

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

**Řízené přejezdy po pozemku a kvalita práce strojů**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Josef Hůla, CSc.

Autor práce: Miroslav Jiříček

Praha 2012

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jiříček Miroslav

Zemědělská technika

Název práce

**Řízené přejezdy po pozemku a kvalita práce strojů**

Anglický název

**Controlled traffic farming and machines work quality**

---

### Cíle práce

Vyhodnotit vybrané ukazatele kvality práce strojů při zpracování půdy a setí na pozemku se založeným polním pokusem, zaměřeným na řízené přejezdy strojů.

### Metodika

Student vypracuje literární rešerši se zaměřením na metody hodnocení kvality práce strojů na zpracování půdy a setí. Další součástí rešerše bude princip organizace jízd strojních souprav po pozemcích při uplatnění metody CTF (Controlled Traffic Farming). Ve zvolených termínech budou hodnoceny hlavní ukazatele kvality práce strojů, zejména hrudovitost půdy, příčný profil povrchu půdy po agrotechnických zásazích, odolnost hrud vůči drobení. Získaná data budou vyhodnocena s využitím statistických metod. Zpracování výsledků vyústí v porovnání s výsledky jiných autorů a ve formulaci závěrů a doporučení.

### Osnova práce

1. Úvod
2. Literární rešerše
3. Použité metody a materiál
4. Výsledky a diskuse
5. Závěry a doporučení

### **Rozsah textové části**

50 - 60 stran včetně tabulek a obrázků

### **Klíčová slova**

CTF; zhutňování půdy; zpracování půdy; kvalita práce strojů

---

### **Doporučené zdroje informací**

Časopisy Mechanizace zemědělství, Research in Agricultural Engineering, Úroda a další.  
Hůla, J., Procházková, B. a kol. (2008): Minimalizace zpracování půdy. Praha, Profi Press, 248 s.  
Páltik, J. a kol. (2005): Stroje pre rastlinnú výrobu (obrábanie pôdy, sejba). Nitra, SPU, 241 s.  
Valla, M., Kozák, J. a kol. (2000): Pedologické praktikum. Praha, ČZU, 148 s.

---

### **Vedoucí práce**

Hůla Josef, prof. Ing., CSc.

### **Termín zadání**

listopad 2010

### **Termín odevzdání**

duben 2012

---

**doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.**

Vedoucí katedry

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

**V Praze dne 4.4.2012**

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Řízené přejezdy po pozemku a kvalita práce strojů“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Josefa Hůly, CSc. a použil jen pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Praze dne.....

.....

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat prof. Ing. Josefu Hůlovi, CSc. za cenné odborné rady, připomínky, ochotu a hlavně trpělivost při psaní této diplomové práce.

**Abstrakt:**

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit vybrané ukazatele kvality práce strojů na zpracování půdy a setí na pozemku se založeným polním pokusem, zaměřeným na řízené přejezdy strojů po pozemku. Všechna data byla naměřena v průběhu roku 2011. Vybranými ukazateli kvality zpracování půdy jsou penetrační odpor, příčný profil pozemku, hrudovitost a smykové napětí. Byly hodnoceny čtyři varianty (stopy postřikovače, stopy traktoru při setí, mimo stopy, random). První část uvádí problematiku zhutňování půdy a nežádoucích vlivů. V druhé části jsou popsány různé metody měření ukazatelů kvality zpracování půdy. V dalších kapitolách je popsáno vlastní měření a výsledky měření.

**Klíčová slova:** řízené přejezdy po pozemcích; zhutňování půdy; zpracování půdy; kvalita práce strojů

**Summary:**

This thesis deals with evaluation of chosen quality indexes of machine's work on processing land and seeding on the land with founded field attemp, which is focused on the controlled crossing on the land. All the informations was detected dutring the year 2011. The selected indicators of tillage quality are penetration resistance, transverse profile of the land, index of clods and slide stress. I evaulated four variants – print of sprinkler, print of tractor during seeding, out of prints, random). The first part shows the reader the issues of land compaction and undesirable influence. In the second part there are described the various methods of measurement which descibe guality of land processing indexes. In the other parts there are described own measurement and results of measurement..

**Keywords:** controlled trefic farming, soil compaction, soil tillage, work duality of machines

# Obsah

1	Úvod .....	1
2	Controlled traffic farming.....	2
2.1	Vymezení technologií zpracování půdy .....	2
2.2	Minimalizační technologie zpracování půdy.....	3
2.2.1	Důvody rozvoje a rozšiřování minimalizačních technologií.....	3
2.2.2	Podmínky pro uplatnění minimalizačních technologií.....	4
2.3	Důvody pro soustředování přejezdů .....	4
2.3.1	Vznik zhutňování půdy.....	5
2.3.2	Vliv zhutňování na funkce půdy.....	6
2.3.3	Vliv zhutňování na vytváření seťového lože .....	6
2.3.4	Zhutňování půd a jeho negativní vliv na výnosy plodin .....	6
2.4	Využití přesné navigace při uplatnění jízd strojních souprav po pozemcích .....	8
2.5	Zavedení Controlled Traffic Farming v praxi .....	9
2.6	Význam a přínos Controlled Traffic Farming .....	10
2.6.1	Výhody a nevýhody Controlled Traffic Farming .....	11
3	Vybrané ukazatele kvality práce strojů na zpracování půdy a setí.....	13
3.1	Penetrační odpor půdy .....	13
3.2	Příčný profil pozemku .....	14
3.2.1	Metoda měření příčného profilu půdy pomocí mechanického profilografu.....	14
3.2.2	Metoda měření příčného povrchu půdy pomocí laserového profilografu .....	15
3.3	Hrudovitost .....	15
3.4	Odolnost hrud vůči drobení .....	16
3.5	Smykové napětí .....	17
3.6	Vliv kvality zpracování půdy na vybrané vlastnosti .....	18
4	Výchozí podmínky, metody a materiál.....	19
4.1	Cíl práce.....	19
4.2	Výchozí podmínky .....	19
4.3	Použité stroje a modul záběru.....	20
4.3.1	Přehled pracovních operací od založení porostu ozimé pšenice, měření a hodnocení na pokusném pozemku.....	22
4.4	Použité metody hodnocení kvality zpracování půdy.....	22
5	Výsledky.....	25
5.1	Hodnocení penetračního odporu půdy.....	25
5.1.1	Závěr z hodnocení penetračního odporu půdy .....	37
5.2	Příčný profil pozemku .....	37
5.2.1	Závěr z měření příčného profilu pozemku .....	38
5.3	Hrudovitost .....	38
5.3.1	Závěr z měření hrudovitosti.....	41
5.4	Smykové napětí .....	42
5.4.1	Závěr z měření smykového napětí.....	47
6	Závěr.....	48

# 1 Úvod

Půda patří mezi životně důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje. Je jednou ze základních složek životního prostředí, její funkce produkční i mimoprodukční jsou nezastupitelné. Zpracováním se půda má upravit do stavu, kdy plodinám jsou poskytovány dobré podmínky pro růst a vývoj. Současně se požaduje minimalizace negativních dopadů na stanoviště. Právě zájem o důsledky hospodaření na půdě z dlouhodobého hlediska by měl být zájmem trvalým především toho, kdo na půdě hospodaří (Hůla a kol. 2010).

Hospodaření na zemědělské půdě s uplatněním systému řízených přejezdů je v ČR zatím ve fázi polních pokusů. V provozních podmínkách se tento systém nejvíce uplatňuje v Austrálii zhruba na 1 milionu ha .V Evropě se dá předpokládat nárůst využití této technologie na zhruba 15000 ha..

Mnohonásobné přejezdy po poli způsobují nežádoucí zhutnění půdy, které má škodlivý vliv na výnos, funkce půdy, příjem živin, spotřebu energie a kvalitu seřového lůžka. Jestliže je systém přejezdů nahodilý, zvyšuje se enormně potenciál pro uměle vytvořenou půdní variabilitu. Dnešní technologie a dobré řízení nyní dovolují vyvarovat se těchto nechtěně vzniklých nerovnoměrností (Chamen 2009).

První pokus systému CTF ( Controlled traffic Farming) byl založen ve Velké Británii v roce 2004 společnostmi UNILEVR, John Deere Zero Till a John Deere.



## 2 Controlled traffic farming

Hůla a kol. (2010) píše, že zpracování půdy je jedním z hlavních předpokladů pro uplatnění řízených přejezdů po pozemcích – technologie CTF (Controlled Traffic Farming). Pokud se podaří soustředit maximum přejezdů do trvalých jízdních stop a uchránit produkční plochu bez vlivu pojezdových ústrojí, je předpoklad velice výrazné úspory nákladů na zpracování půdy. V praxi se to projeví příznivým stavem produkční plochy, který bude udržitelný při menší intenzitě a hloubce zpracování půdy. Soudobé hospodaření na půdě je spojeno s neuspořádanými přejezdy po pozemcích.

Rataj (2009) uvádí, že pro pohyb strojů se každoročně využívají tzv. permanentní koleje. Výsledkem je ztuhlá půda v těchto kolejkách, což má pozitivní efekt na jízdní vlastnosti traktorů, a zlepšená půdní struktura na pozemku.

### 2.1 Vymezení technologií zpracování půdy

Hůla a kol. (2008) uvádí, že na úseku zpracování půdy a péče o ní dochází v poslední době k pozitivním změnám spojeným s rostoucím zájmem o důsledky hospodaření na půdě z dlouhodobého hlediska. Využívání minimalizačních technologií může být přínosem k efektivnímu hospodaření na půdě. Současně je třeba si uvědomit i rizika spojená s využíváním těchto technologií v různorodých podmínkách hospodaření zemědělských podniků. Po označení postupů zpracování půdy, které zahrnují různou hloubku, intenzitu i odlišný způsob kypření půdy a zacházení s rostlinnými zbytky, se v nedávné minulosti používalo více termínů. V současné době lze akceptovat následující rozdělení způsobů zpracování půdy:

- technologie s orbou (konvenční, tradiční zpracování půdy) – půda je každoročně zpracovávána tradičním pluhem, rostlinné zbytky předplodin, biomasa meziplodin a nadzemní části plevelů jsou zpracovány do půdy,
- technologie bez orby (minimalizační).

Pro podniky České republiky můžeme pod pojmem minimalizační technologie zařadit následující postupy:

- minimalizace s kypřením půdy do zvolené, zpravidla malé hloubky, v případě potřeby lze ornici jednorázově hlouběji prokypřit bez obracení,

- půdoochranné zpracování – způsoby zpracování půdy, u kterých zůstává nejméně 30% povrchu po zasetí pokryto rostlinnými zbytky předplodiny nebo meziplodiny (doplňkový údaj: hmotnost této biomasy na povrchu půdy je nejméně 1, 2 ha<sup>-1</sup> v suché hmotě),
- přímé setí (setí do nezpracované půdy) – půda se po sklizni předplodiny nezpracovává, seje se speciálními secími stroji.

V praxi se můžeme setkat s výjimkami z výše uvedeného rozdělení technologií zpracování půdy. K půdoochranným metodám můžeme zařadit i technologii založení porostu kukuřice, slunečnice nebo cukrové řepy do vymrzající meziplodiny i tehdy, jestliže meziplodina byla vyseta bezprostředně po orbě a urovnání povrchu půdy koncem léta, za předpokladu, že meziplodina vytvořila dostatek biomasy (Páltik a kol. 2003, Škoda 1993).

## **2.2 Minimalizační technologie zpracování půdy**

Páltik a kol. (2003) píše, že zpracování půdy a zakládání porostů je významnou součástí pěstitelských technologií jednotlivých plodin. V současné době se vedle pracovně a energeticky náročných postupů zpracování půdy s orbou používají se značnou mírou minimalizační postupy. Ty se vyznačují dvěma hlavními znaky a to redukcí hloubky a intenzity zpracování půdy a ponecháním zbytků rostlin na povrchu nebo ve vrchní vrstvě půdy. Jde o různé formy mělkého zpracování půdy, náhrady orby kypřením, výsevy plodin do povrchově zpracované a do nezpracované půdy, výsevy plodin do vymrzajících meziplodin a další. Postupy zpracování půdy, zakládání porostů, při nichž zůstává více než 30% povrchu půdy zakryto posklizňovými zbytky, jsou považovány za půdoochranné.

### **2.2.1 Důvody rozvoje a rozšiřování minimalizačních technologií**

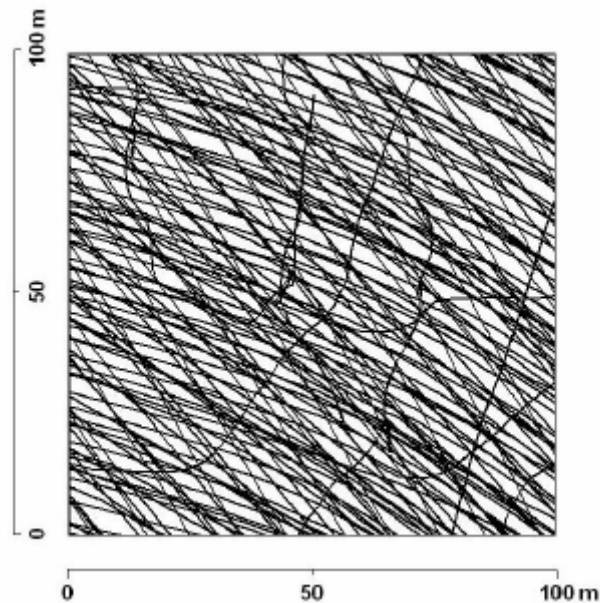
Hůla a kol. (2004) také uvádí hlavní důvody rozvoje a rozšiřování minimalizačních technologií. Ty je možné hledat v oblasti ekologické, ekonomické a technické. Mezi ekologické důvody patří především příznivý vliv na strukturní stav půdy. Jde hlavně o zvýšení vodostálosti půdních agregátů, zlepšení hospodaření s půdní vodou (snížení ztrát vody při nižší intenzitě zpracování, zvýšení vododržnosti půdy, omezení neproduktivního výparu vody z půdy mulčem z rostlinných zbytků na povrchu půdy), redukce vodní a větrné eroze, omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku, zlepšení stavu půdní organické hmoty.

## **2.2.2 Podmínky pro uplatnění minimalizačních technologií**

Hůla a kol. (2004) uvádí nejvhodnější podmínky pro minimalizační technologie, které jsou na středně těžkých půdách s vyšší přirozenou úrodností v sušších podmínkách kukuřičné a řepařské výrobní oblasti. V poslední době dochází k rozšiřování minimalizačních postupů i do oblastí s méně vhodnými půdními a klimatickými podmínkami. Důvodem je především snaha zemědělců hospodařících ve vyšších polohách o snížení nákladů a zvýšení rentability výroby. Významná je zde rovněž snaha o omezení vodní eroze půdy na svažitých pozemcích. Minimalizační technologie jsou uplatňovány i na těžkých půdách, kde stav půdního prostředí mnohdy vylučuje kvalitní založení porostů ozimých plodin v požadovaných agrotechnických termínech konvenčních technologií s orbou. V takových případech je použití minimalizační technologie často jediným způsobem založení porostu. Vhodné se zde ukazuje především mělké zpracování půdy. Redukce hloubky a intenzity zpracování je zcela nevhodná na zamokřených a nadměrně utužených půdách, kde je nutné zajistit dostatečné nakypření a provzdušnění půdy.

## **2.3 Důvody pro soustředování přejezdů**

Mezi hlavní důvody pro soustředování přejezdů po pozemcích je nežádoucí zhutňování půdy, které má negativní vliv na výnosy plodin. Kroulík et al. (2009) uvádí, že plocha přejetá koly zemědělských strojů je velmi rozdílná. Při pěstování zrnin technologií založenou na orbě bylo více jak 88% plochy pozemku přejeté koly těžkých zemědělských strojů a z toho 97% plochy dokonce vícekrát. U bezorebného zpracování půdy byla přejetá plocha 65% s opakovanými přejezdy na 43% plochy a pro přímé setí to bylo 31% s 9% opakovaně přejetými. Jako negativní efekt se může už po 5 letech v horních vrstvách půdy objevit utužení, takže náhodný pohyb strojů po pozemku může bezděčně způsobit variabilitu uvnitř pozemku.



