je ale i morfologie, půdní poměry a zejména pak vegetační pokryv. Spolehlivé údaje o vlivu vegetace na formování povrchového odtoku jsou základním předpokladem úspěšné predikce retence krajiny, protipovodňové ochrany i posuzování erozních procesů.

V rámci výzkumného projektu „Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice“ bylo v letech 2016–2017 provedeno celkem 29 kampaní s mobilním dešťovým simulátorem na 11 zemědělských plodinách a holé půdě. Prezentovány budou výsledky simulací pro různé plodiny stejně jako metodické zkušenosti s prováděním terénních dešťových simulací.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného projektu NAZV QJ 1530181.

Klíčová slova: povrchový odtok, přívalová srážka, dešťový simulátor

Abstract

Surface runoff is determined by the occurrence of inflicting precipitation. An important factor is also morphology, soil conditions and vegetation cover. Reliable data on the influence of vegetation on the formation of surface runoff are the basic prerequisites for a successful prediction of landscape retention, flood protection and erosion assessment.

Within the framework of the research project "Determining Actual Values of Protective Effect of Vegetation for Quantification and Strengthening of Anti-Erosion Protection of Agricultural Land in the Czech Republic", in years 2016 - 2017, a total of 29 campaigns with a mobile rain simulator were carried out on 11 crops and bare land. The results of simulations for different crops will be presented as well as experiences with performing field rain simulations.

The contribution was created with the support of the research project NAZV QJ 1530181.

Keywords: surface runoff, heavy rainfall, rainfall simulator

Úvod

Povodně jsou stále větším problémem, včetně bleskových. Vzhledem k probíhající a již všeobecně akceptované změně klimatu je nutno očekávat nárůst extrémních událostí, a tedy i jejich častější výskyt. Jednou z příčin bleskových povodní je vznik povrchového odtoku z přívalových srážek z pozemků zemědělské půdy.

Kromě morfologie terénu a půdních vlastností má významný vliv na formování a průběh povrchového odtoku i vegetační kryt. Ten se uplatňuje formou povrchové intercepce, podporou infiltrace, zvýšením povrchové drsnosti, a tedy zpomalením odtoku.

Všechny srážko-odtokové modely s vegetačním krytem samozřejmě počítají, nicméně otázkou je jednak kvalita a jednak spolehlivost všeobecně akceptovaných a doporučovaných hodnot.

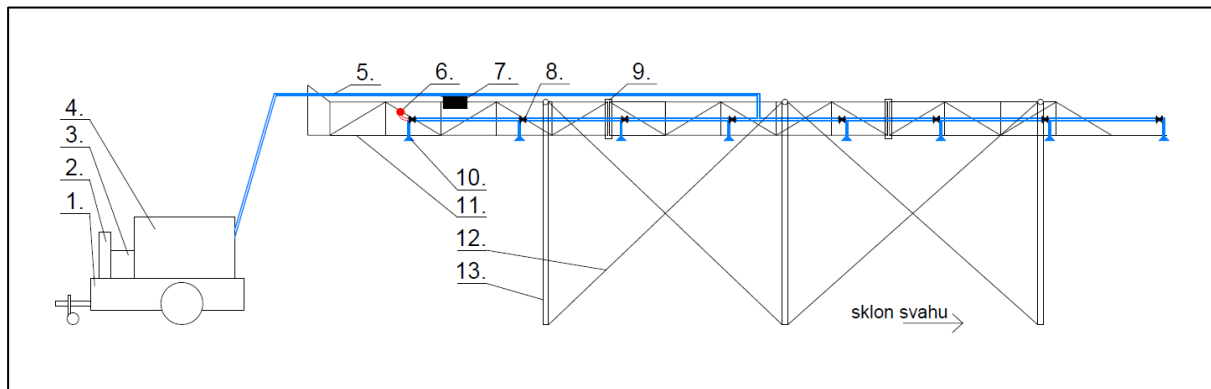
Vliv vegetace je možno spolehlivě ověřit pouze experimentálně a využití mobilního dešťového simulátoru je pro tento účel velmi efektivní.

Materiál a metody

Cílem experimentů bylo sledování povrchového odtoku a paralelně také sledování ztráty půdy a transportu půdních částic pro odvození vlivu vegetace na erozní procesy. Ohledně charakteristik povrchového odtoku (PO) se sledoval zejména čas vzniku PO a časový průběh odtoku, a z toho plynoucí vliv vegetace na vznik a dynamiku PO a vliv vývoje vegetace v průběhu sezony.

