

INFILTRAČNÍ SCHOPNOST PŮDY V POROSTECH RYCHLE ROSTOUCÍCH DŘEVIN

Infiltration ability of soil in fast-growing species plantation

Mašiček T., Toman F., Vičanová M.

Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, 61300 Brno

Abstrakt

Pod pojmem infiltrace rozumíme proces, kdy se srážková voda dostává do půdy. Infiltrace hraje významnou roli ve vodním režimu půd. Cílem tohoto příspěvku bylo zhodnotit infiltraci ve vztahu k protipovodňové ochraně na vybrané lokalitě Domanínek - U Javora, v rychle rostoucích dřevinách (v sedmiletém porostu topolů), na základě terénních měření metodou soustředných válců. K vyhodnocení dat získaných v terénu, byla použita graficko-empirická metoda dle Kost'jakova. Výsledky měření jsou ovlivněny základními fyzikálními a hydrofyzikálními vlastnostmi půdy. Během sledovaného období (duben až říjen 2009) se hodnoty výrazným způsobem neměnily - dáno stejnou strukturou vegetačního pokryvu s minimálními změnami. Naměřené hodnoty z rozboru neporušeného půdního vzorku udávají půdu nestrukturní, ulehlou, ale díky rozvinutému kořenovému systému a činnosti půdních organismů s relativně dobrou infiltrační schopností. Zvýšením infiltrační schopnosti půdy různými agrotechnickými opatřeními a vhodnou volbou vegetačního krytu, můžeme zamezit nebo značně redukovat dopad extrémních hydrologických jevů.

Klíčová slova: infiltrace, půda, rychlost vsakování, protipovodňová opatření

Abstract

The term "infiltration" represents the process by which rainwater enters into the soil. Infiltration plays an important role in the water regime of soils. The aim of this work was to evaluate the infiltration in relation to flood protection at the location of Domanínek - U Javora in fast-growing woods (the seven-year stand of poplars) on the basis of field measurements, using concentric cylinders method. To evaluate the data obtained in the field, there was used graphic-empirical method by Kost'jakov. The measurement results are influenced by hydro-physical properties of the soil. During the observational period (April-October 2009) the values did not change significantly – that was given by the same structure of vegetation, with minimal changes. From the analysis of intact soil sample shows non-structural and compacted soil, but due to extensive root system and activities of soil organisms with relatively good infiltration capability. Increasing the infiltration capacity of soils in different agro-technical measures and appropriate choice of the vegetation cover, we can eliminate or significantly reduce the impact of extreme hydrological events.

Keywords: infiltration, soil water regime, fast growing trees, flood protection

Úvod

Znalost procesu infiltrace, tj. jakou rychlostí a za jakých půdních podmínek se voda do půdy dostává, je velmi důležitá. Díky ní můžeme zjistit stav celého půdního profilu a schopnost půdy hospodařit s vodou – tzv. hydrologický režim půd, na jehož základě lze např. zvolit výsadbu vhodných rostlin, které by podpořily vsak vody do půdy, zadržovaly vodu v půdě na delší dobu (s postupným uvolňováním), zabránily působení škodlivé vodní eroze a snížily riziko povodňových vln.

Cílem příspěvku bylo vyhodnotit naměřená data, porovnat vsakovací schopnost půdy během vegetačního období a zhodnocení významu infiltrace půdy v protipovodňové ochraně území na podkladě zjištěných výsledků.

Materiál a metody

Popis zájmového území

Lokalita Domanínek – U Javora, na které bylo v průběhu roku 2009 prováděno měření infiltrace, patří do městské části obce Bystřice nad Pernštejnem. Město leží v nadmořské výšce 500 – 580 m v jihovýchodním okraji Českomoravské vrchoviny, asi 50 km od Brna v okrese Žďár nad Sázavou (Vaishar a kol., 2002).

Pozemky se nacházejí v bramborářské oblasti (49°32'N, 16°15'E) v nadmořské výšce 530 - 544 m, zájmové území je mírně svažitého charakteru. Plantáže rychle rostoucích dřevin jsou založeny na orné půdě, kde byly dříve pěstovány převážně obiloviny a brambory.

Půdní typ byl stanoven jako typická hluboká luvická kambizem s glejovými procesy – varieta kyselá (Hraško a kol., 1991). Půda na plantáži rychle rostoucích topolů byla dle Novákovy zrnitostní klasifikace (Jandák a kol., 2003) stanovena jako půda střední, hlinitá až písčitohlinitá.