**Obr. 1: Příklad trajektorií jízd po části pozemku v současnosti: ozimá pšenice, konvenční zpracování půdy s orbou – pracovní operace: podmítka, hnojení, předseťová příprava půdy a setí, ochrana rostlin, sklizeň, odvoz zrna, lisování slámy a odvoz balíků (Kroulík et al. 2009)**

### 2.3.1 Vznik zhutňování půdy

Hůla (2011) píše, že vyvolání nežádoucího zhutňování zemědělské půdy je způsobeno zemědělskou technikou. Tento nežádoucí jev závisí na více faktorech, z nichž je na předním místě momentální vlhkost půdy. Zhutnění půdy může mít nepříznivý vliv na výnos plodin, závažné jsou i však důsledky ekologické. Snížená infiltrace srážkové vody na zhutněných půdách způsobuje při intenzivních dešťových srážkách zvýšený povrchový odtok vody se závažným rizikem vodní eroze půdy. Dochází také k omezení akumulace vody v půdě. Dalším závažným důsledkem zhutnění půd je nárůst energetické náročnosti jejich zpracování, snížení zpracovatelnosti půdy a zhoršení podmínek pro setí.

Nežádoucí zhutňování a jeho procesy byly dříve intenzivně studovány, což v plné míře platí i pro problém technogenního zhutňování půd (Håkansson 1992 a 1995, Unger 1996). V oblasti prevence zhutnění půd má význam skutečnost, že určité zatížení půdy může mít odlišnou odezvu v půdě na jednom stanovišti v průběhu roku, v závislosti především na vlhkosti půdy a prostorovém uspořádání půdní hmoty. Byla zpracována opatření proti zhutňování půdy, zahrnující preventivní i nápravná opatření včetně agromelioračních soustav (Lhotský 2000). Již dříve napsal Matthews (1982), že v případě odstranění vlivu pojezdových kol zemědělských strojů na část pozemků cestou soustředování přejezdů do trvalých jízdnic stop by poklesla potřeba energie na zpracování půdy o 50% a při kombinaci minimalizace zpracování půdy a absence přejezdů po půdě by mohla energetická náročnost zpracování

půdy poklesnout asi na 12% tehdejší náročnosti zemědělských strojů. V té době nebylo k dispozici technické vybavení, které by tento systém mohlo umožnit. Jde o spolehlivou navigaci strojních souprav při pohybu po pozemcích. V současné době máme k dispozici technické vybavení, které nám umožňuje soustředování jízd po pozemcích do vymezených stop s cílem uchovat převažující část produkční plochy pozemků bez negativního vlivu kolejových stop (Chamen et al. 2003, Tullberg 2001, Lamour at Lotz 2007).

### **2.3.2 Vliv zhutňování na funkce půdy**

Špatná půdní struktura může zapříčinit erozi nebo špatnou dostupnost operací na pozemku v důsledku špatných podmínek po pohyb strojů po pozemku. Eroze je obecně způsobena špatnou infiltrací vody, která znamená, že více vody odtéká a odnáší s sebou půdu. Někteří autoři zdokumentovali tento nežádoucí jev (Chamen 2009). Wang et al., (2003) měřili pětinasobné zvýšení eroze na polích obdělávaných orebně a téměř třinásobné zvýšení eroze na polích obdělávaných bez orby ve srovnání s pozemky obdělávanými technologií přímého výsevu.

### **2.3.3 Vliv zhutňování na vytváření set'ového lože**

Plochy pozemku, které byly zatíženy velkými zátěžemi pod koly strojů v nepříznivých vlhkostních podmínkách ukazují přibližně to samé, potřebu větší tahové síly při orbě nebo zpracování půdy a výsledkem je hrudovité set'ové lůžko, které vyžaduje delší čas a palivo na rozbití hrud, tak aby bylo dobře připraveno (Chamen et al. 1992). Tato situace má mnoho důsledků. Jde především o nedodržení agrotechnických lhůt, nerovnoměrné a špatné vzcházení v důsledku ztráty vláhy a špatného kontaktu semen s půdou (Chamen 2009).

### **2.3.4 Zhutňování půd a jeho negativní vliv na výnosy plodin**

Hůla 2010 uvádí v metodice pro praxi, že nadměrné zhutnění půdy redukuje rychlost růstu kořenů i tvorbu kořenového vlášení. Ve zhutnělých půdách jsou nejvíce postiženy plodiny, které tvoří hospodářský výnos podzemními orgány. Například u cukrovky dochází k větvení bulev, u brambor deformacím hlíz. U plodin, které vytvářejí hlavní kulový kořen (řepka olejka, sója, slunečnice), se jeho růst omezuje tím, že kořen neproniká zhutnělou vrstvou v podorničí, roste víceméně horizontálně a deformuje se. To znamená, že nadměrné zhutnění půdy má za následek slabší rozvoj kořenového systému pěstovaných plodin, tedy nižší produkci kořenové hmoty, z čehož se dá předpokládat, že v důsledku nižšího příjmu

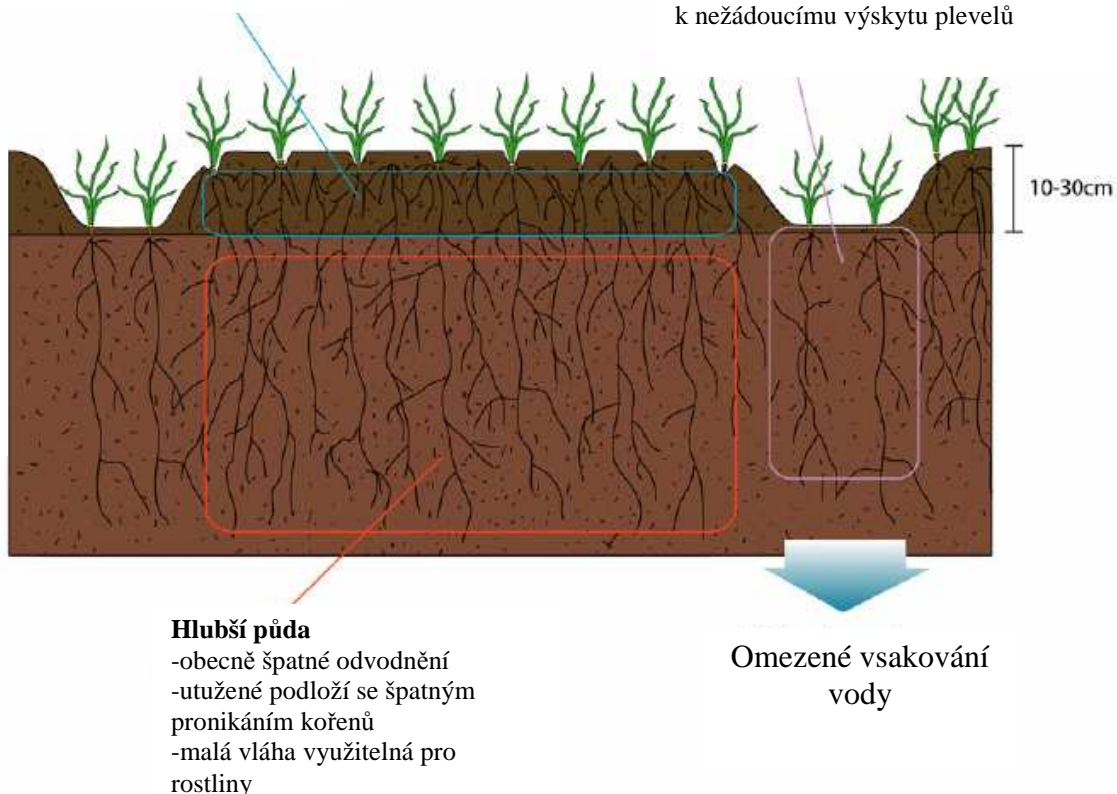
vody a živin z půdy je redukována i produkce nadzemní biomasy, jak je vidět z obrázků 2 a 3. To má negativní vliv na tvorbu výnosu. Omezení výše výnosu plodin zhuštěním půdy nezávisí pouze na rozvoji kořenového systému, ale má širší souvislosti s průběhem počasí a jeho vlivem na půdní prostředí během vegetace plodin a se vstupem techniky na pole a to jak v kladném (intenzita hnojení), tak v záporném smyslu (další zhušťování půdy hlavně pojezdy strojů po poli). Z literárních údajů vyplývá, že vlivem zhuštění půdy v ornici i v podorničí se výnosy plodin snižují v závislosti na stupni zhuštění a na výše uvedených faktorech v rozmezí: u obilnin o 10-20%, u kukuřice o 10-15%, u luskovin o 15-20%, u brambor o 20-25%, u cukrovky o 20-30%. Zhuštění půdy nejenom snižuje výši výnosu, ale může nepříznivě ovlivnit jakost produkce, například cukernatost bulev cukrovky v průměru o 15%, olejnatost řepky olejky až o 8%.

#### **Seťové lůžko**

- optimální propustnost a vsakování
- snadné pronikání kořenů
- vysoká zásoba vláhy pro rostliny

#### **Kolejová stopa**

- utužena půda pouze v kolejích
- soustředění přebytečné vody ze seťového lůžka
- osetá brázda, aby nedocházelo k erozi a k nežádoucímu výskytu plevelů



Obr. 2: Ovlivnění rostlin zhuštěním půdy. Dostupné z <http://vro.dpi.vic.gov.au>



**Obr. 3: Viditelné ovlivnění porostu ve stopách secího stroje na polním pokusu v Křinci.**

## **2.4 Využití přesné navigace při uplatnění jízd strojních souprav po pozemcích**

Jirka (2009) uvádí, že využití korekčního signálu (RTK) v zemědělství pro autopiloty je cesta k dosažení velmi přesného navádění. Především jde také o její opakovatelnost nejen v režimu mezi jízdami, ale i meziročně, což nejde u běžných a bezplatných systémů dosáhnout. Způsob šíření korekčního signálu probíhá přes GPRS modem, tedy přes mobilní internet. Významně se tak omezují výpadky signálu, protože se zde kombinují dvě cesty přenosu. Jde o satelitní, z něhož se přijímá základní GPS signál a mobilní, přes který jsou přijímány korekce. Dostupnost RTK tedy závisí na pokrytí mobilními operátory.

Chamen 2009 uvádí, že vzniká problém s udržení strojů při práci na poli v tom samém místě přejezdu rok co rok. Přestože ti nejpečlivější farmáři toho mohou dosáhnout pomocí fyzických znaků (strom, sloup či jiná značka v poli), realitou je satelitní navigační systém, který dosahuje vysoké přesnosti s minimálním úsilím řidiče. Ti nejpreciznější farmáři již tuto technologii využívají k minimalizaci překrývání záběrů, ale CTF potřebuje něco více. Zásadní je, že kolejové řádky zůstávají na stejném místě rok co rok a jen RTK (Real Time Kinematic) systém je schopen zajistit danou přesnost +/- 2,5cm. Možnosti jak šířit signál stále přibývají. Jednou z variant je vlastní RTK stanice nebo ji sdílet s kolegy v rámci jedné

lokality. Další varianta využívá sítě mobilních operátorů nebo internet pomocí wifi technologií. Všechny tyto systémy mají své pro a proti, ale přinášené technologie mají za úkol zlepšit a dodat více univerzálnosti a rozšířenosti pro každodenní využití a snižování nákladů. Jediné co chybí je kompatibilita mezi jednotlivými systémy. Bylo by výhodné, pokud by byl systém, který by využíval od každého systému něco.

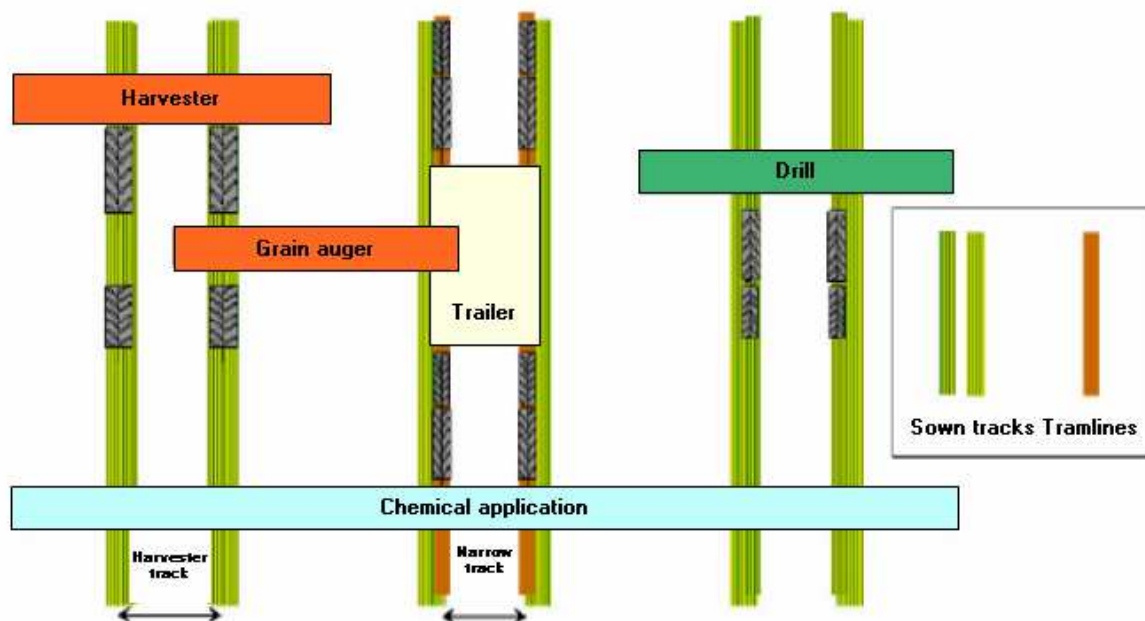
Kvíz (2012) uvádí, že navigace strojních souprav po pozemcích a tudíž přesné navazování sousedních záběrů strojů bez nutnosti manuálního řízení řidičem umožňuje volbu nekonvenční organizace jízd strojů na poli, umožňuje využití nových systémů hospodaření – Controlled Traffic Farming (CTF), a má také přinést úlevu psychické zátěže řidičů při řízení zemědělských strojů.

## **2.5 Zavedení Controlled Traffic Farming v praxi**

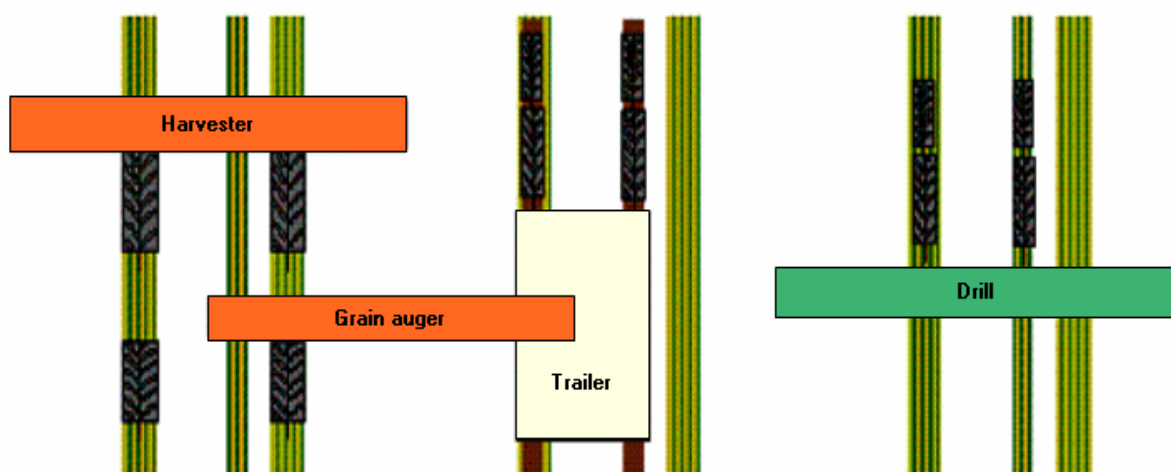
Chamen (2009) píše, že přechod do systému z konvenčního systému zpracování půdy vyžaduje o práci více přemýšlet a dodržovat kázeň. Farmář musí přestat přemýšlet o poli jako o volné ploše vhodné k neorganizovaným přejezdům, když je spěch. Půda se musí stát „posvátnou“ a musí o ní být pečováno s největší možnou péčí. Často vzniká dojem, že začít používat systém CTF je nákladné, ale podle Chamena realita přináší úsporu času, energie, práce, pohonných hmot a investic do strojů. Více myslet a lépe plánovat, znamená snížit náklady.