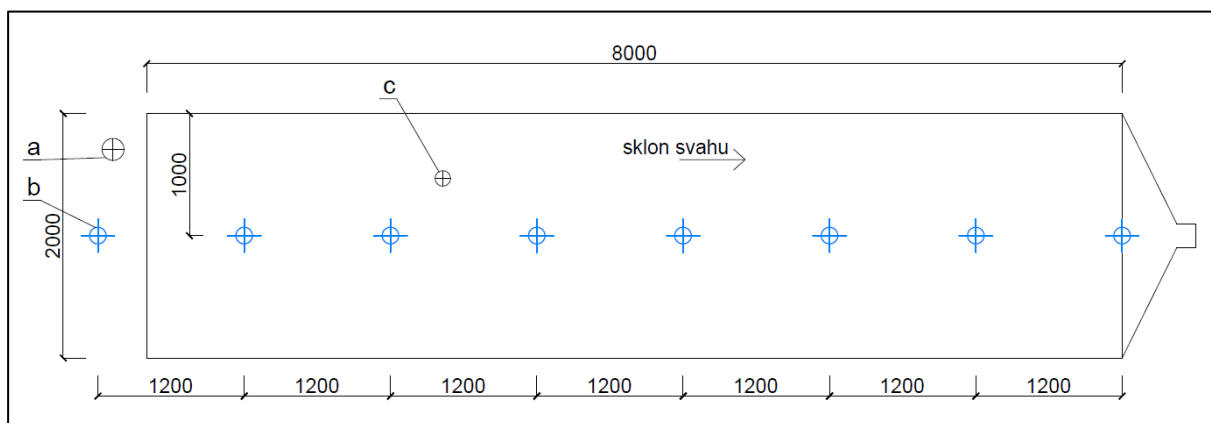
Výzkum probíhá s využitím mobilního dešťového simulátoru, který byl vyvinut společně s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy. Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství zařízení pořídila v roce 2011 a od té doby bylo zařízení několikrát modernizováno. Hlavními výhodami simulátoru je jednoduchá ovladatelnost v terénu, mobilita (ve složeném stavu se simulátor přepravuje na přívěsném vozíku) a velká plocha zadeštění (16 m²). V současné konfiguraci má simulátor 8 trysek FullJet WSQ 40 od firmy Spraying Systems. Součástí kalibrace a nastavování zařízení bylo vytvoření několika schémat zadeštění, které se liší intenzitou vytvořené srážky (Davidová, 2015). Požadovaná intenzita se reguluje přerušováním výtoku vody z trysek pomocí elektromagnetických ventilů při zachování tlaku v systému (Kavka, 2016). Simulátor lze ovládat pomocí tabletu nebo chytrého telefonu po připojení k lokální síti (součástí elektroniky zařízení je router). Pro provádění experimentu byla zvolena intenzita srážky 60 mm/hod, při které je zajištěno rovnoměrné rozložení srážky a kinetické energie v experimentální ploše a zároveň dochází k vytvoření povrchového odtoku. Intenzita odpovídá přirozené přívalové srážce na území ČR.

Popis simulátoru (viz Obr. 1.): 1. přívěsný vozík; 2. řídicí jednotka; 3. benzinové čerpadlo; 4. nádrž na vodu, objem 1 m³; 5. rozvod vody; 6. kontrolní tlakové čidlo; 7. řízení ventilů; 8. solenoidový ventil (8x) pro přerušování deště; 9. kloub ramene; 10. trysky FullJet WSQ 40 (8x); 11. příhradová ocelová konstrukce ramene; 12. zavětrování konstrukce; 13. podpěrná konstrukce



Obr. 1 Schéma dešťového simulátoru, převzato (Stašek, 2018)

Popis plochy: a – pozice srážkoměru; b – tryska simulátoru; c – pozice vlhkostního čidla



Obr. 2 Půdorys experimentální plochy převzato (Stašek, 2018)