Metodika

Pro stanovení a vyhodnocení infiltrační schopnosti půdy na zájmové lokalitě byla prováděna měření výtopové infiltrace půdy. Kvůli statistické průkaznosti byly použity tři soupravy soustředných válců, válce s průměrem vnitřního válce 30 cm a vnějšího 55 cm. Data byla následně vyhodnocována graficko-empirickou metodou s užitím Kost'jakových rovnic (Vališ, Šálek, 1970, Kutílek, 1978). Současně s každým měřením infiltrace byl prováděn odběr neporušených půdních vzorků pro laboratorní stanovení hydro-fyzikálních vlastností půdy pomocí Kopeckého válečků z hloubek 10, 20 a 30 cm. Z výsledků získaných v laboratoři byly provedeny výpočty vybraných hydro-fyzikálních parametrů půdy, jako je měrná hmotnost, objemová hmotnost redukovaná, okamžitá vlhkost půdy, nasáklivost, retenční vodní kapacita, pórovitost, provzdušněnost a další.

Vybrané hydro-fyzikální parametry byly stanoveny dle Jandáka a kol. (2003), měrná hmotnost pyknometricky, objemová hmotnost redukovaná se počítala jako podíl hmotnosti neporušeného vzorku po vysušení a objemu neporušeného vzorku. Okamžitá vlhkost půdy byla stanovena gravimetrickou metodou; nasáklivost charakterizuje maximální zaplnění pórů při kapilárním nasycení, její hodnota je velmi blízká plné vodní kapacitě. Retenční vodní kapacita půdy je většinou v nepřímém vztahu k infiltrační způsobilosti, takže dopadající srážky na půdy s vysokou retenční vodní kapacitou jen pomalu vsakují (Janeček, 1998). Pórovitost udává poměr objemu všech pórů k celkovému objemu půdy a poslední zvolený parametr, provzdušněnost byla vypočtena jako rozdíl hodnot celkové pórovitosti a momentální vlhkosti (Jandák a kol., 2003).

Údaje o denních srážkových úhrnech poskytla srážkoměrná stanice v Bystřici nad Pernštejnem, jejíž správou se zabývá Ústav agrosystémů a klimatologie MENDELU v Brně.

Výsledky a diskuse

K posouzení infiltrační schopnosti půdy na zkoumané lokalitě bylo během roku 2009 uskutečněno pět výjezdů spojených s terénním měřením infiltrace a s odběrem neporušených půdních vzorků. Celkem bylo provedeno patnáct infiltračních pokusů (vždy tři v rámci jednoho výjezdu).

Rozbory půdních vzorků:

Tab. 1 *Rozbor neporušeného půdního vzorku ze dne 17. 4. 2009*

parametr	v 10 cm	ve 20 cm	ve 30 cm
Momentální (okamžitá) vlhkost [% obj.]	38,70	37,12	40,17
Nasáklivost [% obj.]	44,28	43,58	42,80
Vlhkost 30ti minutová [% obj.]	41,61	40,29	41,17
Retenční vodní kapacita [% obj.]	36,99	36,09	37,75
Pórovitost [%]	45,06	48,01	41,29
Póry kapilární [%]	36,99	36,09	37,75
Póry semikapilární [%]	4,62	4,20	3,42
Póry nekapilární [%]	4,99	7,72	0,12
Měrná hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	2,66	2,66	2,64
Objemová hmotnost redukovaná [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,46	1,38	1,55
Provzdušněnost [%]	6,36	10,89	1,12

Objemová hmotnost redukovaná nenarůstá s hloubkou, jak by se předpokládalo. V 10 a 30 cm hloubky je půda utuženější (Lhotský a kol. (1984) udává kritickou hodnotu pro půdy hlinité $1,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Ve 20 cm je půda ještě v dobrém, nezhuštěném stavu. Počáteční vlhkost půdy je poměrně vysoká (nebyla však vyvolána srážkovými úhrny, které ve sledovaném období byly bezvýznamné). Na vlhkost půdy mohly mít vliv déletrvající nižší teploty vzduchu. Mohla se projevit i zásoba vody ze zimního období nebo vysoká hladina podzemní vody. Pórovitost dosahuje optimálních hodnot, pouze ve 30 cm hloubky je nižší. Provzdušněnost půdy je ve 30 cm kriticky nízká – to je vyvoláno velmi vysokým obsahem vody v půdě. V hloubce 10 a 20 cm je také nízká (Jandák a kol. (2003) uvádí optimální provzdušněnost orné půdy v orničním horizontu v dobrém kulturním stavu v rozmezí 18 – 24 %).