Prvním krokem přechodu na CTF je inventarizace stávajících strojů, tzn. jak se osvědčí vlastněné stroje, kolik jich bude potřeba v budoucnosti a kdy bude půda potřebovat jen minimální kultivaci. Většina systémů je vytvořena pro standardní šířku stop. Protože stroje nejsou doposud konstruovány zcela v souladu se systémem CTF, existuje řada omezení, je již v současnosti plocha pojezdů v systému CTF 25%, což je ve srovnání s konvenčním způsobem (75%) mnohem menší hodnota. Při větším poškození půdy bude trvat několik let, než se uvede přirozenou cestou do příznivého stavu, zejména v hlubších vrstvách. Jinou cestou ke snížení plochy pojezdů je výběr užších pneumatik ale s větším průměrem. Pouze ze zkušenosti se dá usoudit jak úzké pneumatiky použít pro co nejlepší dodržení stálých kolejových stop. CTF můžeme rozdělit na dva systémy, které jsou vidět na obrázku 4 a 5. Systém OutTrac využívá rozdílných rozchodů kol a tudíž dochází k rozšiřování stop. Systém AdTrac pracuje se dvěma šířkami kolejí (Chamen 2009).





Obr. 4: Systém jízd OutTrac. Dostupné z [www.farmworks.ie](http://www.farmworks.ie)



Obr. 5: Systém přejezdů AdTrac. Dostupné z [www.farmworks.ie](http://www.farmworks.ie)

## 2.6 Význam a přínos Controlled Traffic Farming

Jak bylo patrné, může mít zhutvení půdy dalekosáhlé důsledky, které ve většině případů přímo nebo nepřímo způsobují variabilitu v pěstování rostlin, tedy něco co se snaží precizní zemědělství naopak odstranit. Přestože snížení tlaku pod koly zemědělských strojů může tuto variabilitu snižovat, je stále daleko od toho tento problém odstranit. Dává tedy smysl použít technologii CTF, která rozdělí pozemek na přejížděné a nepřejížděné části, kde části nepřejížděné představují co největší možnou plochu pozemku. To je založeno na sjednocení stop zemědělských strojů a šířek jejich záběrů při používání satelitního navádění (Chamen 2009).

## 2.6.1 Výhody a nevýhody Controlled Traffic Farming

Gamache píše, že CTF má potenciál k:

- zlepšení půdní struktury - snížení celkového zhutnění, zvětšení infiltrace vody,
- zvýšení půdní vláhly, lepší jímavost vody,
- zlepšení efektivity využití živin,
- snížení nákladů na pesticidy,
- snížení spotřeby paliva,
- zlepšení průchodnosti strojů,
- nižší investice do strojů.

Zlepšení struktury půdy zvyšuje infiltraci vody a to vede k lepším výnosům, zejména v suchých letech.. Existuje zde také potenciál pro zvýšení výnosů v letech s vysokou vlhkostí nebo extrémními dešťovými srážkami díky zvýšené schopnosti jímavosti vody (Gamache 2012).

Kombinace vedení a řízení na trvalých stopách zlepšuje efektivitu práce, snižuje všechny vstupní náklady (osivo, postřiky a hnojiva), snižuje spotřebu nafty, umožňuje vyšší přesnost chemické ochrany a hnojení, zlepšuje jímavost vody, zlepšuje včasnost operací a snižuje únavu obsluhy. Zlepšení půdních vlastností přináší významné zlepšení hospodaření s půdní vláhrou. Vědecká organizace ISTRO uvádí, že technologie CTF má vliv na snížení výfukových zplodin CO<sup>2</sup> a zároveň také potvrzuje zlepšenou infiltrace vody do půdy a postupné snižování eroze půdy na svazích (Kroulík a kol. 2007).

V systému Contolled Traffic Farming je cílem mít všechna kola na jedné trati. Samozřejmě existují některá inženýrská rizika s úpravou traktorů a strojů pro širší rozchod. Často úpravy nejsou oprávněné výrobcem, a tak často dochází k poškození ložisek a náprav. Společnosti jako John Deere nyní nabízí 3m široké přední a zadní nápravy speciálně pro použití v systému CTF (Whitlock 2012).

Moduly záběru jsou v Austrálii voleny 9 m, 11 m a 12 m. Tyto velké záběry jsou v Evropě téměř nepoužitelné (Whitlock 2012).



**Obr. 6: Rozšíření traktoru na jednotnou šířku v systému CTF. Dostupné z <http://salesmanual.deere.com>**



**Obr. 7: Součásti rozšíření traktoru pro systém CTF. Dostupné z <http://salesmanual.deere.com>**

O nevýhodách systému trvalých kolejových stop píše Bochtis, Sorensen et al. (2009). Jako hlavní nevýhody uvádějí náklady na pořízení speciální techniky, ztráty v podobě neosetých ploch vyhrazených pro trvalé kolejové řádky a náklady na vytvoření a následné udržení trvalých stop na poli. Dále dodávají, že je v rámci CTF snížena efektivnost využívání pole kvůli výraznému zvýšení prostojů strojů v oblasti dopravy a dále je obsaženo hodně pohybů po pozemku vykonaných za účelem manipulace s materiálem. Například konstatují, že v převážné většině případů není sladěna délka kolejových řádků s objemovou kapacitou zásobníků aplikátorů využívaných pro hnojení, a že v systému CTF není možno se kdykoliv náhodně na poli otočit a proto je nutno pokračovat po stálé koleji až na konec pozemku. Nárůst nepracovních částí jízdy může vzrůst ještě v případě, že souprava pro doplňování cisterny se nachází na opačné straně pozemku, než-li je směr jízdy pracovního stroje. Ten se musí následně na souvratích otočit a vykonat cestu podél kolejových řádků k doplňovací soupravě.

## 3 Vybrané ukazatele kvality práce strojů na zpracování půdy a setí

### 3.1 Penetrační odpor půdy

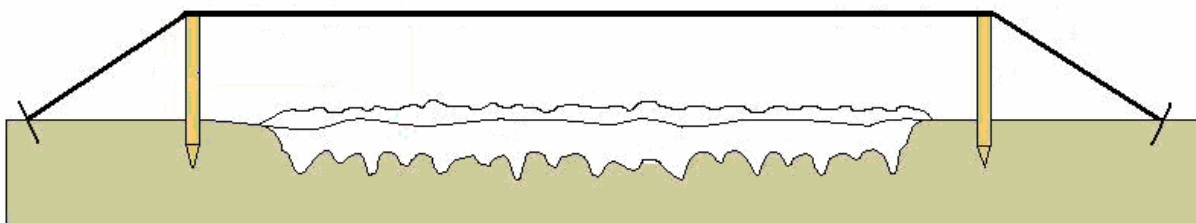
Odpor půdy vůči pronikání kužele penetrometru se zjišťuje především pro posouzení stupně zhutnění půdy. Zjišťování penetračního odporu půdy však má širší možnosti využití. Podle penetračního odporu můžeme např. usuzovat na odpor půdy při jejím zpracování a na stupeň obtížnosti kypření půdy (Hůla 2004).

Při měření se vychází z toho, že penetrační odpor je přímo úměrný hustotě uložení půdních částic, že souvisí s objemovou hmotností a pórovitostí půdy. To však platí pouze při určité zrnitosti a vlhkosti půdy. Chceme-li podle penetračního odporu usuzovat na stupeň zhutnění půdy, mají naměřené hodnoty penetračního odporu na určitém pozemku pouze vzájemně porovnávací hodnotu. Penetrometrie bývá doporučována jako vhodná diagnostická metoda pro zjišťování zhutnělých vrstev v půdním profilu. V případě výskytu zhutnělé vrstvy, například zhutnělého podorničí, lze zjistit hloubku zhutnění, posoudit účelnost kypření zhutnělé vrstvy a vymezit na pozemku místa, která by se měla zpracovat například dlátovým kypřičem při základním zpracování půdy k cukrovce. Hlubší kypření na celé ploše pozemku by mnohdy bylo zbytečně nákladné. Výskyt zhutnělé vrstvy v půdním profilu pomocí penetrometru však lze zjišťovat pouze na jaře, kdy je půdní profil rovnoměrně provlhlý. Nárůst penetračního odporu v určité hloubce pak může ukazovat na zhutnění. Měření v létě a na podzim je z tohoto hlediska nespolehlivé, protože v půdním profilu mohou být velké vlhkostní rozdíly, jejichž vliv se projeví na penetračním odporu. Pro měření je vhodná doba v dubnu, popř. začátkem května. V tomto období zpravidla nebrání pohybu po pozemcích ani vzrostlé porosty plodin. Pro určení míst se zhutnělým podorničím (za předpokladu rovnoměrně provlhčeného půdního profilu) lze vystačit s porovnáním penetračních křivek nebo se zjišťováním nápadně zvýšeného odporu půdy v určité hloubce. Pro hlavní druhy půd sice byly stanoveny kritické hodnoty penetračního odporu z hlediska zhutnění, úpravu těchto hodnot podle skutečné vlhkosti půdy a zvláště zjištění této vlhkosti je možné uskutečnit pouze při podrobném zhodnocení výzkumného charakteru (Hůla 1997).

Výhodou měření penetrometrem je snadné dosažení dostatečného počtu měření a možností posouzení průběhu odporu do hloubky 0,5 m, v případě potřeby i do větší hloubky. Měření penetrometrem je však znemožněno na pozemcích s větším obsahem kamenů a šterku v ornici a podorničí (Hůla 2004).

## 3.2 Příčný profil pozemku

Pro měření příčného profilu pozemku je možné použít více metod. Jde o metody měření pomocí mechanického profilografu a měření pomocí laserového profilografu. Při měření profilu pozemku v délce 18 m, která odpovídá trojnásobku modulu záběru 6 m v systému CTF na polním pokusu, jsou tyto metody už nedostačující. K tomuto účelu je možné použít provaz, který se napne (obr č.8) nad povrchem pozemku a po 10 cm se měří výška provazu nad pozemkem. Toto měření je velice jednoduché, ale přesto je zapotřebí pečlivosti k omezení chyb měření.



Obr. 8: Princip měření příčného profilu

### 3.2.1 Metoda měření příčného profilu půdy pomocí mechanického profilografu

V konstrukci mechanického profilografu jsou umístěny prutové stavoznaky s roztečí 25 mm. Za stavoznaky je umístěna průmětná tabule s odečítací stupnicí. Výška jednotky stupnice je 50 mm, šířka měřeného profilu 1300 mm. Po umístění profilografu na měřené místo se profilograf vyfotografuje a z vytisknutých fotografií jsou ručně odečteny vzdálenosti vysunutí stavoznaků. Naměřené hodnoty délky vysunutí stavoznaku jsou zobrazeny do grafu (Šindelář 2009).



Obr. 9: Mechanický profilograf (Šindelář 2009).

### 3.2.2 Metoda měření příčného povrchu půdy pomocí laserového profilografu

Pro zachycení příčného profilu povrchu a dna zpracované vrstvy půdy po kypření umožňuje laserový profilograf digitální záznam pro přímé grafické a matematické zpracování naměřených dat. Laserový profilograf byl vyvinutý ve VÚZT v.v.i. ve spolupráci s ČZU. Tímto profilografem lze operativně zachytit pouze krátké měřicí úseky, na kterých není patrný reliéf terénu nebo svažitosť pozemku (Šindelář 2009).



Obr. 10: Laserový profilograf (Šindelář 2009).

### 3.3 Hrudovitost

Kroulík a Mašek (2010) uvádějí, že hrudovitost půdy ovlivňuje velikost výsevku při setí kulturních plodin a to tím směrem, že s narůstající hrudovitostí narůstá i výsevek. Dále píší, že standardní metodou pro stanovení hrudovitosti je síťová analýza, kde principem je třídění půdních agregátů podle průměrů do velikostních frakcí na předem definovaných sítích a určení jejich procentuálního zastoupení z celkové hmotnosti vzorku půdy. Při posuzování kvality zpracování půdy je nutno myslet na to, že tato metoda je velmi přesná, avšak poměrně pracná a zdlouhavá.

Páltik (2003) uvádí, že struktura půdy je daná vzájemným zastoupením jednotlivých půdních částic a agregátů. Struktura půdy se dělí podle velikosti pevných stmelených půdních částic na: *jemně hrudkovitou strukturu*, která obsahuje částice o velikosti 1 – 10 mm; *hrudkovitou strukturu* s částicemi o velikosti 10 – 30 mm a *hrudovitou strukturu*, kde se nacházejí částice 30 – 100 mm velké. Jakýkoliv zásah zemědělskou technikou do půdy je současně zásahem do půdní struktury. Velikost půdních agregátů má významný vliv na vedení vody, výměnu plynů, tepelný režim půdy a tvorbu přísušku. Proto má hrudovitost půdy velký význam hlavně při předset'ové přípravě půdy. Vhodná velikost hrud při setí je

důležitá zejména pro dodržení požadované hloubky uložení osiva, jelikož při pokrytí set'ového lože většími hroudami poskakuje secí botka a větší množství osiva je uloženo ve větší hloubce. Pro dodržení stálého hloubkového vedení při hrubém set'ovém lůžku je třeba jezdit nižší pojezdovou rychlostí a tudíž klesá plošná výkonnost soupravy traktor – secí stroj (Kroulík a Mašek 2010).



Obr. 11: Síta pro stanovení velikostních frakcí hroud.

### 3.4 Odolnost hroud vůči drobení

Odolnost hroud vůči drobení se měří pomocí ručního penetrometru s rozsahem do 500 kPa. Po odebrání se hroudy nechají vyschnout pod přístřeškem. Při měření se tlačí penetrem na hroudu dokud se nerozpadne. K odečtení hodnoty je na stupnici kroužek, který zůstane na nejvyšší hodnotě, která byla potřebná k rozpadu hroudy.



Obr. 12: Ruční penetrometr - sada. Dostupné z [www.ekotechnika.cz](http://www.ekotechnika.cz)

### 3.5 Smykové napětí

Pro měření smykového napětí se používá tzv. vrtulková zkouška, která se především využívá ve stavebnictví, ale v tomto případě je velice vhodná i v zemědělství Šimek (1976).

Šimek (1976) dále uvádí, že vrtulková zkouška slouží ke stanovení smykové pevnosti soudržných zemin. Zkouškou se přímo stanoví vrtulková smyková pevnost vrcholová ( $\tau$ ) zeminy v podmínkách zkoušky neodvodněné. Zkouška se užívá pro měkčí jílovité zeminy a jemné písky. Hlavně je vhodná pro jílovité zeminy o velké sensitivitě, které se při odběru vzorků neporuší. Vrtulkový přístroj udává ve většině případů pevnost o něco vyšší než prostý tlakový přístroj. Smyková pevnost se u tohoto přístroje zjišťuje otáčením vrtulky. Přístroj může být konstruován jako laboratorní, jehož součástí je torzní hlava nastavné tyče, tyč s vrtulkou, nástavce, a nebo jako kapesní přístroj, který je na obrázku 13. Měření probíhá takto: měřicí vrtulka se zamáčkne do zkoumané zeminy a číselník na torzní hlavě se nastaví do nulové polohy. Otáčí se torzní hlavou a zaznamenává se pohyb ručičky na číselníku. Když vrtulka usmykne zeminu, odečte se na číselníku maximální hodnota výchylky ručičky indikátoru. Kapesní vrtulkový přístroj má vyměnitelné pružinky pro zeminy o různých odporech.





Obr. 13: Kapesní vrtulkový přístroj. Dostupné z [www.ekotechnika.cz](http://www.ekotechnika.cz)

### 3.6 Vliv kvality zpracování půdy na vybrané vlastnosti

Roger-Estrade at al. (2009) uvádějí, že management péče o půdu je základním stavebním kamenem v udržitelném systému obdělávání půdy a jak zpracování půdy mění distribuci a populaci půdního zoedafonu, především na úkor půdního zdraví.

Jestliže systém CTF zlepšuje půdní strukturu díky jejímu minimálnímu narušování, tak na druhou stranu dochází k velkému nárůstu poškození plodin díky škůdcům. Mělké kypření půdy může v tomto případě proti škůdcům pomoci. Ale ani v systému CTF není možné tomuto úplně zabránit, nicméně provedení opatření proti škůdcům jsou snazší. Chamen (2009) dále píše, že ve většině evropských systémů CTF jsou prostřední pojezdové pásy osety (jde o ty, kteří neslouží pro chemickou ochranu). Rostliny v těchto pásech netrpí pozdějším dozráváním, ale výnos je na těchto malých plochách přibližně o 10% nižší. Ošetřování těchto prostředních jízdních stop a stop pro chemickou aplikaci sestává normálně z příležitostného zasetí, ale někteří uživatelé radši uvolňují tyto stopy pro sklízecí mlátičku (například systém OutTrac). Jako alternativa mohou být všechny stopy nezaseté, ale to je možné jen pokud jsou pojezdové pásy velmi úzké, tak jak je to využíváno na některých systémech v Dánsku, kde je kompenzační růst použit k minimalizaci ztrát. Při použití dvou systémů CTF vede zmenšení šířky pneumatik strojů z 800 mm a 710 mm na 650 mm a 500 mm. V modulovém systému 8 m je tak možné zredukovat přejetou plochu o cca 5% (Chamen 2009).