Experimentální plochy se nacházejí v lokalitě u obce Řisuty ve Středočeském kraji, na pozemcích společnosti AGRA Řisuty s.r.o. Umístění plochy na pozemku je limitováno dodržением sklonu 9 %, který odpovídá sklonu původních ploch používaných Wischmeierem pro odvození rovnice USLE (Wischmeier, 1978). Plochy jsou 2 metry široké a 8 metrů dlouhé, orientované ve směru sklonu svahu. Jsou ohraničeny zatlučenými plechy a dole zakončeny sběrným žlabem, který usměřňuje vzniklý povrchový odtok do jednoho místa (viz Obr. 2). Jednotlivé plochy se sledovanými pěstovanými plodinami jsou umístěné vedle sebe, společně s referenční plochou udržovanou jako úhor (viz Obr. 3.). Úhor se před každým pokusem upravuje do stavu před jarním setím. Úprava probíhá kypřením rotačním kultivátorem do hloubky 7 cm a urovnáním pojezdem válce o hmotnosti 30 kg.



Obr. 3 Ortofoto experimentálních ploch, 13.06.2017, (Krása, 2017)

Jednotlivé simulace probíhají podle metodiky Stanovení ochranného vlivu vegetace pomocí simulátoru deště (Mistr, 2016). Na jedné plodině probíhají vždy dvě simulace o délce 30 minut od vzniku PO, na nenasycenou půdu a po 15minutové pauze na půdu nasycenou. Po spuštění simulátoru se vyčká až nastane povrchový odtok a poté začne samotné měření. Měření objemu vzniklého povrchového odtoku probíhá pomocí odběru vody se sedimentem do vzorkovnic, přičemž se měří čas plnění vzorkovnice. Naplněné vzorkovnice po simulaci putují do laboratoře, kde se zjistí přesný objem potřebný pro stanovení množství odtoku.

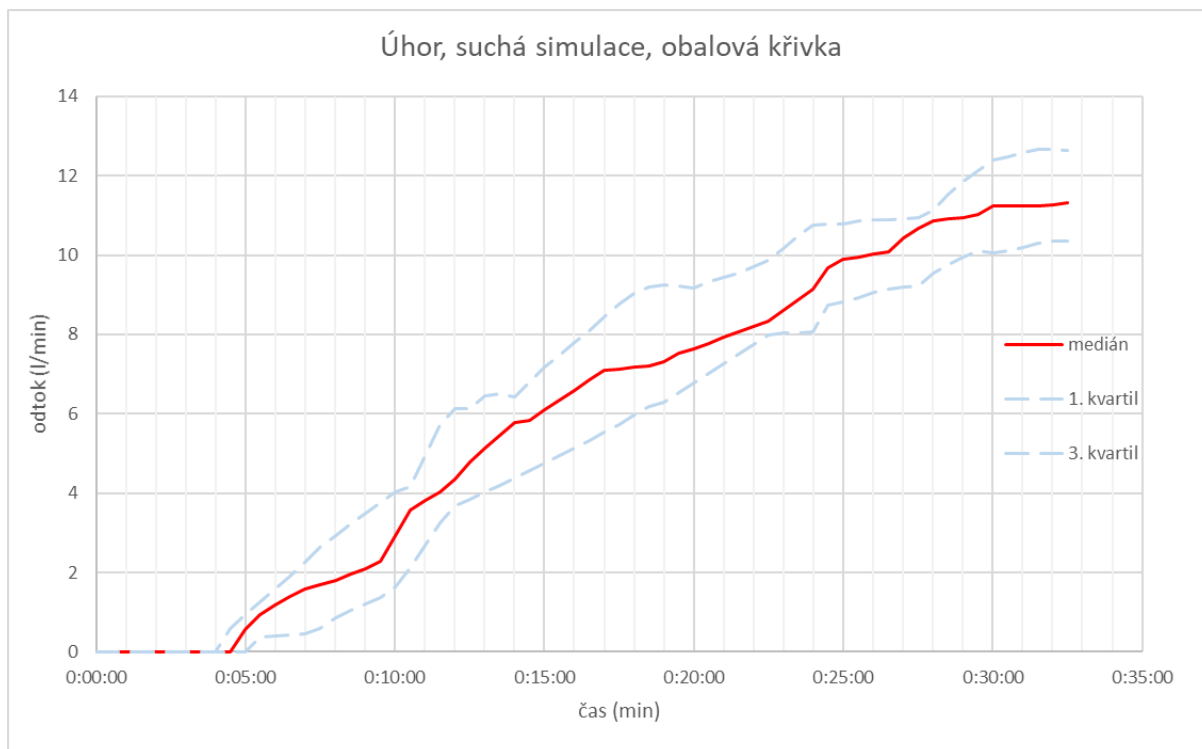
Samotný vývoj rostliny je sledován a popsán stupnicí BBCH (Meier, 2001), která popisuje vegetační charakteristiky, jako je růst rostliny, zvětšování listové plochy, zrání plodu nebo stárnutí. Během sezony je potřeba provést simulaci na rostlině minimálně 3x, v různých vývojových stádiích, tak aby byla reprezentativní pro celou sezonu.