Tab. 2 *Rozbor neporušeného půdního vzorku ze dne 17. 6. 2009*

parametr	v 10 cm	ve 20 cm	ve 30 cm
Momentální (okamžitá) vlhkost [% obj.]	30,04	30,95	27,55
Nasáklivost [% obj.]	42,48	40,87	40,40
Vlhkost 30ti minutová [% obj.]	38,14	37,63	37,05
Retenční vodní kapacita [% obj.]	28,15	30,46	29,30
Pórovitost [%]	45,59	42,60	41,90
Póry kapilární [%]	28,15	30,46	29,30
Póry semikapilární [%]	9,99	7,17	7,75
Póry nekapilární [%]	7,45	4,97	4,85
Měrná hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	2,65	2,66	2,68
Objemová hmotnost redukovaná [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,44	1,53	1,56
Provzdušněnost [%]	15,55	11,63	14,35

Objemová hmotnost redukovaná s hloubkou narůstá, její hodnoty v porovnání s Lhotského kritickou hodnotou poukazují na škodlivé zhuštění stejně, jako tomu bylo u předešlého terénního výjezdu v hloubce 10 a 30 cm. Okamžitá vlhkost je oproti předchozímu měření nižší, i když ke konci měsíce května a v první polovině měsíce června byly zaznamenány

srážkové úhrny a den před samotným měřením spadl srážkový úhrn 2,5 mm/den. V tomto období byla vyšší teplota vzduchu (vyšší výpar). Pórovitost, i přes zhutnění, dosahuje optimálních hodnot, které umožňují snadnější vnikání srážek do půdy. Provdzušňenost je stále pod optimální hodnotou, ale v porovnání s provzdušňeností z předchozího terénního výjezdu je vyšší.

Tab. 3 Rozbor neporušeného půdního vzorku ze dne 6. 8. 2009

parametr	v 10 cm	ve 20 cm	ve 30 cm
Momentální (okamžitá) vlhkost [% obj.]	34,63	35,74	30,01
Nasákivost [% obj.]	43,83	42,16	34,83
Vlhkost 30ti minutová [% obj.]	39,99	40,1	33,08
Retenční vodní kapacita [% obj.]	34,44	35,65	28,43
Pórovitost [%]	50,13	46,91	40,68
Póry kapilární [%]	34,44	35,65	28,43
Póry semikapilární [%]	5,55	4,45	4,65
Póry nekapilární [%]	10,14	6,82	7,6
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,67	2,68	2,71
Objemová hmotnost redukována [g.cm ⁻³]	1,33	1,42	1,61
Provdzušňenost [%]	15,5	11,18	10,67

Hodnoty objemové hmotnosti opět narůstají s hloubkou, pouze v 10 cm hloubky ukazují na optimální strukturní stav půdy, ve 20 cm na počínající zhutnění a ve 30 cm pak na silně zhutněnou půdu. Momentální vlhkost půdy je v porovnání s předchozím výjezdem trochu zvýšená, není však ovlivněna významnou srážkou. Pórovitost dosahuje optimálních hodnot, pouze v poslední hloubce je pod optimem – důvodem je značné zhutnění v této hloubce. Provdzušňenost s hloubkou klesá. Vzhledem k vyšší utuženosti půdy a nižší pórovitosti ve 30 cm je v této hloubce provzdušňenost nejnižší.

Tab. 4 Rozbor neporušeného půdního vzorku ze dne 1. 9. 2009

parametr	v 10 cm	ve 20 cm	ve 30 cm
Momentální (okamžitá) vlhkost [% obj.]	37,45	37,33	36,13
Nasákivost [% obj.]	45,11	43,85	44,91
Vlhkost 30ti minutová [% obj.]	42,17	41,7	42,06
Retenční vodní kapacita [% obj.]	34,63	35,26	34,26
Pórovitost [%]	49,39	48,69	50,06
Póry kapilární [%]	34,63	35,26	34,26
Póry semikapilární [%]	7,54	6,44	7,8
Póry nekapilární [%]	7,22	6,99	8
Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]	2,69	2,69	2,69
Objemová hmotnost redukována [g.cm ⁻³]	1,36	1,38	1,34
Provdzušňenost [%]	11,94	11,36	11,93

Objemová hmotnost redukována dosahuje ve všech odebíraných hloubkách hodnot, které poukazují na dobrý strukturní stav půdy. Momentální vlhkost půdy je opět poměrně vysoká.