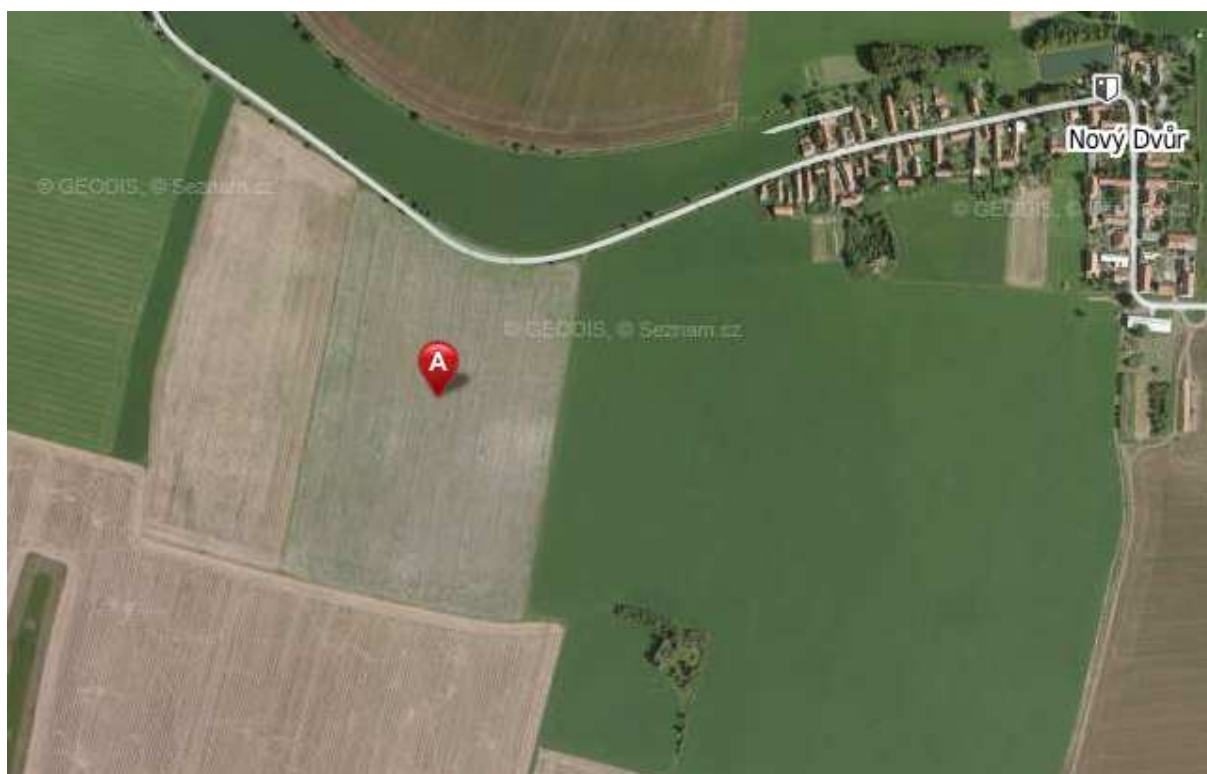
## 4 Výchozí podmínky, metody a materiál

### 4.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnotit vybrané ukazatele kvality práce strojů při zpracování půdy a setí na pozemku se založeným poloprovozním polním pokusem, zaměřeným na řízené přejezdy strojů.

### 4.2 Výchozí podmínky

Poloprovozní polní pokus se nachází v katastrálním území zemědělském podniku ZAS Podchotucí, a.s., Křinec, okres Nymburk, na pozemku o výměře 10 ha v řepařské výrobní oblasti. Pokus byl založen na jaře roku 2010 se zaměřením na soustředění přejezdů po půdě do trvalých jízdnic stop. Pozemek je vyznačen bodem bodem A na obrázku č.14.



**Obr. 14: Stanoviště poloprovozního polního pokusu. Dostupné z [www.seznam.cz](http://www.seznam.cz)**

Na pozemku se nachází hlinitá půda, 38,3% hmotnostních představují částice menší než 0,01mm v orniční vrstvě. Ornice obsahuje 3,8% spalitelného uhlíku (Hůla 2011).

Od jara roku 2010 byly na pozemku přejezdy organizovány v systému Controlled Traffic Farming. Organizace jízd je zvolena OutTrac, kterou uvádí Chamen (2009).

## 4.3 Použité stroje a modul záběru

Stroje využívané pro zajištění pracovních operací na polním pokusu jsou uvedeny v tabulce 1. Ze strojového parku v zemědělském podniku ZAS Podchotučí, a.s byly vybrány stroje, které lze použít v systému s modulem 6 m. Jde tedy o stroje s pracovním záběrem 6 m, 18 m, a 36 m. Se záběrem 6 m byly použity stroje pro zpracování půdy, setí a sklízecí mlátička. Se záběrem 18 m byly využity stroje pro aplikaci chemických přípravků a minerálních hnojiv. Tyto stroje využívaly kolejových meziřádků, které byly založeny při setí (při každém třetím záběru secího stroje). Pro aplikaci chemických přípravků a hnojiv je možné použít i stroje se záběrem 36 m, které zemědělský podnik využívá (Hůla 2011). S tím ale nastává v místě polního pokusu ztížená aplikace chemických přípravků při otáčení na okrajích pozemků, kde jsou stromy a vzrostlé keře.

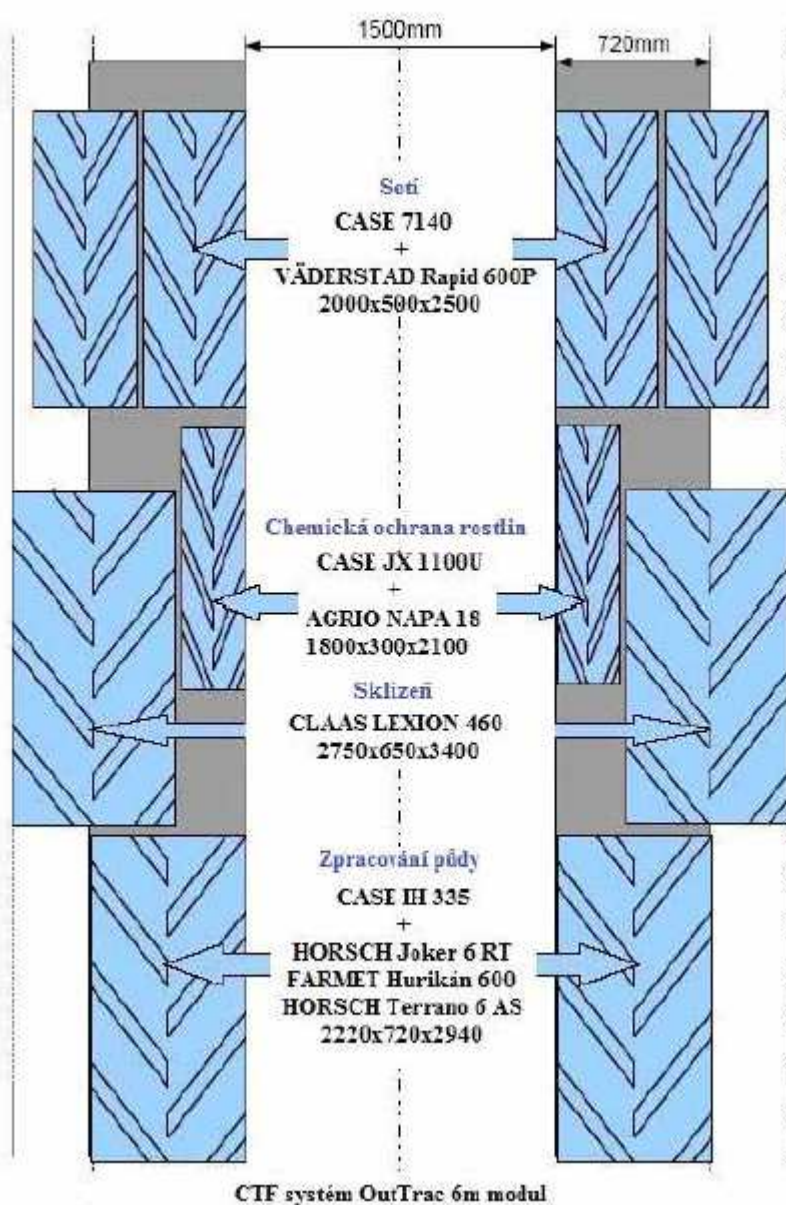
Celkovou šířku kolejových stop ovlivňují rozdílné rozchody kol využitých traktorů a sklízecí mlátičky. Z tohoto důvodu byly zvoleny 4 varianty kolejových stop pro měření (Hůla 2011):

- I. stopy traktoru při setí, při aplikaci chemických přípravků na ochranu rostlin a kapalných hnojiv, při hnojení minerálními hnojivy a při podmítce,
- II. stopy přídatných kol traktoru při setí, stopy kol sklízecí mlátičky a stopy traktoru při podmítce,
- III. mimo stopy kol traktorů a sklízecí mlátičky,
- IV. stopy na části pozemku s neřízenými přejezdy (random).

**Tab. 1: Zajištění pracovních operací technikou v roce 2011**

Pracovní operace	Stroje	Pracovní záběr [m]	Rozchod kol [mm]	Šířka pneumatik [mm]
Aplikace přípravků na ochranu rostlin (opakovaně)	CASE JX 1100U + AGRIO NAPA 18	18	1800	320x2
Hnojení minerálními hnojivy (opakovaně)	Zetor 10145 + AMAZONE 1000	18	1800	300x2
Sklizeň ozimé pšenice	CLAAS Lexion 460	6	2750	650x2
Podmítka	CASE IH 335 + HORSCH Joker 6 RT	6	2220	720x2
Kypření půdy s urovnáním povrchu půdy	CASE IH 335 + HORSCH Terrano 6 AS	6	2220	720x2
Setí ozimé pšenice	CASE 7140 + VÄDERSTAD Rapid 600P	6	2000	500x2

Pro přesnou navigaci strojů byl použit navigační systém GPS s korekčním signálem RTK VRS a systém asistovaného řízení AgGPS EZ-STEER značky Trimble. Při sklizni byl zásobník sklízecí mlátičky vyprazdňován na souvratu v blízkosti silnice do dopravního prostředku tak, aby dopravní prostředky nepřejížděly po pozemku. Údaje o rozchodu kol traktorů a sklízecí mlátičky, šířka kolejových stop jsou uvedeny v tabulce 1 a zobrazeny na obrázku č.15.



Obr. 15: Uspořádání jízdních stop (Hůla, Gutu a kol. 2011).

### **4.3.1 Přehled pracovních operací od založení porostu ozimé pšenice, měření a hodnocení na pokusném pozemku**

12.10.2010	setí ozimé pšenice
11.3.2011	hnojení minerálním hnojivem
14.4.2011	měření penetrometrem
6.5.2011	chemická ochrana rostlin
9.5.2011	produkční přihnojení minerálním hnojivem
30.5.2011	produkční přihnojení minerálním hnojivem
13.6.2011	chemická ochrana rostlin
11.8.2011	odběr vzorků rostlin pro stanovení výnosu ozimé pšenice
18.8.2011	sklizeň ozimé pšenice sklízecí mlátičkou, měření penetrometrem
3.9.2011	podmítka (hloubka 100 - 120 mm)
16.9.2011	měření smykového napětí, měření penetrometrem, stanovení hrudovitosti ornice, příčný profil povrchu půdy
16.10.2011	předset'ová příprava půdy (hloubka 80 - 100 mm)
18.10.2011	setí ozimé pšenice
24.10.2011	stanovení hrudovitosti ornice po zasetí ozimé pšenice, záznam příčného profilu povrchu půdy
29.11.2011	měření hloubky setí ozimé pšenice, záznam příčného profilu povrchu půdy

### **4.4 Použité metody hodnocení kvality zpracování půdy**

K měření penetračního odporu byl využit penetrometr zapůjčený z Výzkumného ústavu zemědělské techniky (VÚZT, v.v.i.), kterým se zjišťuje odpor vnikání kužele do půdy. Z penetrometru byla následně přenesena naměřená data do počítače.

V kapitole 3.2 jsou popsány metody měření příčného profilu půdy. K měření byly tyto metody nedostačující, proto bylo využito provazu a po pečlivém napnutí se odečetla výška provazu nad povrchem každých 10 cm v délce 18 m. Tato metoda měření byla použita s ohledem na délku měření i přesto, že je spojena s velkou pracností a nutností pečlivosti. Měření bylo provedeno po podmítce 16.9.2011 a po setí 24.10.2011.



**Obr. 16: Měření příčného profilu po podmítce 16.9.2011**

Hrudovitost byla měřena metodou síťové analýzy. Vzorky pro stanovení hmotnostního zastoupení hrud se odebíraly z jednotlivých variant měření z části půdního profilu o ploše  $0,25 \text{ m}^2$  do hloubky aktuálního zpracování půdy. Plocha odebírání se stanovila pomocí přiloženého rámečku. Takto odebraný vzorek se pomocí lopaty přemístil na soustavu sít a roztřídil se na jednotlivé frakce. Pro tuto metodu měření se používala síta se čtvercovými oky o hranách:  $10 \times 10 \text{ mm}$ ,  $30 \times 30 \text{ mm}$ ,  $50 \times 50 \text{ mm}$  a  $100 \times 100 \text{ mm}$ . Jednotlivé frakce byly následně zváženy na polní váze a po odečtení hmotností sít byla získána hmotnost jednotlivých frakcí částic s rozdělením velikostí průměru částic: pod  $10 \text{ mm}$ ,  $10 - 30 \text{ mm}$ ,  $30 - 50 \text{ mm}$ ,  $50 - 100 \text{ mm}$  a nad  $100 \text{ mm}$ .



**Obr. 17: Měření hrudovitosti po podmítce (16.9.2011)**

K měření smykového napětí byl využit kapesní vrtulkový přístroj s vyměnitelnou hlavicí. Toto měření bylo provedeno 29.6.2011, 18.8.2011 a 16.9.2011.

K vyhodnocení naměřených dat bylo využito programu Microsoft Excel pro vytvoření tabulek a grafů. K testování významnosti rozdílů naměřených hodnot byly využity krabicové grafy a následně nástroje ANOVA v programu Statsoft Statistica v 9.1. Pro nástroj ANOVA bylo využito jednovýběrového testu hromadného třídění. Pro znázornění statisticky významných rozdílů byl použit Tukeyův HSD test. Při tomto testu jsou ke každé hodnotě průměru přiřazeny „hvězdičky“ a jsou rozděleny do sloupců. Pokud jsou hvězdičky ve stejném sloupci, hodnoty se statisticky významně neliší. Pokud jsou hvězdičky průměrů v různých sloupcích, průměry se od sebe statisticky významně liší. Hladina významnosti  $\alpha$  je zvolena 0,05.

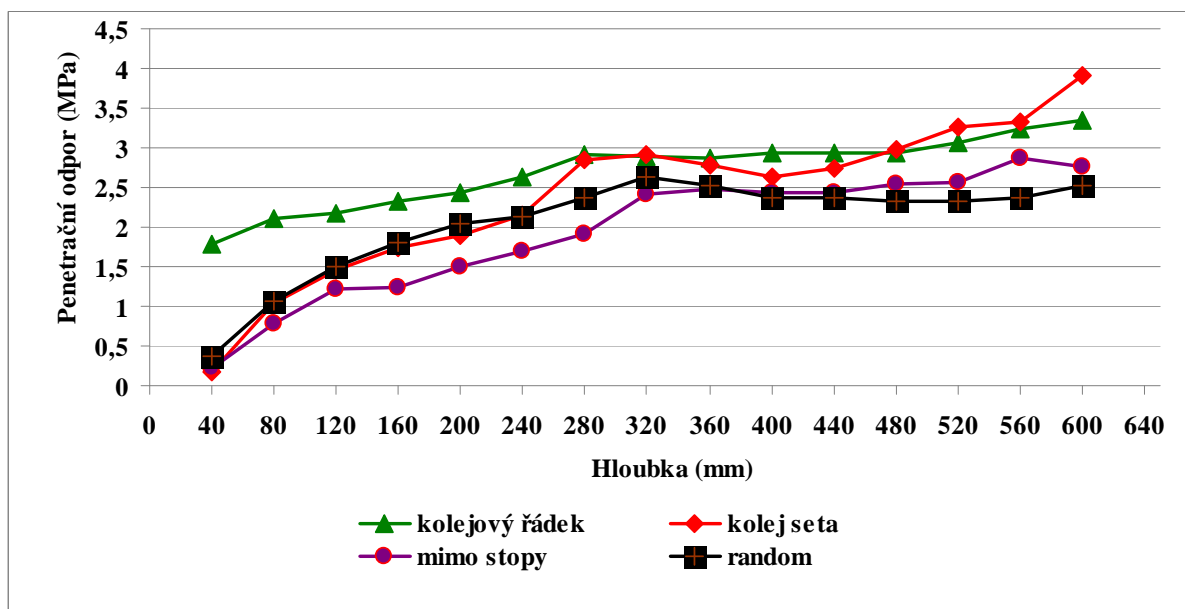
## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení penetračního odporu půdy

Pro změření utužení půdy na polním pokusu byl použit registrační penetrometr, který zaznamenává odpor půdy proti vniknutí kuželové sondy. Penetrometr obsahuje snímač, který měří hloubku vpichu a tenzometrické čidlo, které měří odpor půdy v MPa. Hodnoty odporu půdy a hloubky se po přenosu do počítače dále zpracují. Zvyšující odpor půdy proti vniknutí sondy může signalizovat nárůst zhutnění půdy. Odpor půdy závisí také na vlhkosti půdy při měření.

