Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd

Vliv způsobu hospodaření na distribuci vody v půdě

Bakalářská práce

Autor práce: Filip Voda

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Jakšík, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv způsobu hospodaření na distribuci vody v půdě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2016_____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ondřejovi Jakšíkovi, Ph.D. za jeho ochotu, vlídný přístup a připomínky s cennými radami při řešení této bakalářské práce.

Vliv způsobu hospodaření na distribuci vody v půdě

Souhrn

Hospodařením na pozemcích může být významně ovlivněna kvalita povrchových a podzemních vod, protože je prováděno na půdě a stejně tak v celé krajině, odkud voda v rámci části hydrologického cyklu pochází. Na distribuci vody v půdě mohou mít významný vliv vlastnosti půd popsané v této bakalářské práci, jakými jsou například pórovitost, zrnitost, struktura půdy a její objemová hmotnost, které velkou měrou udávají zpracovatelnost půdy, jež je závislá na její vlhkosti. Dále jsou v předložené bakalářské práci popsány faktory hospodaření, jež mohou ovlivňovat obsah vody v půdě, půdní vlhkost a vliv povrchové vody na erozní činnost pozemků. Faktory ovlivňující distribuci vody v půdě jsou rozepsány do jednotlivých skupin, kterými jsou zpracování půdy a její zhutnění, vodní eroze, edafon a vliv vegetace na vodní režim půdy. V závěru práce pak bylo dle hodnocených studií zaznamenáno, že minimalizační a půdoochranné technologie mají pozitivnější vliv na vodní režim v půdě, vyšší obsah biomasy makroedafonu, snížení povrchového odtoku a eroze půdy a snížení nežádoucího zhutnění půdy, nežli tomu je u konvenčních technologií.

Klíčová slova: půdní vlhkost, distribuce vody, kvalita půdy, ekologické zemědělství

An influence of farming system on soil water distribution

Summary

Farming the soil can significantly influence quality of surface and ground water because it is carried out both on the soil and in the whole landscape, where the water within its hydrological cycle comes from. Water distribution in the soil can be significantly influenced by character of the land. This work describes soil properties which affects water retention and distribution, for example porosity, texture, soil structure and bulk density. All these factors determine soil cultivation that depends on its actual humidity. There are farming practices described, too. These practices can significantly influence water contents in the soil, soil humidity and the influence of surface water on soil erosion. Factors which influence water distribution within soils are sorted into individual chapters. They are soil, cultivation and its depresion, water erosion, edaphone water regime of soil and the influence of vegetation to water regime of soil. In the end of this work, we conclude that reduced and soil-protective technologies have positive influence on water regime, macroedaphone biomass content (higher number of earthworms), surface runoff reduction and therefore minimize a risk of soil water erosion and unfavorable soil compaction in comparison to conventional technologies.

Keywords: soil moisture, water distribution, soil quality, organic farming

Obsah

1. Úvod 1

2. Hypotéza a cíle práce 2

3. Literární přehled 3

3.1 Půda 3

3.1.1 Vznik půdy 3

3.1.2 Půdotvorné faktory a podmínky 3

3.1.3 Vlastnosti půd 5

3.2 Voda v půdě 9

3.2.1 Malý vodní koloběh 10

3.2.2 Pohyb vody v půdě 10

3.2.3 Vlhkost půdy 11

3.2.4 Retenční čáry půdní vlhkosti a hydrolimity 12

3.3 Vliv hospodaření na půdu 13

3.3.1 Zpracování půdy 13

3.3.2 Zhutnění půdy 20

3.3.3 Vodní eroze 22

3.3.4 Edafon a vodní režim půdy 27

3.3.5 Vegetace a její vliv vodní režim v půdě 28

4. Diskuse 31

5. Seznam literatury: 34

1. Úvod

Dostupnost vody v půdě je často jedním z hlavních limitujících faktorů při pěstování rostlin. Omezená infiltrační schopnost může zvyšovat riziko eroze půdy v důsledku povrchového odtoku nebo snižovat produkční potenciál v důsledku přemokření. Různé způsoby hospodaření tak mají různý vliv na distribuci vody v půdě. Zvláště pak využívání dnešních typů strojů, mechanizace a různých způsobů obdělávání půdy. Na změně množství a pohybu vody v půdě má také velký vliv načasování jednotlivých pracovních operací a volba typu pracovního úkonu. Rozdíly v infiltrační schopnosti půdy mohou ve značné míře ovlivňovat i živé organismy, jakými může být např. půdní edafon. Vegetační kryt má významnou roli v ochraně půdy před vodní erozí a v ukládání vody do půdního profilu. Znalosti týkající se distribuce vody v půdě mohou být přínosné pro každého zemědělce. Zejména jde-li o suchá nebo naopak přemokřená místa, jež potřebují vyšší pozornost. Voda, nacházející se v půdě, tvoří významný článek hydrologického cyklu. Její zásoby ovlivňuje mimo přírodní faktory významnou měrou i člověk. Dobrý management dešťové vody si klade za cíl maximalizovat množství dešťové vody, která vstupuje do půdy a je následně akumulováno v půdě nebo je použito pro růst a vývoj rostlin.

2. Hypotéza a cíle práce

Různé technologie zpracování a způsoby hospodaření ovlivňují distribuci vody v půdním profilu

Cíle práce:

1) Uvedení faktorů ovlivňujících distribuci vody v půdě.
2) Na základě dostupných informací porovnat vliv různých technologií a způsobů hospodaření na distribuci vody v půdě

3. Literární přehled

3.1 Půda

Václav Novák definoval půdu jako přírodní útvar, který se utvořil z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků. Jeho stavba a složení jsou výsledkem působení klimatu a živých organismů žijících v půdě i na půdě. V. V. Dokučajev popsal půdu jako povrchovou vrstvu jakýchkoliv hornin, které jsou přeměněné současným působením vody, vzduchu a rozličných organismů (In: Prax a kol., 1997).

3.1.1 Vznik půdy

Urban a Šarapatka (2003) popisují, že vznik půdy je proces dlouhodobý, který je závislý na podmínkách prostředí a vlastnostech matečné horniny. Přetvoření matečné horniny v půdu je proces plynulý, při němž je možné popsat následující souběžně probíhající procesy. Nejdříve se pomocí fyzikálního zvětrávání začne matečná hornina rozpadat. Následně začne na horninu působit chemické zvětrávání, při kterém se zvyšuje uvolňování živin. Současně s chemickým zvětráváním působí na horninu i zvětrávání biologické, které je způsobováno činností organismů. Organismy působí při tvorbě mechanickým i chemickým zvětráváním. Díky půdotvorným procesům vznikají půdní typy. Jsou to tělesa přírodního původu, se zákonitým uspořádáním, která jsou složena z jednotlivých vrstev.

3.1.2 Půdotvorné faktory a podmínky

Urban a Šarapatka (2003) popisují, že půdotvorné faktory a podmínky se podílejí na tvorbě a vývoji půd a mohou do značné míry ovlivňovat půdní vlastnosti.

Skupinu půdotvorných faktorů tvoří matečná hornina, podnebí neboli klima, biologický faktor, podzemní voda, činnost člověka a stáří půd. Půdotvorné faktory mají přímý účinek na půdu.

Mezi půdotvorné faktory patří vlastnosti matečné horniny. Ta ovlivňuje úrodnost půdy. Zrnitostním složením se udává, o jakou půdu půjde (písčitou, jílovitou, kamenitou atd.).

Pavel (1984) uvádí, že písčité půdy vykazují lepší a intenzivnější transformační a transportní pochody než půdy jílovité, u kterých jsou tyto pochody zbrzděny. Minerální síla je

množství prvků, jež budou uvolněny zvětráním do půdy. Tyto prvky následně vyživují rostliny.

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím tvorbu půdy je podnebí. V tomto činiteli se na vývoji půd velkou měrou podílejí srážky a výpar. Rozhodují o rychlosti fyzikálních, chemických a biologických procesů. Podnebný faktor úzce souvisí s pohybem prvků a jemných částic v půdě, směrem k povrchu půdy, ale i do větších hloubek půdního profilu. Během roku může docházet k vynášení látek vzlínající vodou, zejména v sušších (aridních) a teplejších oblastech, kde převládá výpar. Naopak ve vlhkém a humidním klimatu může docházet k vyluhování látek díky infiltrační schopnosti půdy.

Jako třetí je udáván faktor biologický. Tento faktor zahrnuje rostliny a živočichy žijící v půdě. Rostliny, které odebírají živiny z půdy, je později dodávají zpět do půdy se svými odumřelými těly. Biologický půdotvorný faktor je označován jako nejdůležitější faktor ovlivňující tvorbu půdy.

Podzemní voda je další činitel ovlivňující tvorbu půdy. Podzemí voda, nacházející se hluboko pod povrchem, může působit problémy rostlinám, jež mají v tomto důsledku horší růst kořenů. Malá zásoba podzemní vody může způsobovat to, že rostliny budou odkázány pouze na atmosférické srážky. Mineralizovaná podzemní voda může vynášet soli směrem k povrchu půdy za předpokladu suchého a teplého počasí. Tím mohou působit zasolování půdy. Tento půdotvorný proces se nazývá solončakování.

V důsledku lidské činnosti se může stát, že budou zásadním způsobem změněny fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. A to bud´ pozitivně nebo naopak negativně. Činností člověka může být negativně ovlivněna tvorba půdy v důsledku špatného hospodaření, kdy může vznikat vodní eroze. Odvodněním a závlahami může být také dosaženo změn ve vývoji půd, a to možným zasolením půdy minerální závlahovou vodou nebo ochuzování půdního profilu o vodu, díky drenážnímu systému. Naopak pozitivní vliv může mít správné zpracování půdy (ochranné, minimalizační), které muže zlepšit infiltrační schopnost vody půdy a omezit výpar. Hnojení může být také zařazeno k činnosti, která zlepšuje tvorbu půdy díky organické hmotě.

Půdotvorné procesy

Mezi půdotvorné procesy související s vodním režimem půdy patří reliéf a stáří půd. Půdotvorné podmínky ovlivňují půdotvorné faktory.

Reliéf je zařezován do půdotvorných procesů a je zároveň podmínkou pro vznik půd. Terén ovlivňuje rozdělení slunečního záření a vody v krajině, které rovněž působí na tvorbu půd, přičemž členitější terén se vyznačuje rozdílnou kvalitou půd. Reliéf výrazně ovlivňuje působení faktorů, které jsou popsány výše. U terénu záleží na orientaci svahu ke světovým stranám a jeho sklonitosti. Nejméně vody vsakuje na svahu, naopak nejvíce vody je vsakováno na úpatí svahu, kde je více času vodu infiltrovat, a proto se zde může na povrchu půdy hromadit více vody. Takto je následně ovlivňováno rozdělení a ukládání vody do půdy. Na svažitějších pozemcích může docházet k vodním erozím (Urban a Šarapatka, 2003). Vodní eroze způsobená lidskou činností vlivem hospodaření neustále přetváří reliéf území a smývá půdní částice, které už nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem (Novotný a kol., 2014). Se stoupající nadmořskou výškou vzrůstá množství srážek a snižuje se průměrná roční teplota, což se výrazně projevuje v transportních a transformačních pochodů v půdě (Prax a kol., 1997).

