

Makropórové zasakování vody v travních porostech

Tomáš Litschmann, AMET Velké Bilovice

Josef Straka, Ústav pícninářství MZLU Brno

Úvod

Je všeobecně známo, že s narůstajícím množstvím poznatků z nejrůznějších oborů lidské činnosti se většinou dopracujeme téměř vždy k závěru, že věci nebývají nikdy vyloženě černobílé, avšak lze většinou najít nejrůznější nepravidelnosti a výjimky, snažící se narušit klasické učebnicové příklady.

Podobně je tomu i u zasakování vody do půdy, které rovněž nebývá vždy tak jednoduché a přímočaré, jak se snažily popsat jednoduché rovnice půdní hydrodynamiky, jako např. Richardsova rovnice, fungující celkem dobře v tzv. homogenním půdním profilu. S přibývajícemi poznatky a rozvojem monitorovacích metod lze vypořádat některé zvláštní případy, kdy klasická představa o tom, že voda při dešti zvlhčuje nejprve svrchní vrstvy půdy a potom zasakuje hlouběji, bývá často narušována tzv. preferovanými cestami, kdy voda využívá nejrůznějších trhlin a zasakuje tak mnohem hlouběji, než by odpovídalo postupnému zasakování shora. Někdy je pro toto proudění používán též název obtokové proudění, makropórové proudění, preferované proudění apod. Dříve se výsledky, které nesouhlasili s teoretickými předpověďmi, považovali buď za hrubé chyby a vylučovali ze souboru měření, anebo za velké náhodné chyby, jejichž váha se zmenšila vypočítáním střední hodnoty. Tímto došlo k tomu, že širší odborné i laické veřejnosti je představa makropórového proudění víceméně neznámá, což se snažíme napravit předloženým článkem.

Cílem tohoto příspěvku je poukázat na existenci těchto jevů a dokumentovat jejich výskyt na konkrétně naměřených údajích na výzkumné stanici Ústavu pícninářství MZLU Brno ve Vatíně (Českomoravská vrchovina, okr. Žďár nad Sázavou).

Vznik a význam makropórů

Půdní pokryv je poměrně složitý systém, podléhající nejrůznějším abiotickým, biotickým i antropogenním vlivům, jejichž působením se její struktura a další vlastnosti téměř neustále mění. Póry v půdě téměř nikdy nejsou rozloženy ideálně rovnoměrně, nýbrž tvoří se zde nejrůznější trhliny a praskliny, vytvářející příznivější podmínky pro rychlejší zasakování srážkové vody. Velikost půdních pórů se pohybuje v poměrně širokém rozmezí od 0.001 mm do více než 1 cm, přičemž za makropóry se všeobecně považují ty, jejichž velikost přesáhne 0.1 mm. Tvorba makropórů může mít nejrůznější příčiny, z nichž lze uvést následující:

abiotické – půdní pokryv podléhá nejrůznějším povětrnostním vlivům, během nichž dochází při nadbytku vláhy k bobtnání jílovitých částic, naopak při vysušování půdy k jejich smršťování a zejména na jílovitějších těžších půdách ke vzniku prasklin a trhlin větších rozměrů. Na extrémně těžkých půdách dosahují takto vzniklé trhliny šířky 4-7 cm a hloubky 50 – 120 cm (Bedrna a kol. 1988). Nezanedbatelný je i vliv opakovaného promrzání a rozmrazání půdy, během něž dochází k postupné koncentraci střídavě tající a zamrzající vody v trhlínách a tím i k jejich rozšiřování.