Měření byla provedena 12.4.2011 v období regenerace porostu ozimé pšenice po zimním období. Další měření bylo provedeno 16.9.2011 po podmítce po ozimé pšenici.

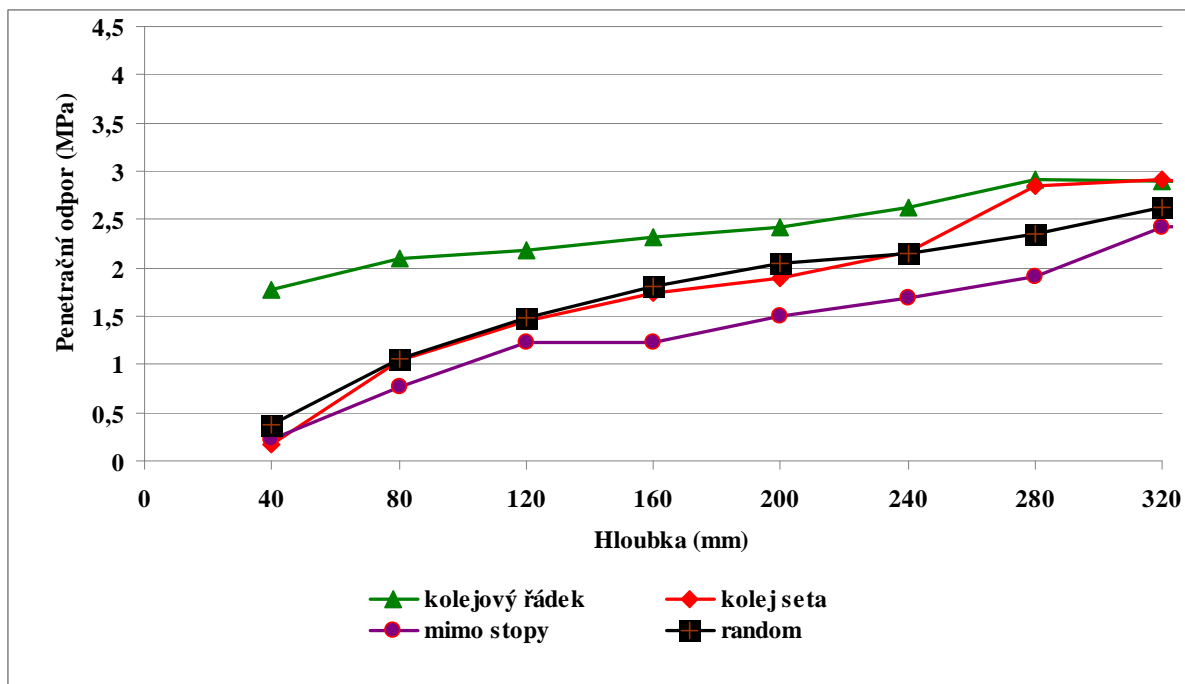
Obr. 18: Penetrační odpor - 12.4.2011



V grafu na obr. 18 je znázorněná závislost penetračního odporu na hloubce měření. Měřeno bylo 12.4.2011 v období regenerace porostu ozimé pšenice, ve dvaceti opakováních na variantu. Z grafu je vidět nejmenší utužení ve variantě mimo stopy až do hloubky 360 mm. Největší utužení je zaznamenáno v kolejových řádcích, kde po zimě proběhla aplikace regenerační dávky hnojiva.



Obr. 19: Penetrační odpor do hloubky 320mm

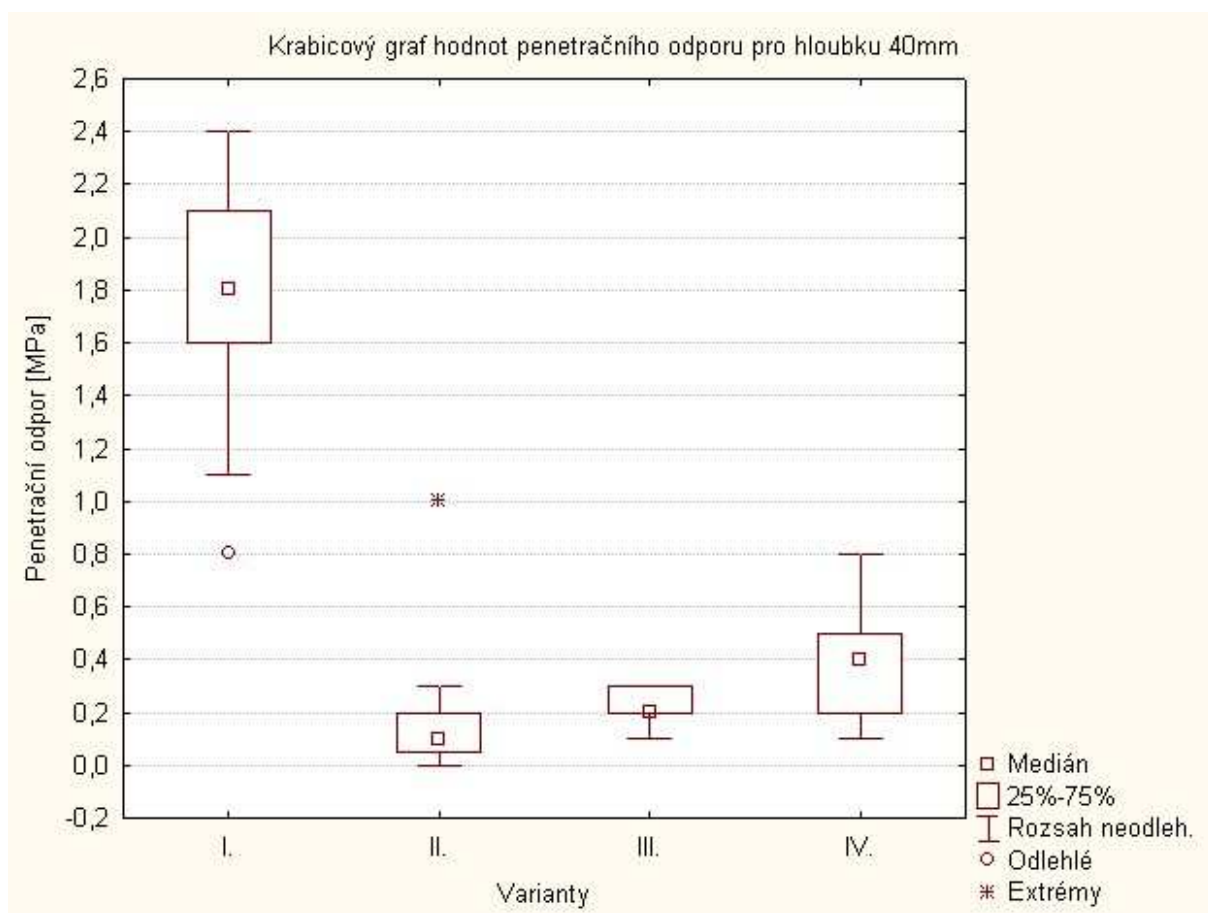


V grafu na obr. 19 je znázorněn penetrační odpor podrobněji do hloubky 320 mm ze dne 12.4.2011. Zaměřením se na tuto část je možné hodnotit, zda-li jsou v tomto profilu půdy významné statistické rozdíly. Podle grafu na obr. 19 jsem provedl statistické vyhodnocení v hloubkách 80 mm, 120 mm, 160 mm, 200 mm, 240 mm, 280 mm a 320 mm. U větší hloubky jsem neprováděl statistické vyhodnocení z důvodu vlivů starých zátěží zemědělské půdy. Graf znázorňuje nejnižší penetrační odpor u varianty mimo stopy a nejvyšší odpor v hloubce 280 mm ve variantě kolejový rádek.

Detailnější rozbor je uveden s využitím následujících krabicových grafů a Tukeyova HSD testu s cílem posoudit statistickou významnost rozdílů mezi variantami.

V grafu na obr. 20 je znázorněn penetrační odpor všech variant v hloubce 40 mm. Největší rozpětí hodnot bylo naměřeno ve variantě I. Tyto hodnoty spadají do rozsahu 25 – 75% všech naměřených hodnot z měřeného souboru. V této variantě byl zjištěn i nejvyšší výskyt odlehlých hodnot. Ve variantě II. byla naměřena extrémní hodnota. Varianta III. vykazovala nejnižší rozpětí hodnot měřeného souboru. Z tohoto grafu je zřejmé, že největšího kolísání penetračního odporu bylo zjištěno ve variantě, která zahrnuje kolejové stopy strojů na ochranu rostlin. Nejmenší kolísání penetračního odporu bylo zjištěno ve variantě, kde se nejedí (varianta III.). Mezi variantami III. a IV. (mimo stopy a Random) není vidět příliš významný rozdíl.

Obr. 20: Krabicový graf penetračního odporu v hloubce 40mm



Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů hodnot penetračního odporu je zobrazen v tabulce 2. Tato tabulka ukazuje odlišnost varianty I od ostatních variant. Tato varianta tvoří v tabulce samostatný sloupec s hodnotou penetračního odporu přibližně 1,7 MPa. Ostatní varianty dosahují hodnot 0,17 – 0,37 MPa. Rozdíl penetračních odporů lze vysvětlit přejezdem traktoru v kolejových meziřádcích při aplikaci regenerační dávky hnojiva po zimě. Tukeyův HSD test zároveň potvrdil, že mezi variantami III. a IV. není statisticky významný rozdíl.

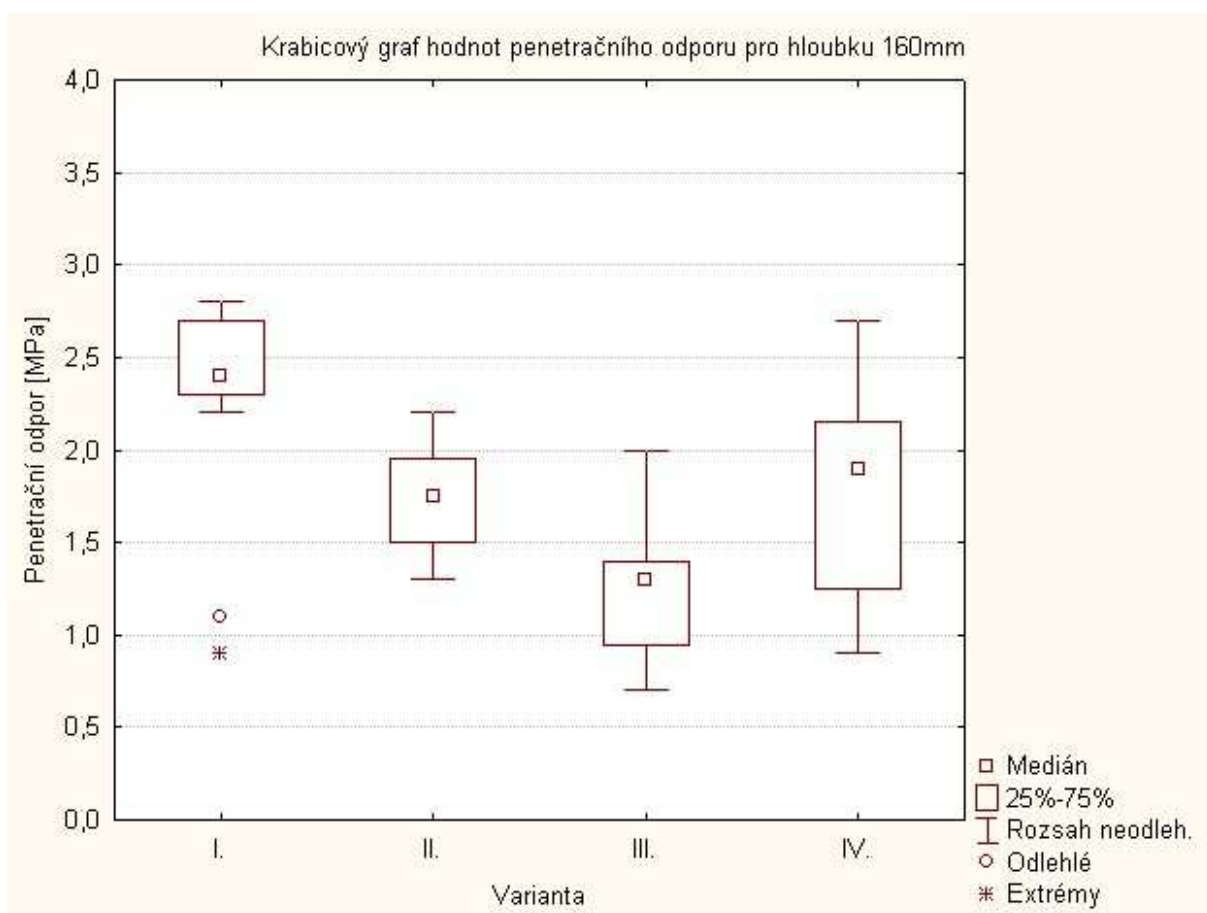
Tukeyův HSD test; proměnná 40 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PC = ,06334, sv = 76,000				
Č. buňky	VAR	40,000000 Průměr	1	2
2	II.	0,170000	****	
3	III.	0,225000	****	
4	IV.	0,370000	****	
1	I.	1,780000		****

Tab. 2: Tukeyův HSD test pro všechny varianty ve hloubce 40mm

Graf na obr. 21 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 160 mm, kde je podle grafu na obr. 19 ztelný rozdíl mezi variantami III. a IV. Nejvyššího rozptylu

hodnot dosahuje varianta IV. Výskyt odlehlých hodnot a extrémů byl zjištěn u varianty I. U té samé varianty byl však zjištěn nejvyšší rozptyl hodnot. V tomto grafu je viditelný rozdíl mezi variantami I., II. a III. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka 3) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami I., II. a III. Dále se potvrdil statisticky významný rozdíl mezi variantami III. a IV. Nejvyšší penetrační odpor, přibližně 2,3 MPa, dosahuje varianta I a nejnižší penetrační odpor, přibližně 1,2 MPa, dosahuje varianta III.