Stářím půd můžeme zjistit, jak dlouho působily předchozí faktory na tvorbu půdy. Jde lehko rozeznat půdy ležící blízko toků, jež jsou vývojově mladší než půdy rovin ovlivněné tekoucí vodou (Urban a Šarapatka., 2003).

3.1.3 Vlastnosti půd

Vlastnosti půd lze rozdělit do skupin fyzikálních, chemických a biologických. Plní důležitou funkci z hlediska úrodnosti půdy a výrazně ovlivňují vodní režim půdy (Urban a Šarapatka, 2003).

Fyzikální vlastnosti

Dle Reháka a Jánského (2010) jsou fyzikální vlastnosti půd propojené s prostorovým uspořádáním půdní hmoty. Do fyzikálních vlastností můžeme zařadit zrnitost, pórovitost, půdní strukturu, měrnou hmotnost půdy a objemovou hmotnost.

Zrnitost

Zrnitostní složení půdy popisuje zastoupení jednotlivých velikostí půdních částic. Zrnitostí půd je ovlivňováno mnoho půdních vlastností, zvláště pak poměr vody a vzduchu, obsah a složení edafonu nebo fyzikálně chemické a biochemické procesy (Pokorný a kol., 2007). Podle hmotnostního obsahu těchto částic se vyčleňují půdní druhy, které charakterizují půdu. Půdními druhy je možné také popsat zpracovatelnost půd, která je dána zrnitostním složením půdy a mění se s různým obsahem půdní vlhkosti (Hůla a kol., 1997). Obtížnost zpracování půdy je nejnižší u písčité půdy a postupně se ztěžuje až po nejhůře obdělávatelné půdy, které se nazývají jíly. Podíl jednotlivých skupin zemědělské půdy v České republice je 19 % lehkých půd, 59 % středních půd a 17 % těžkých půd (Hůla, 2000)

Pórovitost

V půdě se nacházejí prostory, které nejsou nijak zaplněny pevnou fází. Takové prostory jsou nazývány půdními póry. Většinou mají různý tvar, velikost a jsou různými způsoby propojeny. Póry umožňují vodě a vzduchu proudit v půdě. V pórech probíhají látkové přeměny a výměnné reakce mezi mikroorganismy a kořínky rostlin. Jsou rozděleny na kapilární, semikapilární a nekapilární. Kapilární póry mají průměr menší než 0,0002 mm a voda v nich může proudit proti gravitačnímu spádu. Semikapilární póry tvoří přechod mezi póry kapilárními a nekapilárními a jejich rozmezí velikosti pórů se pohybuje mezi 0,0002 – 0,1 mm. Nekapilární póry mají větší průměr než 0,1 mm a voda se pohybuje vlivem zemské přitažlivosti do spodních vrstev půdního profilu. Na místo, vzniklé odtokem vody směrem do půdy, se dostává vzduch. Pórovitost na zemědělských půdách se pohybuje okolo 40–50 % (Pokorný a kol., 2007). Při zpracování půdy je mechanickými zákroky měněna pórovitost půdy. Zvýšení pórovitosti lze dosáhnout kypřením, přidáním organické hmoty do půdy (Hůla a kol., 1997). Přidáním organické hmoty lze díky huminovým kyselinám, které přispívají k agregaci půdních částic a zlepšují tak sktrukturu půdy, zvýšit pórovitost až o 8% (Javůrek a Vach, 2008) a zařazením meziplodin se může pórovitost zvýšit až o 5 % (Šimon a Zimová, 1983). Pórovitost je naopak snížena působí-li na půdu vyšší tlaky, které způsobují zhutnění půdy. Tabulka nacházející se v této kapitole, popisuje zrnitostní složení a vlastnosti půd (Hůla a kol., 1997).

Tabulka 1 Rozdělení půd podle zrnitosti (Hůla a kol., 1997).

Název druhu půdy	Obsah zrn menších než 0,01mm v %	Praktické označení	Základní vlastnosti půdy
Jíl	nad 75	Velmi těžké půdy	Půdy jsou za vlhka velmi vazké, po vyschnutí stmelené a tvrdé. V období duha pukají a objevují se trhliny. Pro vzduch a vodu jsou nesnadno propustné, jsou studené, biologicky méně činné.
Jílovitá půda	60 až 75		Zpracovatelnost půdy je značně obtížná, za vlhka se mažou a nesnadno kypří, za sucha se lámou v pevné, tvrdé a velké hroudy, které se těžko rozdělávají. Po promrznutí v hrubé brázdě jsou na jaře lépe zpracovatelné.
Jílovito-hlinitá půda	45 až 60	Těžké půdy	Půdy tuhé, vazké a uléhavé, za vlhka se mažu, za sucha tvrdnou. Biologicky jsou aktivnější než velmi těžké půdy. Zpracovatelnost je poměrně obtížná. Při vhodném vlahém stupni vlhkosti se však snadněji obdělávají a kypří. Za sucha se hroudy dají rozdrobit.
Písčito-jílnatá půda	30 až 45	Středně těžké půdy	Půdy se znatelnou převahou písčitých a jílnatých půdních části s nízkým obsahem prachu. Podle obsahu jílnatých částic spadají sice do kategorie středně těžkých půd, avšak vzhledem k nízkému obsahu prachových částic mají zhoršené technologické vlastnosti (zejména zvýšenou vazkost) jako půdy těžké.
Hlinitá půda	30 až 45		Půdy s převažujícím zastoupením jemných půdních částic a zanedbatelným podílem písčitých zrn. Velký obsah prachových částic příznivě ovlivňuje fyzické vlastnosti, zejména působí proti nadměrné uléhavosti a vazkosti. Přiměřená vododržnost a propustnost pro vodu prodlužuje období optimálního stavu vlhkosti.
Písčito-hlinitá půda	20 až 30		Půdy s menším zastoupením jemných částic s hmatatelným obsahem písčitých zrn. Vyrovnaný podíl jílu a prachu jim dodává střední zrnitosti, podstatná příměs písčitých frakcí zvyšuje jejich propustnost pro vodu a vzduch. Jedná se o půdy dobře zpracovatelné
Hlinito-písčitá půda	10 až 20	Lehké až velmi lehké půdy	Půdy skládající se převážně z hrubých písčitých zrn a velmi nízkého až zanedbatelného podílu prachových částic. Mají malou soudržnost a vododržnost, jsou drobivé až sypké, pro vodu velmi snadno propustné a proto vysýchavé. Velmi snadno zpracovatelné půdy.
Písek	0 až 10		Vyznačují se vysokým obsahem hrubých písčitých zrn a malou soudržností. Velmi snadno zpracovatelné půdy.

Půdní struktura

Struktura popisuje agregace primárních půdních částic (písek, prachové částice a jíl) do složených částic nebo shlukování primárních částic, jež jsou odděleny od sousedních agregátů. Půdní struktura je vyjádřena jako způsob, kterým se jednotlivé částice stmelují do větších agregátů tzv. pedů (anglicky Peds). Pedy mohou mít různý tvar a velikost (Mentlík, 2015). Na hlinitých a jílovitých půdách může vznikat slitý stav, kdy jsou půdy zaplaveny vodou a rozbředlá hmota následně rychle vysychá. Z půdy se vytvoří kompaktní celek, který na povrchu vytváří půdní škraloup a zamezuje tak výměnu mezi půdou a ovzduším (Pavel, 1984). Za dobře strukturovanou půdu lze považovat takovou, která je kyprá, má vyrovnaný poměr kapilárních póru a gravitačních pórů, dobře infiltruje srážkovou vodu a má malý neproduktivní výpar (Prax a kol., 1997).

Rozlišujeme několik typů půdních struktur: hrudkovitou, prizmatickou, sloupcovou a destičkovou. Stmelení půdních částic může být provedeno jílovitou substancí, organickou složkou, sloučeninami železa atd. (Prax a kol., 1997).

Nejlépe se kultivují půdy s hrudkovitou nebo kostkovou strukturou. Půdy, které mají velký obsah jílu, vytváří pedy jen velice obtížně. Při provlhčení jsou mazlavé a těžké. Naopak pokud vyschnou, výrazně tvrdnou. Důležité je půdu obdělávat za vhodné vlhkosti, při které nedochází k narušování její struktury. Při obdělávání půdy za vysoké vlhkosti je struktura půdy narušována nadměrnými přejezdy po pozemcích. Naopak při obdělávání suchých půd (např. v předseťové přípravě) může být půdní struktura narušena rozprašováním strukturních agregátů (Hůla a kol., 1997).

Měrná hmotnost půdy

Měrná hmotnost půdy udává jednotkový objem pevné fáze bez pórů, v případě, že dané částice dokonale vyplňují daný prostor (Pokorný a kol., 2007). Měrná hmotnost půdy je závislá na obsahu minerálních a organických látkách, protože tyto složky mají různou měrnou hmotnost (Prax a kol., 1997).

Objemová hmotnost

Objemová hmotnost je vyjádřena jako hmotnost objemové jednotky s póry. Vzorek, ale musí být neporušený. Lze měřit jako objemovou hmotnost suché a vlhké půdy (Pokorný a

kol., 2007). Hodnota objemové hmotnosti je závislá na měrné hmotnosti půdy, na podílu pórů, které se v půdě nacházejí, a na míře jejich zaplavení vodou (Prax a kol., 1997). Při zhutněné půdě se objemová hmotnost zvyšuje. V důsledku tohoto zvyšování objemové hmotnosti nastává horší infiltrační schopnost vody do půdy (Hamza a Anderson, 2005).

Chemické vlastnosti půdy

Kutílek a kol. (2004) uvádějí, že chemické vlastnosti půdy jsou ovlivněny různými procesy, které probíhají v půdě nebo chemickým složením výchozích materiálů a antropogenními vlivy.

Obsah a kvalita humusu

Humus je tvořen ze zbytků rostlinných a živočišných organismů, které se vyskytují v půdě a jsou v různém stádiu rozkladu. Kvalitní humus obsahuje více huminových kyselin oproti fulvokyselinám. Čím je obsah huminových kyselin v půdě vyšší, tím je humus kvalitnější. Při vyšším obsahu humusu v půdě je zlepšena infiltrační schopnost půdy a vyšší odolnost vůči zhutnění, což usnadňuje obdělávání půdy a snižuje mechanické poškození půdy (Pokorný a kol., 2007).

Biologické vlastnosti

Nezastupitelný význam mají živé organismy pro mnoho procesů, které probíhají v půdě. Jejich činnost je ovlivněna fyzikálními, ale i chemickými vlastnostmi. Půdní organismy přeměňují organickou půdní hmotu, podmiňují tvorbu humusu a mineralizaci organických látek a tak i koloběh živin (Urban a Šarapatka., 2003).