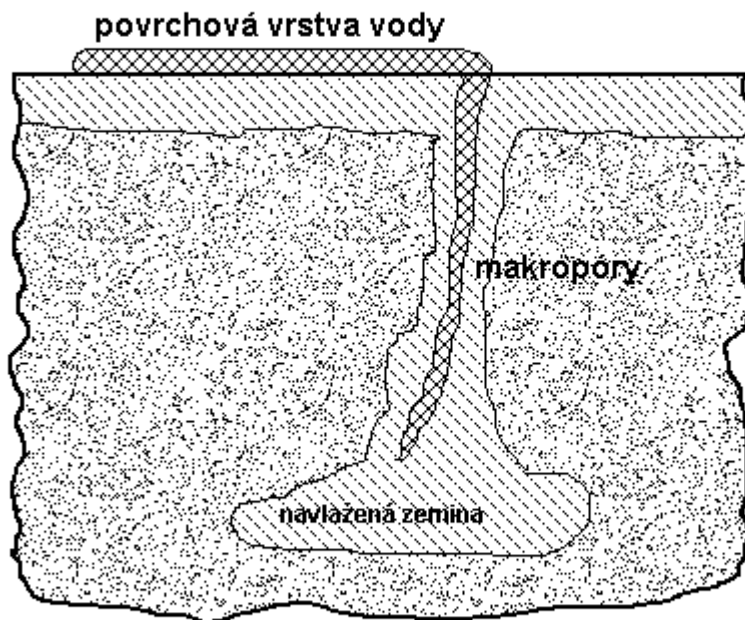
biotické – půda, pokud její degradace chemizací nedospěla tak daleko, že neobsahuje živé organismy, představuje životní prostředí pro četné zástupce

z rostlinné i živočišné říše, kteří svými životními projevy přispívají ke vzniku makropórů. Z živočichů jsou nejčastěji uváděny dešťovky a mravenci, jejichž sítě chodbiček výrazně napomáhají ke zvyšování zasakovací schopnosti půdy. Obdobné makropóry vznikají i po odumřelých kořenech rostlin.

antropogenní – člověk svou činností výrazně ovlivňuje výskyt makropórů v půdě, při pravidelné kultivaci dochází k jejich narušení alespoň v povrchové vrstvě, zatímco uplatňováním postupů bezorebných technik se makropóry naopak obnovují.

Činnost makropórů

Příspěvek makropórů na urychlení infiltračních schopností půdy se uplatňuje především za intenzivnějších dešťů, během nichž dojde k překročení kapilární zasakovací schopnosti povrchové vrstvy půdy a voda na jejím povrchu začne vytvářet souvislou vrstvičku. Ta potom začne stékat do jednotlivých makropórů a postupně zvlhčovat jejich stěny. Názornou představu o proudění vody pomocí makropórů ukazuje obr. 1.



Obr. 1: Schéma makropórového proudění

Tento obrázek se snaží postihnout naši představu o šíření půdní vláhly tak, aby odpovídala naměřeným výsledkům půdních vlhkostí, jak bude popsáno dále.

Praktický význam makropórů

Z výše uvedeného teoretického úvodu je zřejmé, že význam makropórů se uplatňuje především za intenzivnějších přívalových dešťů a v podmínkách nenarušeného půdního pokryvu, kdy umožňuje zvýšit několikanásobně intenzitu zasakování vody a zabránit tak extrémním odtokovým situacím. Jelikož se předpokládá, že s probíhajícími klimatickými změnami bude stoupat právě četnost přívalových dešťů, lze považovat v tomto směru makropóry za prvek příznivě ovlivňující odtokové poměry.

Ačkoliv funkční makropóry, tj. ty, které jsou spojeny s povrchem půdy, tvoří jen přibližně 1 – 5 % celkového objemu pórů, jsou schopny odvést až 50 % vody v případech, kdy intenzita závlahy anebo deště je vyšší než nasycená hydraulická vodivost půdní matrice. To způsobuje, že rozpuštěné látky zasakují podstatně hlouběji, než by zasákly v homogenním půdním profilu. Týká se to především rozpuštěných hnojiv a v nich obsažených příměsí, zejména těžkých kovů. To má za následek jednak vyplavování živin do horizontů, kde již nejsou přístupny kořenům pěstovaných rostlin, jednak nežádoucí obohacování podzemních vod těmito látkami. V těchto případech je naopak zapotřebí se vyvarovat vzniku makropórů správně zvolenou agrotechnikou.

