

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



## **Vliv zpracování půdy na infiltrační schopnosti**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

Autor: Bc. Tony Pavel

Praha 2020

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tony Pavel

Zemědělské inženýrství  
Zemědělská technika

Název práce

**Vliv zpracování půdy na infiltrační schopnosti**

Název anglicky

**Influence of soil tillage on infiltration abilities**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce bude vyhodnotit metody zpracování půdy a založení pokusu kukuřice z hlediska vlivu na infiltrační schopnosti půdy.

### **Metodika**

Literární rešerže bude sestavena ze soudobé tuzemské i cizojazyčné literatury a bude zaměřena na vliv zpracování půdy na erozní a infiltrační chování půd. V praktické části budou zpracována data z polního pokusu s několika metodami založení porostu širokořádkových plodin (kukuřice). Data budou následně zpracována s využitím statistických metod a náležitě okomentována. Výsledku budou následně diskutovány s obdobnými studii.

## **Doporučený rozsah práce**

50 stran

## **Klíčová slova**

zpracování půdy, kukuřice, infiltrace

---

## **Doporučené zdroje informací**

Hůla, J. et al., 2010: Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. VUZT v.v.i., Praha, 60 p.

Hůla, J., Procházková, B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press s.r.o., Praha, 248 p.

Janeček, M. et al., 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 200 p.

Morgan, R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA. p. 304.

Titi, E.A., 2002: Soil tillage in agroecosystems. CRC press, U.S.A., 367 p.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA Agric. Handb. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC., 79 p.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2019/2020 LS – TF

## **Vedoucí práce**

doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra zemědělských strojů

---

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2020

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2020

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv zpracování půdy na infiltrační schopnosti vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Beru na vědomí, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 8. 4. 2020

.....

Podpis autora

### **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Petru Novákovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za jeho odborné rady, věcné připomínky a pomoc při řešení a zpracování diplomové práce.

**Abstrakt:** Účelem této diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv má zpracování půdy na infiltraci vody při pěstování širokořádkové plodiny (kukuřice). Měření probíhalo na 5 pokusných polích, na kterých byla měřena infiltrace vody metodami Single–ringů, Mini Disk infiltrometrů a metody brilantní modře. Z výsledků je patrné, že pole, které bylo na podzim zpracováno metodou Strip - Till a kde byla zaseta meziplodina triticales, je výrazně lepší infiltrace. Naopak na poli, kde bylo na jaře provedeno kypření radličkovým podmítačem a na podzim nebyla zaseta meziplodina, je infiltrace vody nejhorší.

**Klíčová slova:** zpracování půdy, kukuřice, infiltrace

### **Influence of soil tillage on infiltration abilities**

**Abstract:** The purpose of this diploma thesis was to find out the effect of soil cultivation on water infiltration in the cultivation of a wide-row crop (corn). Measurements were carried out in 5 experimental fields, in which water infiltration was measured using the Single-ring method, Mini Disk infiltrometer and brilliant blue method. The results show that the field, which was processed by Strip - Till method in the autumn and where the triticales intermediate crop was sown, is significantly better infiltration. On the other hand, in the field where the cultivator was cultivated in the spring and the cultivator was not sown in the autumn, water infiltration is the worst..

**Key words:** soil processing, corn, infiltration

# Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce .....	2
2.1 Vstupní hypotézy:.....	2
Literární rešerše .....	3
3. Půda a její vlastnosti.....	3
Složení půdy .....	3
3.1 Organický podíl .....	3
3.2 Půdní voda .....	5
3.3 Fyzikální vlastnosti půdy.....	5
3.4 Struktura půdy .....	6
3.5 Technologické vlastnosti půdy .....	6
3.6 Genetická klasifikace půd.....	7
4. Zpracování půdy.....	8
4.1 Konvenční zpracování půdy .....	8
4.2 Minimalizační zpracování půdy .....	10
4.3 Hloubkové zpracování půdy bez obracení půdy.....	13
4.4 Setí.....	14
5. Infiltrační schopnost půdy .....	15
6. Eroze.....	17
6.1 Vodní eroze.....	18
6.2 Větrná eroze.....	20
6.3 Ledovcová eroze.....	22
6.4 Sněhová eroze.....	22
6.5 Protierozní opatření – vodní eroze.....	23
6.6 Protierozní opatření při pěstování kukuřice.....	26
6.7 Protierozní opatření – větrná eroze.....	27
7. Metodika.....	29
7.1 Popis variant polí.....	30
7.2 Použité měřicí metody .....	31
8. Výsledky měření .....	35
8.1 Měření pomocí metody Mini Disk infiltrometrů.....	35
8.2 Metoda Single-ring infiltrometrů .....	41
8.3 Metoda brilantní modře .....	47

9.	Diskuze.....	52
10.	Závěr.....	54
11.	Seznam použité literatury .....	55
12.	Seznam obrázků.....	60
13.	Seznam grafů .....	61



# 1. Úvod

Zemědělství je už od pravěku důležitou součástí lidského života, ač se lidí dotýká přímo nebo nepřímo. Zemědělství je i zdrojem národního hospodářství a zdrojem lidské obživy. Důležité je uvědomovat si, že bez zemědělství a zemědělské produkce bychom tu nejspíš nebyli.

Významnou roli v zemědělství hraje půda, které bychom si měli vážit, protože je zdrojem potravy. Vlivem zvětvování zemědělské produkce, nevhodným obhospodařováním půdy a změnou klimatických podmínek dochází k degradaci půdy. Zodpovědné chování k půdě by neměli mít jen zemědělci, ale i vlády, aby nedocházelo k zabírání úrodné zemědělské půdy výstavbou nových průmyslových provozů, skladů, silnic a dálnic. Měli bychom si uvědomit, že takto zabraná půdy je už nenávratně pryč. Uvědomme si, že půda je neobnovitelná, respektive velmi těžko obnovitelná, zhruba za 100 let vznikne 1 centimetr půdy. Důležité je vrátit půdě to, co nám dává, nejen brát.

Jako přírodní degradaci půdy lze označit erozi. Na území České republiky se nejvíce vyskytuje vodní a větrná eroze. Vodní eroze je především problém při pěstování širokořádkových plodin, převážně kukuřice. Kukuřice nedostatečně pokrývá půdu a při přívalových deštích není schopna půda infiltrovat vodu, tak dochází ke smyvu půdy. Vhodnými protierozními opatřeními lze tomuto smyvu zabránit, mezi tato opatření může být zařazeno vhodné využití vymrzající meziplodiny, setí do strniště, anebo i vhodně zpracována půda.

Větrná eroze vzniká převážně na velkých a rozlehlých polích bez přírodní ochrany. Při větrné erozi dochází k odnosu půdy větrem a k ochuzení půdy. Opatření proti větrné erozi je dodat do půdy dostatek organické hmoty, využití vymrzající meziplodiny a dobře také zamezují větrné erozi přírodní překážky, jako jsou poloproudové větrolamy.

Důležitým cílem trvale udržitelného zemědělství je, aby se zamezilo degradaci půdy, a naopak zlepšovat její úrodnost. Navrácením organické hmoty lze zlepšit její úrodnost. V období změn klimatických podmínek, jako je období sucha, je důležité zadržovat vodu v krajině, ať už krajinotvornými prvky nebo změnou osevního postupu.

## **2. Cíl práce**

Cílem diplomové práce je vyhodnotit infiltrační schopnosti půdy při různém zpracování půdy při pěstování širokořádkových plodin (kukuřice).

### **2.1 Vstupní hypotézy:**

- Infiltrace je ovlivněna metodou zpracování půdy a založení porostu
- Tento vliv bude časem klesat a bude docházet k vyrovnávání vsaku

## Literární rešerše

### 3. Půda a její vlastnosti

Půda vzniká ze zbytků organické hmoty a z povrchových zvětralin zemské kůry. Složení, stavba a vlastnosti půdy se tvoří působením půdotvorných činitelů. Za 100 let vznikne 1 centimetr půdy. Úrodnost půdy je základní vlastností půdy.

#### Úrodnost lze rozdělit na:

- Přírozenou – to je půda bez zásahu člověka, vznikla přírodními podmínkami, závisí na obsahu humusu, živinách a zrnitosti půdy.
- Skutečnou – převážně vytvořena člověkem, ale z části je i přírozená. Skutečná úrodnost je vyšší než přírozená. (Šnobl, Pulkrábek et. a kol. 2007)

#### Složení půdy

V půdě jsou zastoupeny pevné (minerální části, organické látky), kapalné (půdní voda) a plynné fáze (půdní vzduch).

#### 3.1 Organický podíl

Do organického podílu patří živé organismy, které lze rozdělit na makroedafon, což jsou drobní savci, žížaly a mnohonožky. Mezoedafon jsou drobní členovci, roztoči a hmyz. Mikroedafon je zastoupen drobnými členovci, houbami, plísněmi a řasami.

Úrodnost půdy závisí na živých organismech, které na ni mají největší vliv. Největší podíl humusotvorného materiálu mají odumřelé zbytky rostlin. K nakypřování půdy přispívají kořeny rostlin, které zároveň také vytvářejí půdní strukturu a pomáhají k minerálnímu rozkladu. (Kubát, 2008)

Humus je soubor organických látek v půdě a skládá se z odumřelých zbytků rostlin a živočichů, které jsou navzájem promíchány s minerálním podílem v různém stupni přeměny. Vypovídajícím znakem je jeho heterogenita a stabilita, která způsobuje značnou dynamiku v půdním přechodu, z čehož vyplývá kladný vliv na úrodnost půdy. (Kutílek, 2015)

### **Humus působí v půdě pozitivně ve třech směrech:**

- podpora drobovité struktury,
- tvorba organominerálního komplexu, což je zásobárna živin pro rostliny,
- biologická činnost. (Šnobl, Pulkrábek et. a kol. 2007)

### **Minerální podíl**

Minerální podíl se skládá ze zvětralé matečné horniny a půdy s půdotvorným substrátem. V půdě jsou zastoupeny tyto horniny: křemičitany, siřníky, uhličitan, sírany, fosforečnany a oxidy.

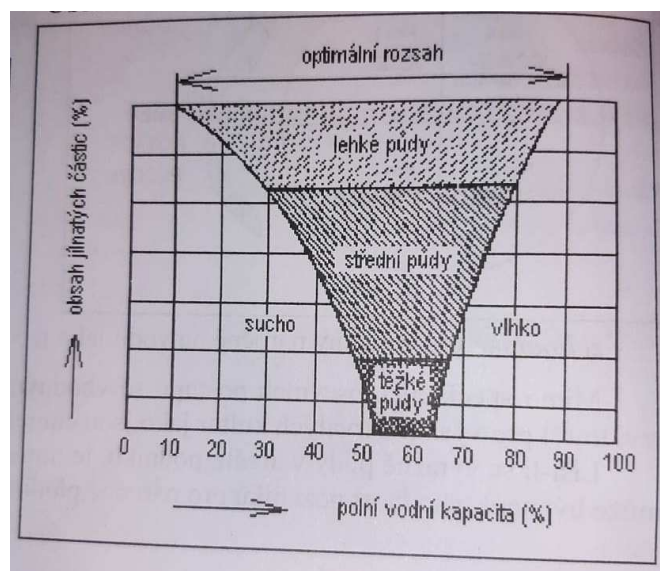
### **Horniny vznikly:**

- Přeměnou např.: ruly, svory.
- Ztuhnutím magmatu např.: žuly, čediče.
- Usazením např.: pískovce, břidlice.

Zrnitost půdy se chápe jako mechanické složení půdy dle zastoupení minerálních zrn různých velikostí. Částice nad 2 mm se nazývají skelet a částice do 2 mm je jemnozem, která se dělí na další čtyři skupiny:

- písek 2 – 0,1 mm,
- práškový písek 0,1 – 0,05 mm,
- prach 0,05 – 0,01 mm,
- jílnaté částice menší než 0,01 mm. (Schaetzl, R. 2015)

Na obrázku č.1 je vidět závislost obsahu jílnatých částic na polní vodní kapacitě. Z grafu je patrné, že střední hodnota polní vodní kapacity u těžkých, středních a lehkých půd je na 60 %. Z toho tedy vyplývá, že polní vodivostní kapacita je u lehkých půd.



Obrázek 1: Závislost jílnatých částic na polní vodní kapacitě  
Zdroj: Šnobl, Pulkrábek et. a kol. (2007)

### 3.2 Půdní voda

Půdní voda se v půdě vyskytuje v kapalném, plynném a pevném skupenství. Zdrojem půdní vody jsou srážky, které jsou zadržovány v kapilárních pórech. Část srážek, které nezachytí kapilární póry, prosakuje přes nekapilární póry do spodních vod. Část vody ze srážek se také odpaří.

Půdní vodu lze rozdělit do několika kategorií a to:

- gravitační,
- kapilární,
- obalová,
- hydrokópní. (Tomášek, 2007)

### 3.3 Fyzikální vlastnosti půdy

Energetickou náročnost půdy určují fyzikální vlastnosti půdy. Tyto vlastnosti závisí na uspořádání půdních částic, vztahy mezi plynnou, kapalnou a pevnou fází půdy. Je to hmotnost objemové jednotky v přirozeném uložení. Objemová hmotnost je redukováná, což znamená, že je to objemová jednotka v přirozeném stavu a vyschlá do konstantní hmotnosti o teplotě 105 °C. Ke stanovení objemové hmotnosti se používají Kopeckého válečky. Jestliže je objemová hmotnost vyšší jak 1,8 g/cm<sup>3</sup>, tak se jedná o půdu ztuhlelou. (Šarapatka, 2014)

## **Pórovitost půdy**

Je to poměr mezi volnými prostory v půdě a pevnou částí. Pórovitost půdy má velký vliv na úrodnost půdy, jelikož póry umožňují pronikání kořenového systému, vzduchu a vody do půdy. Pórovitost se vyjadřuje v objemových procentech. Podle velikosti průměru póru lze rozdělit na póry:

- Kapilární – voda je držena v pórech kapilárními silami, a zároveň tato voda vzlíná kapilárními póry k povrchu a rostlinu zásobuje vodou.
- Nekapilární – v nekapilárních pórech voda postupuje pomocí gravitační síly, nekapilární póry provzdušňují půdu a propouští vodu do nižších vrstev.

Poměr kapilárních pórů se považuje optimální v poměru 2:1 kapilárních a nekapilárních pórů. (Šnobl, Pulkrábek et. a kol. 2007)

## **3.4 Struktura půdy**

Vytvoření půdní struktury je výsledkem biologických, fyzikálních a chemicko-fyzikálních pochodů. Má pozitivní vliv na životní prostředí. Struktura půdy je vzájemné spojení a uspořádání půdních částic, z čehož vznikají půdní agregáty. Půdní částice hlíny jsou s agregací přeskupením a fluktuací, i když může tyto agregáty narušit i bobtnající jíl. Tyto půdní agregáty vznikají převážně v prvním stádiu, a to za pomoci žížal, strojů na zpracování půdy, kořenového systému a mrazu. Ke zpevnění agregátů dochází v druhé fázi, a to především slepením humusoidních látek produkovaných mikroorganismy. (Bronick, C. J., & Lal, R. 2005)

Ve struktuře půdy lze rozeznat:

- makrostrukturu – vhodné agregátové spojení,
- mikrostrukturu – vhodná pro poutání vody a využití živin.

## **3.5 Technologické vlastnosti půdy**

Jsou závislé především na zrnitosti půdy, obsahu vody a obsahu jílnatých částic. Význam technologických vlastností je především při zpracování půdy a dalších pracovních operací na poli. Mezi technologické vlastnosti půdy se řadí:

- lepidlost, ztuhnutí půdy, ulehlost a soudržnost půdy,
- rozprašování, bobtnání a smršťování, a orební odpor půdy. (Šnobl, Pulkrábek et. a kol. 2007)

### 3.6 Genetická klasifikace půd

- Hnědozem – poskytuje stabilní výnosy, na území České republiky je na ploše 13 %, vyskytuje se v oblastech s nižšími úhrny srážek.
- Černozem – vyskytuje se převážně v sušších oblastech, na území České republiky je na ploše 11 %, vysoká přirozená úrodnost.
- Hnědé půdy – horší zpracování půdy, nižší obsah prachových částí, na území České republiky je na ploše 45 %, v bramborářských oblastech.
- Lužní půdy – převážně u vodních toků, a jedná se o sedimenty, na území České republiky je na ploše 2 %, vysoká úrodnost. (Šnobl, Pulkrábek et. a kol. 2007)

## 4. Zpracování půdy

Zpracování půdy má velkým význam při pěstování plodin spolu s dalšími agrotechnickými činiteli, přizpůsobuje podmínky pro vývoj a růst plodin. Zpracování půdy patří mezi energeticky nejnáročnější oblasti zemědělství. Zpracování půdy ovlivňuje:

- hospodaření s půdní vláhou,
- rozvoj půdních organismů,
- rozvoj chorob a škůdců plodin.

Při trendu snížení používání chemických prostředků na polích nahrazují chemické prostředky zpracování půdy, například na odplevelení se používají prutové brány nebo plečky na kukuřici a řepu. Při zpracování půdy dochází také ke zapravení posklizňových zbytků, organického a zeleného hnojení. Kvalita a provedení zpracování půdy závisí především na úrovni a vyspělosti zemědělské techniky.