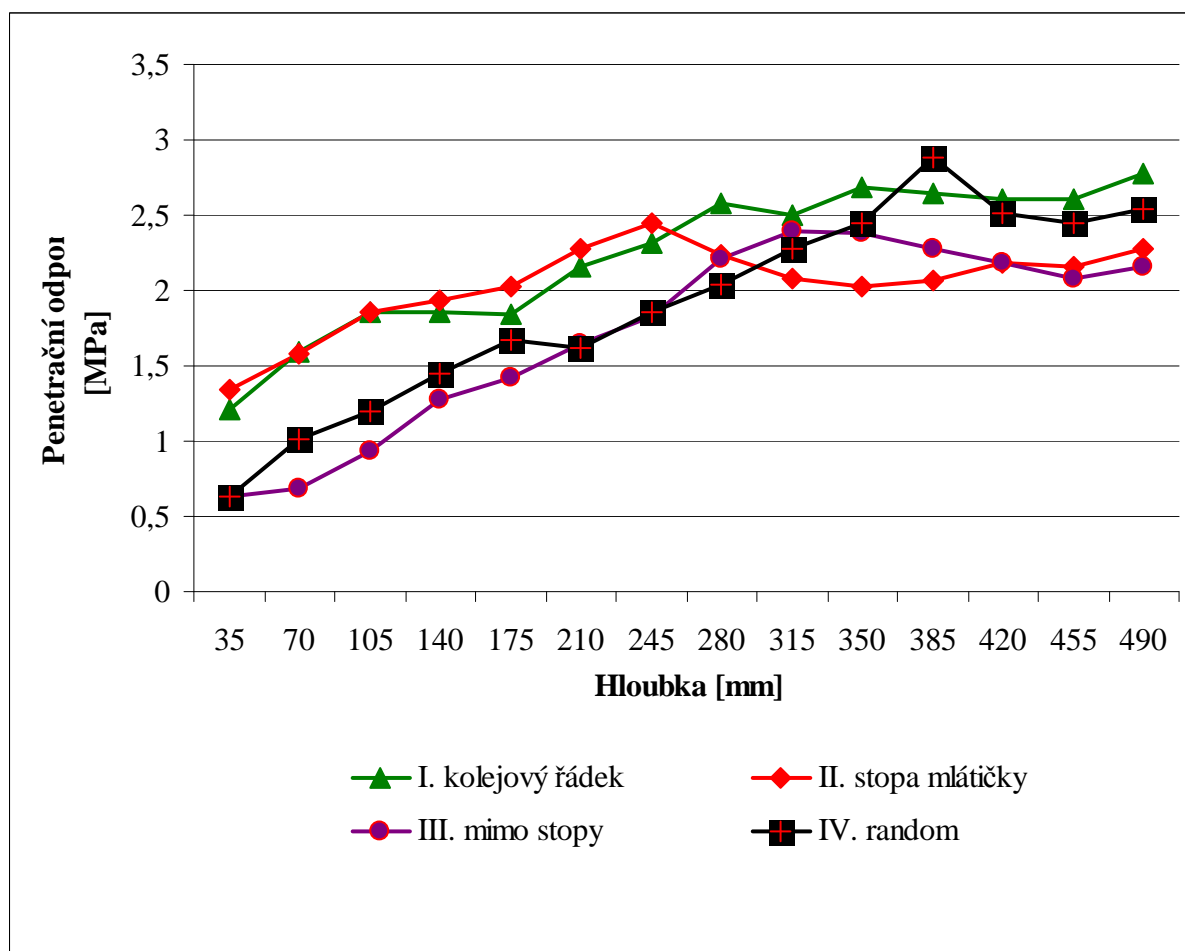
**Obr. 21: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 160mm - 12.4.2011**



**Tab. 3: Tukeyův HSD test pro hodnoty penetračních odporů v hloubce 160mm**

Tukeyův HSD test; proměnná 160 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,18399, sv = 75,000					
Č. buňky	VAR	160 Průměr	1	2	3
3	III.	1,230000		****	
2	II.	1,735000	****		
4	IV.	1,800000	****		
1	I.	2,321053			****

Obr. 22: Penetrační odpor 16.9.2011



V grafu na obr. 22 je znázorněn penetrační odpor v závislosti na hloubce. Toto měření bylo provedené 16.9.2011, tudíž není s předchozím měřením penetrometrem porovnatelné, ale je patrné, že se zvýšilo ztuhnutí v menší hloubce ve stopách sklízecí mlátičky vlivem sklizně. Do hloubky 250 mm je nejmenší ztuhnutí stále ve variantě III. (mimo stopy). V kolejovém řádku se průběh ztuhnutí v tomto termínu měření výrazně neliší. Snížení odporu ve stopách sklízecí mlátičky ve větší hloubce mohla způsobit vlhkost, kterou pravděpodobně zvýšily vydatné srážky v letních měsících v roce 2011. Propad penetračního odporu v hloubce 175 mm je zřejmě způsoben prokypřením před setím.

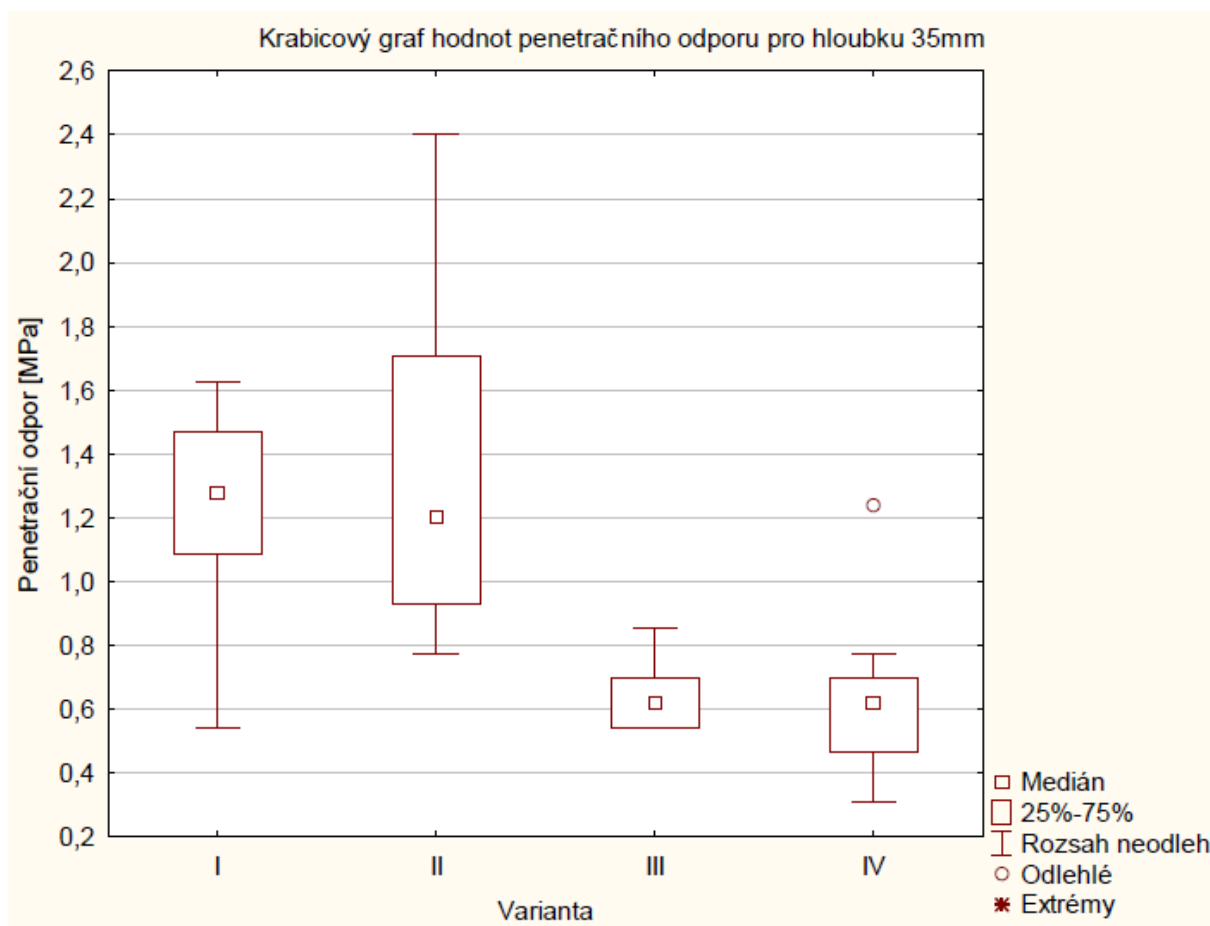
K měření penetračního odporu na podzim byl použit starší penetrometr BUSH, proto jsou jiné hloubky, ve kterých penetrometr zaznamenával odpor vnikání kužele do půdy.

Statistické vyhodnocení zde uvádím pouze do hloubky 210 mm. Ve větších hloubkách se zřejmě promítají vlivy starých zátěží a měření by nemělo vypovídající hodnotu..

Graf na obr. 23 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 35 mm, kde je podle grafu na obr. 22 znatelný rozdíl mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího rozptylu

hodnot dosahuje varianta II. Výskyt odlehlých hodnot a extrémů byl zjištěn u varianty IV. U varianty III. byl zjištěn nejnižší rozptyl hodnot, který ukazuje na dobrou homogenitu ve variantě mimo stopy. Z toho grafu lze předpokládat statisticky významný rozdíl mezi variantami I. a III., I a IV. Rozdíl je také mezi variantami II. a III., II. a IV. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka 4) se předpoklad potvrdil. Nejvyšší penetrační odpor, přibližně 1,3 MPa, dosahuje varianta II. a nejnižší penetrační odpor, přibližně 0,6 MPa, dosahuje varianta III. (mimo stopy)

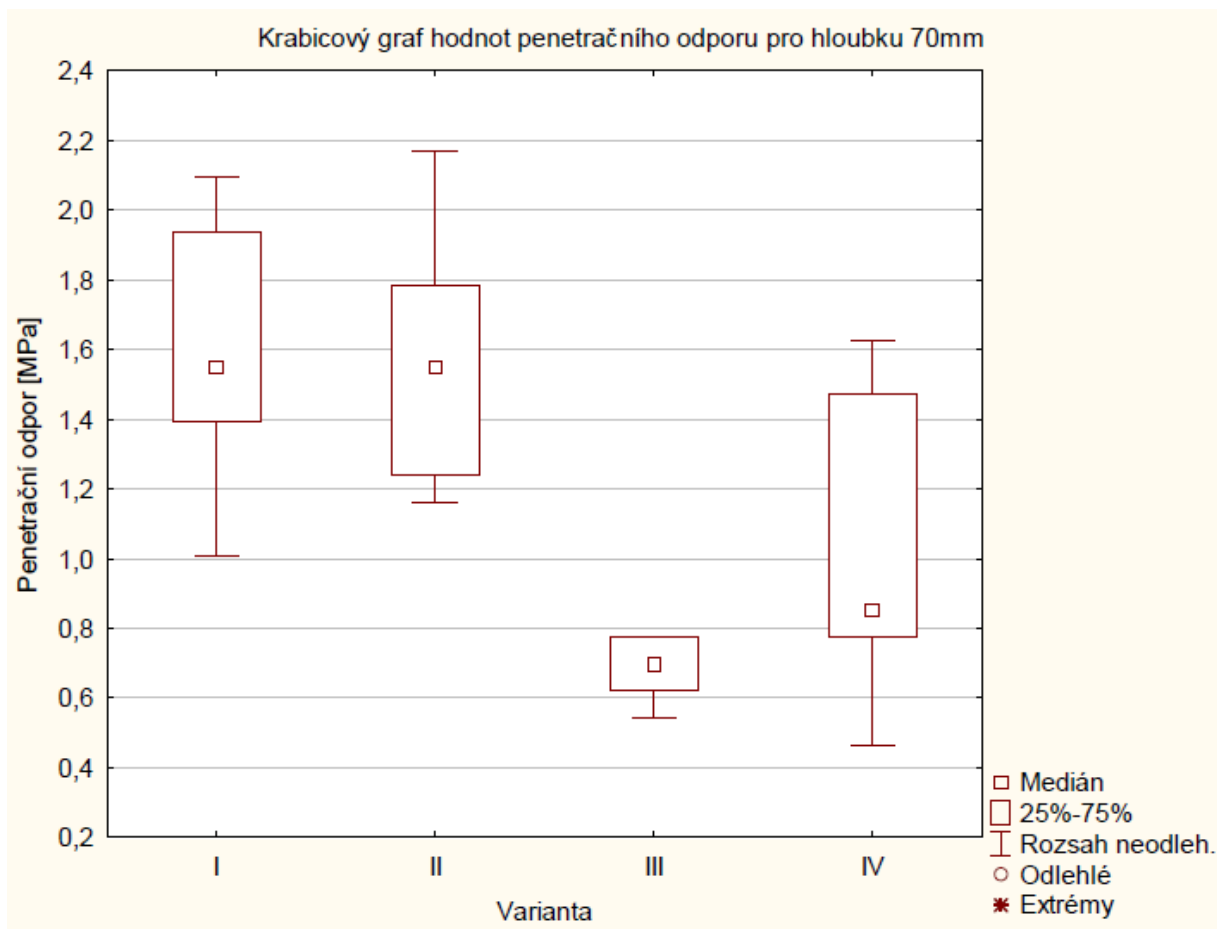
Obr. 23: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 35mm - 16.9.2011



Tab. 4: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 35mm z 16.9.2011

Tukeyův HSD test; proměnná 35 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,11300, sv = 36,000				
Č. buňky	Varianta	35,000000 Průměr	1	2
3	III	0,627750	****	
4	IV	0,635500	****	
1	I	1,209000		****
2	II	1,348500		****

Obr. 24: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 70mm - 16.9.2011



Tab. 5: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 70mm z 16.9.2011

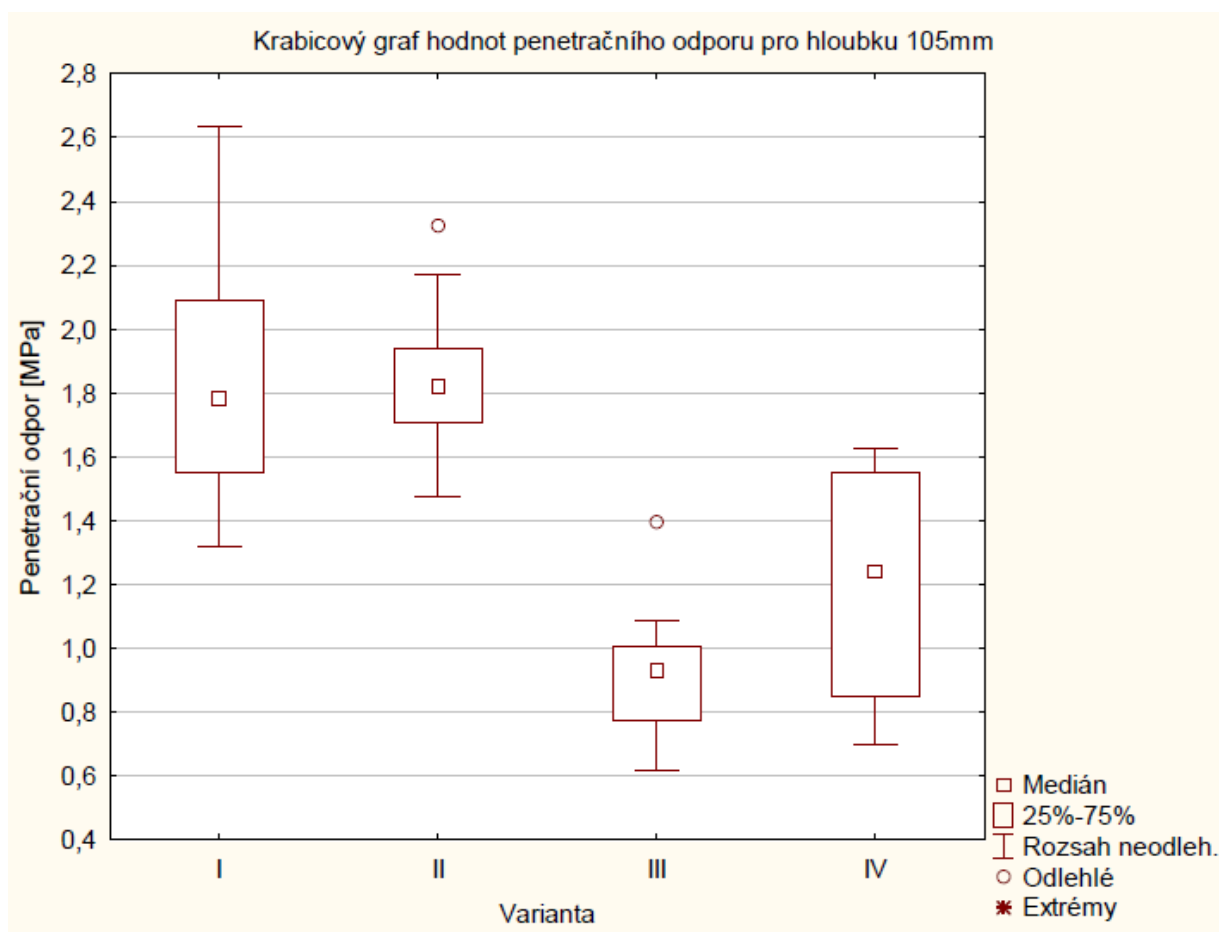
Tukeyův HSD test; proměnná 70 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,10102, sv = 36,000				
Č. buňky	Varianta	70,000000 Průměr	1	2
3	III	0,689750	****	
4	IV	1,007500	****	
2	II	1,573250		****
1	I	1,588750		****

Graf na obr. 24 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 70 mm. Znatelný rozdíl je v této hloubce pouze u varianty III., která se zřejmě statisticky významně liší od ostatních variant. Nejvyššího rozptylu hodnot dosahuje varianta I. a IV. Výskyt odlehlých hodnot a extrémů nebyl v této hloubce zjištěn. U varianty III. byl zjištěn nejnižší rozptyl hodnot. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka č.5) se předpoklad potvrdil. Avšak byl zjištěn i statisticky významný rozdíl mezi

variantami I., IV. a II., IV. Statisticky významný rozdíl u varianty IV. Je pravděpodobně způsoben nízkou hodnotou mediánu. Nejvyššího penetračního odporu přibližně 1,5 MPa dosahuje varianta I. a II. a nejnižšího penetračního odporu přibližně 0,6 MPa dosahuje varianta III.