Roli ve vysokých hodnotách okamžité vlhkosti může sehrávat vysoká hladina podzemní vody. V měsíci srpnu byly zaznamenány minimální srážkové úhrny. Tyto údaje ovšem nelze považovat za spolehlivé vzhledem k tomu, že měřicí přístroj byl porouchán. Pórovitost opět dosahuje optimálních hodnot, které jsou z dosud naměřených nejvyšší – je to dáno dobrou strukturou půdy, vlivem preferenčních cest v půdním profilu (cesty půdních živočichů, kořeny rostlin apod.). Ovšem provzdušněnost půdy je stále nízká a ve všech hloubkách dosahuje přibližně stejné hodnoty – opět je příčinou vysoká vlhkost půdního profilu.

Tab. 5 Rozbor neporušeného půdního vzorku ze dne 8. 10. 2009

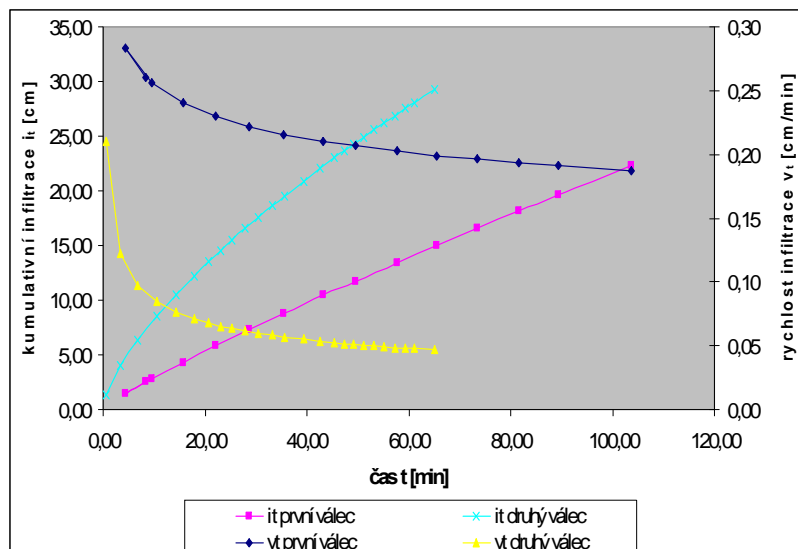
parametr	v 10 cm	ve 20 cm	ve 30 cm
Momentální (okamžitá) vlhkost [% obj.]	25,83	22,97	24,47
Nasáklivost [% obj.]	46,29	50,75	48,59
Vlhkost 30ti minutová [% obj.]	42,63	45,95	44,86
Retenční vodní kapacita [% obj.]	33,62	33,43	35,99
Pórovitost [%]	47,29	53,02	49,58
Póry kapilární [%]	33,62	33,43	35,99
Póry semikapilární [%]	9,01	12,52	8,87
Póry nekapilární [%]	4,66	7,07	4,72
Měrná hmotnost [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	2,66	2,66	2,67
Objemová hmotnost redukovaná [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,40	1,25	1,35
Provzdušněnost [%]	21,46	30,05	25,11

Na dobrou strukturu půdy poukazují hodnoty objemové hmotnosti redukované, pouze v 10 cm hloubky je na hranici počínajícího mírného zhutnění. Momentální vlhkost půdy je oproti všem předchozím měřením nízká. Odběru vzorků předcházelo dlouhé období beze srážek. Optimálních hodnot dosahuje i pórovitost, která je nejvyšší za celé sledované období. Provzdušněnost v 10 cm konečně ukazuje ideální hodnotu, ve zbylých hloubkách je nad rámec optima.