Hůla uvádí, co zahrnuje zpracování půdy:

1. Základní zpracování půdy
2. Příprava půdy před setím
3. Kultivace půdy v době vegetace
4. Minimální zpracování půdy
5. Půdoochranné systémy.

### 4.1 Konvenční zpracování půdy

Konvenčním zpracováním půdy se rozumí zpracování půdy orbou. Při orbě dochází k odřezávání skývy a k jejímu následnému obrácení. Při této operaci jsou živiny ze spodních vrstev vynášeny na povrch. Zároveň dochází také k zapravení posklizňových zbytků, zeleného hnojení a hnoje. Při orbě jsou zničeny i plevele a zároveň dochází k provzdušňování zeminy.

Pokud je orba prováděna správně, tak se půda kypří, mísí, obrací a drobí. Orba v dnešní době je dosti diskutabilní. Mezi nevýhody patří velké energetické nároky na tažený prostředek a s tím spojené vyšší finanční nároky, utužení půdy pod zoranou vrstvou, čímž postupně zanikají kapilární póry. Stále se využívá orba k okopaninám. Pluhy jsou jednostranné (záhonové) nebo oboustranné (otočné). (Koller K. EL Titi, 2003)



### **Rozdělení orby:**

- mělká – 18 cm,
- střední – 18-25 cm,
- hluboká – 25-30 cm,
- velmi hluboká – nad 30 cm.

### **Rozdělení pluhů**

#### **Podle postupu připojení k traktoru:**

- nesené,
- návěsné (polonesené).

#### **Podle jištění pracovních nástrojů:**

- pneumatické,
- pneumaticko – hydraulické,
- pružinové,
- střížné.

#### **Pracovní nástroje pluhu**

- orební těleso – skládá se z čepele, odhrnovačky, plazu a slupice,
- krojidlo,
- předradlička.

#### **Orba je prováděna buď:**

- Do roviny – používají se oboustranné otočné pluchy, při otáčení se nepřejíždí souvratě.
- Záhonová orba – provádí se jednostrannými pluchy, při záhonové orbě dochází k utužení souvratí, záhonová orba se rozděluje:
  - do skladu – orba se začíná uprostřed pozemku a pokračuje se ke kraji,
  - do rozoru, kde orba začíná od kraje a končí se ve středu pozemku.

### Orební poměr – k

$$k = \frac{b}{a} > 1,27$$

b – šířka skývy

a - hloubka skývy

### Orební poměr s předradličkou $k_p$

$$k_p = \frac{b}{a - a_1} > 1,27$$

$a_1$  – zahloubení  
předradličky

(Roh, Heřmánek, & Kumhála, 2000)

## 4.2 Minimalizační zpracování půdy

Při minimalizačním zpracování půdy na rozdíl od konvenčního zpracování půdy dochází k větším plošným výkonům a menší energetické náročnosti. Tím dochází k úspoře práce a financí. Dochází ke snížení pracovních operací, zvýšení výkonnosti a menší organizaci práce. Minimalizační zpracování půdy se vyznačuje dvěma rysy, a to redukcí hloubky a intenzitou zpracování půdy a následné ponechání rostlinných zbytků na povrchu nebo ve vrchní vrstvě. Důvodem minimalizačního zpracování půdy jsou ekologické důvody, a to kladný vztah k hospodaření s půdní vodou, omezení větrné a vodní eroze. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

### Kypřiče pro mělké zpracování půdy

Při mělkém zpracování půdy velice záleží na rovnoměrnosti posklizňových zbytků na poli. Při delším používání technologie bez orby lze dosáhnout urovnání pozemků, což je výhodné především při sklizni, kdy je například u sóji požadavek na nízké strniště. Kypřiče lze využít i v technologii s orbou. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

### Talířové kypřiče

Jednou z výhod talířových kypřičů při mělkém kypření nebo podmítce je velká pojezdová rychlost až 14 km/h a tím je dosahováno velké plošné výkonnosti. Při prvním přejezdu zanechávají talířové kypřiče hřebenité dno pod zpracovanou vrstvou půdy, proto se doporučuje při opakovaném kypření změnit směr jízdy. Při půdoochranném zpracování půdy před větrnou a vodní erozí se nedoporučuje použít talířových kypřičů z důvodu zapravení většího množství rostlinných zbytků. V tomto případě je doporučeno použít radličkový kypřič s plochými šípovými radličkami. U talířů kypřičů, které jsou vybaveny čtyřmi sekcemi do X, je lehké přestavení úhlu, který svírá rovinu rotace a směr pohybu talířů. Talířové kypřiče se

vyrábějí od malých záběrů 3 metry až po velké záběry 18 metrů. Talířové kypřiče jsou vybaveny drobicími nebo utužovacími válci. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

### **Radličkové kypřiče**

Radličkové kypřiče půdu provzdušní, nakypří, rozdrobí a promísí. U radličkových kypřičů jsou různě řešeny pracovní nástroje. Každý pracovní nástroj lze zvolit na jinou intenzitu kypření, buď na mělkou podmítku, nebo na promíchání a zapravení posklizňových zbytků. Radličky kypřičů jsou uspořádány ve dvou a více řadách. Jednotlivé radličky mohou být jištěny proti přetížení, a to buď pružinou, nebo střížným šroubem. Kypřiče jsou vybaveny drobicím a utužovacím válcem. Při mělkém kypření se používají šípové podřezávací radličky, kterými lze docílit vhodné zpracování půdy i na malou hloubku (80 mm). (Kumhála, F. 2007) (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

Na obrázku 2 je zobrazen radličkový kypřič Fenix FN s drobicím válcem a zavlačovači od společnosti Bednar FMT.



*Obrázek 2: Radličkový kypřič Fenix FN od společnosti Bednar FMT*

*Zdroj: [www.bednar.com](http://www.bednar.com)*

Titi (2002) uvádí, že je nutné po zpracování půdy, zanechat alespoň 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy. Tento způsob je navržen pro omezení vodní a větrné eroze.

Jedná se o návrh šesti typů zpracování půdy:

1. No – Tillage – je půda ponechána neporušená od sklizně po setí pro získání živin. Setí se provádí v úzkém záhonu nebo štěrbině vytvořené radličkami nebo disky. Hubení plevelů se provádí především herbicidy. Kultivace může být použita pro nouzové hubení plevelů. V roce 2000 v Americe bylo tímto způsobem obhospodařováno více jak 21 milionů hektarů.
2. Ridge – Tillage – toto obdělávání půdy je založeno na vytvoření hrůbků. Posklizňové zbytky jsou umístěny mezi hrůbky, kde dodávají pěstovaným rostlinám živiny. Tato technologie je vhodná pro pěstování širokořádkových plodin. Setí probíhá do hrůbků, výhodou je při setí kukuřice dřívější ohřátí hrůbků. Redukce plevelů se provádí buď herbicidem nebo kultivací.
3. Mulch – Tillage – Při tomto zpracování půdy dochází pouze k mělkému zpracování půdy radličkovým kypřičem nebo talířovým kypřičem. Mulč rostlin mohou být rostlinné zbytky z předplodiny nebo meziplodiny. K ochraně proti plevelům dochází aplikací herbicidu nebo kultivací.
4. Strip – Till – Při tomto zpracování půdy se půda zpracuje pouze v úzkém pásku. Mezi pásy je půda nezpracována. Tato metoda se začíná hojně využívat jako vhodné protierozní opatření při pěstování kukuřice. V praxi toto probíhá následovně: na podzim se pole, na kterém je zasetá vymrzající meziplodina, zpracuje pomocí technologie Strip – Till, možno do pásku uložit hnojivo. A na jaře se do těchto samých pásků zaseje kukuřice. Tato technologie se neobejde bez přesné GPS navigace.
5. Reduced – Tillage – Je to technologie zpracování půdy a setí, při které je na povrchu půdy zanecháno 15–30 % nebo 1200–2400 kg/ha rostlinných zbytků. Je nutné minimální zpracování půdy, aby nedocházelo k větrné erozi.
6. Other tillage types – Jiné typy zpracování půdy jsou takové systémy zpracování a pěstování, které mohou splňovat cíle protierozní ochrany. Mohou to být například: Strip cropping, contouring a terracing. (El Titi, A. 2002)

### **4.3 Hlubkové zpracování půdy bez obracení půdy**

Pro zpracování půdy bez orby jsou ke zpracování půdy do větších hloubek použity kypřiče, které prokypří půdu do hloubky s minimálním porušením povrchu, kde rostlinné zbytky mají ochrannou funkci. V půdoochranném zpracování půdy je typické zpracování půdy do hloubky bez obracení. Hloubka kypření může dosahovat až 50 centimetrů. Tyto kypřiče se využívají na prokypření zhutnělých vrstev půdy, jako jsou kolejové řádky nebo souvratě. V těchto místech je největší utužení půdy vlivem častých přejezdů zemědělské techniky.

#### **Dlátové kypřiče**

Pro kypření do střední a větší hloubky jsou určeny dlátové kypřiče. Dlátové kypřiče s dláty upevněnými na slupicích dokážou prokypřit půdu bez narušení povrchu. Při kypření dochází k nadzvednutí celého bloku půdy, čímž se celý blok půdy rozlomí a drobí se. Při pohybu zpět se kypření dokončuje. Díky tomuto prokypření se zvětší póry a voda se bude dobře infiltrovat. Celkové prokypření je vhodné pro kořenový systém rostlin. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

#### **Dlátový pluh**

Při zpracování půdy dlátovým pluhem dochází ke kypření, ale také k promíchání půdy. Dlátový pluh je schopen promíchat půdu s posklizňovými zbytky, popřípadě je schopen zapravít do půdy i hnůj. Je vybaven utužovacím válcem, popřípadě může být vybaven sadou na přihnojování. Na dlátový pluh jsou kladeny velké energetické nároky na tažený prostředek.

#### **Kombinovaný kypřič**

Kombinovaný kypřič je charakteristický postupným kypřením do narůstající hloubky. V první sekci kombinovaného kypřiče je talířový kypřič, kde dochází nejdříve k mělkému kypření, a v druhé sekci je dlátový kypřič, kde následuje dlátové zpracování půdy do hloubky až 45 centimetrů. Kombinovaný kypřič slouží k promíchání půdy s rostlinnými zbytky. Je vybaven utužovacím válcem. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

## 4.4 Setí

### Přímé setí do nezpracované půdy

Technologie přímého setí je založena na setí do nezpracované půdy, například do strniště. Secí stroje, které jsou určeny pro přímé setí, jsou opatřeny kotoučovými secími botkami, avšak některé stroje jsou vybaveny i radličkovými secími botkami. Radličkové secí botky nejsou úplně vhodné, a to z důvodu, že mohou hodně rozrušit a promíchat půdu, což je nežádoucí. Kotoučové secí botky jsou lepší, jelikož u nich nedochází k ucpání rostlinnými zbytky. Většinou jsou před kotoučovou secí botkou umístěny hladké, zvlněné nebo hladké prořezávací kotouče, které usnadňují lepší pronikání secí botky do půdy. Aby se zabránilo úplnému ucpávání secích botek, jsou před nimi ještě odhrnovače slámy, které mají za úkol odhrnout rostlinné zbytky. Tato technologie je vhodná na setí erozně ohrožených pozemcích. (Hůla, J., & Procházková, B. 2002)

### Přesné setí

Technologie přesného setí slouží pro setí řepy nebo kukuřice. Secí stroj je řešen jako samostatná secí jednotka, která je připojena na společném rámu. Secí jednotky lze přizpůsobit na určitou rozteč podle vysévané plodiny. Každá secí jednotka obsahuje vlastní zásobník, výsevní mechanismus a secí botku. Přesné setí znamená, že je zapotřebí rozmístit semena v přesně daných vzdálenostech, nejsou žádoucí vynechávky nebo více vysetých semen najednou. Při dopadu semene do rýhy nesmí docházet k odvalování semene. Pro lepším navázání kapilárního vztlínání vody je každá secí jednotka vybavena utužovacím kolečkem. Secí stroj má tři pracovní operace, první dvě jsou náběr a výsev, což zajišťuje výsevní mechanismus, a třetí operací je utužení. (Kumhála, F. 2007)

Na obrázku 3 je osmiřádkový secí stroj Tempo F 8 od společnosti Väderstad sloužící k přesnému setí.



*Obrázek 3: Osmiřádkový secí stroj Tempo F8*

*Zdroj: www.agrall.cz*

## **5. Infiltrační schopnost půdy**

Infiltrační schopnost půdy je důležitý parametr při vodní erozi. Je řízena jak gravitační silou, tak i kapilárním působením. Za pomoci póru se kapilárně voda dostává hlouběji do půdy. Při mírných deštích je půda schopna infiltrovat vodu bez problému. Při vydatných přívalových deštích, které jsou převážně v období od května do srpna, už není půda schopna infiltrovat vodu dostatečným způsobem. Malá infiltrační schopnost a velký odtok vody způsobují lokální záplavy a v případě pěstování širokořádkových plodin na poli vzniká i velké riziko vodní eroze. Rychlost, kterou se srážková voda do půdy infiltruje, lze ovlivnit, a to především agrotechnickými opatřeními. Vysoká míra infiltrace je vhodná pro lepší skladování vody v půdě, pro lepší udržení vegetace v sušších oblastech.

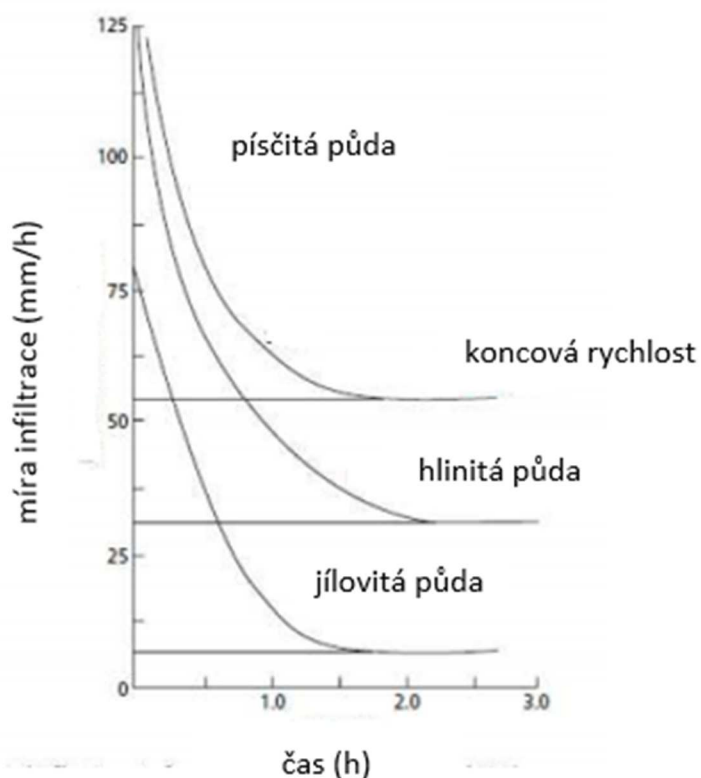
Vliv na infiltraci vody má také volba technologie zpracování půdy, zhutnění půdy, střídání plodin dle osevního plánu a také množství organické hmoty v půdě. Jedním z opatření je ponechání větší vrstvy mulče na půdě, které zabrání snížení povrchového odtoku vody. Riziko malé infiltrace půdy při pěstování širokořádkových plodin vzniká při pěstování na lehčích půdách a při absenci další protierozní opatření. Míra infiltrace se stanovuje měřítkem, do kdy je konkrétní půda schopna absorbovat srážky nebo závlahu. Infiltrace se měří v palcích za hodinu nebo milimetrech za hodinu. (Hůla J., Kroulík M., 2010) ([https://www.sciencedaily.com/terms/infiltration\\_\(hydrology\).htm](https://www.sciencedaily.com/terms/infiltration_(hydrology).htm), 2020)

Podle Hortona (1945) lze rozdělit infiltraci podle dvou teorií. První teorie vypovídá o infiltrační kapacitě, což je objem za jednotku času. To znamená, že existuje omezující rychlost, při které může půda v daném stavu absorbovat déšť.

Podle druhé teorie, pokud dojde k odtoku vody z povrchu půdy, existuje funkční vztah mezi hloubkou detekce povrchu  $\sigma_a$  nebo množství vody nahromaděné na povrchu půdy a rychlostí povrchového přítoku a odtoku. (Horton, 1945)

Velmi důležitá je půdní struktura pro vlastnosti půdy. Vyšší míru infiltrovanosti mají písčité půdy, které jsou snadněji oddělitelné, ale zároveň jsou snadno odvoditelné díky své nesoudržnosti. Hlinité půdy nejdou snadněji oddělit z důvodu jejich soudržnosti, proto je zde větší míra odtoku a větší náchylnost k erozi. (Helmecke M. 2009)

Na obrázku 4 je graf závislosti míry infiltrace na čase. Na grafu je vidět míra propustnosti písčité, hlinité a jílovité půdy. Písčitá půda je nejpropustnější, střední propustnost má hlinitá půda a nejnižší propustnost má jílovitá půda.