3.2 Voda v půdě

Voda je velmi důležitá pro vznik půdy a existenci života v půdě. Všechna voda vyskytující se dočasně nebo trvale v půdním profilu je součástí půdního roztoku. Voda, která se nachází v půdě, je zadržována v pórech a na povrchu půdních částic. Voda v půdě je součástí koloběhu vody v přírodě a zahrnuje veškerou vodu obsaženou v půdě ve skupenství kapalném, plynném i pevném (Šarapatka a kol., 1996). Do půdy je voda přiváděna v podobě dešťových srážek, infiltrací z vodních koryt, závlahou a vzlínáním podzemní vody (Sáňka a

Materna, 2004). Část vody, která se infiltruje do větší hloubky, se stává podzemní vodou. Naopak voda je z půdy odstraňována evaporací, transpirací a evapotranspirací (Allen a kol., 1998). Množství vody v půdě, ale závisí na klimatických podmínkách, výšce hladiny podzemní vody, infiltračních a retenčních poměrech, které se odvíjejí od granulometrického složení půdy (Sáňka a Materna, 2004). Množství vody v půdě se liší v závislosti na půdním typu a retenční schopnosti různých půdních druhů (Elbl, 2016). Množství vody v půdě, které je k dispozici pro produkci rostlin, závisí na tom, kolik dešťové vody zůstává v půdě, kolik je odplaveno povrchovým odtokem, kolik vody je odpařeno a kolik naprší (Shaxson a Barbera, 2003).

Stav hladiny podzemní vody během roku značně kolísá. Při déle trvajícím suchu se rozsah nádrží podzemních vod zmenšuje a obsah této vody klesá (Pavel, 1984). Nejméně podzemní vody je v půdním profilu obsaženo během letního a podzimního období, kdy je dosaženo vyššího výparu. Naopak nejvíce podzemní vody v půdě se nachází v jarním období, kdy taje sníh (Klika a kol. 1954).

3.2.1 Malý vodní koloběh

Malý vodní cyklus je uzavřený koloběh vody, u kterého voda vypařená z pevniny spadne v podobě dešťových srážek nad tím samým pevninským prostředím. Pevnina si větší část svých srážek dotuje ze svého vlastního pevninského výparu. Srážkový úhrn na území se podílí na nasycování půdy dešťovou vodou a prostřednictvím malého vodního cyklu se přibližně jedna polovina až dvě třetiny dešťové vody zúčastňuje na zpětné tvorbě srážek nad pevninou. Výpar z pevniny je při určitém zjednodušení (zanedbání akumulace) rozdíl srážek a odtoku. V krajině nasycené vodou a vodními parami voda cirkuluje v malých množstvích a na relativně krátké vzdálenosti. Časté a pravidelné místní srážky zpětně udržují vyšší hladinu podzemní vody, a tím se za pomocí vegetace a výparu může celý cyklus neustále opakovat (Kravčík a kol., 2007).

3.2.2 Pohyb vody v půdě

Infiltrace vody

Infiltrace je proces, při kterém se voda dostává do půdy. Část takto přijaté vody je v půdě zadržena. Určité množství infiltrované vody je postupně uvolňováno a zbývající část

vody prostupuje níže do hloubky a je přes horninové prostředí schopno zásobovat vodní kolektory pod zemí (Vopravil, 2016). Míra infiltrace je ovlivněna schopností půdy zadržovat vodu, která se bude měnit s hloubkou půdního profilu, kamenitostí a texturou. V písčité půdě je relativně vysoký podíl pórů mezi velkými minerálními částicemi. Většina jich je ale tak velká, že jimi voda protéká a velice málo jí je zachyceno v půdním profilu. Naopak v jílovitých půdách lze očekávat, že díky malým pórům se bude voda vsakovat pomaleji a bude zadržovat více vody (Perreira, 2001). Rychlost infiltrace se také liší podle způsobu obdělávání půdy (Hamza a Anderson, 2005). To potvrzuje Jabro a kol. (2016), který na písčitohlinitých půdách naměřil, že nejrychlejší infiltrace vody do hloubky 40 cm půdy je v systému mělkého zpracování půdy, a to konkrétně 27,6 mm h^{-1}. Na druhém místě byl s hodnotou 17,21 mm h^{-1} systém bez zpracování půdy. Nejhůře se pro infiltraci vody do půdy projevila orba s hodnotou 12,46 mm h^{-1}.

Evaporace, Transpirace, Evapotranspirace

Evaporace je proces, při němž je voda odpařována z povrchu půdy. K evaporaci dochází, pokud je na povrchu půdy koncentrace vodní páry vyšší než v atmosféře. Vodní pára se posouvá směrem ven z půdy, ve snaze vyrovnat koncentraci vodní páry v atmosféře. Půdy s jemnou texturou mají vyšší počet malých (kapilárních) pórů, a proto se voda kapilárními póry pohybuje směrem k povrchu půdy více, nežli je tomu u půd s hrubou texturou. Výpar dosahuje vyšších hodnot na půdách holých oproti půdám krytým (Perreira, 2001). Transpirací se rozumí odpařování kapalné vody, která je obsažena v rostlinných tkáních a odpařování vodní páry do atmosféry. Evapotranspirací můžeme vyjádřit množství půdní vody, které je použito pro transpiraci a zároveň množství vody, které je odpařena z povrchu půdy (Allen a kol., 1998).

3.2.3 Vlhkost půdy

Půdní vlhkostí se rozumí množství vody, které je v půdě obsaženo. Vlhkost půdy se v přírodě značně liší od suché, až po velmi vlhkou půdu. Vlhkost se plynule mění díky atmosférickým srážkám, infiltraci, evapotranspiraci apod. (Šarapatka, 2014). Vlhkost můžeme vyjádřit jako hmotnostní, objemovou a relativní. Hmotností vlhkost charakterizuje hmotnost vody a vysušeného vzorku půdy. Je udávána v procentech hmotnostních. Naopak objemová vlhkost je vyjádřena jako podíl objemu vody k neporušenému půdnímu vzorku (Pokorný a kol., 2007).

3.2.4 Retenční čáry půdní vlhkosti a hydrolimity

K nejdůležitějším hydrofyzikálním charakteristikám půdy patří retenční čáry půdní vlhkosti. Díky nimž můžeme určovat energetickou charakteristiku půdní vody, charakteristiky půdních pórů a hydrolimitů. Důležitost retenčních čar spočívá při řízení závlah, odvodňování půdy a dalších polních pracích, které souvisejí s hospodaření. Průběh těchto čar je závislý na vlastnostech, jako je zrnitostní a mineralogické složení půdy, objemové hmotnosti a struktuře, obsahu půdní organické hmoty a kationtů. Retenční čára vyjadřuje retenční schopnost půdy, což znamená schopnost půdy, zadržovat půdní vodu proti působení vnějších sil. Průběh retenčních čar je závislý na postupu dosažení stavu rovnovážnosti. Čára, kterou získáme při postupném snižování vlhkosti půdy je odlišná od čáry, jež získáme postupným zvlhčováním ze suchého stavu půdy. Jev, který při tomto procesu vznikne, je nazýván jako hysterezie retenční čáry. Hysterezie ovlivňuje proměnlivost průměrů pórů, různé hodnoty smáčecího úhlu zvlhčeného a suchého povrchu a vzduch uzavřený v pórech (Šarapatka, 2014).

Hydrolimity jsou hodnoty vlhkosti půdy, které byly dosaženy při určitých podmínkách. Jsou definicí vlhkostních potenciálů a tlakových výšek (Štekhauerová a kol., 2002). Šarapatka (2014) Hydrolimity jsou určovány retenčními čarami a za pomoci hydrolimitů jsme schopni vyjádřit pohyblivost vody v půdě, dostupnost vody pro rostliny a jejich vztah k jednotkám vlhkostního potenciálu. Půdní hydrolimity jsou rozděleny do dvou skupin. Jedná se o skupiny tzv. základních a podmíněných hydrolimitů (Šarapatka, 2014).

Základní hydrolimity

Základní hydrolimity jsou určovány objektivně existujícím rozmezím energetických kategorií půdní vody (Pavel, 1984). Šarapatka a kol. (2014) zařazuje do základních hydrolimitů adsorbční vodní kapacitu, retenční vodní kapacitu, polní vodní kapacitu, maximální nebo absolutní vodní kapacitu a plnou vodní kapacitu.

Adsorbční vodní kapacita (O_a)

Vyjadřuje maximální množství vody, které je v půdě poutáno adsorbčními silami. Hodnota vlhkosti odpovídající adsorbční vodní kapacitě se pohybuje v rozmezí 1–15 %. Její tlaková výška odpovídá rozmezí hodnot mezi 4,8 a 5,2 pF.

Retenční vodní kapacita ($O_{rk)}$

Tato hodnota udává nejvyšší množství vody, které je půda schopná zadržet vlastní silou při nadměrném zavlažování po delší dobu.

Polní vodní kapacita (O_{pk})

Stanovuje retenční kapacitu v polních podmínkách. Je vyjádřena vlhkostí po nadměrném vyloučení vlivu srážek, evaporace a podzemní vody. Popisuje vlhkost půdy, při které je v půdě voda držena v málo pohyblivém stavu a vlhkost zůstává po několik dnů stejná. Hodnota vlhkosti, která odpovídá polní vodní kapacitě, se pohybuje v rozmezí 10 až 40 %. Tlaková výška půdní vody nabývá hodnot v rozmezí 2,0 až 2,7 pF.

Maximální vodní kapacita (O_{Mkk}) nebo absolutní vodní kapacita (O_{ak})

Může být popsána jako stanovení polní vodní kapacity. To je realizováno v laboratorních podmínkách.

Plná vodní kapacita (O_s)

Je vyjádřena jako plné nasycení půdy vodou. To znamená, že je stanovena vlhkost při úplném zaplavení pórů a dutin půdy vodou. Hodnota vlhkosti, která odpovídá plné vodní kapacitě, se pohybuje v rozmezí 25 až 60 %.

3.3 Vliv hospodaření na půdu

Zemědělské hospodaření ovlivňuje kvalitu povrchových a podzemních vod, neboť je realizováno na půdě a v krajině, odkud voda v rámci části hydrologického cyklu pochází (Vopravil a kol., 2010).

3.3.1 Zpracování půdy

Mašek a kol. (2015) uvádějí, že půda je vystavena rostoucímu antropogennímu zatížení, které v důsledku zalidňování planety sílí, a proto je nutné věnovat náležitou péči technologiím zpracování půdy, které snižují negativní vlivy na její stav. Podle Kőllera (2002) představuje zpracování půdy mechanický zásah do půdy za účelem vytvoření podmínek pro pěstované plodiny. Bauer (2013) uvádí, že obdělávání půdy je soubor operací, kterými se

mechanicky mění vlastnosti orniční vrstvy. Zpracováním se má půda upravit do stavu, kdy jsou plodinám poskytovány dobré stanovištní podmínky pro růst i vývoj se současným požadavkem na minimalizaci negativních dopadů na kvalitu půd. Zpracování půdy ovlivňuje vodní, vzdušný a tepelný režim půdy, její biologickou aktivitu a v neposlední řadě i uvolňování živin a jejich využití rostlinami. Kosil (1962) popisuje, že vhodná vlhkost pro obdělávání půdy je u jílovitých půd okolo 20–30 % obj. u hlinitých v rozmezí 15–22 % obj. a u písčitých půd 5–10 % obj. (In: Javůrek a Vach, 2008).

Zpracování půdy z hlediska systémů zpracování půdy

Dle Škody a kol. (1991) lze zpracování půdy rozdělit na konvenční a minimalizační. Hůla a kol (1997) dodává, že dále existuje ochranné zpracování půdy a přímé setí, které se provádí bez zpracování půdy a lze tedy použít setí do nezpracované půdy.