Výsledky měření půdních vlhkostí ve Vatíně

Trvalé travní porosty tvoří povrch příhodný pro vznik makropórového proudění, zejména z důvodů minimálních zásahů do přirozené půdní struktury v průběhu jejich trvání. Rovněž se řadí k porostům, jejichž zastoupení v důsledku změn v našem zemědělství především ve vyšších polohách stoupá.

Metodika měření

V létě 1997 byla na výzkumné stanici Ústavu pícninářství MZLU ve Vatíně nainstalována automatické měřicí stanice AMET, registrující v pravidelných čtyřhodinových intervalech kromě jiných veličin i vlhkost půdy snímači VIRRIB (výrobce rovněž AMET Velké Bílovice) v pravidelných čtyřhodinových intervalech a množství srážek. Instalace snímačů v půdním profilu v hloubkách 20, 30 a 40 cm je znázorněna na obr. 2.

Snímače byly umístěny nad sebou pod neporušený půdní monolit (A) následujícím způsobem: nejprve byl vyhlouben otvor (B) do hloubky 40 cm, nezbytný pro manipulaci s půdním monolitem a osazení snímačů. Poté byl vyzvednut půdní monolit sahající do hloubky 40 cm. Na dno takto vzniklé jámy byl umístěn nejspodnější snímač. Z půdního monolitu byla ze spodní strany oddělena vrstva 10 cm a umístěna na snímač. Na tuto vrstvu byl umístěn další snímač a analogickým způsobem zakrytý částí půdního monolitu a obdobně bylo postupováno i v případě svrchního snímače. Manipulační otvor (B), do něhož vyústila tělesa snímačů (C) spojená kabely s vlastní měřicí stanicí, byl následně volně zasypán zeminou.

Trávník tvořený monokulturou košťavy ovčí, odrůda Eureka, byl založen na jaře v roce 1996. Porost byl pravidelně kosený ve 14-ti denních intervalech na výšku 30 mm.

Použitím rovnice

$$PVK = 6,66 + 1,03I - 0,008I^2$$

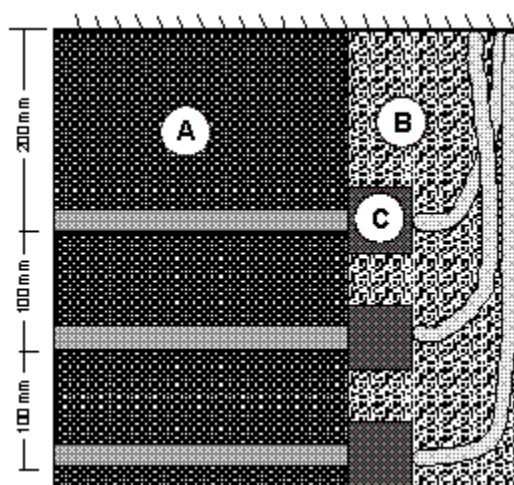
kde PVK - polní vodní kapacita v obj. %

I - obsah zrn I. kategorie (<0,01 mm) v %

vychází hodnota PVK pro hlubší vrstvy půdy kolem 27 obj. %, což je v poměrně dobré shodě s níže prezentovanými grafy, v nichž naměřené hodnoty vlhkosti půdy po vydatném provlažení se rovněž ustálily na obdobné hodnotě.

Tabulka č. 1 podává základní pedologické charakteristiky pokusného pozemku.
 Tab. č. 1: Zrnitostní složení půdy

Půdní vrstva mm	Z r n i t o s t n í f r a k c e j e m n o z e m ě %							
	<0,01 mm	<0,001 mm	0,001-0,01 mm	0,01-0,05 mm	0,05- 0,25 mm	0,25- 2,00 mm	>2,00 mm	>4,00 mm
0 - 230	15,84	4,92	10,92	19,96	24,32	42,25	3,56	3,32
230 - 490	24,56	9,56	15,00	16,80	26,67	31,97	5,44	10,66
490 <	23,64	7,80	15,84	21,80	21,25	33,31	8,85	20,36