Výsledky terénních měření infiltrace:

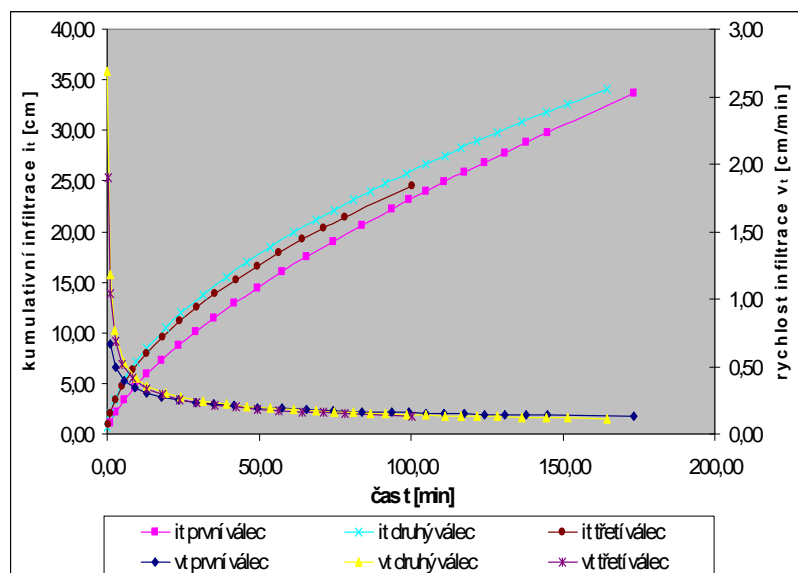
Naměřené rychlosti infiltrace byly porovnány s hodnotami rychlosti infiltrace dle Gardnera a kol. (1999) pro nenasycené půdy vodou a výsledky jednotlivých terénních měření mezi sebou i ve vztahu k hydro-fyzikálním vlastnostem půdy.

Z prvního terénního výjezdu (17. 4. 2009) nelze udělat ucelený závěr. Ze tří prováděných pokusů musel být jeden zrušen a to z důvodu nulového vsaku dolévané vody. Důvodem mohlo být uzavření vzduchu v půdních pórech při začátku měření. Zbylé dva pokusy jsou také velice rozdílné. Při prvním je z grafu patrná vysoká rychlost infiltrace (Gardner uvádí vysokou rychlost infiltrace v rozmezí 0,85 – 2,5 mm/min) po celou dobu měření - s největší pravděpodobností vlivem přítomnosti preferenčních cest v půdě (chodbičky půdních živočichů, rozrušená půda kořeny vzrostlých topolů). Ve druhém případě byla rychlost infiltrace ve střední rychlosti (0,25 – 0,85 mm/min opět rozmezí rychlosti infiltrace dle Gardnera), ale výrazně nižší než u předešlého pokusu. Z těchto dvou pokusů lze usuzovat na poměrně dobrou vsakovací schopnost půdy - jak ukazují vyšší hodnoty kumulativní infiltrace.



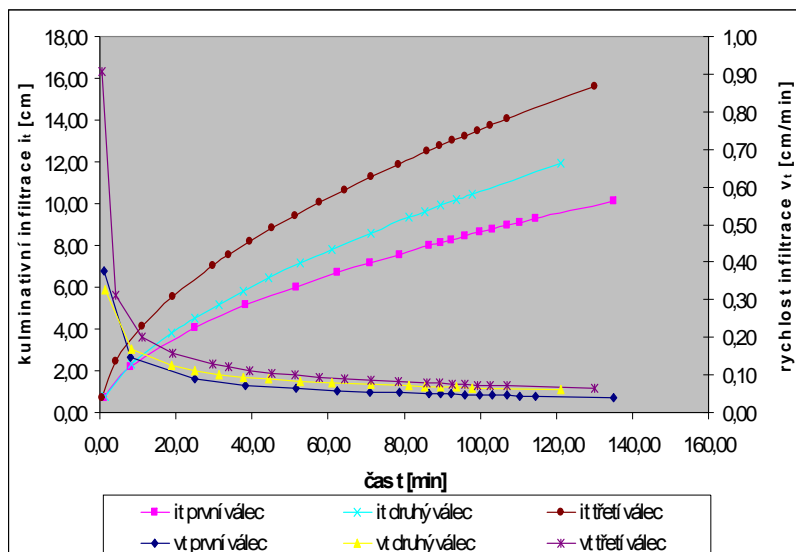
Obr. 1 Výsledky měření ze dne 17. 4. 2009

Graf z terénního měření (ze dne 17. 6. 2009) představuje vyrovnanou rychlost i velikost kumulativní infiltrace ve všech třech pokusech. Kumulativní infiltrace poukazuje na dobrou vsakovací schopnost půdy, i když k vyrovnání intervalů mezi jednotlivými dolitími došlo mnohem později než u předešlého výjezdu. Vliv mohlo mít nerovnoměrné rozložení počáteční vlhkosti v půdním profilu.