Graf na obr. 25 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 105 mm. Znatelný rozdíl je v této hloubce mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího rozptylu hodnot dosahuje varianta I. a IV. Výskyt odlehlých hodnot byl v této hloubce zjištěn u variant II. a III. U varianty II. a III. byl zároveň zjištěn nejnižší rozptyl hodnot. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka č. 6) se předpoklad potvrdil a byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího penetračního odporu přibližně 1,8 MPa dosahuje varianta I. a II. a nejnižšího penetračního odporu přibližně 0,9 MPa dosahuje varianta III.

**Obr. 25: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 105mm - 16.9.2011**

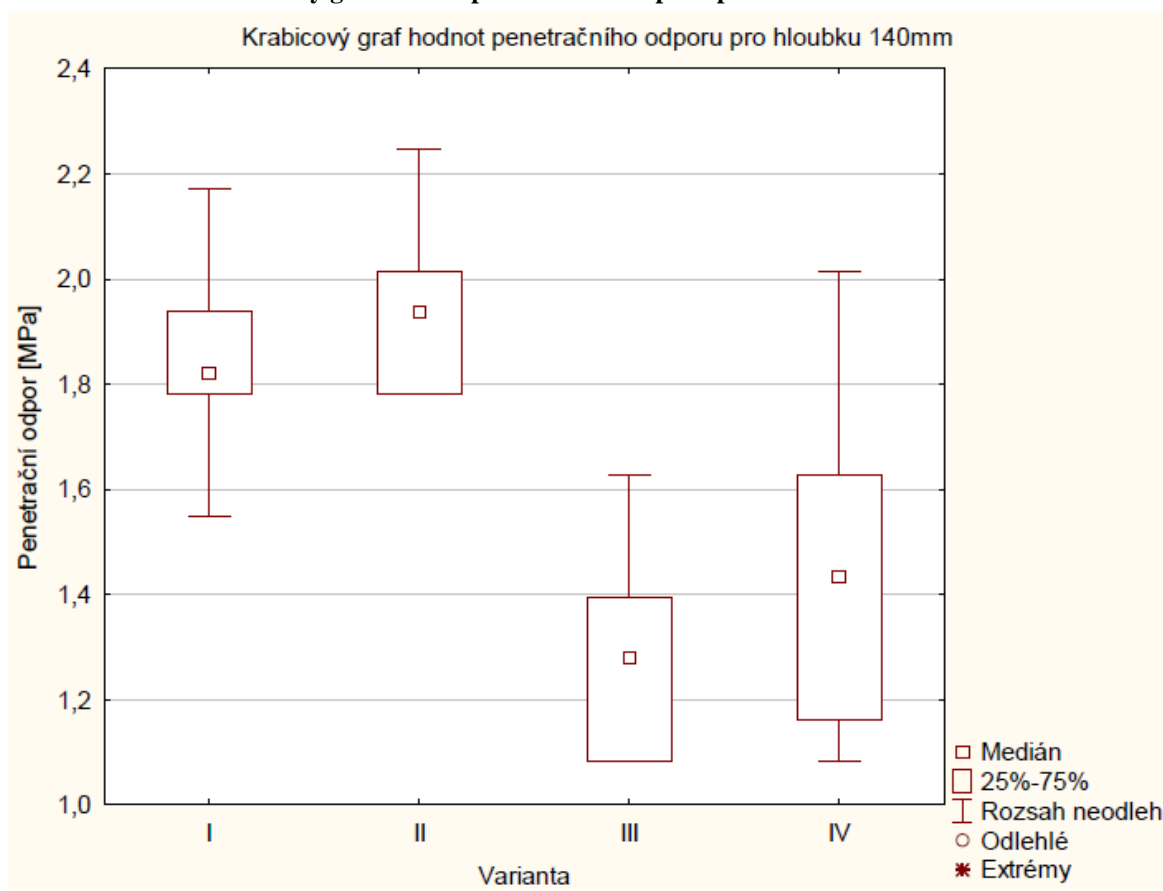


Tab. 6: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 105mm z 16.9.2011

Tukeyův HSD test; proměnná 105 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,09814, sv = 36,000				
Č. buňky	Varianta	105,000000 Průměr	1	2
3	III	0,937750	****	
4	IV	1,193500	****	
2	II	1,852250		****
1	I	1,860000		****

Graf na obr. 26 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 140 mm, kde je podle grafu na obr. 22 znatelný rozdíl mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího rozptylu hodnot dosahuje varianta IV. Výskyt odlehlých hodnot a extrémů nebyl zjištěn u žádné varianty. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka č. 7) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího penetračního odporu přibližně 1,9 MPa dosahuje varianta I a II a nejnižšího penetračního odporu přibližně 1,2 MPa dosahuje varianta III.

Obr. 26: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 140mm - 16.9.2011



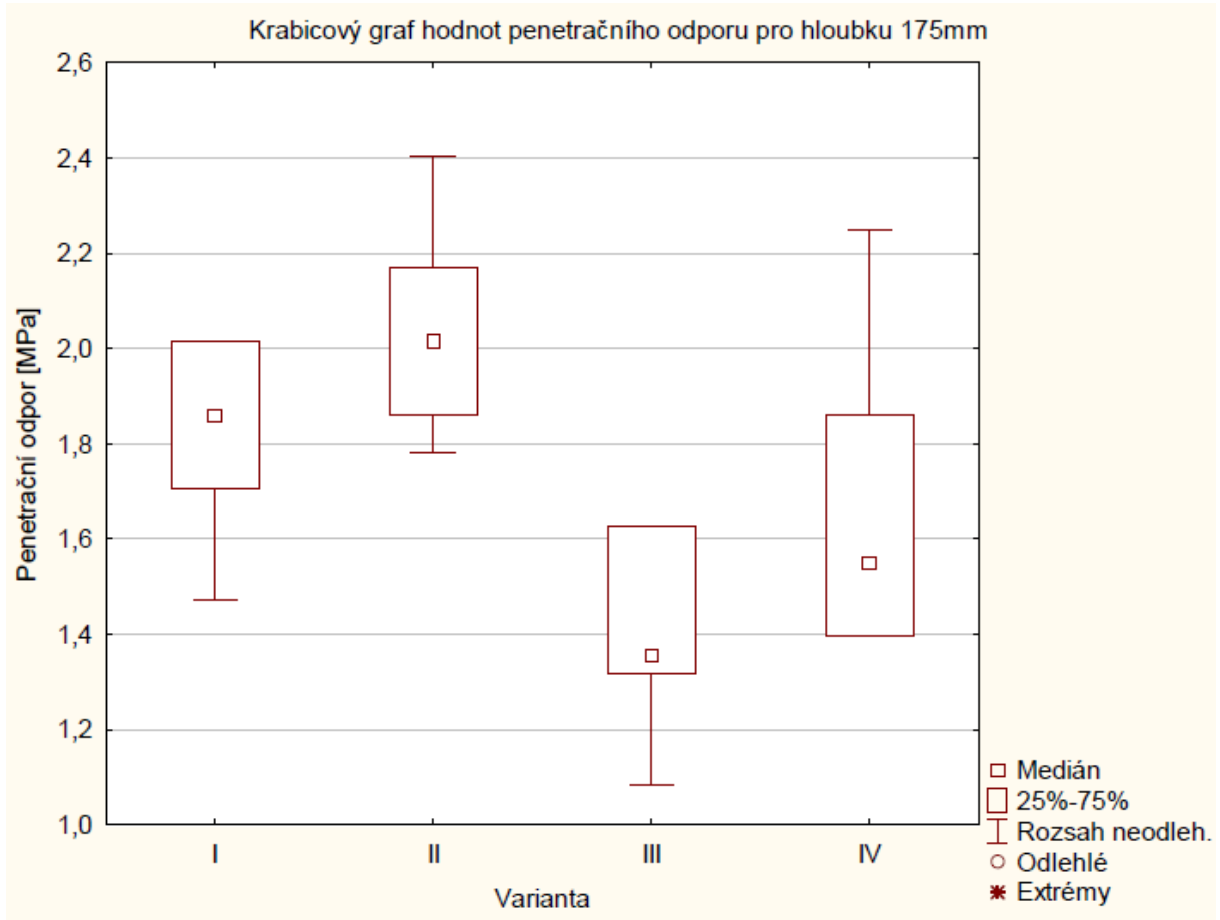


Tab. 7: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 140mm z 16.9.2011

Tukeyův HSD test; proměnná 140 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,04501, sv = 36,000				
Č. buňky	Varianta	140,000000 Průměr	1	2
3	III	1,278750	****	
4	IV	1,441500	****	
1	I	1,852250		****
2	II	1,937500		****

Graf na obr. 27 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 175 mm, kde je podle grafu č. 22 znatelný rozdíl mezi variantami I. a III., II. a III., II. a IV. Nejvyššího rozptylu hodnot dosahuje varianta IV. Výskyt odlehlých hodnot a extrémů nebyl zjištěn u žádné varianty. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka č.8) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami I. a III., mezi II. a III. a mezi variantami II. a IV. Nejvyššího penetračního odporu přibližně 2 MPa dosahuje varianta II. a nejnižšího penetračního odporu přibližně 1,4 MPa dosahuje varianta III.

Obr. 27: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 175mm - 16.9.2011



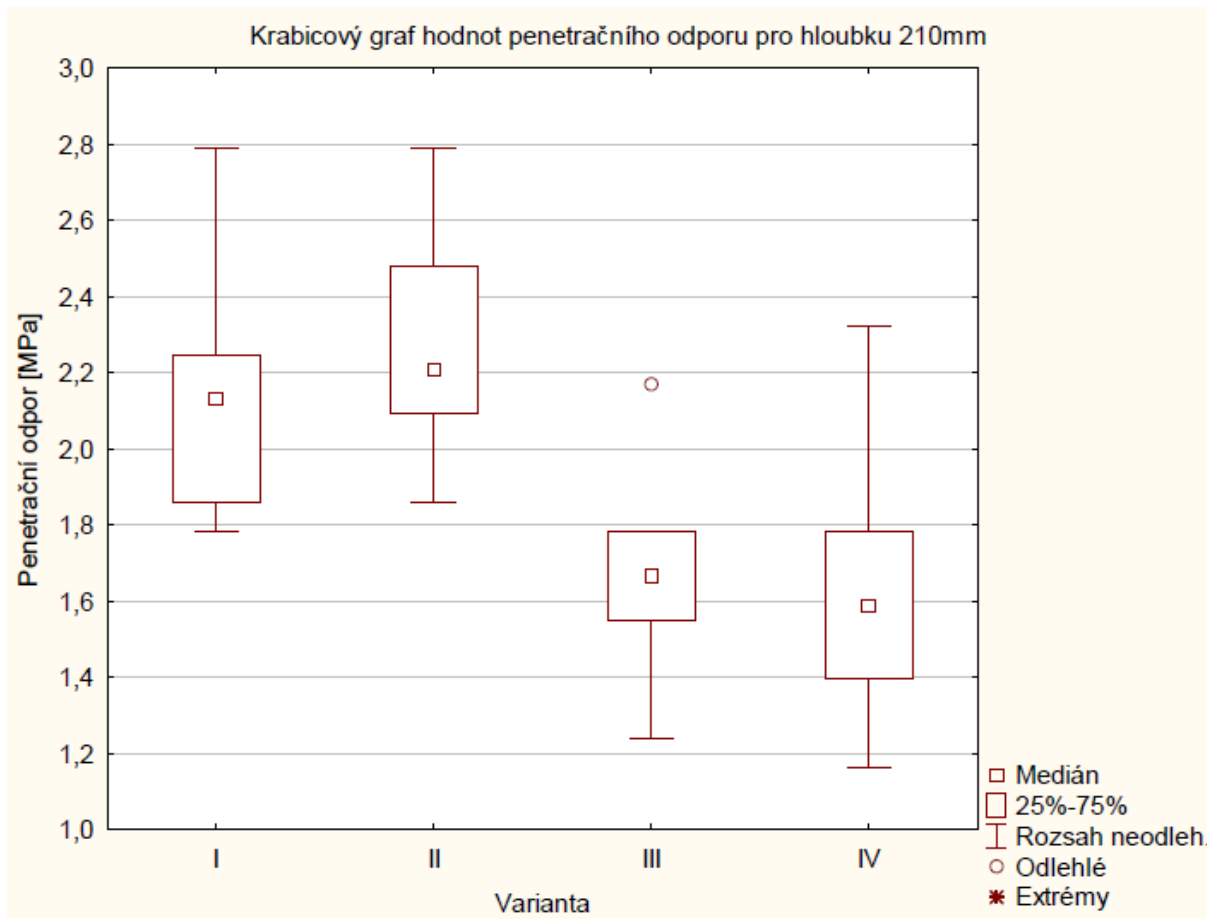
Tab. 8: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 175mm z 16.9.2011

Tukeyův HSD test; proměnná 175 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,04790, sv = 36,000					
Č. buňky	Varianta	175,000000 Průměr	1	2	3
3	III	1,418250	****		
4	IV	1,666250	****	****	
1	I	1,844500		****	****
2	II	2,022750			****

Graf na obr. 228 znázorňuje penetrační odpor všech variant v hloubce 210 mm. Znatelný rozdíl je v této hloubce mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího rozptylu hodnot dosahuje varianta I. a IV. Výskyt odlehlých hodnot byl v této hloubce zjištěn u varianty III. U varianty III. byl zároveň zjištěn nejnižší rozptyl hodnot. Po provedení Tukeyova HSD testu statisticky významných rozdílů (tabulka č. 9) byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami I., II. a III., IV. Nejvyššího penetračního odporu přibližně 2,2 MPa dosahuje

varianta I. a II. a nejnižšího penetračního odporu přibližně 1,6 MPa dosahuje varianta IV. V této hloubce je přechod mezi zpracovanou půdou a podorničím, kde se už mohou vyskytovat vlivy starých zátěží.

**Obr. 28: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 210mm - 16.9.2011**



**Tab. 9: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 210mm z 16.9.2011**

Tukeyův HSD test; proměnná 210 Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,09548, sv = 36,000				
Č. buňky	Varianta	210,000000 Průměr	1	2
4	IV	1,619750	****	
3	III	1,650750	****	
1	I	2,162250		****
2	II	2,278500		****

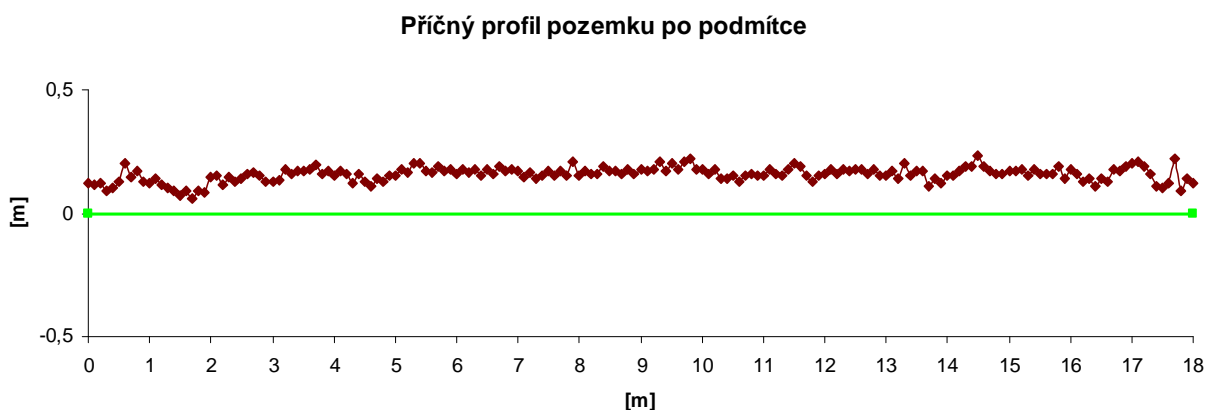
### 5.1.1 Závěr z hodnocení penetračního odporu půdy

Z měření penetračního odporu půdy jsou především vidět znatelné rozdíly mezi variantami mimo stopy a ve stopách. Toto měření ukázalo, že přejezdy strojů po půdě mají vliv na penetrační odpor půdy a měření ukazuje na rozdílnou homogenitu půdy způsobenou přejezdy. Ve variantě III. (tedy mimo stopy) byly téměř pokaždé zjištěny nejnižší hodnoty penetračního odporu a nejmenší rozptyl hodnot, který svědčí o homogenitě půdy. Nejvyšších hodnot penetračního odporu bylo zpravidla naměřeno ve variantě I. Nejvyšší rozptyl hodnot byl téměř pokaždé naměřen ve variantě IV. (random), kde se místo měření vybíralo náhodně. Na krabicových grafech penetračního odporu z měření 12.4.2011 je vidět, že po zimním období nedocházelo k tak velkým rozptylům hodnot jako to bylo v podzimních měsících.