Obrázek 4: Typické míry infiltrace pro písčitou, hlinitou a jílovitou půdu  
Zdroj: Withers & Vipond (1974) Upravil: Pavel (2020)



## 6. Eroze

Eroze v půdě je fyzický proces s různou rozmanitostí ve světovém rozsahu. Četnost eroze je především ovlivněna větším tlakem na půdu, a to především z ekonomického a sociálního hlediska. Eroze je přírodní proces, který byl, je a bude. Jedná se především o posun zeminy. Se zvětšováním populace je tlak obhospodařovat více a intenzivněji půdu. Tím dochází ke zrychlování eroze na pozemcích z důvodu porušování přírodního krytu půdy. Eroze také poškozují životní prostředí, a to především kvůli vodní erozi, kde dochází ke smyvu například ornice a dochází ke znečištění vodních ploch a sedimentaci. Při smyvu půdy z pole dochází k ochuzení půdy z důvodu odplavování humusu a živin z půdy. V důsledku smyvu také dochází ke zvětšení štěrkovitosti půdy. Náklady spojené s posunem a ukládáním sedimentace jsou často vyšší v porovnání s dlouhodobou ztrátou půdy působením eroze. (Morgan et al. 2009)

Možná méně známý důsledek působení eroze je, že při erozních událostí může půda ztratit 70–80 % svého uhlíku, který zmizí do atmosféry. Regulací eroze má schopnost k odlučování uhlíku, obnovení poškození půd vlivem eroze a s tím souvisí také kvalita vody v důsledku menšího usazování sedimentu na dně vodních ploch. (Morgan et al. 2009)

Eroze půdy nesouvisí převážně jenom se zemědělstvím, jak je nejvíce zmiňováno. Ke ztrátě/ půdy může docházet například na staveništích, či při větším průtoku vody v řekách vlivem odplavování. Nicméně v zemědělství má vliv nejen na smyv půdy, ale také způsobuje ztrátu osiva, sadby, hnojiv a přípravky na ochranu rostlin. S tím souvisí také znečištění vodních zdrojů, například při pohybu strojů po poli, jímž ztěžuje pohyb. (Morgan et al. 2009) (Janeček, 2007)

Eroze se může stanovovat dle intenzity, a to na normální a zrychlenou. Rozdíl mezi těmito intenzitami závisí především na rychlosti tvorby půdy. Při normální erozi probíhá proces přírodněji a postupem času přetváří reliéf území a je v harmonii s půdotvorným procesem. Půda, která je porušená a odnesená, je nahrazena půdou novou. U zrychlené eroze není úplně možné nahradit odnesenou půdu novou, jelikož zrychlená eroze probíhá mnohem rychleji než samotná obnova půdy při normální erozi. (Kubátová, 2001) ([www.eagri.cz](http://www.eagri.cz), 2020)

## Rozdělení eroze

Podle Kubátové lze rozdělit erozi na několik typů:

- vodní eroze,
- větrná eroze,
- ledovcová eroze,
- sněhová eroze,
- gravitační eroze. (Kubátová, 2001)

### 6.1 Vodní eroze

Při vodní erozi dochází k rozdrůžování povrchu půdy vlivem dopadajících kapek vody. Následuje pohyb půdních částic z pole, nejdříve se vymývají nejmenší částice a organický materiál. Půdní profil se postupně snižuje až na skalní podlaží. Při snížené rychlosti odtoku vody se částice usazují a sedimentují. (Podhrázská, 2008)

Příčiny vodní eroze jsou především ve zcelování velkých půdních bloků, což průběh vodní eroze velice podporuje. Při zcelování půdních bloků byly zrušeny krajinné prvky, jako jsou meze, remízky a polní cesty. Tyto prvky napomáhaly k omezení vodní eroze. K větší intenzitě vodní eroze nepřispívá ani nevhodně zvolený osevní postup. Na svažitých pozemcích se pěstují erozně nebezpečné plodiny. Na vodní erozi má také vliv sklon a délka pozemku po spádnicí a vegetační pokryv. V letním období při panujících teplech půda začne vysychat. Při menších deštích je půda schopna infiltrovat vodu celkem dobře. Při krátkých a intenzivnějších deštích není půda schopna pobrat takové množství vody a voda odtéká po povrchu a dochází ke smyvu a erozi. (Bryan, 2000)

Důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu, dojde k ochuzení půdy o ornici. Se snižováním organické hmoty, živin a humusu dochází v půdě ke změně chemických vlastností půdy. Díky změnám vlastností půdy začíná půda degradovat, což se odráží především na menším výnosu a zvětšování potřeby chemických hnojiv. Propustnost vody na degradované půdě se snižuje, a tak dochází k povrchovému odtoku vody. (Janeček, 2005)

Faktory příčiny eroze se rozdělují na následující podle způsobu využívání a obhospodařování půdy:

- geologické a půdní,
- hydrologické a klimatické,
- vegetační, morfologické. (Janeček, 2005)

### **Výpočet ohroženosti půdy vodní erozí**

$$G = R * K * L * S * C * P$$

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy t\*ha<sup>-1</sup> za rok

R – faktor erozní účinnosti deště

K – faktor erodovatelnosti půdy

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetace

P – faktor účinnosti protierozních opatření (Wischmeier & Smith, 1978)

Tato rovnice je vhodná pro určení dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy, nelze tuto rovnici použít pro kratší časový úsek, například po každé dešťové srážce. Přesnost této rovnice velice záleží na přesnosti vstupních parametrů.

Šarapatka a Netopil ve svém výzkumu zkoumali vodní erozi na jižní Moravě pomocí dvou metod.

První metodou byla digitální obrazová metoda, která měla dvě metody, a to automatickou klasifikaci a vizuální interpretaci. Obě tyto metody vycházely z leteckých snímků z roku 1938, 1968 a ze současnosti. Původní letecké snímky bylo třeba zpracovat do bezešvé ortomapy. U historických fotek bylo nutné předzpracování fotogrammetrickým procesem. Tyto dvě metody dobře umožní celkově přesné určení erozních ploch z rastrové vrstvy leteckých snímků. Vizuální interpretace je založena na určité neobjektivnosti, která spočívá v omezené možnosti rozlišení velkého počtu barevných odstínů. Erodivaná půda se určí subjektivně, a to zejména při velkém měřítku. Automatická klasifikace je oproti vizuální interpretaci rychlejší a přesnější, výhodou je objektivnost. Zároveň je ale nevýhoda, že operátor nemůže zasahovat do automatické klasifikace. Půdní část, která byla ovlivněná erozí,

byla výrazněji světlejší než okolní plochy. Ještě pro lepší kvalifikaci je vhodné použít půdní plochy bez vegetace. Autoři uvádějí, že řešením nevýhod jednotlivých postupů je tyto postupy kombinovat, aby došlo ke zcela přesným výsledkům. Tato metoda se jeví jako velice vhodná pro efektivní a dlouhodobého vývoje eroze. Autoři předpokládají rozvíjení této metody. (Šarapatka & Netopil)

### **Měření stopového množství radionuklidů**

Tato metoda je zaměřena na měření aktivity radionuklidů vázaných na půdní částice. V odebraných vzorcích půdy se sleduje obsah atomů cesia, přesněji radioizotopu  $^{137}\text{Cs}$ . Při této metodě dochází k terénním průzkumům a je možné zkoumat degradaci půdy i do hloubky. Naměřené hodnoty půdních částic  $^{137}\text{Cs}$  se porovnávají s referenční hodnotou  $^{137}\text{Cs}$ . Tato referenční hodnota je stanovena na místě, kde nedocházelo k erozi ani k usazování sedimentů. V místech odběru vzorků, kde jsou naměřeny menší hodnoty než u referenčního vzorku, se tak jedná o degradovanou půdu. V měřené lokalitě byly odebírány vzorky do hloubky od 0,5 metru ve svahu až do hloubky 3 metry v akumulacích částech terénu. Tyto vzorky byly laboratorně změřeny pomocí laboratorního gamaspektrometru. Autoři uvádějí, že tato metoda je velmi časově náročná a ve větším měřítku není realizovatelná. Nicméně největší výhodou tohoto měření je přesnost a detailnost naměřených výsledků, a to v časovém horizontu až 30–40 let zpět. Výsledkem tohoto měření mohou vzniknout erozně-akumulační mapy. Výsledky obou metod se shodují. (Šarapatka & Netopil)

## **6.2 Větrná eroze**

Větrná eroze je stejně jako vodní přírodní jev. Vítr působí svou mechanickou silou na povrch a rozruší půdu a následně se uvolní částice půdy. Tyto částice se dají do pohybu a jsou přemísťovány na různou vzdálenost. Při větrné erozi může probíhat pohyb půdních částic ve třech formách:

- Pohyb částí, dochází sunutím po povrch půdy, se kterým se pohybují větší částice.
- Pohyb skokem, při tomto pohybu dochází k největšímu přemístění půdy.
- Pohyb pomocí suspenze, pomocí větru jsou půdní částice přemísťovány na dlouhé vzdálenosti, mohou nastat prашné bouře. (Janeček 2007)

První fáze nastává při snížení energie pod určitou mez. K druhé a třetí fázi dochází díky působení turbulentního proudění přízemního větru, který je schopen překonat gravitační sílu působící na částice půdy.

Významnou položkou u větrné eroze je vítr. Unášející síla větru je závislá na rychlosti proudu větru v době trvání a výskytu větrů. I při malém působení větru dochází k přemísťování půdních částic. Nicméně největší přemísťování půdních částic dochází při silných a dlouhotrvajících větrech v holých oblastech. (Doležal, 2017)

Kromě větru ovlivňuje větrnou erozi také situace, ve které se půda nachází. Především se jedná o půdní částice, respektive o jejich odpor. Odpor půdních částic je dán především velikostí a tvarem jednotlivých částic, ale i vlastnostmi půdy – jakou je struktura a vlhkost půdy. Záleží také na drsnosti povrchu a na rostlinném krytu půdy, ten chrání půdu před dynamickými účinky proudu vzduchu. Dalším faktorem, který má vliv na větrnou erozi, je velikost pozemku ve směru působení větru. V tomto směru se uvolňuje větší množství půdních částic. Půdy, které jsou převážně ohroženy větrnou erozí, jsou lehčí písčité půdy, v České republice především na jižní Moravě. Ke specifickým podmínkám v České republice dochází na Litoměřicku, kde se nachází těžší půdy. Tyto půdy mění svoji strukturu vlivem mrazu v zimním období a suchým jarem, kdy vznikají prachové bouře. (eAgri.cz, 2020)

### **Výpočet ohrožení půdy větrnou erozí**

Pro skutečnou erodovatelnost půdy větrem je třeba vědět momentální hodnoty vlhkosti a rychlosti větru, tímto se stanoví aktuální erodovatelnost půdy. Pro návrhové práce, které se zabývají ochrannou proti větrné erozi, stačí potencionální erodovatelnost, která je závislá na obsahu částic jílu v půdě.

$$E = 875,52 * 10^{-0,0787M}$$

E – erodovatelnost půdy větrem ( $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ )

M – částice jílu v půdě (%)

Daný vztah je odvozen na podkladu výzkumu v aerodynamickém tunelu hodnoty odnosu půdy za 15 minut s rychlostí 15 m/s. Pro praxi je zahrnut předpoklad, že erozi způsobí vítr, který se vyskytne 4 dny za rok – dva dny na jaře a dva dny na podzim - v tomto období není půda chráněná vegetací. (Janeček 2007)

Jana Kozlovsky Dufková dělala výzkum s názvem Fyzikální podstata větrné eroze na těžkých půdách. Tento výzkum byl zaměřen na zkoumání větrné eroze na těžkých půdách. Cílem byla snaha sestavit rovnici, která stanoví intenzitu větrné eroze na těžkých půdách. Porovnávala se laboratorní metoda s metodou přírodní. Laboratorní metoda byla založena na agregátové analýze. Při této analýze se oddělily půdní částice větší než 2 mm, tzn.

neerodovatelná frakce půdy. Tyto vzorky byly navlhčeny na polní vodní kapacitu, bod vadnutí a vodní kapacitu. Část vzorků byla ponechána k ovlhčení. Následně se tyto vzorky daly zmrznout. Teplota pro zmrznutí byla - 2 stupně celsia. Teplota pro rozmrznutí byla + 2 stupně celsia. Tento proces se několikrát opakoval stejně tak, jak tomu je v přírodě. Opakoval se až do doby, než se neerodovatelná frakce přestala rozpadávat. Tedy změna hmotnosti byla menší než 1 %.

Současně probíhal také terénní pokus rozpadu půdních agregátů. Teplota byla měřena 2 metry nad zemí a vlhkost v hloubce 0,5 metru. Úkolem teplotních čidel bylo zaznamenat počet cyklů FT (zmrznutí a rozmrznutí) a FD (vysušení půdy mrazem) v terénních podmínkách. Následovalo statistické vyhodnocení. Porovnání bylo provedeno na základě kumulativních přírůstků procentuálního obsahu erodované frakce. Na počátku přírodního a simulovaného přemrzání nebyl procentuální přírůstek totožný, takže by bylo porovnávání obtížné. (Dufková J.)

### **6.3 Ledovcová eroze**

Ledovcová eroze je způsobena pohybem ledovců z vyšších do nižších poloh, kde při jejich pohybu dochází k posunu a unášení kamenů různých tvarů a velikostí a k abrazivním účinkům, kde se skalnaté povrchy obrušují a vyhlazují. Dále dochází k drčení kamenů zamrzlých v ledu. Vlivem jemné směsi písku a bahna dochází k dalšímu obrušování. Rychlost pohybu ledovce je závislá na klimatických podmínkách a sklonu podloží. Vznik morén je způsoben dopravou velkého množství kamenů a hornin a vzniká kamenný val. (Holý, 1994) (Cablík, Jůva, 1963)

### **6.4 Sněhová eroze**

Sněhová eroze je kvalifikována podle mechanismů – režimu proudění a polohy v lavině. Sněhová eroze je způsobena buď pomalým, nebo rychlým pohybem. Pomalý pohyb je převážně na jaře při tání sněhu. Naopak rychlý pohyb vzniká při pohybu velké masy sněhu – označována jako lavina. Jednotlivé vrstvy sněhu mají mezi sebou napětí, pevnost a odpor tření. K lavině dojde, jestliže je napětí větší než pevnost sněhové pokrývky. Toto ovlivňují faktory jako je nový sníh, vlhkost sněhu a teplota vzduchu. Sněhová eroze nemá výrazný vliv na zemědělskou činnost, jelikož se to týká převážně poloh ve vyšších nadmořských výškách. (Holý, 1994) ([www.nasvah.cz](http://www.nasvah.cz))

## 6.5 Protierozní opatření – vodní eroze

Půdu proti vodní erozi lze chránit několika opatřeními a to: organizačními, agrotechnickými a technickými. Musejí respektovat požadavky na zemědělskou výrobu. O účinnosti jednotlivých opatření rozhoduje jejich efektivita. Důležité je, aby se zabránilo smyvu půdy. Při smyvu dochází k znečištění vodních toků a odplavu živin z pole. V neposlední řadě je důležité ochránit objekty. (Toman, 1994)

### Organizační opatření

Při organizačním opatření je nutné zvolit dobře pozemek a situovat ho tak, aby delší strana byla ve směru vrstevnic. Dalším faktorem je velikost a správné situování pozemku.

Při užití organizačního opatření je nutné se držet několika zásad:

- včasný výsev plodin,
- posunout podmínku do období s menším výskytem přívalových dešťů,
- zařazování bezorebně setých plodin,
- rozmístění plodin dle ohrožení pozemku erozí.

### Vegetační pokryv je důležitý, protože:

- pomáhá vsakování vody do půdy,
- chrání půdu před přímým dopadem kapek,
- kořenový systém soudržuje půdu. (Hůla, 2003)

### Deliminace kultur

Kritériem je především sklon území, kde by mělo platit, že svahy se sklonem vyšším jak 50 % by se měly zalesnit. A svahy s vyšším sklonem jak 25 % by se měly zatravnit. Širokořádkové plodiny by měly být zasety nanejvýše 8% sklonu svahu. Důležitou roli hraje také tvar pozemků. Optimální tvar pozemku je obdélník o poměru šířky a délky 1:2 až 1:3 delší stranou po vrstevnici. (Kvítek, Tipll, 2003)

Plochy, které by měly být chráněny trvalým travním porostem:

- plochy podél nádrží a vodních toků,
- v dráze povrchového odtoku vody,
- tělesa ochranných hrázek. (Janeček, 2007)

## **Pásové střídání plodin**

Pásové střídání plodin by měly být uspořádány po vrstevnicích. Šířka pásů je odvislá od propustnosti půdy, náchylnosti k erozi a záběrů strojů. Počet pásů je odvislý od velikosti svahu. Díky pásovému střídání plodin jde dobře omezit ztráty půdy erozí. Plodiny v protierozních pásech mohou být travní porost, ozimé obilniny nebo vojtěška a hrách. Pásové střídání plodin s nízkým protierozním účinkem mohou být okopaniny nebo kukuřice. U kukuřice je možné na podzim zasít vymrzající meziplodinu, která zvýší vegetační pokryv půdy, a zamezí se jak větrné, tak vodní erozi. Na obrázku 5 je vidět pásové střídání plodin ozimé obilniny a kukuřice na jižní Moravě v podniku Rostěnice a.s.