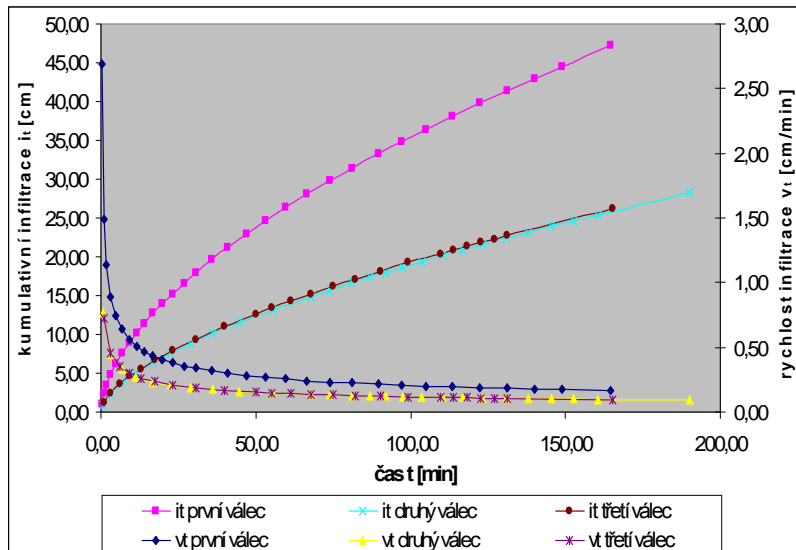
Obr. 2 Výsledky měření ze dne 17. 6. 2009

Rychlost infiltrace při třetím terénním výjezdu (6. 8. 2009) byla pro všechny prováděné pokusy ve střední rychlosti, která se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,85 mm/min. Ovšem hodnoty kumulativní infiltrace byly oproti předchozím výjezdům nižší. Důvodem je počínající ztuhnutí půdy v hloubce 20 cm a silné ztuhnutí půdy ve 30 cm. Dalším faktorem, ovlivňujícím nižší rychlost vsaku v tomto dni, je lehce zvýšená okamžitá vlhkost půdy.



Obr. 3 Výsledky měření ze dne 6. 8. 2009

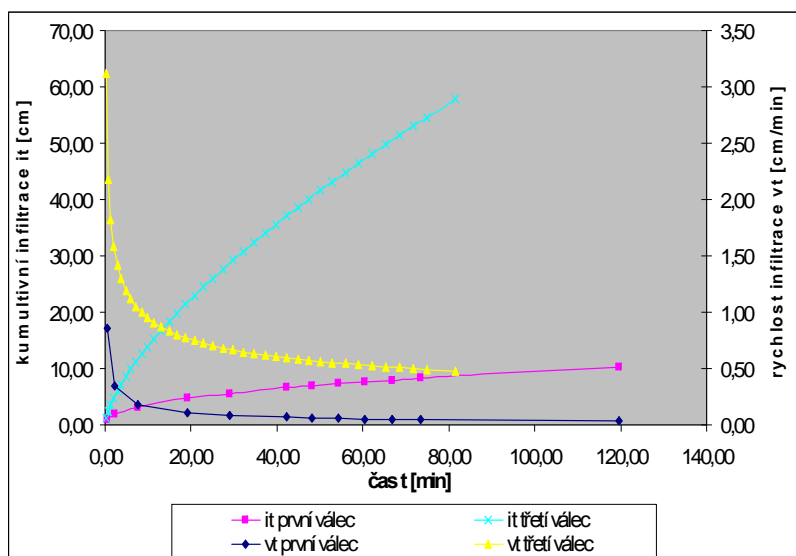
Při čtvrtém terénním výjezdu (1. 9. 2009) byla naměřena vysoká rychlost infiltrace půdy (rozmezí od 0,85 do 2,5 mm/min) pro všechny pokusy. I když v porovnání s předchozími výjezdy se čas t [min] mírně prodloužil a zároveň byla nižší i hodnota kumulativní infiltrace (dáno vyšší okamžitou vlhkostí v půdě). Pouze pokus č. 1 se výrazně liší – vsáкло se mnohem více vody (příčinou mohla být přítomnost preferenčních cest - různé trhliny, otvory po kořenech rostlin, chodbičky půdních živočichů apod., kterými se infiltrovaná voda vsakovala mnohem rychleji.