Konvenční zpracování půdy

Představuje tradiční používání klasického nářadí byť s moderními prvky, tj. všechny stroje a nářadí pracují pasivně, tj. jsou tažena traktorem nebo tahačem. Konvenční (tradiční, klasické) systémy jsou založeny na orbě, tj. obracení půdy – ornice. Plužní těleso nejenže obrací, ale i kypří, mísí a drobí půdu (Škoda, 1991).

Minimalizační zpracování půdy

Jsou též nazývány jako alternativní systémy. Jsou založeny na přípravě půdy pomocí kypření bez mísení a obracení, pomocí pasivních a rotačních kypřičů. Kypření může být hlubší, mělké nebo se vůbec nemusí provádět, v takovém případě hovoříme o 100% minimalizaci zpracování půdy. Jde o vynechání podzimní orby, využití krycí plodiny nebo meziplodiny přes zimu, které zajišťuje snížení vyplavování minerálního dusíku a snižuje riziko vodní eroze (Škoda, 1991).

Ochranné zemědělství

Cílem ochranného zemědělství je zvýšit zemědělskou produkci využitím zemědělských zdrojů a omezit degradaci za pomoci integrovaného hospodaření s dostupnou půdou, vodou a biologickými zdroji v kombinaci s vnějšími vstupy. Zahrnuje soubor vzájemně se doplňujících zemědělských postupů. Dochází ke zlepšení biologické aktivity, při které se zvyšuje množství makropórů, což má za následek lepší infiltraci vody do půdního

profilu. V České republice je tímto způsobem obděláváno zhruba 5 % půd (Evropská společenství, 2009).

Zpracování půdy a její vliv na zásobu vody v půdě

Podmítka

Podmítka je prvním zákrokem, který je proveden po sklizni obilnin, dalších zrnin a pícnin sklízených v letním období. Podmítka má vysoký význam z hlediska hospodaření s půdní vodou. Každý den zpoždění, kdy je pozemek nepodmítnut, může působit závažné ztráty půdní vláhy z orničního profilu. Za teplého letního dne bez srážek, se může z nepodmítnuté půdy odpařit až okolo 30 m^3 z jednoho hektaru. Takto snížená zásoba vody v půdě má výrazný vliv založení porostů a jejich následný růst.

Při podmítce je uměle vytvořena izolační vrstva, která má za úkol omezit výpar, a proto je obzvláště důležité její provedení v letních měsících, kdy teploty dosahují vysokých hodnot. V této části roku je výpar vody z půdy nejintenzivnější. Dalším úkolem podmítky je i usnadnění tvorby rosy, která je vytvářena na povrchu nakypřené části ornice. Plocha, která je ošetřena podmítkou usnadňuje infiltraci vody do půdy (Hůla a kol., 1997).

Rozdělení podmítky

Podmítku lze rozdělit na mělkou, která je prováděna do hloubky 8 cm, střední dosahující maximální hloubky 12 cm a hlubokou, jež dosahuje hloubky mezi 12 až 15 cm. Mělká podmítka je postačující ve vlhčích a chladnějších podmínkách. Oproti tomu v sušších oblastech je žádoucí podmítka hluboká, při které vzniká hlubší izolační vrstva a ta následně propouští méně vody z půdy do atmosféry Hůla a kol. (1997).

Obrázek 1 Podmítka

https://www.horsch2.com

Orba

Orba je popisována jako základní operace klasického zpracování půdy. Orbu lze charakterizovat jako kypření, drobení, obracení a mísení půdy. Lze do ní zařadit i zapravování rostlinných zbytků a hnojiv do půdy. Tyto charakteristiky ovlivňují půdní strukturu, biologickou činnost, vodní a vzdušný režim půd.

Pro orbu je půdní vlhkost velice důležitá. Pro posouzení vhodnosti orby lze použít makroskopického hodnocení půd, při kterém by ornice měla být drobivá. Dosahuje-li půda vysoké vlhkosti, nastává plastická deformace půdy.

Hloubka orby je volena především podle požadavků následných plodin v osevních postupech a podle stavu půdy. Klasické dělení orby podle hloubky je následující. Mělká orba je realizována do hloubky 18 cm půdního profilu. Střední orbu lze zařadit do rozmezí 18 až 24 cm. Hluboká orba je prováděna od 24 do 30 cm hloubky a velmi hluboká orba je hlubší než 30 cm.

Orbu lze provádět v několika termínech. Letní orba je prováděna za účelem pěstování meziplodin nebo pro druhé plodiny, které následují po sklizni první hlavní plodiny. Seťová orba je realizována k ozimým plodinám. Podzimní orbu provádíme za účelem pěstování jarních plodin. Jarní orba je prováděna jako nouzové opatření, které nepřispívá dobrému hospodaření se zimní vláhou. Při rozmrznutí půdy v zimě lze použít zimní orbu, která představuje vyšší riziko přítomnosti vyšší vlhkosti půdy než je vhodné pro tento pracovní úkon. Stále je, ale výhodnější z hlediska šetření půdní vláhy než orba jarní (Hůla a kol., 1997).

Obrázek 2 Orba

http://agropravda.com/

Bezorebné technologie

Bezorebné technologie se provádějí bez předem provedeného zpracování půdy před setím (Mašek a kol., 2015). Setí je realizováno speciálními secími stroji. Na povrchu půdy je ponecháno zhruba 80 % až 100 % rostlinných zbytků, které tlumí energii dešťových srážek a snižují povrchový odtok vody až na 0 mm jak je tomu zaznamenáno v tabulce pod obrázkem (Moldenhauer, 1985). Landers (2001) tvrdí, že lze tímto způsobem hospodaření snížit erozi půdy až o 90 %. Pod obrázky se nachází tabulka popisující odtok vody z povrchu půdy vlivem dešťových srážek, při různých způsobech zpracování půdy (Moldenhauer, 1985).

Obrázek 3 Bezorebné setí

http://www.smscz.cz

Tabulka 2 Odtok vody při dešti (31 mm srážek) na svahu při rozdílném zpracování půdy (Moldenhauer, 1985).

Způsob zpracování půdy	**Odtok vody v (mm)**
Konvenční s orbou	6,0
Kypření dlátovým kypřičem a talířovým podmítačem	2,7
Mělké kypření talířovým podmítačem	0,1
Bez zpracování půdy	0

Zpracování půdy a distribuce vody

Podle Kutzbacha (2000) těžké a výkonné stroje na obdělávání půdy a dopravu působí nadměrné mechanické namáhání půdy, a ovlivňují tak vodní režim půdy. Crittenden a kol. (2015) uvádějí, že snížení intenzity zpracování půdy může zlepšit fyzikální stav půdy, z hlediska půdní struktury a zadržování vody v půdě, jak v ekologickém tak i v konvenčním hospodaření. Hůla a kol. (2008) popisují, že v České republice je minimalizační zpracování půdy uplatňováno na více než 30% orné půdy. Martens a Frankenberger (1992) publikují, že nižším narušováním půdy zvyšujeme obsah organické hmoty, podporujeme život v půdě a zlepšujeme makroporézní systém, který má v tomto důsledku lepší infiltrační schopnost. Na to navazuje Pulleman a kol. (2003), kteří tvrdí, že v důsledku obdělávání půdy se snižoval: Obsah organické hmoty, který byl o 60 % nižší na pozemcích obhospodařovaný konvenčním

způsobem oproti ekologickému hospodaření, které využívá minimalizačního zpracování půdy. Vodou stabilní agregace v půdě byla nejvyšší u zatravněného pozemku bez obdělávání půdy, kde hodnota dosahovala 83,5 % zastoupení v hloubce do 10 cm a 62,2 % v hloubce do 20 cm půdního profilu. Na ekologicky obhospodařovaných pozemcích bylo dosaženo 75 % do hloubky 10 cm a 70,3 % v hloubce do 20 cm půdního profilu. Nejhůře dopadl konvenční způsob hospodaření dosahující hodnot 43,7 % do 10 cm a 41,2 % v hloubce do 20 cm půdního profilu. Capowiez a kol. (2009) píší, že při radličné orbě a zpracováním půdy rotačními bránami není nijak zvláště veliký a prokazatelný rozdíl v infiltraci vody, kdy u orby bylo dosaženo střední hodnoty průtoku vody půdním profilem 81,8 $mm.h^{-1}$ a u rotačních bran 96,0 $mm\ h^{-1}$. Teravest a kol. (2015) uvádějí, že ve své tříleté studii naměřil nejvyšší infiltrační schopnost u způsobu hospodaření bez zpracování půdy, a to konkrétně 85 $mm\ h^{-I}$, při ochranném zemědělství 55 $mm\ h^{-I}$ a 32 $mm\ h^{-I}$ u způsobu konvenční orby.

Porovnání alternativního a konvenčního zpracování půdy

Rodale institut (2011) ve svém 30 letém pokusu porovnání konvenčního a ekologického hospodaření popisuje, že na ekologicky obhospodařovaných polích se zvyšují zásoby podzemní vody a snižuje se odtok z povrchu půdy o 15 až 20 %. Hůla a kol. (1997) udává, že orba v konvenčním zemědělství realizovaná za vlhka zhutňuje dno brázd a může způsobovat horší distribuci vody v půdě. Antal a kol. (2002) naměřili, že při ochranném způsobu obdělání půdy bylo oproti konvenčnímu dosaženo výrazné redukce ztráty půdní vláhy, a to díky snížení výparu z půdy. Celkový obsah vody v půdě byl o 20 až 30 % vyšší u ochranného zpracování půdy než u konvenčního. To se projevilo vyšší zásobou vody v půdním profilu především v suchém období, kdy rostliny potřebují přijmout více vody. To potvrzuje i Riley a kol.(2008), kteří popisují, že v systému konvenčního hospodaření je nižší hladina vody, která je dostupná pro rostliny. Leij a kol. (2002) zaznamenali dva nejvýznamnější stavy půdní struktury, které úzce souvisí s vodou obsaženou v půdě. První stav souvisí s homogenní a horizontální vrstvou, která vzniká při konvenčním obděláváním půdy. Druhý typ struktury je nazýván jako vertikální a vzniká při minimalizačním zpracování půdy. Ta je utvářena za pomoci žížal a trhlin v půdě. Fischer (1987) uvádí, že při redukovaném zpracování půdy a ponecháním strniště na poli má půda lepší infiltrační schopnost a zvyšuje tak množství vody, které se v půdě nachází. Tímto způsobem se zlepšuje dostupnost vody pro rostliny, které mohou zvyšovat svůj výnosový potenciál.

3.3.2 Zhutnění půdy

Soane a Ouwerkerk (2013) tvrdí, že obsah půdní vody je nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje zhutňovací procesy v půdě. Podle Hamzy a Andersona (2005) je infiltrace vody do nezhutněné půdy daleko rychlejší než u málo strukturní půdy, a to díky lepší agregaci půdních částic. Hamza a Anderson (2005) dále píši, že zhutnění negativně ovlivňuje fyziologický úrodnost půdy. Utužení půdy také zhoršuje příjem a skladování vody a živin v půdě. Snížení zhutnění půdy lze dosáhnout za pomocí dodání organické hmoty do půdy, která snižuje objemovou hmotnost půdy.