*Obrázek 5: Pásové střídání plodin v podniku Rostěnice a.s.  
Zdroj: Rostěnice a.s. (2020)*

## **Agrotechnická opatření**

Agrotechnická opatření jsou založena na minimální době, kdy je půda bez vegetačního pokryvu. Půda bez vegetačního pokryvu je více náchylná k erozi. K ochraně proti erozi v období přivalových dešťů slouží minimalizační zpracování půdy, především mělké kypření. Při orbě pro plodiny, které se sejí na jaře, má význam nechat hrubou brázdu k zadržení vody při jarním tání. Na poli by neměla být ztuhlá vrstva, která zabraňuje infiltraci vody do půdy. K ochraně půdy před erozí lze využít posklizňové zbytky plodin a biomasu meziplodin. Při pěstování kukuřice se začíná využívat vymrzající meziplodina, která zajistí na podzim vegetační pokryv a na jaře při zasetí kukuřice se využije biomasa z meziplodiny k lepšímu pokryvu. (Novotný, 2017)



## **Technická opatření**

Jestliže nejde dosáhnout dostačující protierozní ochrany za pomoci agrotechnických a jiných opatření, je nutné zvolit technické opatření. Toto opatření je realizováno jako terénní úpravy, a to: terasy, příkopy, zatravněné údolnice a protierozní nádrže. Toto technické opatření je navrhováno jako trvalé, ne jako dočasné. Technické prvky vytvářejí trvalou zábranu, proti velkému odtoku povrchové vody. Mimo jiné mají funkci s doprovodnou zelení, význam z hlediska ekologického. (Kincl, 2017)

### **Terasy**

Terasy se využívají převážně na hodně svažitéch pozemcích pro vytvoření sadů a vinic. Terasy jsou budovány tak, aby bylo možné zajistit dobrou dostupnost. Je možné vytvořit terasy úzké pro jednu až dvě řady stromů, nebo široké, které umožňují vysadit tři a více řad stromů či vinic. Je vhodné na terase vytvořit hydrotechnický objekt, jako je kanál či průleh.

Hlavní parametry na vytvoření teras jsou:

- vhodné odvodnění terasové plošiny,
- dopravní dostupnost,
- sklon svahu terasy, délka a výška,
- šířka terasové plošiny. (Janeček, 2007)

### **Příkopy**

Příkopy jsou biotechnická protierozní opatření. Budují se zpevněné nebo nezpevněné. Příkopy se musejí budovat podle hydrografické sítě. Důležité je, aby vyhovovaly protierozním opatření. Sběrné příkopy slouží k přerušení velkého odvodu povrchové vody po spádnici. Záchytné příkopy se budují převážně tam, kde je nutné zajistit ochranu před přítokem cizích vod. (Podhrázká, 2010)

### **Protierozní nádrže**

Protierozní nádrže zachycují splaveninu a regulují odtok. Staví se a navrhují tam, kde by mohlo dojít při odtoku povrchové vody k ohrožení zdrojů pitné vody. Velikost záchytného prostoru má být tak velký, aby zachytil vodu z přívalového deště. V nádrži se usadí usazeniny a z nádrže odtéká čistá voda. Tyto nádrže mohou být koncipovány jako suché, a to slouží

k zadržení velkého množství vody, jinak je tato nádrž obhospodařována jako trvalý travní porost. (Janeček, 2007)

## **6.6 Protierozní opatření při pěstování kukuřice**

Nejjednodušší protierozní ochrana při pěstování kukuřice je zasetí protierozních pásů po vrstevnici. Protierozní pásy se sejí klasickým secím strojem na obilí. Ideální plodina je ozimý ječmen, protože na jaře nemetá, a tak nekonkuruje kukuřici. Šířka pásů je odvislá od ohroženosti pozemku vodní erozí a pohybuje se v rozmezí 20 až 40 metrů. Toto opatření je po technické stránce jednoduché a nenáročné. Co se týče vícenákladů, tak nejsou o tolik vyšší než při běžné praxi. (Kincl, 2017)

### **Technologie setí kukuřice do strniště**

Setí kukuřice je prováděno do strniště přezimující meziplodiny, nejlépe sklizené na zeleno. Tato metoda se vyznačuje velice dobrou protierozní ochranou z důvodu pokryvu vegetace a rostlinných zbytků. Přímé setí se provádí přesnými secími stroji, které zpracují půdu pouze v daném řádku. Nebo je možné vysévat kukuřici přesnými secími stroji s kotoučovými secími botkami, ale pouze do půd, které jdou lehce zpracovat. Mezi řádkami je nezpracovaná půda se strništěm a plní protierozní funkci. (Kincl, 2017)

### **Technologie setí kukuřice do vymrzající meziplodiny**

Tato technologie se vyznačuje vysokou protierozní ochranou. Na podzim je zasetá vymrzající meziplodina, většinou hořčice bílá nebo svazenka vratičolistá. Meziplodina po vymrznutí chrání půdu proti erozi, ale váže na sebe i živiny a zabrání jejich vyplavování. Jarní setí kukuřice probíhá do mulče odumřelé meziplodiny, před setím je provedena ochrana ekologickým herbicidem. Tímto herbicidem dochází k potlačení plevelů a umrtvení meziplodiny. Využití této technologie je vhodné v půdách s dobrou strukturou, lehce zpracovatelných a neutužených. Pokud bude provedeno přímé setí, může docházet k ucpání diskových secích botek. Z tohoto důvodu je vhodné zpracovat meziplodinu v řádcích, do kterých následně bude zasetá kukuřice.

### **Technologie setí kukuřice do obilné slámy**

Technologie je založena na ponechání slámy po předplodině, následně setí kukuřice na jaře. Nebo se mělce zpracuje půda a následně se na jaře seje kukuřice do mělce zpracované půdy. Nutné je provést herbicidní ochranu vzešlého výdrolu a plevelů. (Janeček, 2007)

## **6.7 Protierozní opatření – větrná eroze**

Půdu proti větrné erozi lze chránit několika opatřeními, a to: organizačními, agrotechnickými a technickými. Důležité je zajistit, aby nedocházelo k úletům půdních částic, ke kterým dochází při dlouhotrvajících větrech na plochách, které jsou holé. (Janeček, 2007)

### **Organizační opatření**

Základem organizačního opatření je výběr vhodných plodin. Na silně erozně ohrožených půdách je vhodné založit trvalý porost, který zadržuje půdní vlhkost. Například lze využít jeteloviny nebo trávy. Výrazně eliminují erozi také ozimé meziplodiny pro přímý výsev hlavní plodiny.

Dalším opatřením je pásové střídání plodin. Pásky jsou oseté plodinami, které jsou imunní vůči větrné erozi. Dále snižují výpar vody a zabraňují odnosům půdy. Šířka pásů se zvolí od 50 až po 200 metrů. Na písčitéch půdách by měly být pásy užší než na hlinitých. Vhodnou skladbou plodin mohou být například ponechání kukuřice přes zimu jako závětrí, které chrání sousední plochy proti větrné erozi. (Středová, 2018)

Důležité je vhodně situovat půdní celky, a to delší stranou kolmo k převládajícím směrům větru. Šířka se volí, tak aby bylo možné využít pásové střídání plodin s ohledem na způsob hospodaření a existenci stávající větrných bariér, jako je stromořadí, terénní překážky. (Hůla, 2003)

### **Agrotechnické opatření**

Do tohoto opatření patří především úprava struktury půdy, které záleží na zvýšení soudržnosti půdy. Tím se zvýší obsah půdních agregátů, které lépe odolávají větrné erozi a zároveň se zvýší přísun organické hmoty do půdy pomocí:

- necháním posklizňových zbytků,
- hnojením organickými hnojivy,
- zeleným hnojením,
- pěstování jetelovin a trav. (Hůla, 2003)

Zvýšením soudržnosti a snížením erodovatelnosti se dosáhne zvýšením vlhkosti půdy. Ke zvětšení vlhkosti půdy se může dospět:

- mulčováním,
- závlahou,
- zadržením sněhu.

Při ochranném obdělávání půdy před větrnou erozí je důležité zvolit vhodnou technologii, která zkrátí dobu, kdy je pole bez vegetace. Využívají se posklizňové zbytky předplodin a meziplodiny. Stejně jako u opatření proti vodní erozi se využívá přímé setí do strniště. Efektivita agrotechnických opatření závisí na správné volbě mechanizace.

#### **Projevení protierozních účinků:**

- zvýšení půdní vlhkosti,
- zkrácení meziporostního období,
- zvýšení drsnosti,
- snížení přímého účinku větru. (Janeček, 2007)

#### **Technická opatření**

Technické opatření vzniká, jestliže se větru vystaví překážka, překážkou se rozumí ochranné lesní pásy – větrolamy. Také lze použít dočasné přenosné zábrany z prken a rákosu. Dočasné zábrany se umísťují tam, kde je nutné dočasně ochránit plodiny. Nejlepším opatřením proti větrné erozi jsou větrolamy, které sniží rychlost větru.

Rozdělení větrolamů na základní typy:

- Prodouvané (propustné) – skládají se z jedné nebo dvou řad, kde se nenachází keřové patro. Tento typ větrolamů je vhodný k rovnoměrnému uložení sněhu na chráněných pozemcích, nevýhodou je, že proti silnému větru neposkytují velkou ochranu.
- Neproudované (nepropustné) – víceřadý porost, kde je vytvořeno keřové patro. U tohoto typu větrolamu klesá rychlost větru výrazně, ale na kratší vzdálenost. Na návětrné a závětrné straně vznikne uzavřená stěna.
- Poloprodouvané (polopropustné) – tvořeny z více řad stromů a keřového patra. Keřové patro není příliš husté a tím vznikne ideální propustnost. Tento typ větrolamu je nejvhodnější, jelikož vítr ho částečně obtéká a částečně prostupuje. Ve srovnání s širokým neproudovým větrolamem dojde k minimálnímu záboru půdy. (Podhrázká, 2008)

## 7. Metodika

Měření probíhalo 15. 8. 2019 mezi obcemi Kočí a Nabočany v Pardubickém kraji. Pozemek, na kterém měření probíhalo, obhospodařuje společnost Oseva Chrudim a.s. v nadmořské výšce 255 m n. m. Na pozemku byla černozem a panovalo slunečné počasí s teplotou okolo 25 °C. Na obrázku 6 je znázorněna poloha, kde probíhalo měření.



Obrázek 6: Poloha, kde bylo uskutečněno měření  
Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) Upravil: Pavel (2020)

## **7.1 Popis variant polí**

### **Varianta 1**

Pole s variantou 1 je úhor. Toto pole bylo využito jako kontrolní. Pole bylo na podzim zpracováno radličkovým podmítačem na hloubku 0,2 metru a nadále bylo ponecháno ladem.

### **Varianta 2**

Pole s variantou 2 je pole s kukuřicí a vymrzající meziplodinou. Na podzim bylo pole zpracováno technologií Strip – Till a do meziřádku byla zaseta meziplodina triticales. Na jaře byla do zpracovaných řádků metodou Strip –Till zaseta kukuřice.

### **Varianta 3**

Pole s variantou 3 je pole s porostem kukuřice bez meziplodiny. Pole bylo na podzim zpracováno metodou Strip – Till, bez setí meziplodiny. Na jaře byla zaseta kukuřice do stejných řádků, které byly na podzim zpracovány metodou Strip – Till.

### **Varianta 4**

Pole s variantou 4 je pole pouze s porostem kukuřice. Na podzim byla provedena orba. V této variantě není využita meziplodina a na jaře byla zaseta kukuřice.

### **Varianta 5**

Pole s variantou 5 je pouze porost kukuřice. Na podzim bylo na poli provedeno hlubší kypření radličkovým kypřičem. Na jaře se hlubší kypření opakovalo též s radličkovým kypřičem. Následně byla na jaře zaseta kukuřice, tato varianta je taktéž bez meziplodiny.

## 7.2 Použité měřicí metody

### Metoda Single-ring infiltrometrů

Touto metodou byla naměřena nasycená hydraulická vodivost půdy. Měřicí aparatura je složena z plechových válců a vlhkoměru. Při měření bylo použito pět plechových válců o průměru 15 centimetrů, výšky 20 centimetrů a tloušťky stěny 2 mm, které jsou zobrazeny na obrázku 8. Vlhkoměr Theta – Probe je zobrazen na obrázku 7.

Nejdříve se válce postupně zatlačily do půdy – do řádku kukuřice. Následně byla změřena počáteční vlhkost v jednotlivých válcích pomocí vlhkoměru Theta – Probe, která byla zaznamenána do tabulky. Následně byla nalita voda o objemu 0,5 litru do prvního válce. V tomto okamžiku se začal měřit čas na stopkách. Po úplné infiltraci vody do půdy byl čas na stopkách zastaven a zaznamenán do tabulky. Následovalo opětovné měření vlhkosti s vlhkoměrem Theta – Probe a zaznamenání vlhkosti do tabulky. Tento postup se opakoval u všech pěti válců (Single-ringů).



Obrázek 7: Vlhkoměr Theta – Probe  
Zdroj: [www.ecotech-bonn.de](http://www.ecotech-bonn.de)



Obrázek 8: Single-ring infiltrometry  
Zdroj: vlastní

Dle Reynoldse (1989) dojde ke zjištění hydraulické vodivosti podle vzorce:

$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1-\Delta\theta)t_a} \left[ \frac{D}{\Delta\theta} - \frac{\left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)}{1-\Delta\theta} \ln \left( 1 + \frac{(1-\Delta\theta)D}{\Delta\theta \left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)} \right) \right]$$

Kde:

$t_a$  – je čas (s), kdy je měřena doba, kdy se voda začala aplikovat na povrch půdy do doby, kdy je veškerá voda infiltrována do půdy

$D$  – je hladina vody odpovídající objemu vody (m)

$\alpha^*$  – je parametr půdy ( $m^{-1}$ )

$\Delta\theta$  – ( $m^3 \cdot m^{-3}$ ) je rozdíl mezi polním nasyceným vodním obsahem ( $\theta_{fs}$ ) a počátečním objemovým obsahem vody v půdě ( $\theta_i$ )

$K_{fs}$  – je nasycena hydraulická vodivost pole ( $l \cdot s^{-1}$ ;  $mm \cdot h^{-1}$ )

### Metoda Mini Disk infiltrometrů

Metodou Mini Disk infiltrometrů se měří nenasyčená hydraulická vodivost. Měření probíhalo za pomoci 9 infiltrometrů – Mini Disků. Infiltrometr se skládá ze dvou komor, které jsou nad sebou v jedné trubici. Na začátku měření jsou obě komory v trubici naplněny vodou. Tlakovou výšku – tenzi reguluje trubička v horní komoře, při které dojde k infiltraci vody do půdy. Ve spodní části infiltrometru se nachází disk z porézního materiálu (spékaná nerezová ocel). Rozměry disku jsou: výška 0,3 cm a průměr 4,5 cm. Voda, která se může zainfiltrovat, je 135 ml. Interval pro odečítání se určuje dle typu půdy, například písek 2–5 s, hlinité půdy 30 s a nepropustné jíly 30–60 min. Umístěním infiltrometru na půdu se začne voda ze spodní komory ihned infiltrovat. Zaznamenává se pokles hladiny v průběhu času a vypočítává se nenasyčená hydraulická vodivost  $K$ . Na obrázku 9 je zobrazeno měření nenasyčené hydraulické vodivosti v porostu kukuřice.

Před začátkem měření se nejdříve naplnila horní komora infiltrometru, následně se posunula trubička co nejnižší, poté se infiltrometr otočil, sundal se porézní disk a naplnila se spodní komora, porézní disk se vrátil a nastavila se tenze. Infiltrometr se umístil na rovný povrch a začal se měřit čas na stopkách. Zaznamenával se časový usek a pokles vody. (www. hydropedologie.agrobiologie.cz, 2012)





*Obrázek 9: Mini Disk infiltrometry v porostu kukuřice  
Zdroj: vlastní*

### **Metoda brilantní modře**

Tato metoda je založena na infiltraci modré barvy do půdy. Nejdříve se do porostu kukuřice udělala rýha dlouhá 1 m a široká 10 cm. Následně se namíchal 0,3% koncentrovaný roztok potravinářského barviva „E330 brilantní modř“ o objemu 10 litrů. Pak byl roztok nalit do rýhy (obrázek 11). Poté po uplynutí aplikační doby 5 hodin, kdy došlo k rozmístění modré barvy v půdním profilu, byla provedena půdní sonda do hloubky 35 centimetrů (obrázek 10). Po odkrytí byly provedeny snímky infiltrace modré barvy do půdy digitálním fotoaparátem, který ukládal snímky ve formátu JPEG. Snímky byly do počítače přeneseny ve stejné kvalitě. Následovala úprava snímků v programu Gwyddion 2.30.

V programu Gwyddion 2.30 se pomocí funkce vyznačení zrn podle prahu vyznačí barevné zóny hranic. Následně se v programu použije funkce odstranění zrn podle prahu a dojde k nastavení nejmenších zrn. S nejmenšími zrny se nepočítá z důvodu eliminace chyb vzniklých odleskem malých částí půdy. Poté se použije funkce maska, kde dojde k přetransformování obrázku na černobílé. Černá barva zobrazuje půdu a bílá barva zobrazuje infiltrovaná místa. Následně se obrázek uloží, aby se mohlo dále pokračovat v programu ImageJ. V programu ImageJ se použije funkce na určení celkové plochy obrázku, následuje převedení obrázku do binární soustavy, kde je černou barvou znázorněna půda a míra infiltrace je zobrazena bílou barvou. A naposledy se využije funkce, která určí plochu a zároveň procentuální podíl infiltrace v obrázku.