Obr. 4 Výsledky měření ze dne 1. 9. 2009

Při pátém terénním měření ze dne 8. 10. 2009, byly hodnoty jednotlivých pokusů velmi rozkolísané. Pokus č. 1 vypovídá o velice nízké vsakovací schopnosti půdy (hodnoty kumulativní infiltrace jsou kolem 10 cm), což byla nejnižší naměřená hodnota ze všech terénních měření, přestože jsou zjištěny vysoké hodnoty pórovitosti a provzdušněnosti. Takto nízká hodnota kumulativní infiltrace byla pravděpodobně dána uzavřením vzduchu v pórech při začátku i v průběhu měření. Rychlost infiltrace tohoto pokusu dosahovala středních hodnot. Vsakovací pokus č. 2 musel být pro minimální vsakovací rychlost zrušen. Naproti tomu pokus č. 3 vypovídal o velice rychlé infiltraci s intenzivním vsakem - poukazují na to

hodnoty kumulativní infiltrace, které byly nejvyšší ze všech provedených měření. Takto vysoké hodnoty mohly být způsobeny preferenčními cestami v půdním profilu i nižší vlhkostí půdy.



Obr. 5 Výsledky měření ze dne 8. 10. 2009

Závěr

Ve všech prováděných pokusech je z grafů patrné, že rychlost infiltrace je zpočátku vyšší a v průběhu času se snižuje. Je to dáno nasyceností půdního profilu. Strmý pokles rychlosti infiltrace poukazuje na nestrukturní půdu s velkým množstvím snadno rozplavitelných agregátů (tzv. pseudoagregáty).

Z rozboru neporušených půdních vzorků vyplývá, že na zkoumané lokalitě Domanínek – U Javora byla po celou dobu (duben - říjen) zvýšená vlhkost půdy a na většině území půda ulehla, i přes tento fakt probíhala infiltrace relativně dobře. Na této půdě nedochází k nadměrnému vysušování půdního profilu, jak popsal Kutílek pro nestrukturní půdy, neboť je půda kryta vegetačním pokryvem rychle rostoucích dřevin - sedmiletých topolů.

Díky stromům a jejich rozsáhlému kořenovému systému se voda dostává do hlubších vrstev půdního profilu, půda je dobře zásobena vodou a dochází i k doplňování hladiny podzemních vod. Porosty dřevin stabilizují odtokové poměry zejména při vyšších srážkách a snižují erozi půdy při extrémních srážkách. Plantáže RRD (rychle rostoucí dřeviny) velmi dobře odolávají povodňovým vodám. Zároveň je tu zvýšená koncentrace vlhkomilných půdních živočichů (žížaly, apod.), kteří prokypřují půdu a tím opět usnadňují vsakování vody do půdy (infiltraci).

Dedikace

Príspevek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 *Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu* uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Použitá literatura

GARDNER, a kol. *Kategorizace infiltrační schopnosti a propustnosti půd při nenasyčení vodou*. 1999. dostupné na: <http://www.env.cz> [cit. 2010-08-06]

HRAŠKO, a kol. *Morfologický klasifikační systém půd*. 1991

JANDÁK, J. a kol. *Cvičení z půdoznalství*. Skriptum. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2003. 92 s. ISBN 80-7157-733-2

JANEČEK, M. a kol. *Vliv stavu a využívání krajiny na povodňovou situaci*. Praha-Zbraslav, VÚMOP. 1998

KUTÍLEK, M. *Vodohospodářská pedologie*. 2. vydání. Praha: SNTL/ALFA, 1978, 261 s.

LHOTSKÝ, J. a kol. *Soustava opatření k zúrodňování zhutněných půd*, metodika ÚVTIZ 14/1984, Praha, 1984. 39 s.

VAISHAR, A. a kol. *Geografie malých moravských měst I*. REGIOGRAPH Brno 2002, 24 s. + CD

VALIŠ, S., ŠÁLEK, J. *Hydropedologické praktikum*. Skriptum. 2. vyd. Brno: VUT v Brně, 1970. 189 s.

Kontaktní adresa

Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno, tomas.masicek@mendelu.cz