Příčiny zhutnění půdy

Dle Fischera a kol. (1987) je zhutnění způsobeno vysokými tlaky dopravních prostředků pohybujících se po polích a pracovního nářadí na obdělávání půdy, které působí na půdní profil při vyšší vlhkosti. Javůrek a Vach (2008) uvádějí, že na souvratích, kde se otáčí zemědělská technika, je v hloubce 30 cm půdního profilu zhutnění o 70 % vyšší, než uvnitř honu. Při hlubším měření, v 50 cm, zaznamenali o 35 % vyšší zhutnění, než tomu bylo uvnitř honu. K tomuto tvrzení přidávají Hamza a Anderson (2005) informaci, že pasoucí se zvířata mohou významně zhutňovat půdu sešlapáváním. Gifford a kol. (1980) uvádějí, že při 50 % vegetačním krytu je půda schopna maximální infiltrační schopnosti a omezení eroze půdy. Při méně než 50 % vegetačním krytu na polích se riziko eroze snižuje.

Zhutnění v alternativním a konvenčním systému

Zeiger a Fohler (2008), prokázal sníženou tvorbu půdní krusty na povrchu půdy ekologicky obdělávané půdy oproti konvenčně obhospodařovaným pozemkům. Hodnotil poměr agregace půdních částic vlivem působení srážek, což je zaznamenáno v tabulce pod textem. To souvisí s tvorbou krusty na povrchu půdy a následným zhutněním a zhoršenou infiltrací vody do půdy. Ve variantě, která je označována jako staré ekologické zemědělství, byly po 11 letech obhospodařování naměřeny tyto hodnoty: Při 0 mm srážek byla agregace půdních částic tvořena z 15 %. Při úhrnu 60 mm srážek se agregace snížila na 7,9 % a při 150 mm srážek se hodnota zastavila na 0,3 %. U varianty ekologického zemědělství, které bylo na pozemku prováděno 4 roky, byly zaznamenány tyto hodnoty: Při 0 mm srážek půdní agregace

tvořila 15,2 % při 60 mm 5,4 % a při 150 mm skončila na 0,2 %. Nejhůře dopadla varianta konvenčně obhospodařovaného pozemku, kdy při 0 mm bylo naměřeno 13 % agregovaných částic, při 60 mm se agregace snížila na 1 % a u 150 mm klesla až na 0 %. Pro lepší přehled je vytvořena tabulka pod textem.

Tabulka 3 Agregace půdních částic, vlivem dešťových srážek, v různých systémech hospodaření (Zeiger a Fohler, 2008)

Způsob hospodaření	Srážky mm	Agregace půdních částic %
Staré ekologické zemědělství od roku 1997 do roku 2008	0	15
	60	7,9
	150	0,3
Mladší ekologické zemědělství od roku 2004 do roku 2008	0	15,2
	60	5,4
	150	0,2
Konvenční zemědělství	0	13
	60	1
	150	0

Půda v ekologickém zemědělství může být také podle Pullemana a kol. (2003) také citlivá na zhutnění. To může být podle Ahuji a kol. (1998) způsobeno minimalizačním systémem zpracováním půdy nebo úplným vynecháním zpracování půdy, což má za následek zvyšování objemové hmotnosti v důsledku přírodního zhutnění, které je podle Šarapatky (2008) v rozsahu 15 % na půdách České republiky. Dle Ahuji a kol. (1998) by takto mohla být ovlivněna infiltrace vody do půdy a její povrchový odtok.

Opatření proti zhutnění půdy a zlepšení infiltrace vody do půdy

Podle Maška a kol. (2015) je zásadní pro omezení zhutnění půdy nezatěžovat půdy těžkou mechanizací a nářadím. Jako lepší se pro strukturu půdy a její infiltrační schopnost jeví pojezdy v jedné a téže stopě. Lepšího výsledku lze také dosáhnout při rozložení váhy na více náprav, obutí většího množství pneumatik na nápravu stroje nebo používat stroje, které mají místo klasických pneumatik pásy.

3.3.3 Vodní eroze

Dle Novotného a kol. (2014) lze vodní erozi definovat jako komplexní proces, který zahrnuje rozrušování půdního povrchu, přenos a usazování uvolněných půdních částic za pomocí působení vody. Vodní erozí je zasaženo více než 50% území České republiky. Vopravil (2013) popisuje, že 2 – 3 cm vrstvy půdy za příznivých podmínek vzniká 100 až 1000 let. Vodní erozi není možné zcela eliminovat, ale omezit ji lze díky různým opatřením. Tím můžeme zachovat a umožnit trvalé využívání našich půd. Nejkritičtější období pro vodní erozi je v období června a srpna, kdy se odehrává až 80% všech erozních dešťů. Dle Novotného a kol. (2014) lze srážky nazvat jako erozně nebezpečné, pokud jejich úhrn je 12,5 mm a intenzita dosahuje 24 $mm.h^{-1}$

Příčiny vzniku vodní eroze

Le Bissonnais a kol. (2005) uvádějí, že pokud se srážky nemohou zcela úplně infiltrovat do půdního profilu, tak nastává povrchový odtok, který má za následek vznik vodní eroze. Novotný a kol. (2014) popisují, že za vznikem vodní eroze jsou velké půdní bloky, které jsou podle Vopravila (2013) v České republice největší ze všech zemí v Evropě. To potvrzuje Podradská a kol. (2014) informací, že od roku 1948 se průměrná velikost pozemků zvětšila v roce 2014 z původních 0,23 ha na 20 ha. Za vznikem vodní eroze dle Novotného a kol. (2014) stojí rušení hydrografických a krajinných prvků, zpracování půdy, hospodaření na pronajatých pozemcích, sklonitost pozemku v kombinaci s délkou pozemku po spádnici a nedostatek organické hmoty v půdě. Hůla a kol. (2010) ve své metodice publikují, že účinnost protierozních opatření je dána hlavně rychlostí, za kterou vznikne povrchový odtok od začátku deště, množstvím povrchového odtoku a množstvím ztráty půdy v $t.ha^{-1}$ z pozemku vlivem přívalové srážky. Moldenhauerova (1985) tabulka poukazuje na ztrátu zeminy při různých způsobech hospodaření.

Tabulka 4 Odtok vody při intenzitě (31 mm srážek) na svahu při rozdílném zpracování půdy (Moldenhauer, 1985).

Způsob zpracování půdy	**Ztráta půdy (t. ha^{-1})**
Konvenční s orbou	2,3
Kypření dlátovým kypřičem a talířovým podmítačem	0,3
Mělké kypření talířovým podmítačem	Stopové množství
Bez zpracování půdy	0

Rozdělení

Vodní erozi lze rozdělit na dvě části. První část je tvořena erozí normální, jinak řečeno geologickou, která je přirozená a neustále přetváří reliéf území. Druhou část tvoří eroze zrychlená, která je ovlivněna lidskou činností a způsobem hospodaření (Novotný a kol., 2014).

Formy eroze

Novotný a kol. (2014) rozdělují erozi do dvou forem na erozi plošnou a výmolovou. Přechod mezi nimi je pozvolný a může souviset s přechodem plošného odtoku, který přechází v odtok, jenž se nazývá soustředěný. Při takovýchto odtocích mohou procesy ukládání erodovaných a transport půdních částic nabírat různých měřítek.

Plošná eroze

Plošná eroze je projevem rozrušování a rovnoměrným smyvem půdních částic na celé ploše pozemku. Dochází k postupnému snížení mocnosti půdy a plošnému odtoku vody z povrchu takto postižených pozemků erozí. Při této erozi jsou vyplavovány především jemnozrnné frakce půdy. V tomto důsledku je přeměněna textura půdy a zvýšené vyplavování živin z půdy. Jsou zhoršeny fyzikální a chemické vlastnosti půd, což souvisí s retenční schopností, pufrační kapacitou, snížením obsahu humusu a úrodnosti půdy. Jemnozrnné

částice jsou vodní erozí unášeny do dolních partií svahů, kdežto lehčí a z pravidla organické částice jsou vyplavovány až do vodotečí (Novotný a kol., 2014).

Výmolná eroze

Výmolná eroze naopak vzniká, je-li odtok soustředěn z velké plochy a vytváří-li mělké zářezy, které se následně prohlubují. Výmolnou erozi je možno rozdělit dle intenzity na rýžkovou a brázdovou, rýhovou, výmolovou a stržovou.

Rýžková a brázdová eroze

Rýžková a brázdová eroze je tvořena přechodem z plošné eroze, která díky povrchovému odtoku vytváří úzké zářezy do půdy. Rýžková eroze je formována hustou sítí úzkých rýžek o šířce a hloubce v rozmezí 2 až 10 cm. Mělké a širší zářezy naopak charakterizují brázdovou vodní erozi.

Rýhová eroze

Rýhovou erozí se rozumí soustředění povrchově odtékající vody do hlubších a širších rýh, které se mohou spojovat a bývají široké a hluboké 10 až 30 cm.

Výmolná eroze

Výmolná eroze vzniká tam, kde se soustředí a stékají přívalové vody v úžlabinách, údolnicích, cestách a v příkopech. Může být tvořena kaskádovými stupni. Hloubka a šířka přesahuje 30 cm.

Stržová eroze

Novotný a kol. (2014) popisuje, že nejpokročilejším a zároveň nejnebezpečnějším stádiem výmolové eroze je stržová vodní eroze. Tato forma eroze si nevystačí s obyčejným agrotechnickým opatřením, jakým je třeba obyčejné zaorání. Je tedy nutné provést speciální úpravy, jakými jsou hrazenářské práce. Stržové eroze jsou dlouhodobým jevem a v případě opomíjení je vysoké riziko devastací pozemků v rozsáhlém měřítku.

Zpracování půdy a možná ochrana před erozí

Unger (1984) tvrdí, že na holých půdách mohou dopadající dešťové kapky, za pomocí kinetické energie, oddělovat částice zeminy. Na to navazuje Hayes a Kimberlin (1978), kteří

vyhodnotili, že ponechání posklizňových zbytků a strnišť na povrchu půdy je jedním z účinných opatření, které zabraňuje vodní erozí. Fischer a kol. (1953) popsali, že orba prováděna po vrstevnici patří k dalším opatřením, které snižují vodní erozi.

Důsledky vodní eroze

Vodní eroze má za následek zhoršování fyzikálně chemických vlastností půdy, zmenšuje mocnost půdního profilu, zhoršuje pohyb mechanizace po pozemku, zvyšuje štěrkovitosti, snižuje propustnost půdy, poškozuje plodiny, zanáší koryta vodních toků a vodních nádrží (Novotný a kol., 2014).

Rozdělení protierozních opatření

Dle Konečné a kol. (2014) se protierozní opatření mohou dělit na organizační, agrotechnická a technická, která jsou uvedena níže.

Organizační protierozní opatření

V organizačních opatřeních je použitý jako ochranný prostředek vegetační pokryv. Nadzemní části rostlin snižují kinetickou energii dešťových srážek a vytvářejí překážky pro povrchový odtok, kořeny zpevňují půdu a zlepšují její vlastnosti.