*Obrázek 10: Půdní sonda  
Zdroj: vlastní*



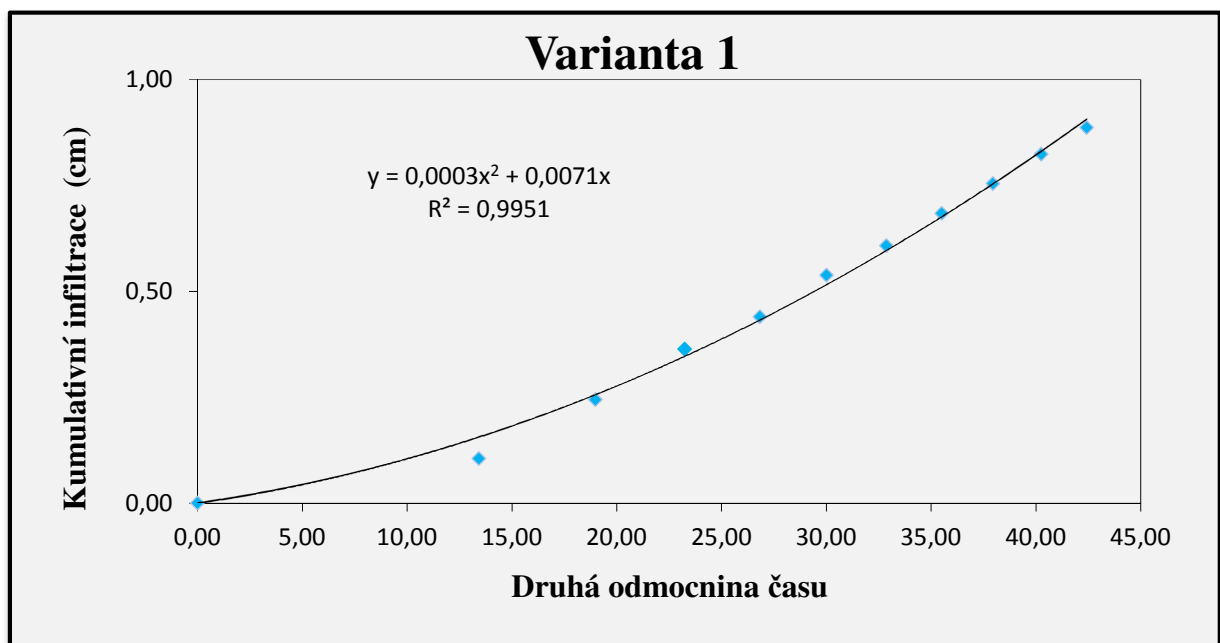
*Obrázek 11: Rýha s barvivem E330  
Zdroj: vlastní*

## 8. Výsledky měření

### 8.1 Měření pomocí metody Mini Disk infiltrometrů

#### Varianta 1 – Úhor

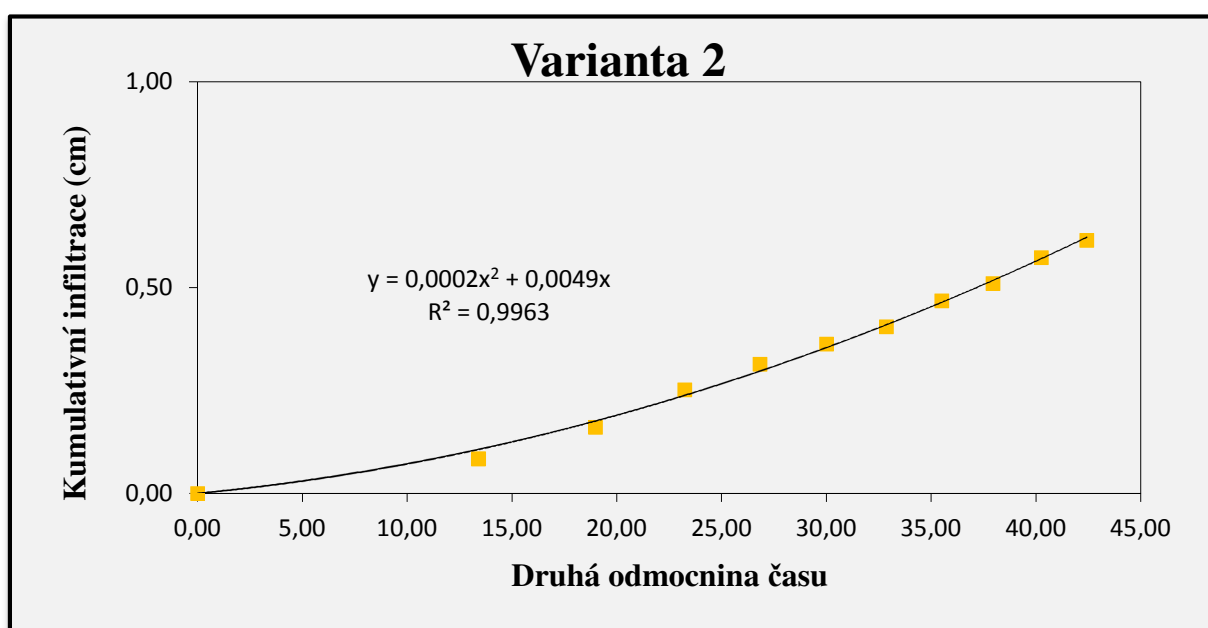
Pole s variantou 1 je úhor, kde bylo na podzim pole zpracováno radličkovým podmítačem v hloubce 0,2 metru. Hodnoty z tohoto měření byly použity pro porovnání mezi porostem kukuřice a bez porostu kukuřice. Data v grafu 1 ukazují postupný začátek infiltrace vody do půdy. Následně začala kumulativní infiltrace v závislosti druhé odmocniny stoupat, kdy na konci měření dosahovala hodnot necelého 1 cm. Tato varianta má nejvyšší kumulativní infiltraci ze všech měřených variant.



Graf 1: Mini Disk infiltrometry – Varianta 1 - Úhor

## Varianta 2

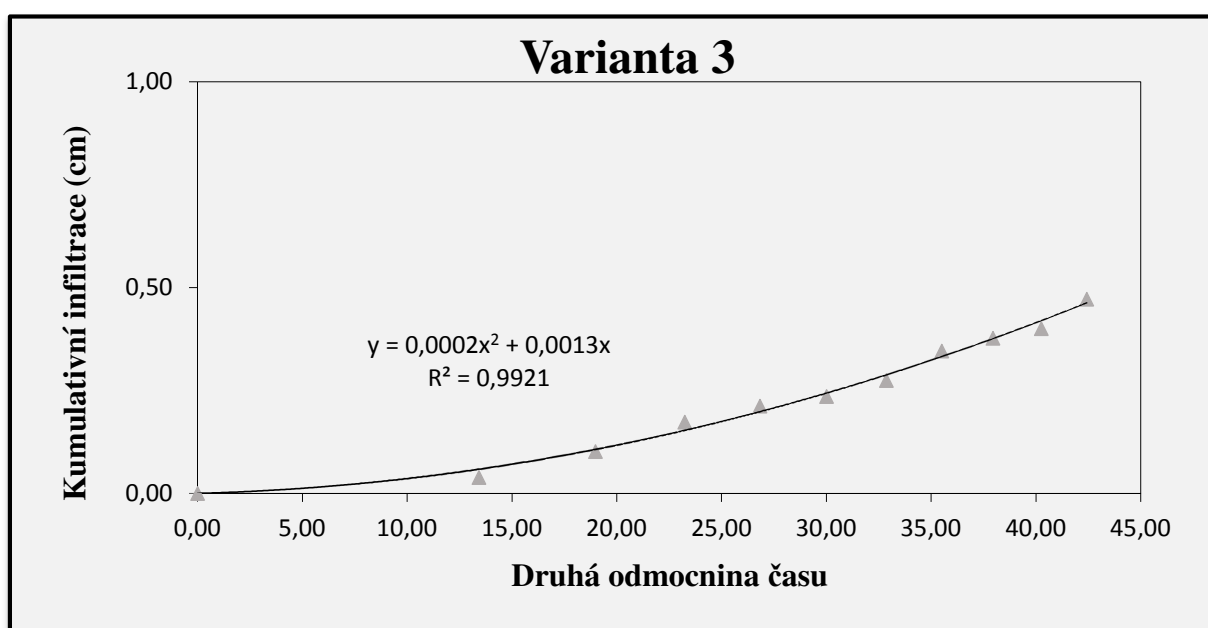
Pole s variantou 2 je pole s kukuřicí a vymrzající meziplodinou. Na podzim bylo pole zpracováno technologií Strip – Till a do meziřádku byla zaseta meziplodina triticales. Na jaře byla do zpracovaných řádků metodou Strip – Till zaseta kukuřice. Z grafu 2 je patrné, že nástup infiltrace vody do půdy je postupný. Tento postupný nástup drží kumulativní infiltrace v závislosti druhé odmocniny až do konce měření, které končí na hodnotě 0,61 centimetru.



Graf 2: Mini Disk infiltrometry – Varianta 2

### Varianta 3

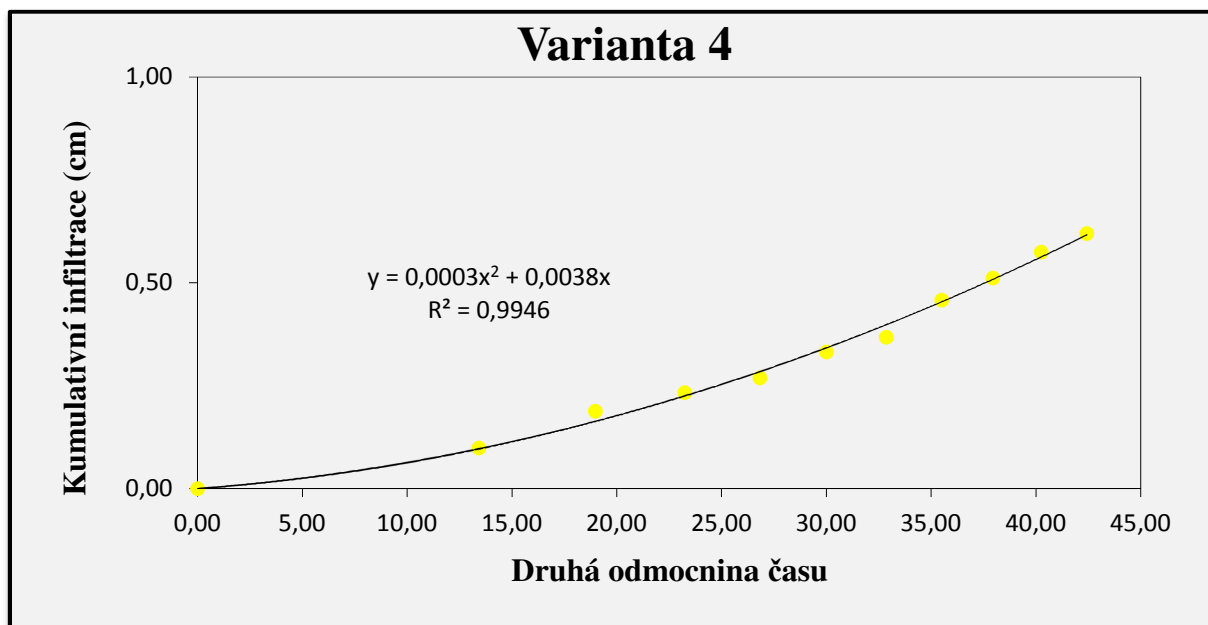
Pole s variantou 3 je pole s porostem kukuřice bez meziplodiny. Pole bylo na podzim zpracováno metodou Strip – Till, bez setí meziplodiny. Na jaře byla zasetá kukuřice do stejných řádků, které byly na podzim zpracovány metodou Strip – Till. Graf 3 znázorňuje postupný nástup infiltrace vody do půdy a tento trend pokračuje kumulativní infiltrací v závislosti na druhé odmocnině až do bodu posledního měření na hodnotu 0,47 cm.



Graf 3: Mini Disk infiltrometry – Varianta 3

## Varianta 4

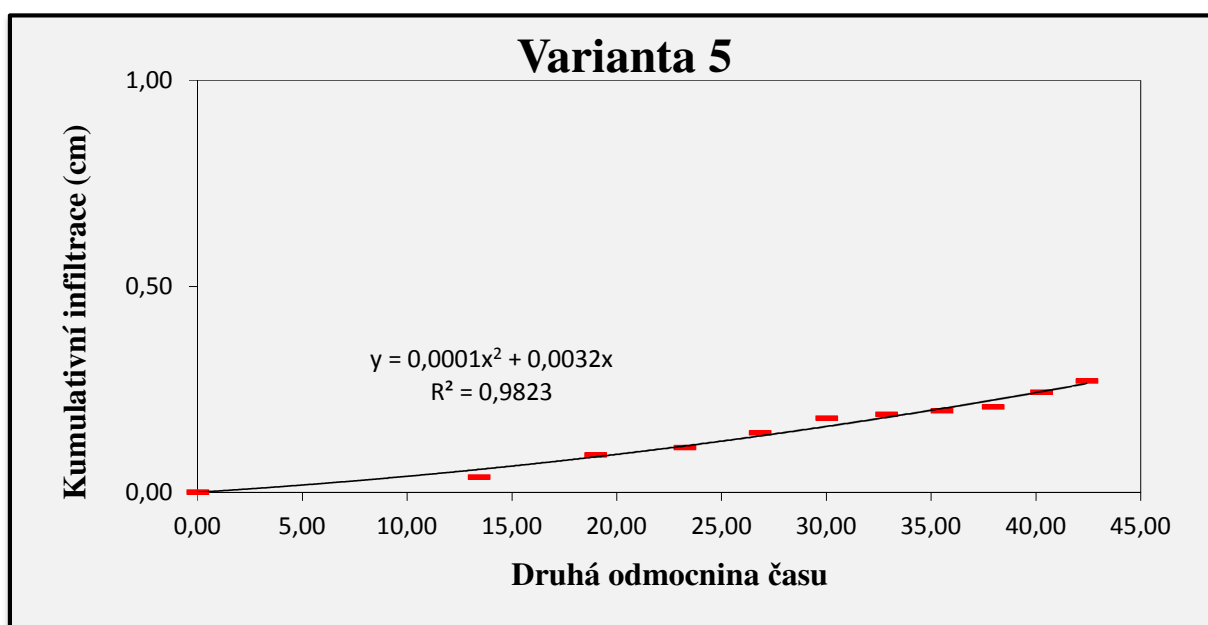
Pole s variantou 4 je pole s porostem kukuřice. Na podzim bylo pole zpracováno konvenčně orbou. V této variantě nebyla zasetá na podzim meziplodina. Na jaře byla zasetá kukuřice. Z grafu plyne pomalý nástup infiltrace do půdy. Avšak kumulativní infiltrace v závislosti s druhou odmocninou se zvyšuje až do hodnoty 0,62 cm.



Graf 4: Mini Disk infiltrometry – Varianta 4

## Varianta 5

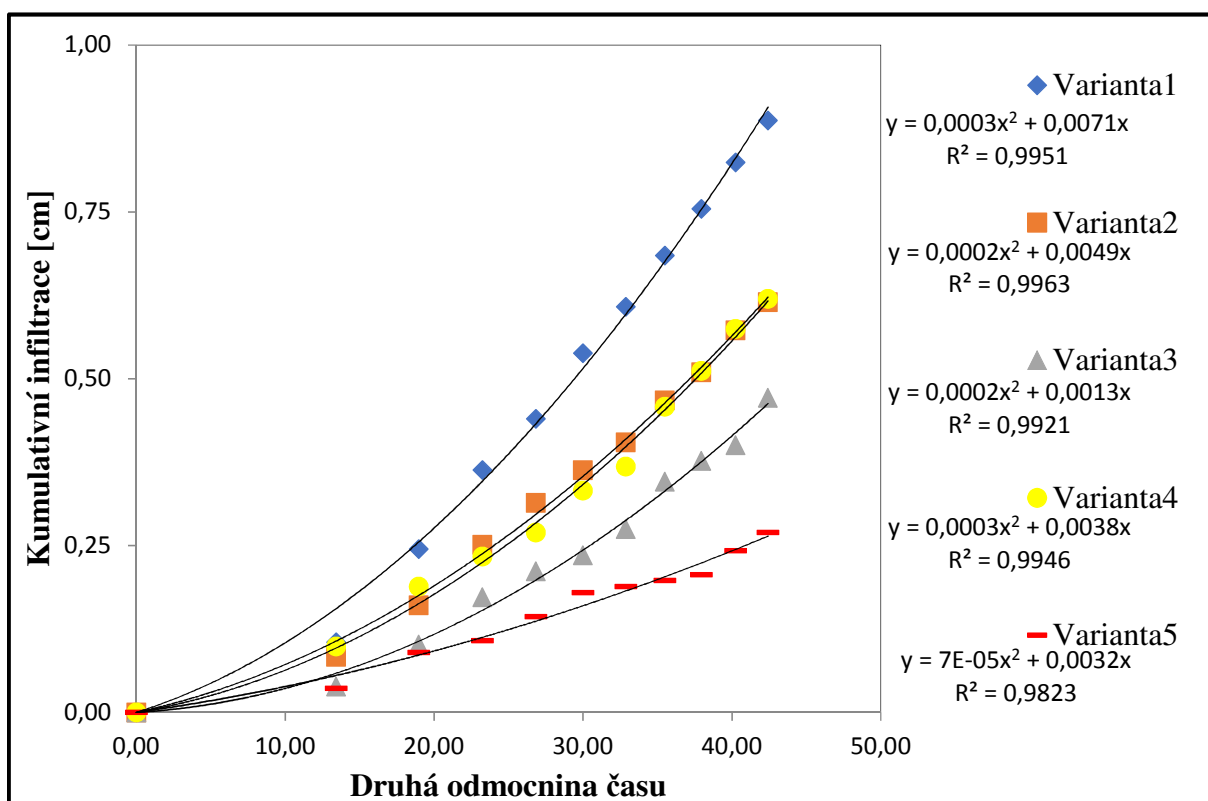
Pole s variantou 5 je pouze porost kukuřice. Na podzim bylo na poli provedeno hlubší kypření radličkovým podmítačem. Na jaře se hlubší kypření opakovalo též s radličkovým podmítačem. Následně byla na jaře zasetá kukuřice, tato varianta je bez meziplodiny. Graf znázorňuje postupný nárůst infiltrace vody do půdy. Kumulativní infiltrace v závislosti na druhé odmocnině času postupuje mírněji oproti předchozím variantám. Kumulativní infiltrace dosahuje v posledním bodu měření hodnoty 0,27 cm. Tato varianta má nejmenší kumulativní infiltraci ze všech variant měření.