Zpracování naměřených dat bylo součástí prací Optimalizace měření odtoku na mobilním dešťovém simulátoru (Stašek, 2018) a Metodika stanovení hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace C pomocí mobilního dešťového simulátoru (Roudnická, 2018). Data byla převedena do digitální podoby formou tabulek a grafů. Došlo také k opravení některých chyb měření.

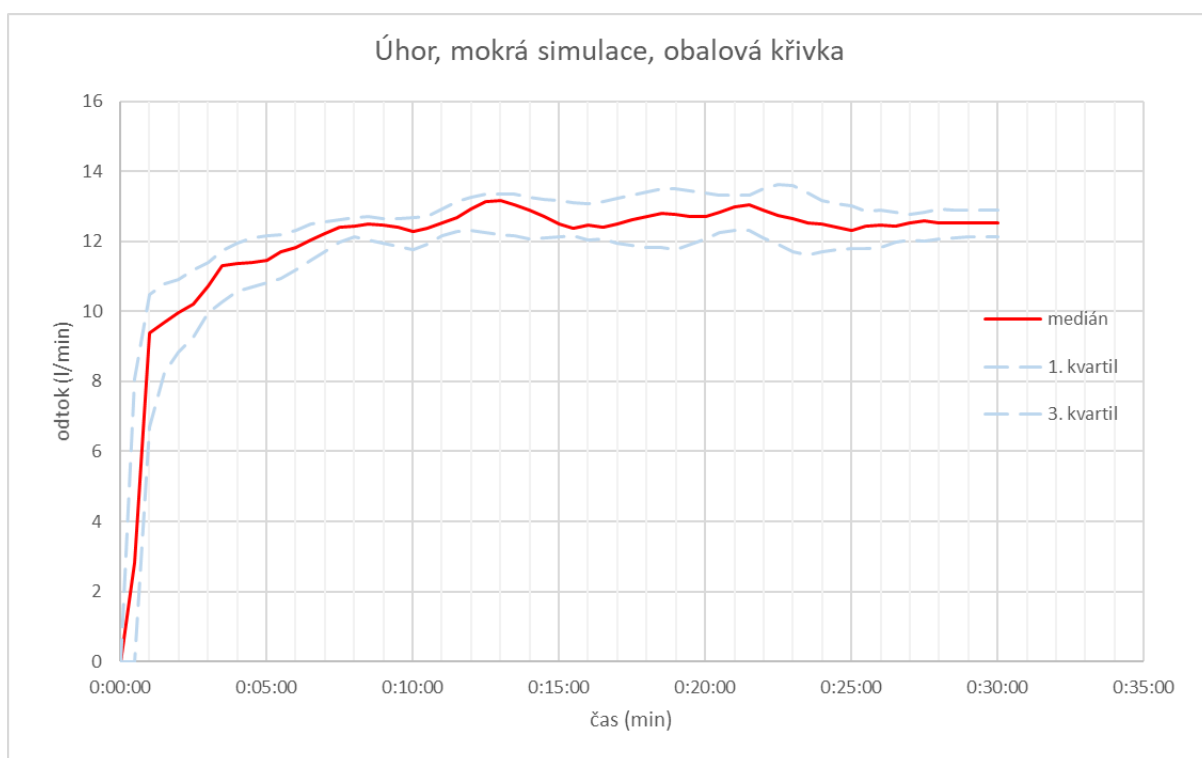
Výsledky

V rámci výzkumného projektu proběhlo v letech 2016 a 2017 celkem 29 kampaní s mobilním dešťovým simulátorem na 11 zemědělských plodinách a úhoru.

Vzhledem k velkému množství simulací na úhoru a vysoké podobnosti naměřených dat, došlo k vytvoření průměrného průběhu povrchového odtoku využitím mediánu ze získaných dat (viz Obr. 4. a 5.).