Agrotechnická protierozní opatření

Do agrotechnických opatření spadají zásady, které se řídí ochranným zpracováním půdy. Patří do nich minimalizační technologie na zpracování půdy, obdělávání po vrstevnici, mulčování, hrázkování aj. což zpomaluje povrchový odtok a zlepšuje infiltrační schopnost půdy.

Technická protierozní opatření

Jako třetí možné protierozní opatření se nabízejí technická opatření, která se realizují v případě, že předešlá dvě opatření nejsou schopna zamezit povrchovému odtoku, proto je důležité rozdělit svažité, plošné a značně rozsáhlé pozemky s neúměrnou délkou svahu těmito technickými opatřeními. Do těchto protierozních opatření jsou zařazovány terasy, meze, záchytné a svodné průlehy a zatravněné dráhy soustředěného povrchového odtoku údolnice. V následující tabulce jsou popsány protierozní opatření, která se mohou používat pro snížení vodní eroze na pozemcích.

Tabulka 5 Přehled protierozních opatření a jejich vazby na nástroje politiky (Konečná a kol., 2014).

Protierozní opatření	Specifikace	Nástroj politiky
Plošné nebo pásové zatravnění	Zatravnění běžnou směsí	Pozemkové úpravy a AEO v PRV
Plošné nebo pásové zalesnění	Výsadba lokálních dřevin	Pozemkové úpravy a AEO v PRV
Mez (hrázka)	Nepřelévaná zemní hrázka (v. cca 1–1,5 m)	Pozemkové úpravy
Průleh s mezí	Mělký příkop s hrázkou z vyhloubené zeminy (š. cca 10 m), záchytný (v mírném sklonu podél vrstevnic) nebo svodný	Pozemkové úpravy
Záchytný příkop	Příkop v mírném sklonu podél vrstevnic	Pozemkové úpravy
Svodný příkop	Příkop pro odvedení odtoku do recipientu, koryto zpravidla opevněné	Pozemkové úpravy
Zatravnění údolnice	Jako plošné zatravnění, případně speciální travní směs a úprava profilu údolnice	Pozemkové úpravy
Vyloučení pěstování širokořádkových plodin	Vyloučení pěstování kukuřice, řepy, brambor, slunečnice, máku	Pozemkové úpravy, DZES 2
Pásové střídání plodin	Pásy úzkořádkových plodin široké min. 12 m	Pozemkové úpravy v PRV, DZES 2
Vrstevnicové obdělávání	Provádění agrotechnických operací po vrstevnici nebo s malým odklonem od vrstevnic	Pozemkové úpravy v PRV, DZES 2
Ochranné obdělávání	Redukované obdělávání půdy a ponechávání nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy	Pozemkové úpravy v PRV, DZES 2

AEO = agroenviromentální opatření (www.eagri.cz)

DZES =dobrý zemědělský a enviromentalní stav

PRV = Program rozvoje venkova (www.eagri.cz)

3.3.4 Edafon a vodní režim půdy

Dle Pavla (1984) je edafon soubor organismů, které jsou přítomny celými těly v půdě. Urban a Šarapatka (2003) uvádějí, že se v půdě nachází mikroedafon, jehož velikost těl je do 0,2 mm. Do této skupiny patří bakterie, aktinomicety a další. Dále v půdě můžeme nalézt mezoedafon, do kterého spadají organismy v rozpětí od 0,2 mm až do 2 mm a jehož zástupci jsou hlístice, chvostoskoci a roztoči. Třetí skupinu tvoří makroedafon, který se pohybuje mezi 2 mm až 20 mm velikostí svého těla a zahrnuje živočichy, jako jsou roupice, pavoukovci, mnohonožky, stonožky, hmyz, měkkýši a další. Poslední skupinu tvoří megaedafon, který má velikost svých těl větší než 20 mm a do této skupiny spadají žížaly a obratlovci.

Žížaly

Perreira (2001) píše, že vlhkost půdy je jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje přítomnost žížal v půdě. Žížaly vytvářejí velké množství chodbiček v orničním profilu. Edwards a Lofty (1977) při svém výzkumu popsali, že činnost žížal je velice důležitá pro zachování úrodnosti půdy, půdní strukturu a stabilitu půdních agregátů, protože podle Urbana a Šarapatky (2003) díky svým chodbičkám půdu provzdušňují a zvyšují její pórovitost. Dále zúrodňují půdu díky přeměně organických látek a jejich zatahování hlouběji do orničního profilu. Clements a kol. (1991) zjistili, že v případě přítomnosti malého množství žížal v půdě je snížena infiltrace a vlhkost půdy, což potvrdil cíleným snížením počtu žížal na lučních stanovištích a následně byla snížena influekční infiltrační schopnost, která je definována dle Sáňky a Kulhavého (2003) jako maximální možná rychlost pronikání vody do půdního prostředí všemi existujícími dutinami, bez ohledu na jejich původ, velikost a tvar v půdně-litologickém prostředí, o 93 %.

Dle Bioinstitutu (2010) jsou kanálky žížalami hloubeny až do hloubky 80 – 90 cm. Ojediněle až do 2 m, a tak napomáhají infiltrační schopnosti půdy při intenzivních deštích. Chodbičky vytvořené žížalami podle Vašků (2015) spadají do celku hydropedologických pórů, které se nazývají pedohydatody. Sáňka a Kulhavý (2003) dodávají, že pedohydatody mohou mít různé rozměry a může jimi protékat různé množství vody. U pedohydatody o průměru cca 1,5 mm byl změřen průtok 0,069 až 0,114 m^3 vody za den. U žížalích chodbiček, které odpovídaly průměru cca 5,5 mm byl vysledován průtok 1,55 až 2,33 m^3 vody za den. A u chodbiček o průměru 8,5 mm byl zpozorován průtok 2,55 až 4,19 m^3 vody za den. Což by

při výskytu 1 pedohydatody o průměru 8,5 mm na 1 m^2 činilo průtok vody 41 900 m^3 na jeden ha. V příhodných podmínkách se počet pedohydatod pohybuje okolo 30 až 200.

Porovnání počtu žížal v ekologickém a konvenčním zemědělství.

Mäder a kol. (2002) popisují, že v systémech ekologického zemědělství byl zaznamenán vyšší obsah biomasy a hmotnosti žížal než tomu bylo v konvenčním zemědělství. To ve své studii potvrdili i Kuntz a kol. (2013), kdy napočítaly na konvenčně obhospodařovaném pozemku 157 ks žížal na m^2 a na ekologicky obhospodařovaném pozemku s redukovaným zpracováním půdy 262 ks na m^2 žížal. K tomu dodává, že v systémech se sníženým zpracování půdy je většinou zhruba o 48 % více biomasy žížal, než tomu je ve srovnání s konvenčními technologiemi zpracování půdy. Pulleman a kol. (2003) popisují, že činnost žížal, která byla měřena do 20 cm hloubky orničního profilu, byla nejvyšší u pozemku, který nebyl obděláván a byl pokryt travním porostem a to konkrétně o 52 % oproti oběma způsobům zpracování půdy, ale podle Sculliona a kol. (2002) to nemusí být vždy pravidlem, což odůvodňuje Andersen (1980), který dodává, že aplikace příliš vysokého množství kejdy může ucpat póry v půdě a žížaly se mohou udusit nebo otrávit. Söchtig a Larink (1992) popisují, že vlivem zhutňování půdy se zvyšuje objemová hmotnost půdy, což má za následek snižování počtu žížal v půdě.

3.3.5 Vegetace a její vliv vodní režim v půdě

Legates a kol. (2011) publikují, že je vlhkost půdy velmi důležitá pro růst rostlin a hraje zásadní roli v mnoha procesech v terestrických ekosystémech. Kulovaná (2002) publikuje, že nedostatek vody v půdě má za následek usychání a vadnutí rostlin. Podle Shaxsona a Barbera (2003) plodiny využívají velké množství vody, které pochází z půdy a je přijímáno infiltrací dešťových srážek. Téměř všechna voda, která je z půdy přijata do rostlin, přechází přes kořeny do rostlin a ze stonků je převáděna do listů. Rogers a kol. (2014) popisují, že hloubka kořenů je limitujícím faktorem, který udává z jaké hloubky a kolik vody je rostlina schopna čerpat.

Hospodaření a zpracování půdy pro širokořádkové plodiny

Nadměrným zpracováním půdy působíme rozpad agregovaných částic a zhutnění, což snižuje množství pórů v půdě a zhoršuje dostupnost vody pro kořeny rostlin, při němž dochází k snížení intenzity růstu rostlin (Rogers a kol., 2014). Jako jedno z opatření, které může snížit vodní erozi, zlepšit hospodaření s vodou v půdním prostředí a snižuje ztrátu živin vyplavováním do spodních horizontů půdy při pěstování širokořádkových plodin, uvádí Kovaříček a kol. (2010) hrubkování. Vytváření hrubků na podzim výrazně snižuje vlhkost půdy a zvyšuje pórovitost na jaře. Kvalita vody může patřit k dalšímu faktoru, který ovlivňuje vývoj rostlin. Závlahové vody, které mohou obsahovat vysoké množství rozpustných solí, se stávají hůře dostupnými pro rostliny.

Širokořádkové rostliny

V období přívalových dešťů se na polích osetých širokořádkovými plodinami, jako je např. kukuřice, cukrová řepa, brambory, slunečnice, zvyšuje riziko lokálních povodní a vyšší riziko vodní eroze půdy (Hůla a kol., 2010). Kovaříček a kol. (2009) ve své studii naměřil, že nejvíce jsou postihovány pole oseté kukuřicí. Nejvyššího odtoku zeminy ve vodě v porostech kukuřice bylo zaznamenáno na konvenčně obhospodařované ploše, a to konkrétně 1 % zeminy v celkovém obsahu odplavené vody. Nižšího odplavení zeminy vodou bylo dosaženo po jarní předseťové přípravě, zhruba 0,1%. Nejlépe dopadla varianta, u které bylo použito setí bez předseťové přípravy a s meziplodinou. Výsledek dosahoval okolo 0,05% zeminy v odplavené vodě. Porosty, jež jsou obhospodařovány konvenčním způsobem zpracování půdy, mohou na lehčích půdách, a při vynechání protierozních opatření způsobovat riziko snížení úrodnosti půdy, ekologická a další rizika, za které lze považovat především znečištění vodních zdrojů, zanášení vodních nádrží a poškození zastavěných ploch v obcích. Tato rizika se dají snížit agrotechnickými zásahy jako je například ponechání mulče (Hůla a kol., 2010).

Arnhold a kol. (2014) tvrdí, že při pěstování širokořádkových plodin je u ekologického zemědělství nižší stupeň erodovatelnosti oproti konvenčnímu, a to díky plevelným rostlinám v řádcích, které chrání půdu před přímým stykem srážkové vody s povrchem půdy, ale zároveň dodává, že u různých druhů pěstovaných plodin se míra eroze může výrazně lišit, jako na příklad u brambor pěstovaných v ekologickém zemědělství, u kterých byla zaznamenána 28 % ztráta půdy vodní erozí oproti konvenčnímu zemědělství. Naopak při

pěstování ředkviček byla zaznamenána 18% ztráta půdy v konvenčním způsobu hospodaření vodní erozí. V tabulce pod textem je popsáno jaké plodiny jsou vhodné pro různě svažité pozemky.