Graf 5: Mini Disk infiltrometry – Varianta 5

## Celkové shrnutí měření kumulativní infiltrace metodou Mini Disk infiltrometrů

Na grafu 6 je znázorněno všech pět variant polí, kde probíhalo měření kumulativní infiltrace metodou Mini Disk infiltrometrů. Nejlepší výsledky kumulativní infiltrace jsou u varianty 1, což byl úhor. Na podzim bylo pole zpracováno radličkovým podmítačem. Po zpracování půdy radličkovým podmítačem je velmi dobrá kumulativní infiltrace. Nejhorší výsledek kumulativní infiltrace je pole s variantou 5, což je pole, kde bylo na podzim provedeno hlubší kypření a na jaře byla zasetá kukuřice. V této variantě nebyla zasetá meziplodina, která se zdá být jako klíčová. Rozdíl mezi variantou 1 a variantou 5 je 0,62 cm.



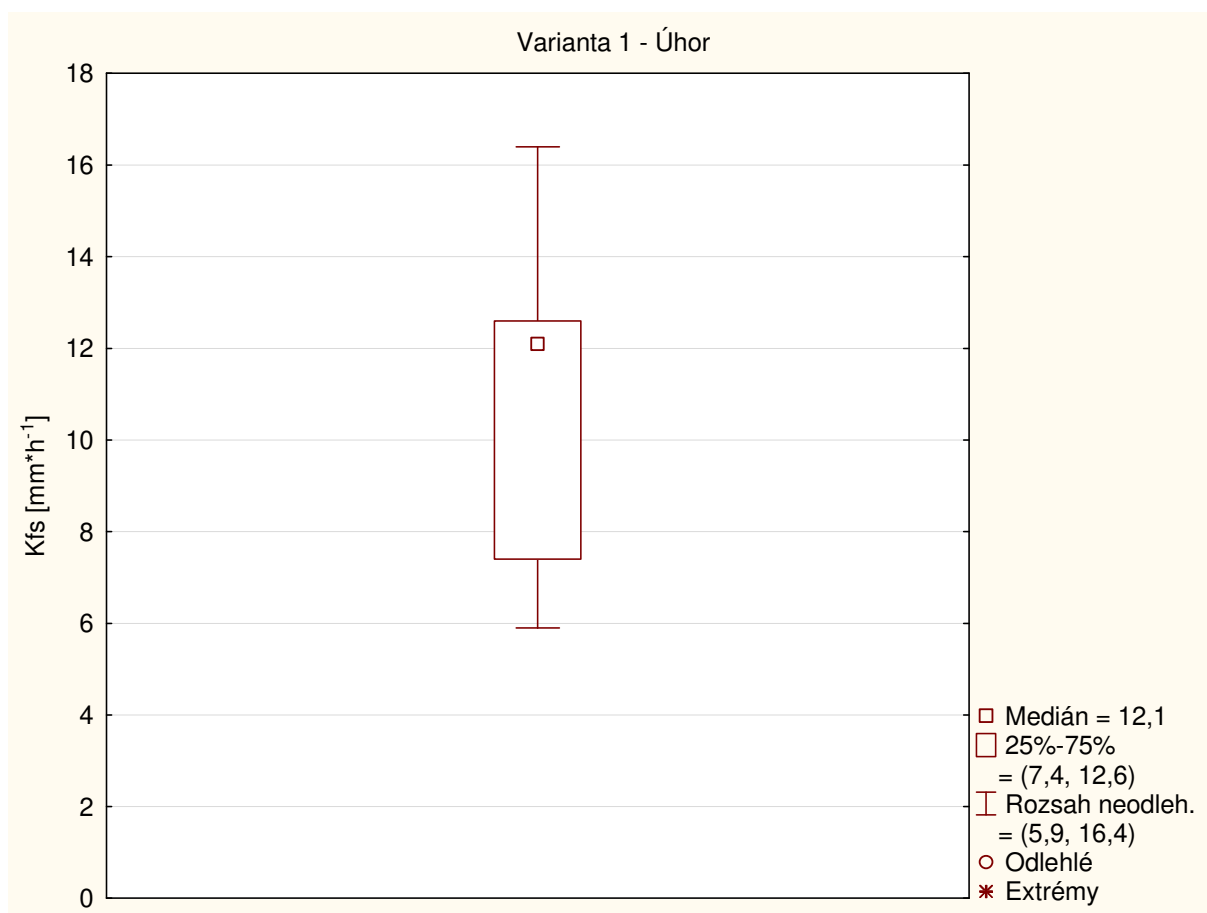
Graf 6: Mini Disk infiltrometry – celkové shrnutí



## 8.2 Metoda Single-ring infiltrometrů

### Varianta 1

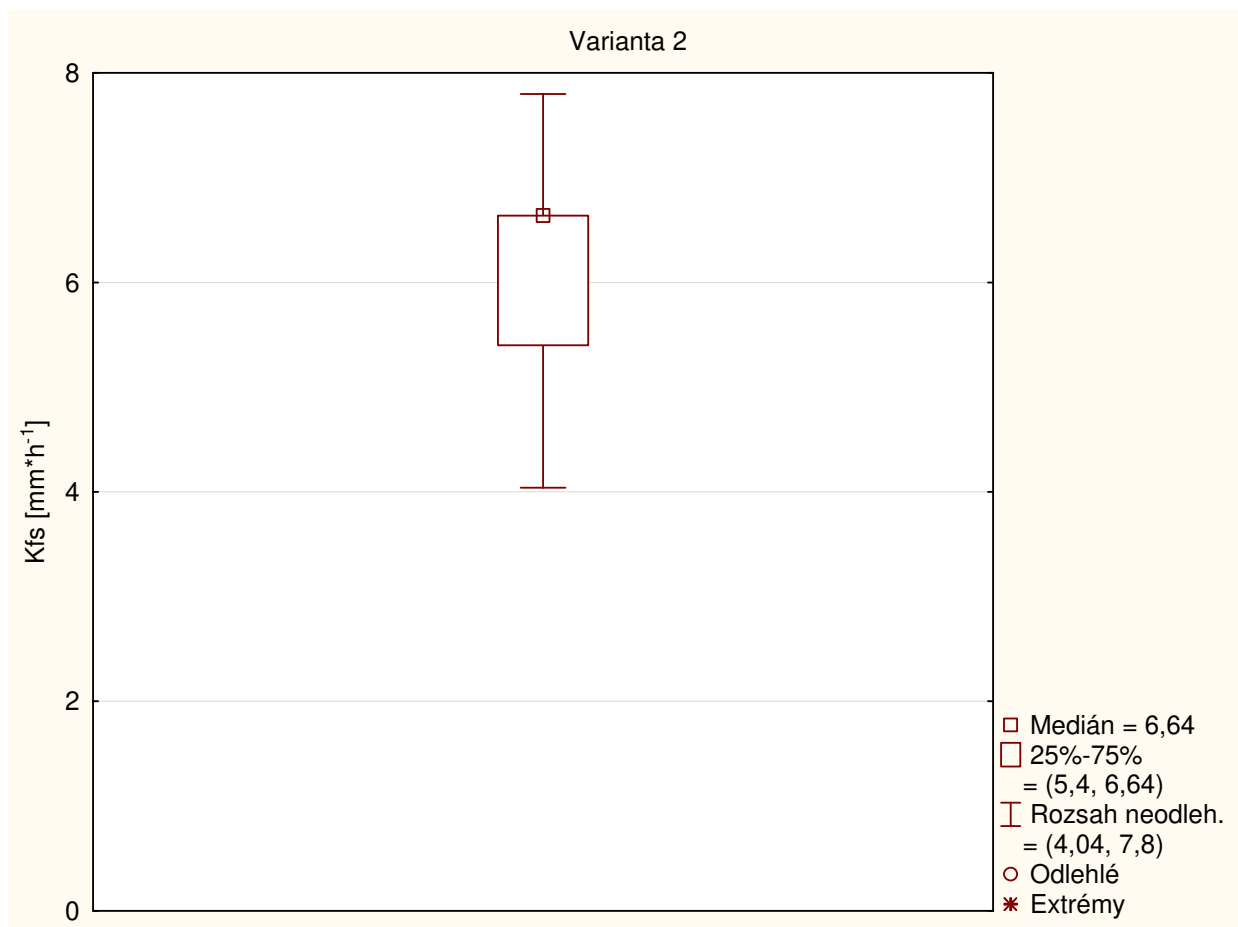
Pole s variantou 1 je úhor, kde na podzim bylo pole zpracováno radličkovým podmítačem na hloubku 0,2 m. Toto měření jsme použili pro porovnání mezi porostem kukuřice a bez porostu kukuřice. Z grafu 7 hydraulické vodivosti  $K_{fs}$  je patrné, že medián hydraulické vodivosti na hodnotě 12,1  $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ . Ze všech 5 variant je v této variantě hydraulická vodivost nejvyšší. Toto si lze vysvětlit, že půda byla zpracována radličkovým podmítačem, a následně byla plošně zasetá triticale a v tomto stavu bylo pole ponecháno.



Graf 7: Single-ring infiltrometry – Varianta 1 - Úhor

## Varianta 2

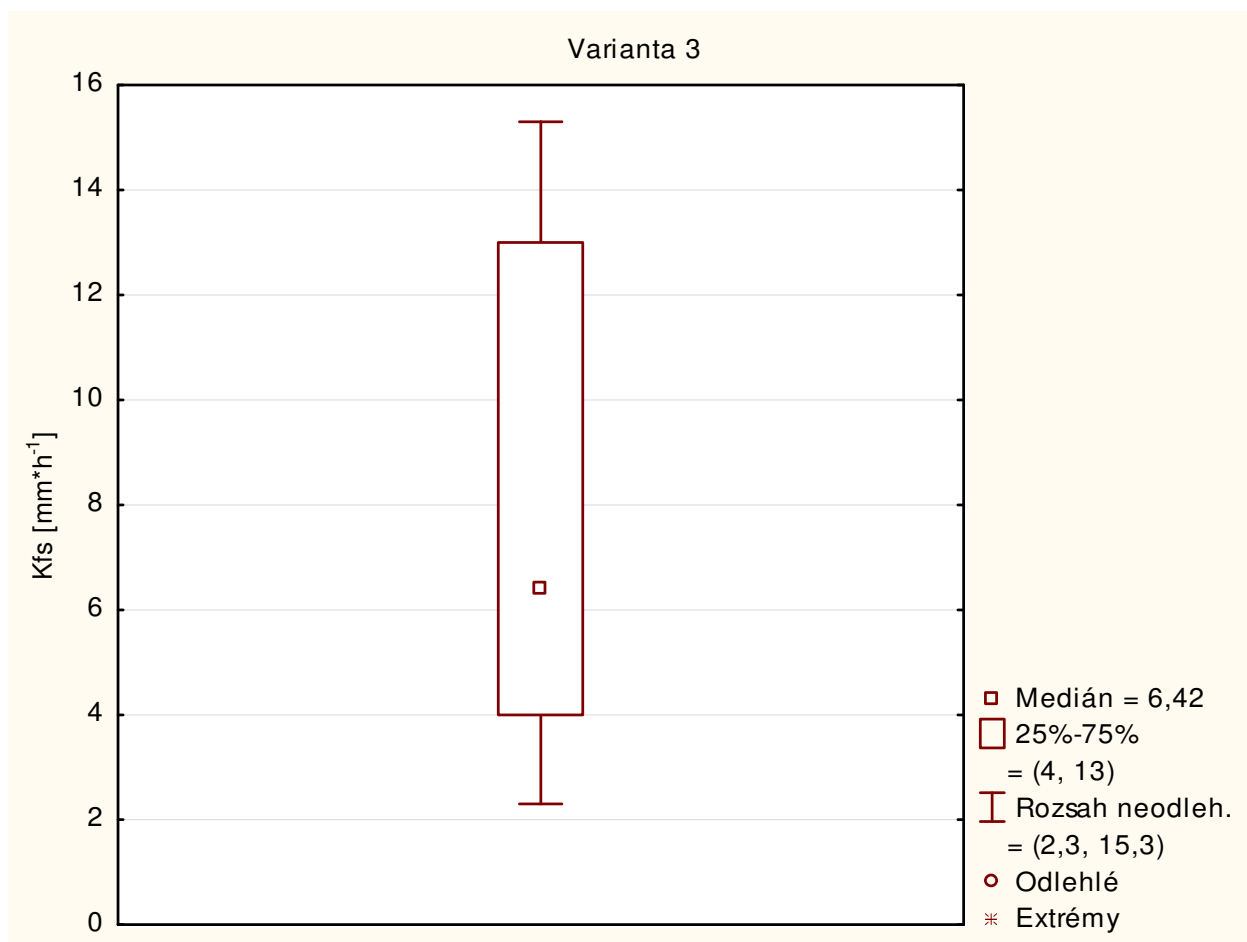
Pole s variantou 2 je pole s kukuřicí a vymrzající mezipločinou. Na podzim bylo pole zpracováno technologií Strip – Till a do meziřádku byla zasetá mezipločina triticales. Z grafu 8 hydraulické vodivosti je vidět, že medián hydraulické vodivosti, tudíž střední hodnota z 5 měření prováděných na tomto poli, je  $6,64 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .



Graf 8: Single-ring infiltrometry – Varianta 2

### Varianta 3

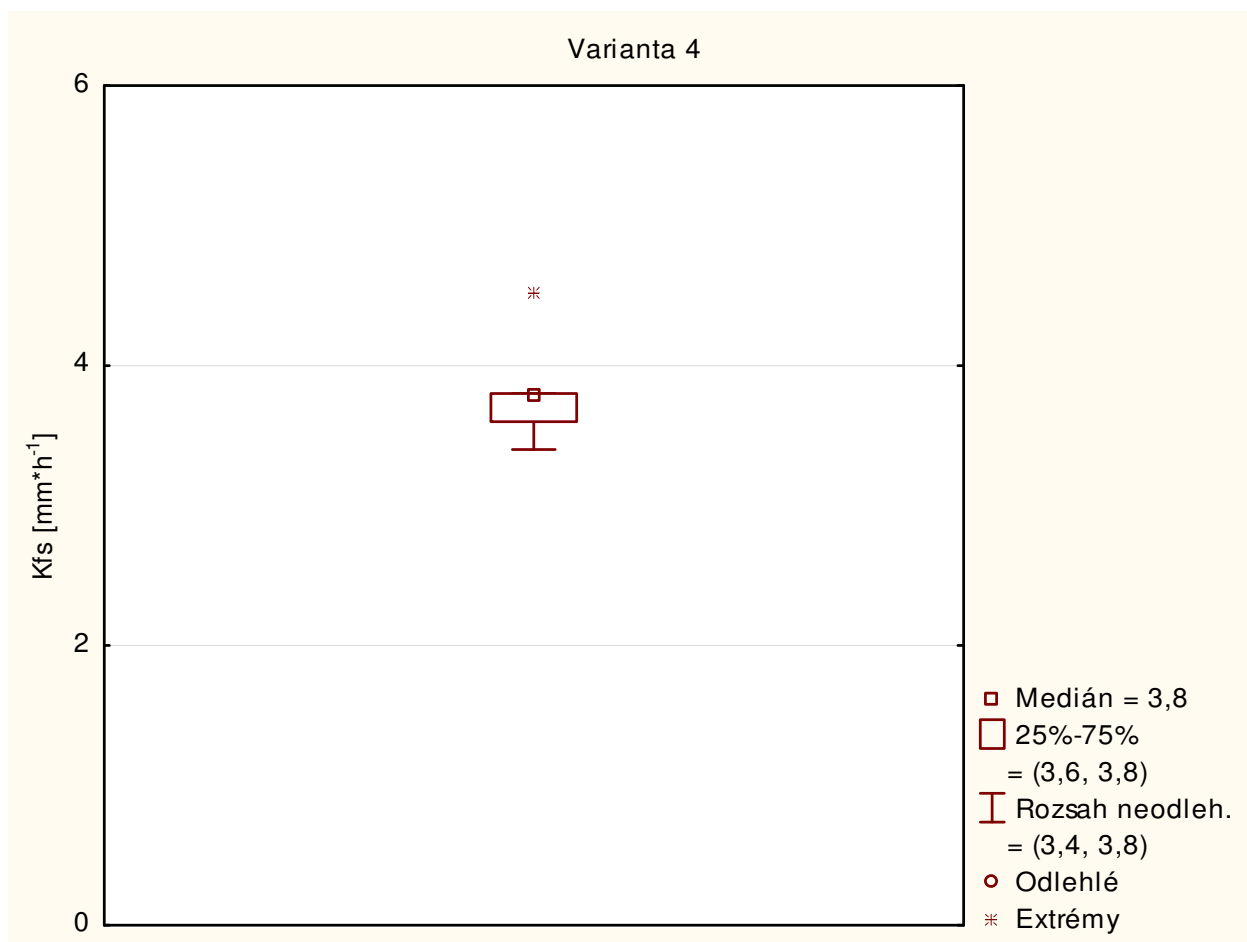
Pole s variantou 3 je pole s porostem kukuřice bez meziplodiny. Pole bylo na podzim zpracováno metodou Strip – Till, bez setí meziplodiny. Na jaře byla zasetá kukuřice do stejných řádků, které byly na podzim zpracovány metodou Strip – Till. Graf 9 ukazuje medián hydraulické vodivosti je  $6,42 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .



Graf 9: Single-ring infiltrometry – Varianta 3

## Varianta 4

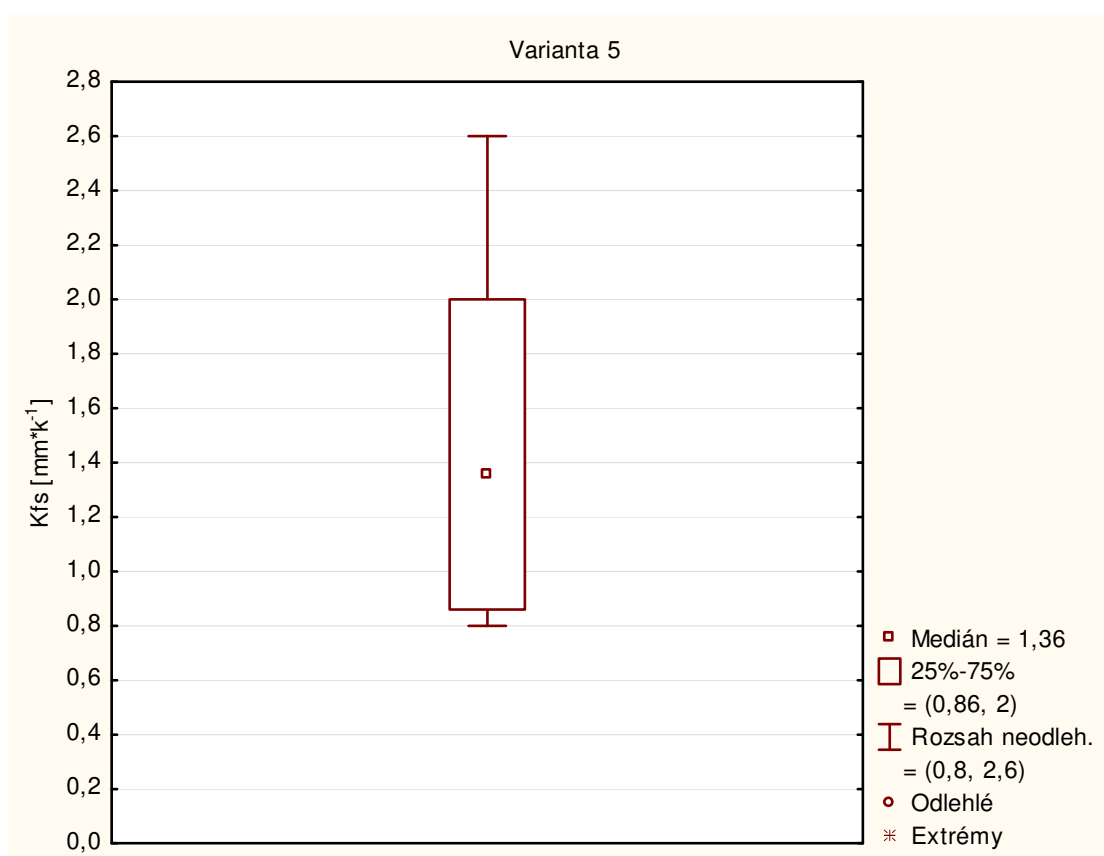
Pole s variantou 4 je pole s porostem kukuřice. Na podzim bylo pole zpracováno konvenčně orbou. V této variantě nebyla zasetá na podzim meziplodina. Na jaře byla zasetá kukuřice. Jak z grafu 10 vyplývá, u této varianty je druhý nejmenší medián hydraulické vodivosti, a to  $3,8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Možný vliv na malou hydraulickou vodivost může být kombinace konvenčního zpracování půdy a nevyužití meziplodiny.



Graf 10: Single-ring infiltrometry – Varianta 4

## Varianta 5

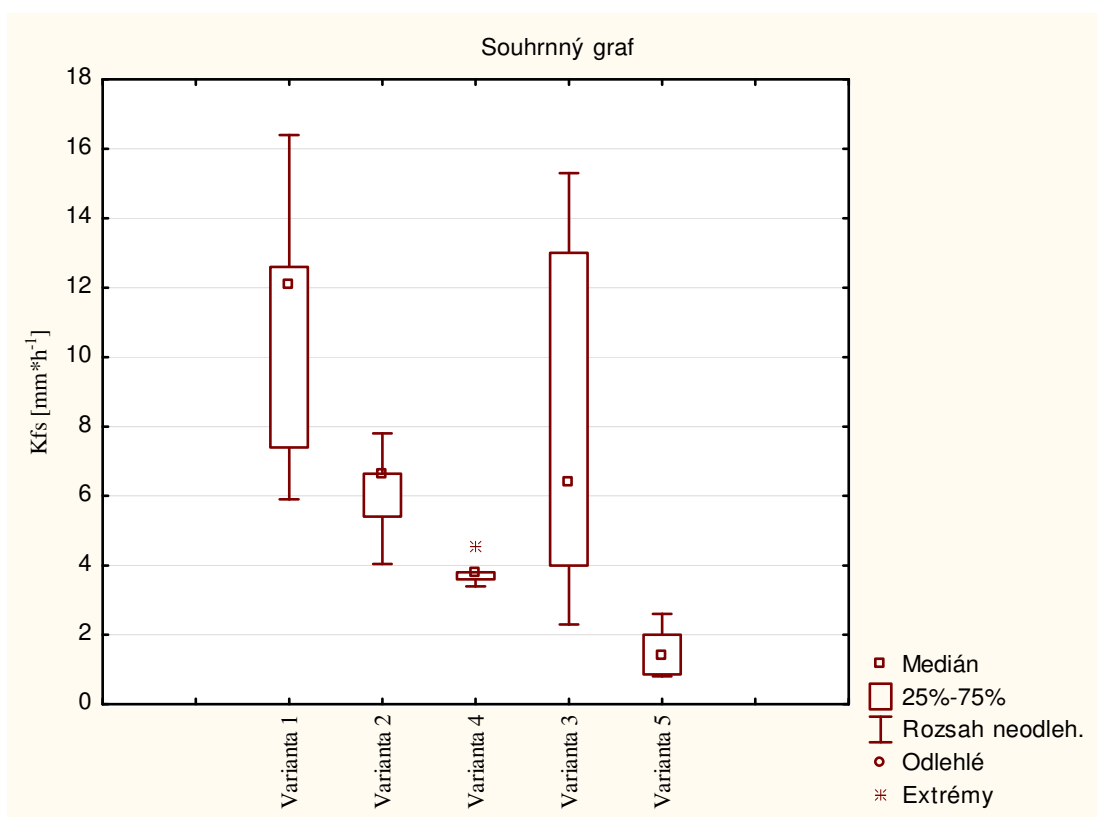
Pole s variantou 5 je pouze porost kukuřice. Na podzim bylo na poli provedeno hlubší kypření radličkovým podmítačem. Na jaře se hlubší kypření opakovalo též s radličkovým podmítačem. Následně na jaře byla zaseta kukuřice, tato varianta je bez meziplodiny. V této variantě je nejmenší hydraulická vodivost, kdy medián dosahuje hodnoty pouze  $1,36 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , jak je znázorněno na grafu 11. Ač bylo na podzim a na jaře provedeno hrubší kypření radličkovým podmítačem, tak stejně vlivem sucha možnou erozí jsou výsledky nižší.



Graf 11: Single-ring infiltrometry – Varianta 5

## Celkové shrnutí měření hydraulické vodivosti metodou Single - ring infiltrometrů

Na grafu 12 je znázorněno všech pět variant polí, na kterých probíhalo měření hydraulické vodivosti metodou Single-ring infiltrometrů. Varianta 5 má nejhorší hydraulickou vodivost. Zde na podzim došlo pouze ke kypření radličkovým podmítačem a nebyla zasetá meziplodina. S nejlepším mediánem vyšla varianta 1, u níž na podzim proběhlo kypření radličkovým podmítačem a pole bylo ponecháno jako úhor. Rozdíl mezi těmito dvěma variantami je  $10,74 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ .

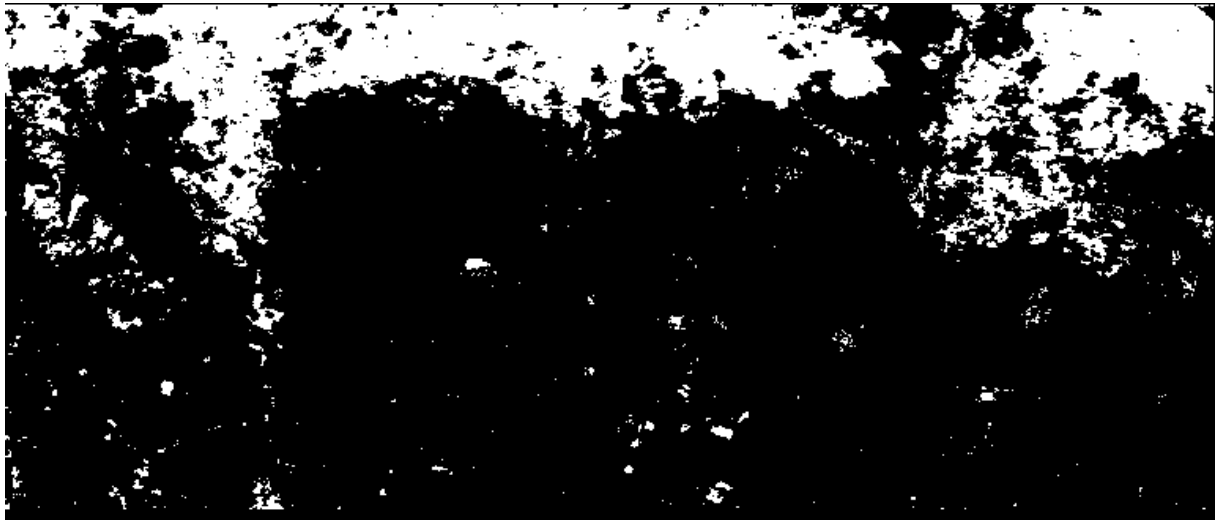


Graf 12: Single-ring infiltrometry – Celkové shrnutí

### 8.3 Metoda brilantní modře

#### Varianta 1

Na obrázku 12 je vidět průběh infiltrace u první kontrolní varianty. Průběh infiltrace ukazuje rovnoměrnou, avšak pomalou infiltraci vody do půdy. Evidentně je ovlivněna změnou fyzikálních vlastností půdy, kdy došlo k poklesu pórovitosti, a naopak nárůstu objemové hmotnosti. Voda do půdy sice infiltruje, ale daleko pomaleji než u ostatních variant. Je zde patrná tenká vrstva technogenního zhutnění, pravděpodobně vzniklého během sekundárního zpracování půdy, kdy pracovní nástroje stroje zhutnily vrstvu pod sebou. Příprava byla pravděpodobně provedena za poměrně vysoké půdní vlhkosti, což typicky způsobuje tento charakter vsakování.



*Obrázek 12: Snímek infiltrace barviva po převedení – varianta 1*

## Varianta 2

Na obrázku 13 je vidět snímek varianty 2 (Strip – Till s meziplodinou triticales). Z obrázku je patrné, že modré barvivo velice dobře prostupovalo profilem pouze ve svrchní vrstvě půdy. To je patrně důsledkem přirozeného sesedání půdy a dlouhým odstupem od posledního kypření. Dělicí rovina, kterou v tomto případě pravděpodobně představuje účinek pásového zpracování půdy, je překročena jen v několika místech profilu. Obecně tedy platí, že roztok prostupuje půdním profilem velmi rychle, ale pouze v místech poslední technologické úpravy. V tomto případě bude pravděpodobně znatelný vliv stroje pro zpracování půdy, ale rovněž i meziplodiny. Kořenový systém rostlin triticales evidentně hloubkové vrstvy výrazně nenarušuje, což je vzhledem k hloubce kořenění obilovin logické.



*Obrázek 13: Snímek infiltrace barviva po převedení – varianta 2*



### Varianta 3

Na obrázku 14 je patrné, že modré barvivo velice dobře prostupovalo celým profilem půdy (varianta Strip - Till bez mezplodiny), a to rovnoměrně. Obrázek představuje 0,5 m délky půdního profilu. Je patrné, že v půdním profilu nelze najít místa, kde by infiltrace nepostoupila až do hloubky zpracování, resp. i hlouběji. To lze vzhledem k mimořádně suchým podmínkám sezony 2019 považovat za patrný přínos Strip - Till systémů bez vytváření zhutnělé vrstvy. Infiltrace vody do půdy je velice rychlá a rovnoměrná. Tento rozdíl pak vynikne typicky v obtížných a suchých podmínkách, jako v sezoně 2019. Na obrázku jsou patrné i stopy po pracovních nástrojích, které usnadňují zasakování roztoku do hlubších vrstev. Rovněž i zde je patrné postupné odeznívání lokálního kypření bez ohledu na hloubku či šíři zpracovávané vrstvy.



*Obrázek 14: Snímek infiltrace barviva po převedení – varianta 3*

## Varianta 4

Na obrázku 15 je patrné, že modré barvivo dobře prostupovalo celým profilem půdy u varianty s orbou, ale poněkud pomaleji než u varianty 2 či 3. Tato varianta využívající orby přes hendikep v oblasti přechodného vlivu nakypření dokázala kvalitně odvádět vodu i do střední hloubky. Navíc vzhledem k hloubce kořenového systému ovsa nelze tento efekt připsat jednoduše tomuto vlivu. Ovšem zde je rovněž patrný obrys hloubky zpracovávané vrstvy a postupné odeznívání efektu vlivem přirozeného sesedání a s tím spojený pokles infiltrace.



*Obrázek 15: Snímek infiltrace barviva po převedení – varianta 4*

## Varianta 5

Na obrázku 16 je vidět průběh infiltrace u varianty s kukuřicí a plošným zpracováním radličkovým kypřičem. Varianta vsakovala roztok lépe, než bylo očekáváno. Je vidět rychlý nástup do svrchní vrstvy, avšak je znatelné i mírné ovlivnění hlubších vrstev. To je způsobeno plošným, ale mělkým zpracováním půdy. Pravděpodobně se bude jednat o vliv prasklin, které vznikají v půdě vlivem vysychání. Přesto však infiltrace nedosahuje hodnot jako varianty s pásovým zpracováním zejména v hlubších vrstvách.



*Obrázek 16: Snímek infiltrace barviva po převedení – varianta 5*

### **Shrnutí metody brilantní modře**

V první variantě docházelo k pomalejší infiltraci než u ostatních variant z důvodu zhutnění půdy, ke kterému došlo při sekundárním zpracování půdy. O mnohem lepší infiltraci je ve variantě dvě, kde je patrné, že se modré barvivo velice dobře infiltrovalo, především k tomu přispělo zpracování půdy Strip – Till a využití meziplodiny. K vhodné infiltraci také docházelo ve variantě pět, kdy bylo pole zpracováno radličkovým podmítačem na menší hloubku. Ale tato infiltrace je spíše ovlivněna prasklinami v půdě. K dobré infiltraci také došlo ve variantě tři díky využití Strip – Till, ale je také vidět, že se modré barvivo nedostalo do úplné hloubky kvůli velkému suchu. U varianty čtyři, kdy bylo pole zpracováno orbou, je dobře vidět, jak se odvádí voda ve střední hloubce, ale také je vidět, že s hloubkou zpracování tento jev odeznívá.

## 9. Diskuze

První vstupní domněnkou bylo zjistit, zda infiltrace vody je ovlivněna metodou zpracování půdy a založení porostu. Tato domněnka se částečně potvrdila. Půda byla zpracována několika způsoby, ať konvenčně, Strip – Till nebo radličkovým podmítačem. Vymrzající meziplodina byla zasetá buď plošně, nebo do meziřádku. Meziplodina měla kladný vliv na stupeň infiltrace.