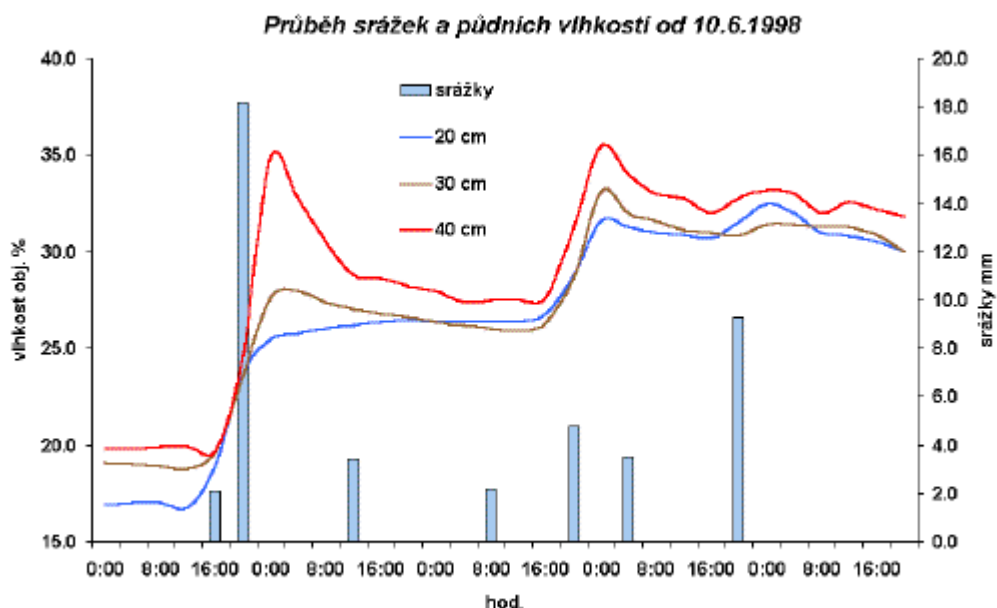


Obr. 2: Umístění snímačů VIRRIB v půdním profilu (příčný řez)

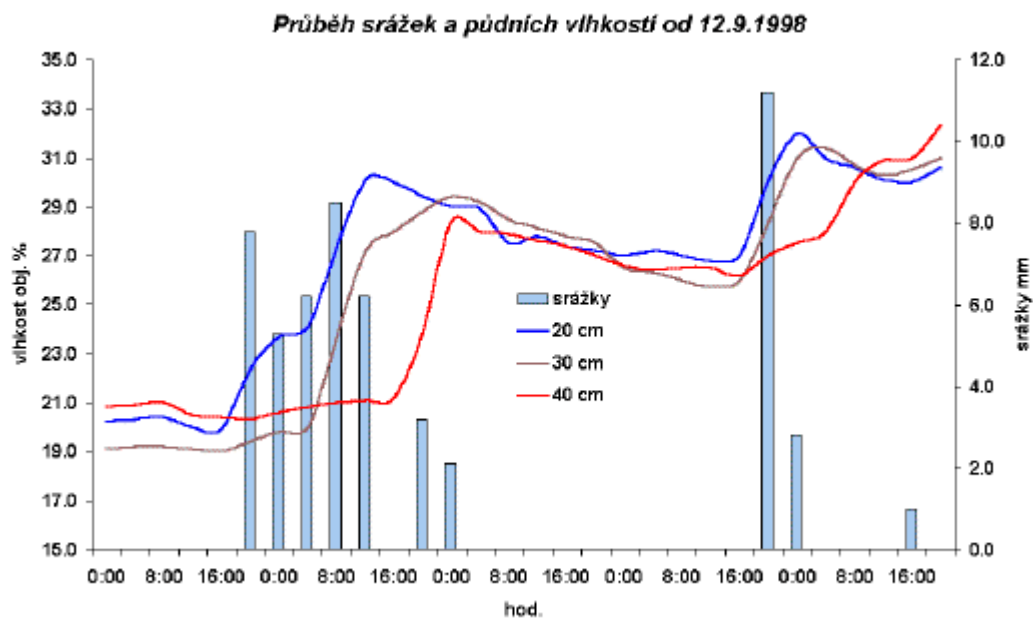
Výsledky a diskuse

Již v roce 1998 byl zaznamenán první případ téměř typického obtokového proudění, který podnítil náš zájem o tuto problematiku.