Tabulka 6 Orientační zásady pro rozmístění plodin (Vopravil a kol., 2010).

Sklon (%)	**Sklon (°)**	**Vhodné plodiny**
do 5	do 3	širokořádkové (délka svahů nad 300 m - PEO agrotechnika)
do 12	do 7	obilovina, řepka, len, okopaniny (PEO technologie), ochrana drah soustředěného povrchového odtoku
do 21	do 12	úzkořádkové plodiny, minimální kultivace, speciální osevní postupy
nad 21	nad 12	ochranné zatravnění
nad 30	nad 17	ochranné zalesnění

PEO = protierozní opatření

Krycí plodiny

Dle Meerkerka a kol. (2008) jsou krycí plodiny pěstovány, aby pokrývali půdu během zimního období a během období, kdy půda leží ladem.

Vliv krycích plodin na vodní režim a půdu

Dle Hoormana (2009) přítomnost krycích plodin zvyšuje infiltraci vody do půdy, snižuje nežádoucí zhutnění půdy a podporují evapotranspiraci. Dále snižují povrchový odtok a zpomalují dopad dešťových kapek na povrch půdy. Battany a Grissmer (2000) tvrdí, že krycí plodiny ovlivňují hydrologické cykly v půdě a jsou prevencí před větrnou a vodní erozí. Což potvrzuje Hoorman (2009), který tvrdí, že použitím krycích plodin lze snížit erozi půdy až o 90 %. Zhu a kol. (1989) naměřili, že zimní krycí plodiny v porostu sóji, která je náchylná na erozi půdy v počátku jara, zvyšují pokryv půdy o 30 až 50 %. Tím je snížena eroze půdy o 90 % a povrchový odtok je také o 50 % nižší.

4. Diskuse

Z vyhledaných vědeckých publikací jsem měl možnost zaznamenat a uvést srovnání různého obsahu a distribuci vody v půdě při různém způsobu hospodaření.

Vliv zpracování půdy na povrchový odtok vody zkoumal Moldenhauer (1985), díky němu můžeme vyhodnotit, že povrchový odtok na svahu se v různých způsobech zpracování půdy liší. Popisuje, že při dešti, který měl intenzitu 31 mm dešťových srážek, byl nejvyšší povrchový odtok vody zaznamenán u konvenčního hospodaření, a to konkrétně 6,0 mm. Při způsobu kypření dlátovým kypřičem a talířovým podmítačem dosáhl povrchový odtok hodnot 2,7 mm. Nejlépe vyhodnotil systém bez zpracování půdy, který dosahoval hodnoty 0 mm a mělké kypření talířovým podmítačem, které se zastavilo na hodnotě 0,1 mm. Rodale institut (2011), který po dobu 30 let porovnával rozdíl mezi ekologickým a konvenčním zemědělstvím popisuje, že systém ekologického zemědělství dosahuje o 15 - 20 % nižšího odtoku oproti konvenčním technologiím. Podle těchto studií lze tedy obecně říci, že při snížení intenzity obdělávání půdy dosahujeme nižšího povrchového odtoku vody z půdy, což lze zřejmě přičíst vyššímu obsahu rostlinných zbytků na povrchu půdy a lepší struktuře půdy nebo vyššího množství edafonu v půdě. Tím je povrchový odtok zpomalen a je zlepšeno zasakování vody do půdy.

Zhutnění, které nepříznivě ovlivňuje úrodnost a fyziologický stav, které zhoršuje příjem a skladování vody v půdě. To porovnával Zeiger a Fohler (2008) v jehož výsledcích dopadlo nejlépe starší ekologické zemědělství (1997-2008), které mělo nejlepší hodnoty agregace půdních částic, a to při 0 mm srážek 15 %, při 60 mm 7,9 % a při 150 mm 0,3%. U mladšího ekologického zemědělství (2004-2008) bylo dosaženo při 0 mm srážek 15,2 %, při 60 mm 5,4% a při 150 mm 0,2 %. Konvenční způsob dopadl z těchto způsobů hospodaření nejhůře s hodnotami při 0 mm 13 %, při 60 mm 1 % a při 150 mm 0%. Podle těchto výsledků můžeme tvrdit, že půdní krusta se tedy tvoří nejvíce na půdách obhospodařovaných konvenčním systémem, a to může být důsledkem většího počtu přejezdů strojů po půdě, nižšího množství organických látek a větším rozrušování půdní struktury, které je typické pro konvenční zemědělství.

Riziko vodní eroze se v poslední době stává stále více diskutovaným tématem a podle Moldenhauera (1985) můžeme vyhodnotit způsoby hospodaření a jejich vliv na splavení zeminy odtékající vodou. Uvádí, že nejvíce postiženo je hospodaření konvenčního zemědělství, kde je dosahováno splavování 2,3 t zeminy na ha^{-1}. Naopak nejnižší hodnoty 0 t splavené zeminy na ha^{-1} bylo dosaženo při systému bez zpracování půdy. Při použití dlátování

a kypření talířovým podmítačem bylo dosaženo hodnot 0,3 t splavené zeminy na ha^{-1}. Splavování zeminy lze zamezit použitím technologií, které neutužují dno brázdy při používání pluhů, kdy se voda nemůže vsakovat do půdního profilu půdy. Další možností je ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy, což nejspíše přispělo k úplnému omezení vodní eroze u bezorebného hospodaření. Na tvorbu půdní krusty, utužení půdy a vznik vodní eroze s ohledem na vodní režim půdy, by mohl mít pozitivní vliv i makroedafon. V našem případě zejména žížaly. Množství žížal, které přispívají k lepšímu vodnímu režimu půdy a zvyšují množství organické hmoty v půdě, bylo dle Kunze a kol. (2013) zaznamenáno ve větším počtu na ekologicky obhospodařovaném pozemku, a to v počtu 262 ks žížal oproti konvenčnímu, ve kterém se nacházelo pouze 157 ks těchto kroužkovců. Vezmeme-li v úvahu tvrzení Sáňky a Kulhavého (2003), že pedohydatody jsou velice důležité při zasakování vody do půdy a mohou tak při výskytu 1 pedohydatody o průměru 0,8 mm na 1 m^2 zavést 41 900 m^3 vody na ha^{-1} za jeden den. Reálný počet pedohydatod na polích se vyskytuje v rozmezí 30 až 200. Můžeme tedy tento faktor zařadit do velice důležité skupiny, která velkou měrou ovlivňuje distribuci vody v půdě a měli bychom dělat vše pro to, aby byl zachován co nejvyšší počet těchto živočichů v půdě. Dalším důležitým faktorem, který byl v této bakalářské práci popisován, je vegetace a její vliv na vodní režim půdy, jejíž hlavní princip spočívá v pokryvu půdy a její ochrany před přímým dopadem dešťových kapek na půdu. To potvrzuje Kovaříček a kol. (2009), který hodnotil porost kukuřice a použité technologie při jejím pěstování. Zhodnotil, že při konvenčním pěstování kukuřice s orbou je podíl splavované zeminy roven hodnotě 1 % obsahu zeminy ve vodě. Po jarní předseťové přípravě 0,1 % a při úplném vynechání zpracování půdy a použití přímého setí s meziplodinou dosáhl hodnoty 0,05 %. Proto se dle jeho výsledků může pěstování širokořádkových plodin s meziplodinou jevit jako velice výhodné pro zachování dobré úrodnosti půdy a omezeni vzniku vodní eroze.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení vlivu různých technologií a způsobu hospodaření na distribuci vody v půdě. V této práci jsem, podle dostupných literárních zdrojů, porovnával způsoby zpracování půdy na infiltrační schopnost vody, kdy jsem dle vědeckých článků zhodnotil, že minimalizační a ochranné zpracování půdy mají příznivější vliv na infiltraci vody do půdy, něž-li tomu je na půdách obhospodařovaných konvenčním systémem s orbou. Vyhodnocení zhutnění půdy, které většinou nepříznivě ovlivňuje vodní režim půdy a agregaci půdních částic, dosahuje příznivějších hodnot v systémech ekologického zemědělství, kde je nižší počet přejezdů těžké mechanizace po pozemku a vyšší obsah organické hmoty, oproti konvenčním způsobům. V této bakalářské práci jsem díky autorům vědeckých publikací potvrdil vyšší výskyt biomasy a množství makroedafonu na ekologicky obhospodařovaných pozemcích oproti konvenčním plochám, což mělo pozitivní vliv na infiltraci vody do půdního profilu. Při vyhodnocování vlivu vegetačního krytu na distribuci vody v půdě, který výrazně ovlivňuje povrchový odtok vody a následné odnášení zeminy z povrchu půdy v rámci vodní eroze, bylo nejlepšího výsledku dosaženo při úplném vynechání zpracování půdy a použití přímého setí do porostu s meziplodinou. Nejhůře ve svých studiích autoři zhodnotili konvenčně obhospodařované pozemky, které předčilo i minimalizační zpracování půdy v předjaří. Podle dostupných zdrojů bylo zaznamenáno, že pokud jsou pole ponechána holá nebo jsou na svažitých pozemcích pěstovány širokořádkové rostliny, je tímto způsobem hospodaření zvýšené riziko vodní eroze a znehodnocování půdy.

5. Seznam literatury:

AHUJA, L. R., FIEDLER, F, DUNN, G. H, BENJAMIN, J. G., GARRISON, A. 1998. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. Soil Science Society of America Journal. 62.5: 1228-1233 s.

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO. Rome. 300.9: D05109. ISBN 92-5-104219-5

ANDERSEN, C. 1980. The influence of farmyard manure and slurry on the earthworm population (Lumbricidae) in arable soil. Soil Biology as Related to Land Use Practices. EPA, Washington, DC. 325-335 s.

ANTAL, J., DODOK, R., ŠTREIT, T. 2002. Vplyv konvenčního a ochraného obrábania pody na zásobu podnej vody. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 9 s. ISBN 80-85813-99-8.

ARNHOLD, S., LINDNER, S., LEE, B., MARTIN, E., KETTERING, J., NGUYEN, T. T., HUWE, B. 2014. Conventional and organic farming: Soil erosion and conservation potential for row crop cultivation. Geoderma. 219: 89-105 s.

BATTANY, M. C. a GRISMER, M. E. 2000. Rainfall runoff and erosion in Napa Valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness. Hydrological processes. 14.7: 1289-1304 s.

BAUER F. 2013. Uplatnění různých způsobů zpracování půdy v zemědělské praxi. Problematika a inovace konvenčního a minimalizačního zpracování půdy. Mendelova univerzita v Brně. 9 s.

BIOINSTITUT. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Reprotisk Kotinský. Olomouc. 24s. ISBN: 978-80-87371-02-2

CAPOWIEZ, Y., CADOUX, S., BOUCHANT, P., RUY, S., ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., BOIZARD, H. 2009. Effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. Soil and Tillage Research. 105.2: 209-216 s.

CLEMENTS, R. O., MURRAY, P. J., STURDY, R. G. 1991. The impact of 20 years' absence of earthworms and three levels of N fertilizer on a grassland soil environment. Agriculture, ecosystems and environment. 36.1: 75-85 s.