Využití meziplodiny a zlepšení hydraulické vodivosti půdy popisuje Rahardjo et al. (2014) a doporučují využití trav, které hluboko koření. V této studii využili dlouhodobé travní kultury, kde hloubka kořenů dosahuje až 4 m vzhledem k zasetí hořčice bílé. Alcantára et al. (2011) zkoumali plodiny na zlepšení hydraulických a fyzikálních vlastností půdy. Ze všech pozorovaných plodin, které zkoumali, tak právě hořčice bílá splňovala požadavky na hydraulické a fyzikální vlastnosti půdy. De Baets et al. (2011) došli k závěru, že k vyšší odolnosti půdy proti prodouvé erozi slouží kořeny. Nejúčinnější ochranou před erozí jsou kořeny obilnin. Vhodnost meziplodiny Brust et al. (2014) uvádějí, že je vhodná díky svému rychlému růstu a tím dochází ke kvalitnímu pokrytí půdy. A zároveň autoři zdůrazňují, že v jarních měsících dochází k potlačení nebo i zpomalení růstu plevelů. Toto je velice důležité v dnešní době, kdy jsou snahy o omezení neselektivních herbicidů. Leung et al. (2015) ve své studii zjistili, že při kořenovém systému v půdě dochází k nárůstu infiltrace až o 50 %.

První měřicí metodou byly Mini Disk infiltrometry. V této práci byla tato metoda měřena v reálných podmínkách na předem připraveném povrchu. Sekharan et al. (2018) ve své studii navrhli inovovaný postup této metody měření. Měření spočívá ve 123 experimentech s infiltrometry na předem definovaných půdách. Autoři doporučují použít 3,5násobek průměru základny Mini Disk infiltrometrů velikosti půdních vzorků z důvodu zmenšení okrajových efektů. Souvislost mezi kořenovým systémem plodiny a infiltrací, která se měřila metodou Mini Disk infiltrometrů, popisuje ve své studii Gadi et al. (2016). Zároveň autoři uvádějí, že během suššího období je větší prostorová heterogenita. Soracco et al. (2019) ve své studii došli k závěru, že technologie zpracování půdy No – till snižuje hydraulickou vodivost. U jemně strukturovaných půd je tímto ovlivněna konektivita půd. Dále autoři popisují, že technologie konvenčního zpracování půdy ukazuje celkovou vyšší konektivitu pórů.

Metoda měření Single–ringů je metoda méně používaná z důvodu kolísání hodnot. I toto tvrzení potvrzuje ve své studii Alagna et al. (2016) a doporučují použít toto měření právě na hlinito-písčitém povrchu. Vliv na zpracování půdy a využití meziplodiny na kolísání hodnot není úplně jednoznačný. Capello et al. (2017) také potvrzuje kolísání hodnot při dlouhodobém sledování této metody. Na zlepšení infiltračních schopností půdy má velký vliv obsah organické hmoty v půdě, uvádějí Castellini et al. (2015).

Metoda měření brilantní modře je metoda využívaná především kvůli dobrému přehledu infiltrace. Kasteel et al. (2007) popisují ve své studii využití metody brilantní modře, kdy byly pluhem zapravovány rostlinné zbytky slámy a následně byla pozorována infiltrace potravinářského barviva skrz půdu se zapravenými rostlinnými zbytky. Zjistili, že potravinářské barvivo se neinfiltroje do stejné hloubky, jako jsou zapravené rostlinné zbytky slámy. Cey et al. (2009) ve své studii využil metodu brilantní modře ke zjištění tokových cest v makroporézních půdách s nízkou permeabilitou. Výsledky studie jasně prokázaly, že částečně nasycené makropóry zvyšovaly míru infiltrovanosti do půdy.

## 10. Závěr

Velkým tématem v zemědělství je eroze, především vodní a větrná. Postupnými výsledky zkoumání jsou snahy omezit nebo úplně zamezit erozi. Úplné zamezení eroze zcela nelze, jelikož se jedná o přírodní úkaz. Důležité je erozi minimalizovat. Základem by mělo být vhodné střídání plodin, zařazení správného zpracování půdy, setí širokořádkových plodin na plochy, které nejsou erozně ohroženy, využívat meziplodiny a mělo by být snahou zajistit pokrývnost půdy nejlépe po celý rok.

V této práci byl zkoumán vliv zpracování půdy na infiltraci. K zjišťování infiltrace byly využity tři měřicí metody, a to: Mini Disk infiltrometry (dále jen „první metoda“), Single-ring infiltrometry (dále jen „druhá metoda“) a metoda brilantní modře (dále jen „třetí metoda“).

V první metodě při zjišťování kumulativní infiltrace byly znatelné rozdíly mezi polem, kde byla zasetá meziplodina a kde nebyla. Nejlépe probíhala kumulativní infiltrace ve variantě 1, což byl úhor. Úhor lze považovat spíše za kontrolní pole. Ale u varianty 2 měla kumulativní infiltrace také dobrý průběh. Vliv na to měla kombinace zpracování půdy technologií Strip – Till a vysetí meziplodiny.

Ve druhé metodě při zjišťování hydraulické vodivosti byl opět rozdíl mezi polem s meziplodinou a bez meziplodiny. Nejlepší hydraulickou vodivost měla varianta 1, což je úhor. Avšak i hydraulická vodivost byla u varianty 2, kde byla provedena technologie Strip – Till a vyseta do meziřádku meziplodina. U varianty 4 jsou výsledky podobné jako u varianty 2 a to s rozdílem, že nedošlo u této varianty k zasetí meziplodiny.

Ve třetí metodě se měřila infiltrace vody do půdy pomocí potravinářského barviva. V první variantě docházelo k infiltraci o dost pomaleji než u ostatních variant. Naopak ve variantě 2 docházelo k dobré infiltraci především kvůli zpracování půdy technologií Strip – Till a využití meziplodiny. K dobré infiltraci také docházelo ve variantě 3, kde byla taktéž využita technologie zpracování půdy Strip – Till.

Z výsledků jednotlivých metod měření je patrné, že při využití technologie zpracování půdy Strip – Till s meziplodinou, nebo jenom využití samotného technologie Strip – Till, má pozitivní vliv na infiltraci vody do půdy a zároveň to má pozitivní vliv na zmenšení eroze. Využití metody Strip – Till začíná být v České republice čím dál tím více populární metoda, kdy dochází také ke kombinaci s hnojením granulovaným hnojivem.

## 11. Seznam použité literatury

Agrall.cz: Secí stroje, zpracování půdy. Retrieved April 08, 2020, from [http://www.agrall.cz/files/2020/04/vaderstad-2020\\_cz.pdf](http://www.agrall.cz/files/2020/04/vaderstad-2020_cz.pdf)

Alagna, V., Bagarello, V., Di Prima, S., Giordano, G., & Iovino, M. (2016). Testing infiltration run effects on the estimated water transmission properties of a sandy-loam soil. *Geoderma*, 267, 24-33.

Alcántara, C., Pujadas, A., & Saavedra, M. (2011). Management of cruciferous cover crops by mowing for soil and water conservation in southern Spain. *Agricultural Water Management*, 98(6), 1071-1080.

Bednar.com: Fenix FN/FN-L. Retrieved April 08, 2020, from [https://www.bednar.com/fenix-fn-fn\\_l/](https://www.bednar.com/fenix-fn-fn_l/)

Bordoloi, S., Yamsani, S. K., Garg, A., & Sekharan, S. (2019). Critical Assessment of infiltration measurements for soils with varying fine content using a mini disk infiltrometer. *Journal of Testing and Evaluation*, 47(2), 868-888.

Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22.

Brust, J., Claupein, W., & Gerhards, R. (2014). Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Protection*, 63, 1-8.

Bryan, R. B. (2000). Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32(3-4), 385-415.

Cablík, J., & Jůva, K. (1963). Protierozní ochrana půdy: Celost. vysokošk. učebnice: Určeno stud. vys. škol zeměd. a techn. SZN.

Capello, G., Biddoccu, M., Ferraris, S., Pitacco, A., & Cavallo, E. (2017). Year-round variability of field-saturated hydraulic conductivity and runoff in tilled and grassed vineyards. *Chemical Engineering Transactions*, 58, 739-744.

Castellini, M., Giglio, L., Niedda, M., Palumbo, A. D., & Ventrella, D. (2015). Impact of biochar addition on the physical and hydraulic properties of a clay soil. *Soil and Tillage Research*, 154, 1-13.

Cey, E. E., & Rudolph, D. L. (2009). Field study of macropore flow processes using tension infiltration of a dye tracer in partially saturated soils. *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(12), 1768-1779.

De Baets, S., Poesen, J., Meersmans, J., & Serlet, L. (2011). Cover crops and their erosion-reducing effects during concentrated flow erosion. *Catena*, 85(3), 237-244.

Doležal, P., Podhrázská, J., Kučera, J., Doubrava, D., Středová, H., & Středa, T. (2017). Řízení rizika větrné eroze: Certifikovaná metodika. Brno: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

Dufková, J. K. Fyzikální podstata větrné eroze na těžkých půdách.

Eagri.cz: Větrná eroze půdy [Online]. Retrieved from <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vetrna-eroze-pudy/>

El Titi, A. (2002). Soil tillage in agroecosystems. CRC press.

Elrick, D. E., Reynolds, W. D., & Tan, K. A. (1989). Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analysis. *Groundwater Monitoring Review*, 9(3), 184-193.

Gadi, V. K., Tang, Y. R., Das, A., Monga, C., Garg, A., Berretta, C., & Sahoo, L. (2017). Spatial and temporal variation of hydraulic conductivity and vegetation growth in green infrastructures using infiltrometer and visual technique. *Catena*, 155, 20-29.

Helmecke, M. (2009). Assessment of soil erosion in selected micro-watersheds in koraput District, Orissa. *Foundation for Ecological Security Anand*–388, 1.

Holý, M. (1994). Eroze a životní prostředí. České vysoké učení technické.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.

<https://www.ecotech-bonn.de/>: ThetaProbe ML3. Retrieved April 08, 2020, from [https://www.ecotech-bonn.de/en/produkte/bodenkunde/Bodenfeuchte/wassergehalt/thetasonde\\_ml3/](https://www.ecotech-bonn.de/en/produkte/bodenkunde/Bodenfeuchte/wassergehalt/thetasonde_ml3/)



- Hůla, J., & Kroulík, M. (2010). Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. *Listy Cukrovarnické a Reparské*, 126(1).
- Hůla, J., & Procházková, B. (2002). Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. *Ústav zemědělských a potravinářských informací*.
- Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., & Bohuslávek, J. (2003). *Agrotechnická protierozní opatření*. Praha: VÚMOP Praha.
- Janeček, M. (2007). *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- Kasteel, R., Garnier, P., Vachier, P., & Coquet, Y. (2007). Dye tracer infiltration in the plough layer after straw incorporation. *Geoderma*, 137(3-4), 360-369.
- Kincl, D., Čáp, P., Havelková, L., Holubík, O., Hrabalíková, M., Huislová, P., et al. (2017). *Mobilní technická protierozní opatření pro pěstování kukuřice: Periodická zpráva 2017 projektu QK1710242*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.
- Koller, K., & El Titi, A. (2003). Techniques of soil tillage. *Soil tillage in agroecosystems*, 1-25.
- Krajině, v. z. optimalizace funkcí větrolamů.
- Kubát, J., Cerhanová, D., Mikanová, O., & Šimon, T. (2008). *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, vvi, Praha–Ruzyně.
- Kubátová, E. *Protierozní ochrana půdy - cvičení* [Online]. Retrieved February 11, 2020, from [http://homel.vsb.cz/~ruz02/msg/cviceni/cv4\\_usped/kubatova\\_eroze.pdf](http://homel.vsb.cz/~ruz02/msg/cviceni/cv4_usped/kubatova_eroze.pdf)
- Kumhála, F. (2007). *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Česká zemědělská univerzita.
- Kutílek, M., & Nielsen, D. R. (2015). Soil Is the Skin of the Planet Earth. In *Soil* (pp. 13-19). Springer, Dordrecht.
- Kvítek, T., & Tippl, M. (2003). *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině* (p. 47). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací.

Leung, A. K., Garg, A., Coo, J. L., Ng, C. W. W., & Hau, B. C. H. (2015). Effects of the roots of *Cynodon dactylon* and *Schefflera heptaphylla* on water infiltration rate and soil hydraulic conductivity. *Hydrological processes*, 29(15), 3342-3354.

Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.

Novotný, I., Papaj, V., Podhrázská, J., Kapička, J., Vopravil, J., Kristenová, H., et al. (2017). *Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy (3.aktualizované vydání)*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

[Online]. Retrieved from <https://www.uroda.cz/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-infiltraci-vody/>

[Online]. Retrieved January 22, 2020, from [https://www.sciencedaily.com/terms/infiltration\\_\(hydrology\).htm](https://www.sciencedaily.com/terms/infiltration_(hydrology).htm)

2007. 68 s. ISBN 978-80-7075-688-1.

Podhrázská, J. (2008). *Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku*. Metodický návod, Praha, VÚMOP.

Podhrázská, J. (2010). *Opatření na ochranu půdy a vody v pozemkových úpravách*. Voda v krajině, Lednice, 7-12.

Rahardjo, H., Satyanaga, A., Leong, E. C., Santoso, V. A., & Ng, Y. S. (2014). Performance of an instrumented slope covered with shrubs and deep-rooted grass. *Soils and Foundations*, 54(3), 417-425.

Roh, J., Heřmánek, P., & Kumhála, F. (2000). *Stroje používané v rostlinné výrobě*. Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta ve vydavatelství Credit.

Schaetzl, R. J., & Thompson, M. L. (2015). *Soils*. Cambridge university press.

Soracco, C. G., Villarreal, R., Melani, E. M., Oderiz, J. A., Salazar, M. P., Otero, M. F., ... & Lozano, L. A. (2019). Hydraulic conductivity and pore connectivity. Effects of conventional and no-till systems determined using a simple laboratory device. *Geoderma*, 337, 1236-1244.

Středová, H., Podhrázská, J., Kučera, J., Papaj, V., Karásek, P., Pochop, M., & Konečná, J. (2018). *Optimalizace metod hodnocení ohroženosti území větrnou erozí a návrhů ochrany*

opatření v zemědělsky intenzivně využívané krajině: projekt QK1710197. Brno: Mendelova univerzita.

Šarapatka, B. (2014). Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci.

Šarapatka, B., & Netopil, P. Porovnání metod výzkumu erozních procesů v produkčních zemědělských oblastech.

Šnobl, J., & PuLkrábek, J. (2007). Základní rostlinná produkce. Česká zemědělská univerzita.

Toman, F., 1996. Protierozní ochrana půdy. Brno: MZLU v Brně, 1996. p. 76. 80-7157-220-9.

Tomášek, M. Půdy České republiky. 4. vyd. Praha: Česká geologická služba,

Withers, B., & Vipond, S. (1974). Irrigation: design and practice. BT Batsford Ltd..

www.eagri.cz [Online]. Retrieved February 11, 2020, from <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>

## 12. Seznam obrázků

Obrázek 1: Závislost jílnatých částic na polní vodní kapacitě Zdroj: Šnobl, Pulkrábek et. a kol. (2007) .....	5
Obrázek 2: Radličkový kypřič Fenix FN od společnosti Bednar FMT Zdroj: www.bednar.com.....	11
Obrázek 3: Osmiřádkový secí stroj Tempo F8 Zdroj: www.agrall.cz.....	15
Obrázek 4: Typické míry infiltrace pro písčitou, hlinitou a jílovitou půdu Zdroj: Withers & Vipond (1974) Upravil: Pavel (2020) .....	16
Obrázek 5: Pásové střídání plodin v podniku Rostěnice a.s. Zdroj: Rostěnice a.s. (2020) .....	24
Obrázek 6: Poloha, kde bylo uskutečněno měření Zdroj: www.mapy.cz Upravil: Pavel (2020) .....	29
Obrázek 7: Vlhkoměr Theta - Probe Zdroj: www.ecotech-bonn.de .....	31
Obrázek 8: Single-ring infiltrometry Zdroj: vlastní .....	31
Obrázek 9: Mini Disk infiltrometry v porostu kukuřice Zdroj: vlastní .....	33
Obrázek 10: Půdní sonda Zdroj: vlastní .....	34
Obrázek 11: Rýha s barvivem E330 Zdroj: vlastní .....	34
Obrázek 12: Snímek infiltrace barviva po převedení - varianta 1 .....	47
Obrázek 13: Snímek infiltrace barviva po převedení - varianta 2 .....	48
Obrázek 14: Snímek infiltrace barviva po převedení - varianta 3 .....	49
Obrázek 15: Snímek infiltrace barviva po převedení - varianta 4 .....	50
Obrázek 16: Snímek infiltrace barviva po převedení - varianta 5 .....	51

### 13. Seznam grafů

Graf 1: Mini Disk infiltrometry - Varianta 1 - Úhor .....	35
Graf 2: Mini Disk infiltrometry - Varianta 2 .....	36
Graf 3: Mini Disk infiltrometry - Varianta 3 .....	37
Graf 4: Mini Disk infiltrometry - Varianta 4 .....	38
Graf 5: Mini Disk infiltrometry - Varianta 5 .....	39
Graf 6: Mini Disk infiltrometry - Celkové shrnutí .....	40
Graf 7: Single-ring infiltrometry - Varianta 1 - Úhor .....	41
Graf 8: Single-ring infiltrometry - Varianta 2 .....	42
Graf 9: Single-ring infiltrometry - Varianta 3 .....	43
Graf 10: Single-ring infiltrometry - Varianta 4 .....	44
Graf 11: Single-ring infiltrometry - Varianta 5 .....	45
Graf 12: Single-ring infiltrometry - Celkové shrnutí .....	46