Obr. 4 Průměrný odtok z úhoru, suchá simulace, (Stašek, 2018)



Obr. 5 Průměrný odtok z úhoru, mokrá simulace (Stašek, 2018)

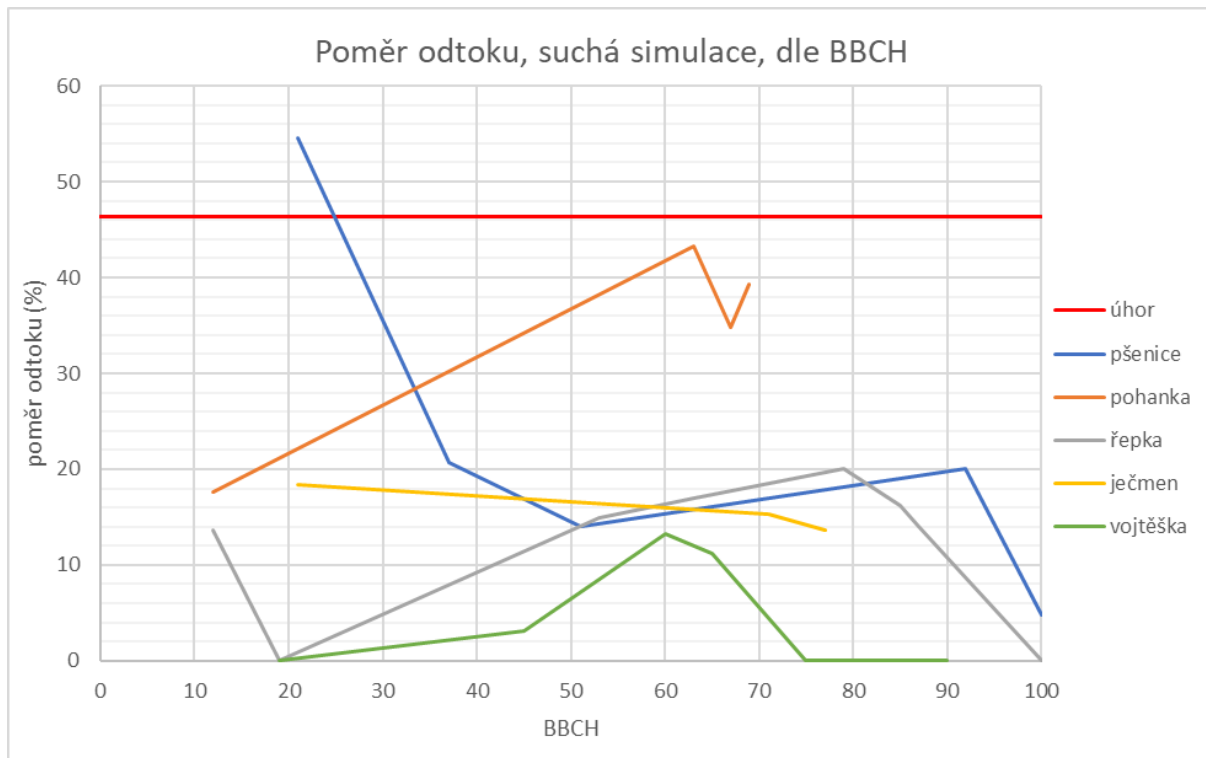
V grafu suché (nenasyčená půda) simulace je počátek povrchového odtoku mezi 4. a 5. minutou a postupný nárůst odtoku až na hodnotu 11 l/min po 30 minutách srážky. Na grafu mokré (nasyčená půda) je patrný okamžitý nárůst povrchového odtoku k hodnotě 10 l/min a následuje rychlé ustálení na hodnotách mezi 12 a 13 l/min.

Z testovaných plodin zde jsou prezentovány pšenice, pohanka, řepka, vojtěška a ječmen, na kterých proběhl dostatečný počet simulací. Vliv pěstovaných plodin na povrchový odtok (PO) je dán zejména schopností zpozdit počátek PO a snížit objem vzniklého povrchového odtoku. Tyto hodnoty se výrazně liší pro simulace provedené na nenasycenou a nasycenou půdu. Experiment byl prováděn na rostlinách v daných vývojových fázích dle stupnice BBCH (Meier, 2001). V souhrnné tabulce (Tab. 1.) jsou uvedeny naměřené kumulativní hodnoty PO pro simulaci o délce 30 minut a intenzitě srážky 60 mm/h. Hodnoty PO jsou prezentovány jak v litrech, tak v mm/h. Dále je zde uveden poměr odtoku, tedy procentuální poměr mezi objemem srážky, který na plochu dopadne, a objemem odtoku, který z plochy odečte. Objem srážky, který na plochu dopadne, byl určen při testovací simulaci, kdy byla veškerá srážka v ploše zachycena pomocí plachty. Uvedený PO z úhoru je z hodnot průměrného úhoru (Stašek, 2018).