CRITTENDEN, S. J., POOT, N., HEINEN, M., VAN BALEN, D. J. M., PULLEMAN, M. M. 2015. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. Soil and Tillage Research. 154: 136-144 s.

EDWARDS, C. a LOFTY. R. 1977. Biology of Earthworms. Chap—man and Hall. London. 316 s. ISBN: 978-3-642-14636-7.

ELBL., J. 2016. Mikroorganismy jako indikátory stavu půdního prostředí. Agronomická Fakulta Mendelu v Brně.

EVROPSKÁ SPOLEČENSTVÍ. 2009. Ochranné zemědělství. Informační list číslo 5. 4 s.

FISHER, Ch. E. a BURNETT, E. 1953. Conservation and utilization of soil moisture. Bull. 767 s.

.

FISCHER, R. A., CORNISH P. S., PRATLEYC J. E. 1987. Responses of soil and crop water relations to tillage. Tillage: new directions in Australian agriculture.194-221 s.

GIFFORD, G. F. a DADKLAH, M. 1980. Trampling effects on rangeland. Utah Science. 41.3: 71-73 s.

HAMZA, M. A. a ANDERSON, W. K. 2005. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. Soil and tillage research. 82.2: 121-145 s.

HAYES, W. A. a KIMBERLIN, L. W. 1978. A guide for determining crop residue for water erosion control. Crop residue management systems. Cropresiduemana: 35-48 s.

HOORMAN, J. J. 2009. Using cover crops to improve soil and water quality.Lima, Ohio: Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University Extension.

HŮLA, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 60 s. ISBN:978-80-86884-53-0

HŮLA, J. a KROULÍK, M. 2010 Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126.1.

HŮLA, J. ABRAHÁM, Z. BAUER, F. 1997. Zpracování půdy. Brázda s. r. o. Praha. 144 s. ISBN: 80-209-0265-1

HŮLA, J. 2000. Zpracování půdy a setí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha.

HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. a kol. Minimalizace zpracování půdy. [Soil minimal cultivation]. 1. vyd. Praha : Profi Press, 2008. 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

JABRO, J., D., IVERSEN, W. M., STEVENS, W. B., EVANS, R. G., MIKHA, M. M., ALLEN, B. L. 2016. Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices. Soil and Tillage Research. 159: 67-72 s.

JAVŮREK, M. a VACH, M. 2008 Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby. 26s. ISBN 978-80-87011-57-7

KLIKA J., NOVÁK V., GREGOR A. 1954. Praktikum fytocenologie, ekologie a půdoznalství. Československá akademie. 776 s..

KÖLLER, K. 2003. Techniques of soil tillage. Soil tillage in agroecosystems.1-25 s.

KONEČNÁ, J., PRAŽAN, J., PODHRÁZKÁ, J., KUČERA, J., KOUTNÁ, K., FIALA, R. 2014. Hodnocení ekonomických aspektů protierozní ochrany zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorizací a ochrany půdy. Praha. 50 s. ISBN: 978-80-87361-26-9

KOVAŘÍČEK, P., MAREŠOVÁ, K., HŮLA, J., KROULÍK, M. 2010. Využití hrůbkování při pěstování širokořádkových plodin. Listy Cukrovarnické a Řepařské. 126.3.

KOVAŘÍČEK, P., ŠVASTAL, J. a ŠINDELÁŘ, J. 2009. Tři technologie založení porostu kukuřice a odolnost půdy vůči vodní erozi. Mechanizace zemědělství. 2009/8. 64-64 s.

KRAVČÍK, M., POKORNÝ, J., KOHUTIAR, J., KOVÁČ, M., TÓTH, E. 2007. 'Voda Pre Ozdravenie Klímy - Nová Vodná Paradigma'. 93 s.

KULOVANÁ, E. 2002. Úspěšné hospodaření na půdě v závislosti na agroekologických limitech. Časopis Úroda. 20. 2. 2002.

KUNTZ, M., BERNER, A., GATTINGER, A., SCHOLBERG, J. M., MÄDER, P., PFIFFNER, L. 2013. Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. Pedobiologia. 56.4: 251-260 s.

KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CÍSLEROVÁ, M. 2004. Hydropedologie 10. ČVUT Praha, 176 s. ISBN 80-01-02237-4.

KUTZBACH L. 2000. Trends in power and machinery. Journal of Agricultural Engineering Research. 76.3: 237-247 s.

LANDERS, J. N. 2001 Zero tillage development in tropical Brazil: The story of a successful NGO activity. Food and Agriculture Org. ISBN 92-5-104672-7.

LE BISSONNAIS, Y., JAMAGNE, M., LAMBERT, J. J., LE BAS, C., DAROUSSIN, J., KING, D., JONES, R. 2005. Pan-European soil crusting and erodibility assessment from the European Soil Geographical Database using pedotransfer rules. Advances in Environmental Monitoring and Modelling. 2.1: 1-15 s.

LEGATES, D. R., MAHMOOD, R., LEVIA, D. F., DELIBERTY, T. L., QUIRING, S. M., HOUSER, C., NELSON, F. E. 2001. Soil moisture: A central and unifying theme in physical geography. Progress in Physical Geography. 35.1: 65-86 s.

LEIJ, F. J.; GHEZZEHEI, T. AOR, D. 2002. Modeling the dynamics of the soil pore-size distribution. Soil and Tillage Research. 64.1: 61-78 s.

MÄDER, P. FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P., NIGGLI, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science. 296.5573: 1694-1697 s.

MARTENS, D. A., FRANKENBERGER, W. T. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated. Agronomy Journal. 84.4: 707-717 s.

MAŠEK, J., NOVÁK, P., CHOLENSKÝ J., 2015. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti. Časopis AGROjournal. 5. 4. 2015.

MEERKERK, A. 2008. Rainfed orchards in semi-arid environments: retaining the water and the soil.

MENTLÍK, P. 2015. Stručný úvod do Pedologie a Pedografie pro Geografy'. 34 s.

MOLDENHAUER, W. C. 1985. A comparison of conservation tillage systems for reducing soil erosion.

NOVOTNÝ, I. a kolektiv. 2014. Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství. Praha. 74s. ISBN: 978-80-87361-33-7

PAVEL, L. 1984. Geologie a půdoznalství. Vysoká škola zemědělská v Praze. 280 s.

PERREIRA, M. 2001. Conservation of natural resources for sustainable Agriculture Soil moisture managemen. 34 s.

PODHRADSKÁ, J., KARÁSEK, P. 2014. Systém analýzy území a návrhu opatření k ochraně půdy a vody v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Brno. 51 s. ISBN: 978-80-87361-27-6

POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJTNÁKOVÁ, K. 2007. Hodnocení Kvality Půdy v Ekologicky Hospodařícím Podniku. Zemědělská a ekologiká regionální agentura. 29 s.

PRAX, A., JANDÁK, J., POKORNÝ, E. 1997. Půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická universita Brno. Brno. 153 s. ISBN:80-7157-145-8

PULLEMAN, M., JONGMANS, A., MARINISSEN, J., BOUMA, J. 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. Soil Use and Management. 19.2: 157-165 s.

REHÁK, Š., JÁNSKÝ, L. (2000): Fyzika pôdy I. Základné fyzikalné vlastnosti pôdy. Univerzita Komenského. Bratislava. 105 s.

RILEY, H., POMMERESCHE, R., ELTUN, R., HANSEN, S., KORSAETH, A. 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. Agriculture, Ecosystems and Environment. 124.3: 275-284 s.

RODALE INSTITUT. 2011. The farming systems trial. Nacci printing, Inc.

ROGERS, D. H. 2014. Soil, water and plant relationship. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

SÁŇKA, M. a KULHAVÝ, J. 2003. Sborník z konference na téma Ochrana a využití půdy v nivních oblastech. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-735-9.

SÁŇKA, M. a MATERNA, J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Ministerstvo životního prostředí.

SCULLION, J., NEALE, S., PHILIPPS, L. 2002. Comparisons of earthworm populations and cast properties in conventional and organic arable rotations.Soil Use and Management. 18.s1: 293-300 s.

SHAXSON, F. a BARBER, R. 2003. Optimizing soil moisture for plant production. The significance of soil porosity. FAO. Řím. 107s. ISBN 92-5-104944-0

SOANE, B., D. VAN OUWERKERK, C. 2013. Soil compaction in crop production. Elsevier.

SÖCHTIG, W. a LARINK, O. 1992. Effect of soil compaction on activity and biomass of endogeic lumbricids in arable soils. Soil Biology and Biochemistry. 24.12: 1595-1599 s.

ŠARAPATKA, B. 2014. Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci. 232 s. ISBN 978-80-244-3736-1

ŠARAPATKA, B. 1996. Pedologie. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého.. 235 s. ISBN 80-7067-590

ŠARAPATKA, B. 2008. Fyzikální degradace půdy a způsoby ochrany 2. Zpravodaj Ekozemědělci přírodě. 2008/12. 18 s.

ŠIMON, J. a ZIMOVÁ, D. 1983. Meziplodiny v soustavě hospodaření na půdě. Studijní. Informace . ÚVTIZ Praha. Rostlinná výroba. 68 s.

ŠKODA, V. 1991. Současné a nové trendy ve zpracování půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze.

ŠTEKHAOUEROVÁ, V., SKÁLOVÁ, J., ŠÚTOR, J. 2002. Using of pedotransfer functions for assessment of hydrolimits. Rostlinná výroba. 48: 407-412 s.

TERAVEST, D., CARPENTER-BOGGS, L., THIERFELDER, C., REGANOLD, J. P. 2015. Crop production and soil water management in conservation agriculture, no-till, and

conventional tillage systems in Malawi.Agriculture, Ecosystems and Environment. 212: 285-296 s.

UNGER, P. W. 1984. Tillage systems for soil and water conservation. F.A.O. Soils Bulletin. 294 str. ISBN:92-5-102154-6

URBAN, J. a ŠARAPATKA B. 2003. Ekologické zemědělství- I díl. Ministerstvo životního prostředí a PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců. 280 s. ISBN 80-7212-274-6

VAŠKŮ, Z. 2015. Základní koncepce protipovodňových opatření v krajině. Živa. 2015 (3). 65 – 66 s.

VOPRAVIL, J. 2016. Lepší vododržnosti lze ještě dosáhnout. Časopis Úroda. 4. 1. 2016.

VOPRAVIL, J., KHEL, T., VRABCOVÁ, T., HAVELKOVÁ, L., PROCHÁZKOVÁ, E., NOVOTNÝ, I, NOVÁK, P., FUČÍK, P, DUFFKOVÁ, R, JACKO, K., TYLOVÁ, J., HODEK, T. 2010. Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. 75 s.

VOPRAVIL, J. 2013. Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky. Praha. SOWAC, s. r. o.

ZEIGER, M. a FOHRER, N. 2008. Impact of organic farming systems on runoff formation processes—a long-term sequential rainfall experiment. Soil and Tillage Research. 102.1: 45-54 s.

ZHU, J. C., GANTZER, C. J., ANDERSON, S. H., ALBERTS, E. E., & BEUSELINCK, P. R. 1989. Runoff, soil, and dissolved nutrient losses from no-till soybean with winter cover crops. Soil Science Society of America Journal. 53.4: 1210-1214 s.