Na obr. 3 je znázorněn průběh vlhkostí ve dnech od 10.6.1998, kdy po delším období bez výraznějších srážek se vyskytl intenzivní déšť, během nějž napršelo v čtyřhodinovém intervalu kolem 18 mm srážek. Jak z obrázku vyplývá, největší změna v hodnotě půdní vlhkosti nastala právě ve hloubce 40 cm, kde došlo k přesycení půdního horizontu. Při dalších srážkách již pravděpodobně docházelo k pozvolnému nasycování makropórů vodou a jejich uzavírání v důsledku bobtnání jílovitých částic, takže změna vlhkosti ve všech třech vrstvách probíhala téměř paralelně.



Obr. 3: Průběh srážek a půdních vlhkostí od 10.6.1998

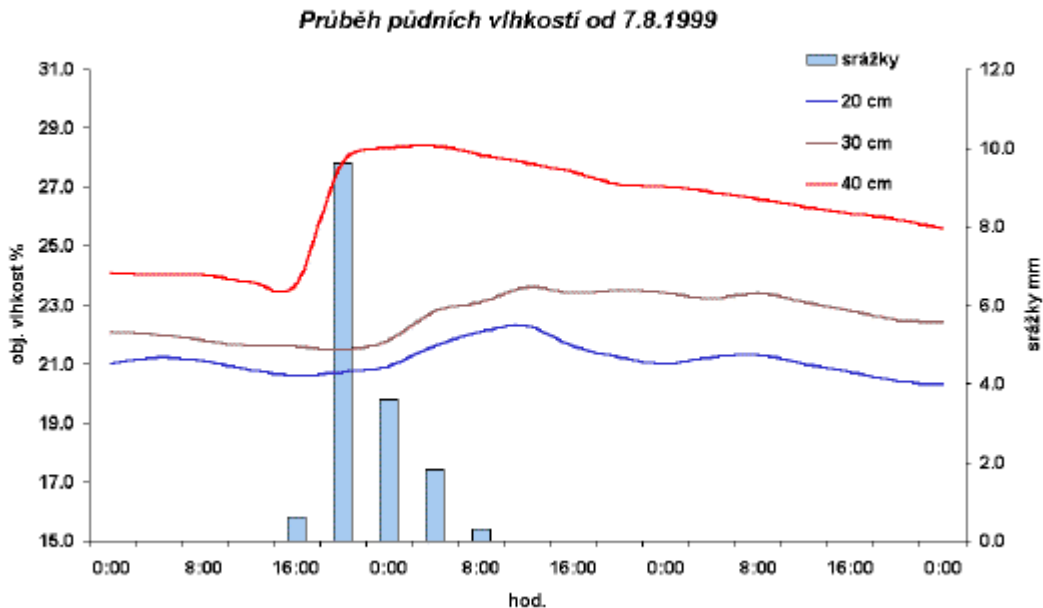


Obr. 4: Průběh srážek a půdních vlhkostí od 12.9.1998

Pokud se makropóry uzavřou, dochází v případě srážek k zasakování, které je znázorněno na obr. 4 pro dny od 12. září 1998. Nejprve se nasýtí svrchní vrstva půdy a poté se vláha šíří do hlubších vrstev. Tomuto případu odpovídají klasické teorie šíření vody v homogenní půdě. Lze z toho usuzovat, že na podzim vlivem častějších úhrnů srážek a nižší vláhové potřeby dochází

k uzavírání makropórů a převaze vlivu mikropórů na průběh zasakování. Přispívat k tomu může i skutečnost, že v tomto období nebývají intenzity dešťů tak velké jak v letním období a nevytváří se na povrchu potřebná vrstvička vody, která by zatékala do makropórů.