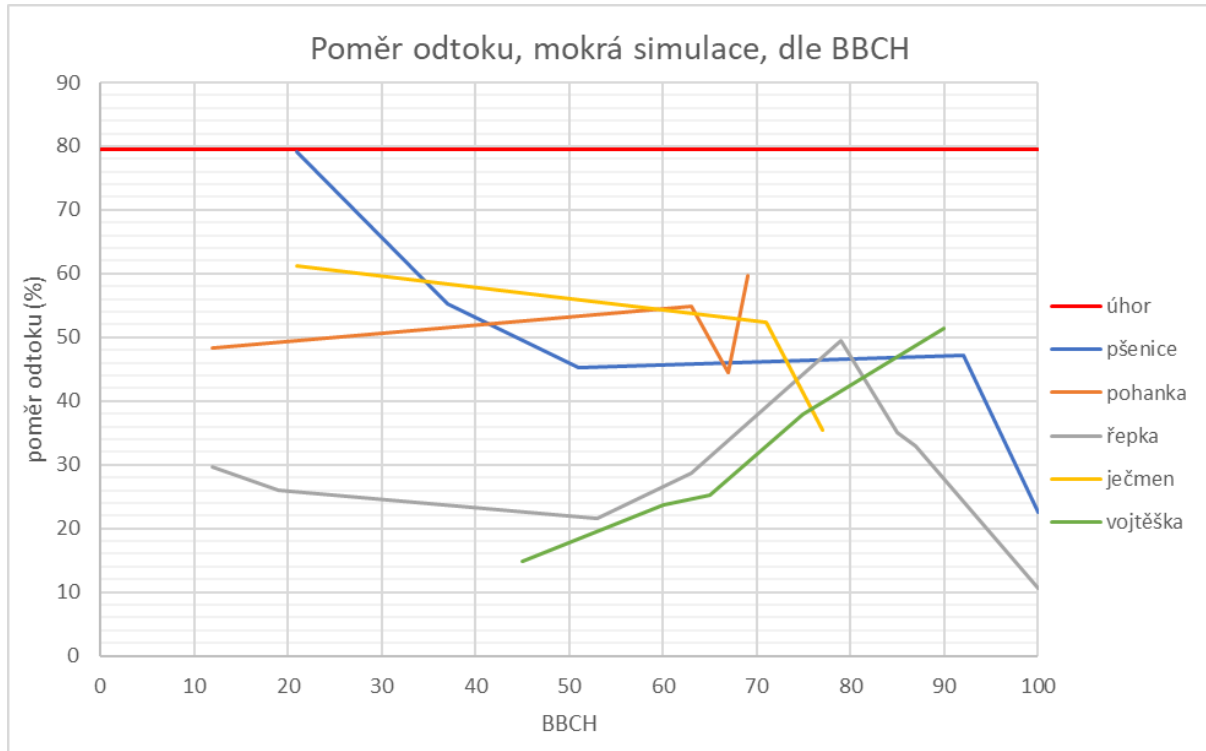
Tab. 1 Porovnání povrchového odtoku na plodinách a úhoru (Stašek, 2018)