V roce 1999 docházelo postupně k dalšímu navrácení půdního profilu do přirozeného stavu, s čímž byly spojeny i další výraznější případy pozorovaného obtokového proudění.



Obr. 5: Průběh srážek a půdních vlhkostí od 7.8.1999

Na obr. 5 je pěkná ukázka dynamiky půdní vlhkosti, kdy po intenzivní srážce došlo ke změně vlhkosti prakticky pouze v hloubce 40 cm, zatímco snímače ve 20 a 30 cm nezaznamenaly výraznější změnu. Tento průběh nejlépe odpovídá modelu zasakování znázorněnému na obr. 1. Obdobný průběh byl zaznamenán v roce 1999 ještě v několika případech.

Kromě těchto typických ukázek se v průběhu roku 1999 objevila celá řada kombinovaných typů zasakování srážkové vody, při nichž půdní vlhkost vzrůstala ve všech třech horizontech paralelně, což svědčí o tom, že docházelo jak k makropórovému proudění, tak i k normálnímu zasakování. Tím se výrazně zvýšila infiltrační schopnost půdy a ve stejném časovém úseku byla schopna pojmout větší množství vody.

Na základě kladných změny půdní vlhkosti v měřené třiceticentimetrové vrstvě od 15 do 45 cm jsme vypočítali, že jenom v téhle vrstvě se během intenzivních srážek akumulovalo 43 – 62 % spadlých srážek během jednotlivých srážkových period. Pokud k tomu připočteme i akumulované množství ve svrchní a případně i spodní vrstvě, zjistíme, že množství pohlcené vody může dosáhnout poměrně vysokého procenta.

Obdobně jako v roce 1998, tak i v roce následujícím došlo v podzimních měsících k uzavření makropórů a voda se šířila půdním prostředím postupným zasakováním ze svrchních vrstev do hlubších, tak jak to odpovídá „klasickým“ teoriím.

Závěr

V předložené práci bylo poukázáno na poněkud opomíjenou skutečnost, že voda v přirozeném půdním prostředí se v určitých případech nemusí šířit zcela rovnoměrně, avšak může docházet k jejímu zasakování nejrůznějšími preferovanými cestami, takže se dostává i do míst, kde by se podle klasických metod výpočtu infiltrace neměla nacházet. Na konkrétně naměřených údajích bylo poukázáno na to, že tento případ je u travních porostů dokonce častější než “klasický” způsob zasakování, především v letních měsících, kdy je rovněž větší i výskyt přívalových dešťů. Kromě typického obtokového proudění se v tomto období vyskytuje i celá řada přechodných typů, kdy zasakující voda využívá všech možností k infiltraci do půdního profilu. Intenzita infiltrace tak v případě makropórového proudění výrazně stoupá.

Lze se domnívat, že obdobná situace může nastávat i v případě zatravnění meziřadí ovocných sadů, vinohradů apod., kdy hlavní námitkou proti zatravnění bývá tvrzení, že travní porost zabraňuje pronikání vláhy k hlouběji umístěným kořenům dřevin. Jak je vidět, příroda si umí poradit i s tímto problémem. Naopak při pravidelné kultivaci dochází k přerušení makropórů a voda zasakuje pouze do určité hloubky půdní matrice, přičemž tato hloubka může být menší než oblast s výskytem kořenů trvalých kultur, které jsou naopak kultivací ve svrchních vrstvách přerušeny.

V mimovegetačním období je výskyt makropórového proudění méně častý a převažuje rovnoměrný průsak od svrchních vrstev k nižším.

Existence makropórového proudění je rovněž jedním z vysvětlení, proč dochází ke kontaminaci podzemních vod nejrůznějšími znečišťujícími látkami pocházejícími z hnojiv a chemických postřiků i v takových oblastech, kde by podle úhrnů srážek nemělo docházet k promyvnému režimu půdy a tyto sloučeniny by se měly udržovat pouze ve svrchních vrstvách půdy.