	BBCH	povrchový odtok (PO)				poměr		zpoždění PO	
		(v litrech)		(v mm/h)		(v %)		(v min)	
		suchá	mokrá	suchá	mokrá	suchá	mokrá	suchá	mokrá
děšť	-	483	483	60	60	100	100	-	-
úhor	-	224	384	28	48	46	80	4,5	0
pšenice	21	263,4	382	33	48	55	79	7	2
	37	100	267	13	33	21	55	35	1
	51	68	219	9	27	14	45	32	2
	92	97	228	12	29	20	47	55	4
	100	23	109	3	14	5	23	20	4
	pohanka	12	85	233	11	29	18	48	19
63		209	265	26	33	43	55	5	1
67		168	215	21	27	35	45	2	2
69		190	288	24	36	39	60	8	2
řepka	12	66	143	8	18	14	30	37	6
	19	0	-	0	-	0	-	-	-
	53	72	104	9	13	15	22	39	9
	63	-	139	-	17	-	29	-	6
	79	97	239	12	30	20	49	44	2
	85	78	169	10	21	16	35	64	6
	87	68	159	9	20	14	33	42	5
	100	0	51	0	6	0	11	-	13
vojtěška	19	0	-	0	-	0	-	-	-
	45	15	72	2	9	3	15	60	2
	60	64	114	8	14	13	24	17	7
	65	54	122	7	15	11	25	37	5
	75	0	-	0	-	0	-	-	-
	90	0	248	0	31	0	51	-	6
ječmen	21	89	296	11	37	18	61	26	3
	71	74	253	9	32	15	52	7	2
	77	66	171	8	21	14	35	40	4

Z výsledků je zřejmé, že téměř všechny testované plodiny dokáží výrazně snížit a zpozdit PO, oproti úhoru. Změny v odtoku, v souvislosti s postupným vývojem rostliny, jsou více patrné na srovnávacích grafech poměru odtoku (viz Obr. 6. a 7.).



Obr. 6 Srovnání poměru odtoku jednotlivých plodin, nenasycená půda



Obr. 7 Srovnání poměru odtoku jednotlivých plodin, nenasycená půda

Do určitého stádia vývoje rostliny se zvětšuje listová plocha a přibývá organická hmota, od fáze zralosti organická hmota zpravidla ubývá. U pšenice a ječmenu dochází postupným

vývojem rostliny ke snižování poměru odtoku a zároveň ke zpoždění počátku povrchového odtoku. Konkrétně u pšenice je patrná stagnace vegetační ochrany od fáze kvetení a vývoje plodu až do sklizně.

Řepka má vývoj rostliny a tím pádem i vliv na PO odlišný. V jarní fázi vývoje je řepka nízká rostlina s velkými listy, má tedy vysokou schopnost chránit půdu před přívalovou srážkou. Při experimentu dokonce nenastal povrchový odtok ani po 60 minutách intenzivní srážky. Postupem roku dochází u řepky k prodlužování stonku a se začátkem kvetení, také k opadu většiny listů (Richter, 2005). V tomto období je půda chráněna řepkou nejméně, ale při porovnání s ostatními plodinami poskytuje stále dobrou ochranu a schopnost snížit a zpozdit PO.

Vojtěška je víceletá rostlina pěstovaná na píci, která se může za rok několikrát sekat (Skládanka, 2005). Společně s dalšími pícninami se vyznačuje dobrou ochranou půdy, která je potvrzena i experimenty, kdy několikrát povrchový odtok nenastal ani po 60 minutách simulace.

Pohanka se od ostatních plodin výrazně odlišuje. Navzdory velmi hustému a propojenému porostu dokáže zpozdit vznik PO jen o několik minut více než holý úhor a poměr odtoku je, zejména při suché simulaci, pouze o 5 až 10 % menší než na úhoru.

Diskuze

V současnosti se nejedná o finální výsledky projektu, projekt v současné podobě pokračuje i v roce 2018 a v plánu je i pokračování do budoucna. Bude tedy dostatek možností a příležitostí testovat další plodiny a také replikovat současná měření a tím je potvrdit.

Důležitou součástí kvality experimentu je zachování standardních podmínek na plochách. Jedná se o správné postupy a prostředky při setí některých plodin, hnojení nebo ošetřování pesticidy. Je tedy potřebná úzká spolupráce s farmáři z AGRA Řisuty a projektovými partnery, jmenovitě s doc. Václavem Brantem a Ing. Petrem Zábranským z České zemědělské univerzity v Praze, Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. ČZU také poskytuje informace v jakých obdobích je potřeba jednotlivá opatření na plochách provádět, kdy je třeba provést simulaci s dešťovým simulátorem a přesně stanovuje vývojové fáze BBCH.

Hodnoty povrchového odtoku z pohanky jsou překvapující nízkou schopností ovlivnit povrchový odtok. Průběh povrchového odtoku je při suché simulace podobný se simulací na úhoru. Nedochozí ani ke zpoždění PO, odtok nastává po 2 až 8 minutách. Rostlina ani půda tak neposkytuje dostatečnou retenci, oproti jiným plodinám. Na vině mohou být vlastnosti

listů pohanky nebo povrchu půdy pod rostlinou. Zahraniční studie nicméně nepotvrzují nízký vliv pohanky na povrchový odtok (Fang, 2017).

Povrchový odtok ze strniště po pšenici a řepce byl minimální nebo po 60 minutách vůbec nenastal. Navzdory velkému úbytku organické hmoty a snížení možnosti retence. Zřejmě je to zapříčiněno způsobem sklizně, kdy na ploše zůstává část posklizňových zbytků. Hodnoty PO na strništi tedy nemusí přesně odpovídat běžným způsobům sklizně. Nicméně ponechání strniště a posklizňových zbytků zvyšuje ochranu půdy a schopnost zadržet část srážky.

Závěr

Výsledky potvrdily vliv plodin na formování a objem povrchového odtoku. Zejména se jedná o pšenici, ječmen, řepku, vojtěšku, menší vliv na PO má pohanka. Vlivem intercepce a podporou infiltrace dokáží zmíněné plodiny zpozdit vznik PO až o 30 a více minut, v závislosti na vývojové fázi. Velký vliv měly rostliny také na celkový objem vzniklého odtoku, poměr odtoku se snížil přibližně na polovinu ve srovnání s odtokem z holého úhoru.

Polní plodiny tedy dokáží zachytit část srážky, tak aby se nepodílela na vzniku povodně v povodí, nicméně musí být plodina dostatečně vyvinutá, zejména v období častého výskytu přívalových srážek.

V rámci projektu budou experimenty nadále pokračovat s cílem potvrdit stávající výsledky a získat hodnoty pro další plodiny.

Literatura

DAVIDOVÁ, Tereza, 2015. *Posouzení vlivu vegetace na erozní procesy*. Praha. Disertace. ČVUT, Fakulta stavební.

FANG, N.F., L. WANG a Z.H. SHI, 2017. Runoff and soil erosion of field plots in a subtropical mountainous region of China. *Journal of Hydrology*. **552**(552), 387-395. ISSN 0022-1694.

KAVKA, Petr, 2016. Řídící systém mobilního simulátoru deště. *Automa* [online]. **22**(7) [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://automa.cz/page-flip/casopis/automa/2016/07/index.html>

KRÁSA, Josef, 2017. *Dokumentace experimentálních ploch*. Praha.

MEIER, Uwe, 2001. *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants: BBCH Monograph* [online]. 2. Edition. Bonn: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry [cit. 2018-06-08]. ISBN 3826331524 9783826331527. Dostupné z: http://www.reterurale.it/downloads/BBCH_engl_2001.pdf

MISTR, Martin, 2016. *Stanovení faktoru ochranného vlivu vegetace pomocí simulátoru deště: Certifikovaná metodika*. 1. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. ISBN 978-80-87361-65-8.

RICHTER, Rostislav, 2005. Řepka ozimá. *Multimediální učební texty z výživy rostlin* [online]. Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně [cit. 2018-06-08]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejniny/repka_ozima.htm

ROUDNICKÁ, Adéla, 2018. *Metodika stanovení hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace C pomocí mobilního dešťového simulátoru*. Praha. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta stavební.

SKLÁDANKA, Jiří, 2005. Vojtěška setá. *Multimediální učební texty pícninářství* [online]. Brno: Ústav výživy zvířat a pícninářství, MZLU [cit. 2018-06-08]. Dostupné z: <http://www.zemedskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/jeteloviny-travy/vojteska>

STAŠEK, Jakub, 2018. *Optimalizace měření odtoku na mobilním dešťovém simulátoru*. Praha. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Josef Krása.

WISCHMEIER, W. a D. SMITH, 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537*. Washington, DC: USDA, Science and Education Administration.

Poděkování

Prezentované výsledky vznikly v rámci projektu QJ 1530181 „Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice“ od Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) a SGS17/173/OHK1 – „Experimentální výzkum erozních a transportních procesů v zemědělsky využívané krajině“ od ČVUT v Praze.

Poděkování za odborné rady a spolupráci na projektu patří doc. Ing. Václavu Brantovi Ph.D. a Ing. Petrovi Zábranskému Ph.D. z ČZU v Praze.

Kontakt:

Ing. Jakub Stašek

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

723955719, jakub.stasek@fsv.cvut.cz