## 5.2 Příčný profil pozemku

V grafu na obr. 29 je znázorněn příčný profil pozemku po podmítce ze dne 16.9.2011. Tento profil byl vyhotoven v délce 18 m. Z grafu je patrná vhodná volba stroje pro mělké kypření a jeho rovnací schopnost při zpracování půdy. Stopa traktoru zde není vůbec patrná. To způsobuje zpracování půdy i ve stopách traktoru. Rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou příčného profilu je 210 mm.

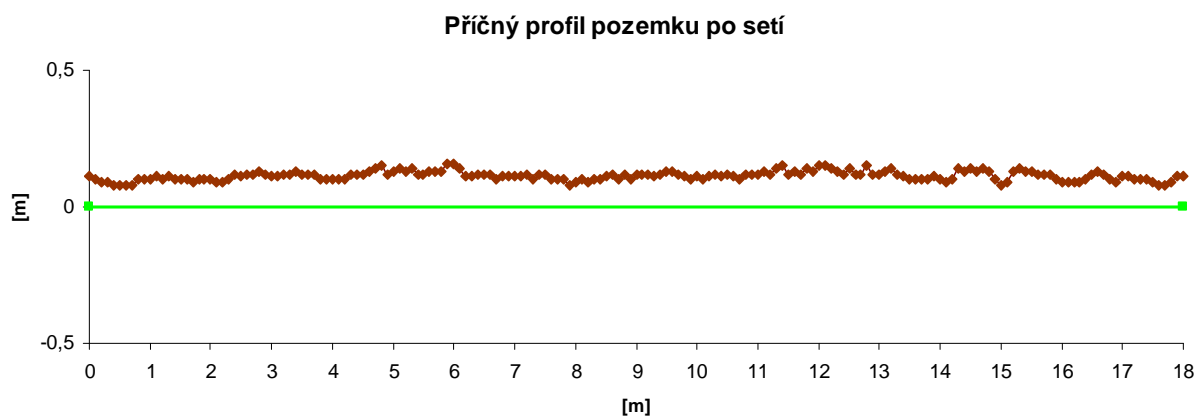
Obr. 29: Příčný profil 16.9.2011 po podmítce



V grafu na obr. 30 je znázorněn příčný profil pozemku po setí v délce 18 m ze dne 24.10.2011. Profilograf znázorňuje schopnost zvoleného secího stroje urovnávat pozemek. Profil byl měřen tak, aby v půlce, tj. 9 m, překrýval kolejové meziřádky. Tyto řádky ještě nejsou patrné, protože nebyla provedena chemická ochrana. Kolejové meziřádky jsou tedy

v rozmezí 7 až 8 m a 10 až 11 m. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou je u tohoto měření 80 mm.

Obr. 30: Příčný profil 24.10.2011 po setí



### 5.2.1 Závěr z měření příčného profilu pozemku

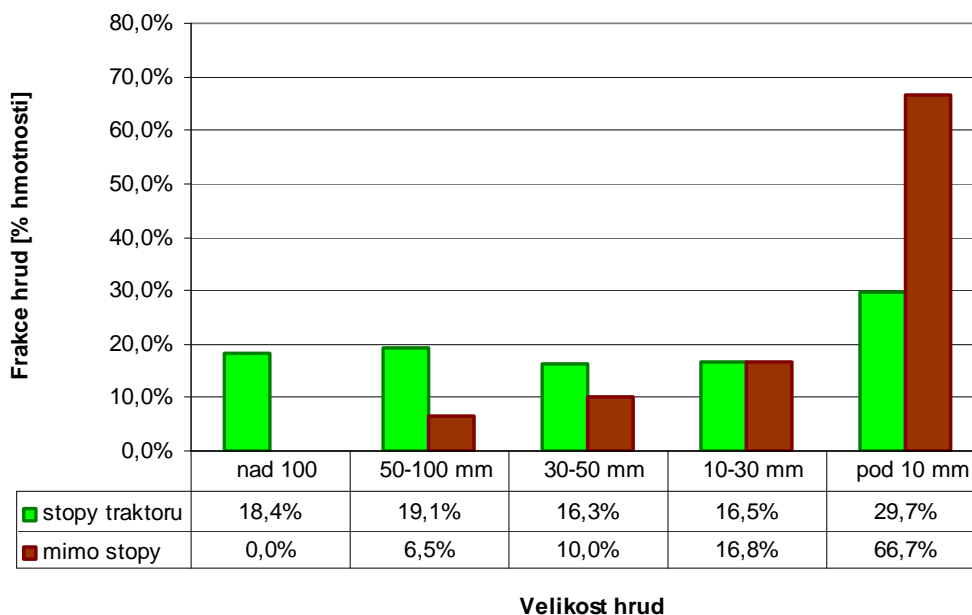
Na pozemku byl vhodně zvolen stroj pro podmínku, kterým bylo dosaženo dostatečné udržení příčného urovnání pozemku. Při setí byl použit secí stroj spojený s nepoháněnými pracovními nástroji na přípravu půdy. Urovnání pozemku bylo dostatečné pro ozimou pšenici. Při pěstování plodin, které dosahují malé výšky porostu (např. sója) by bylo vhodnější použití secího stroje spojeného s poháněnými pracovními nástroji na přípravu půdy, kde dochází k lepšímu urovnání pozemku.

Polní pokus je provozován druhý rok, proto ani nemusí být koleje ještě tak patrné a může být i ovlivněno příčné urovnání pozemku.

## 5.3 Hrudovitost

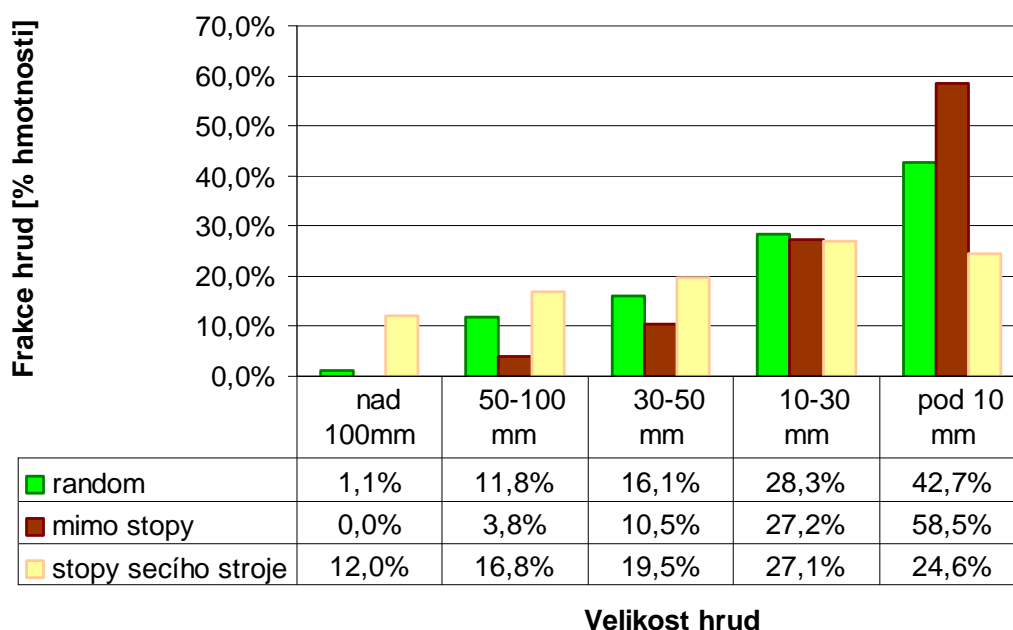
Hrudovitost zpracované půdy se měřila po podmítce a po setí ozimé pšenice v termínech 16.9.2011 a 24.10.2011. Hrudovitost byla měřena metodou síťové analýzy pomocí soupravy sít a polní váhy konstrukce VÚZT. Měření hrudovitosti po kypření se provádělo ve stopách traktoru a mimo stopy traktoru. Šlo tedy o dvě varianty po dvou opakováních.

Obr. 31: Velikost půdních agregátů 16.9.2011



V grafu na obr. 31 jsou vidět průměrné podíly velikostních frakcí hrud ve dvou variantách. Půdní agregáty v těchto variantách jsou jednoznačně od sebe odlišné. Už z tohoto grafu je patrné, že při nižší intenzitě přejezdů po pozemku, je půda kvalitněji zpracována z hlediska velikosti půdních agregátů. Ve stopách traktoru byl velký podíl hrud nad 100 mm. Mimo stopy traktoru se půdní agregáty nad 100 mm vůbec nevyskytovaly. Součástí grafu je tabulka s průměrným relativním zastoupením hmotnostní částic [%].

Obr. 32: Velikost půdních agregátů z 24.10.2011



Při měření velikostí hrud po setí se měřily 3 varianty po 3 opakováních. Už při měření byl vidět značný rozdíl ve variantách mimo stopy a ve stopách secího stroje, kde byla menší hloubka zpracování a velikost půdních agregátů byla znatelně větší. Nejlépe rozdrobená půda s nejmenšími půdními agregáty byla ve variantě III. V grafu na obr. 32 je také velice znatelný rozdíl ve variantě III., kde se po setí už nevyskytovaly půdní agregáty nad 100 mm a velikost půdních agregátů 50 - 100 mm byla snížena téměř na polovinu oproti předchozímu měření. Součástí grafu je tabulka s průměrným relativním zastoupením hmotnostní částic [%].

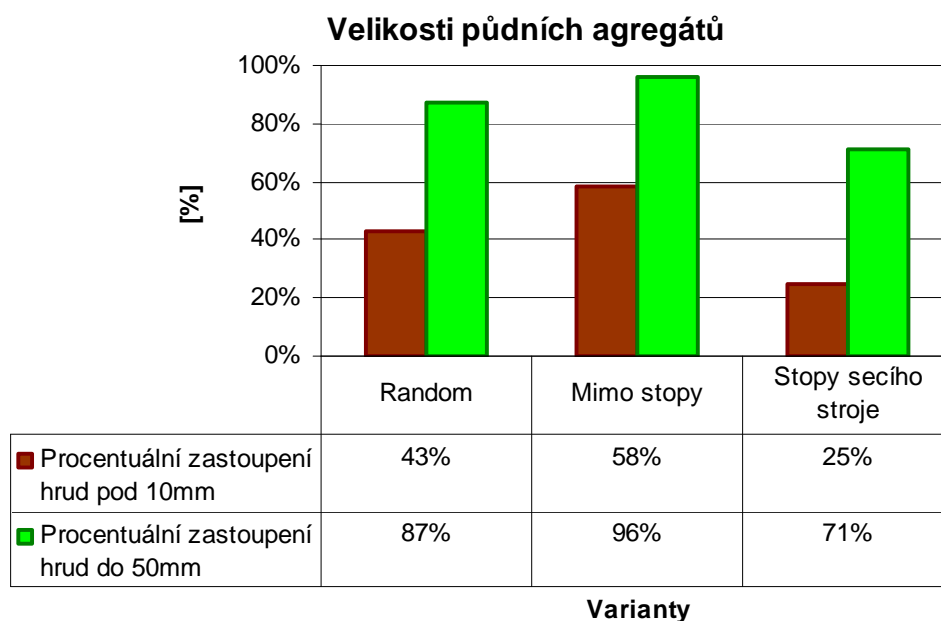
V tabulce č. 10 jsou vypsány požadavky na půdní agregáty při setí jednotlivých plodin. Při porovnání s grafem na obr. 33 by seťové lože, vytvořené zvoleným secím strojem a při aktuální vlhkosti, bylo méně vhodné pro řepku ozimou ve variantě mimo stopy. Ve stopách traktoru je zpracování seťového lože nedostačující pro žádnou z uvedených plodin. Pro brambory a cukrovou řepu není vhodné tyto tabulky porovnávat, protože pro založení porostu je zapotřebí jiných strojů pro zpracování půdy a jedná se o plodiny seté (sázené) na jaře.

**Tab. 10: Požadavky na velikost půdních agregátů v oblasti seťového lože vybraných plodin (Páltík 2003).**

Plodina		Žito Ječmen Oves	Pšenice Kukuřice Hrách Fazole	Řepka Zelenina	Brambory	Cukrová řepa
Velikostní zastoupení půdních agregátů	<50mm	>80%	>75%	>85%*	>90%	>90%
	<10mm	>45%	>40%	>75%	>40%	>50%

\* - velikost půdních agregátů menších než 30mm

Obr. 33: Procentuální zastoupení hrud vybraných frakcí po setí ze dne 24.10.2011



### 5.3.1 Závěr z měření hrudovitosti

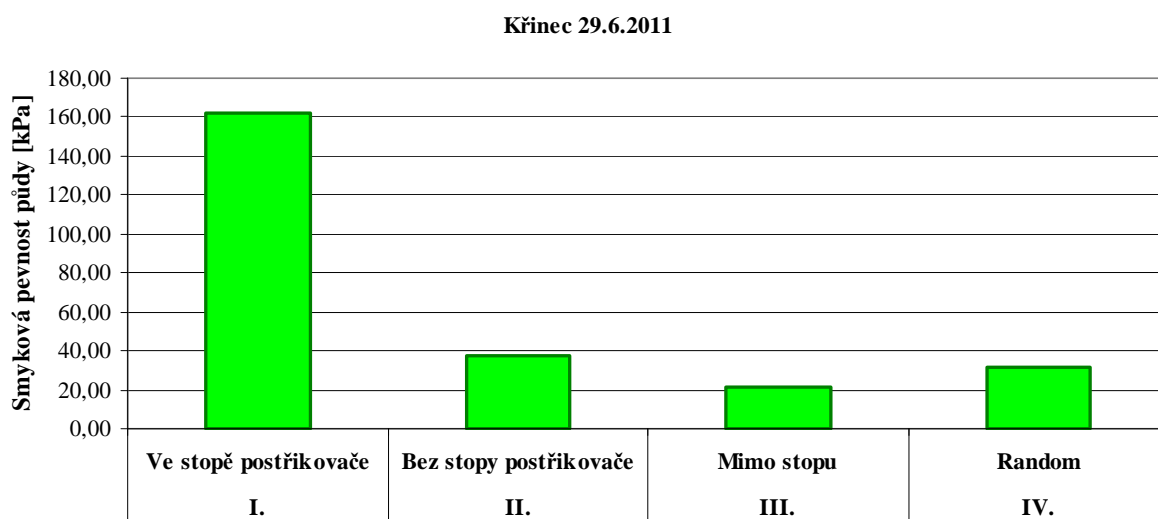
Velikost půdních agregátů je důležitá zejména při vytváření seťového lože. Zjištěná hrudovitost je pro založení porostu ozimé pšenice velmi dostačující a výsledky vypovídají o vhodně zvoleném secím stroji s dostačující předseťovou přípravou. Pro řepku ozimou by však tento stroj byl za stejné vlhkosti nedostačující a musela by být zařazena předseťová příprava půdy do pracovních operací nebo zvolen vhodnější secí stroj. Vhodnějším secím strojem je myšlen secí stroj ve spojení s vířivým kypřičem. Pro ozimou řepku je důležité dodržení velikosti půdních agregátů z hlediska vzcházení a účinnosti herbicidu, který se aplikuje preemergentně. Ve stopách traktoru bylo seťové lože připraveno nedostatečně pro většinu plodin uvedených v tabulce č. 10. Tento nežádoucí jev by se dal omezit vybavením secího stroje radličkami pro kypření stop traktoru.



## 5.4 Smykové napětí

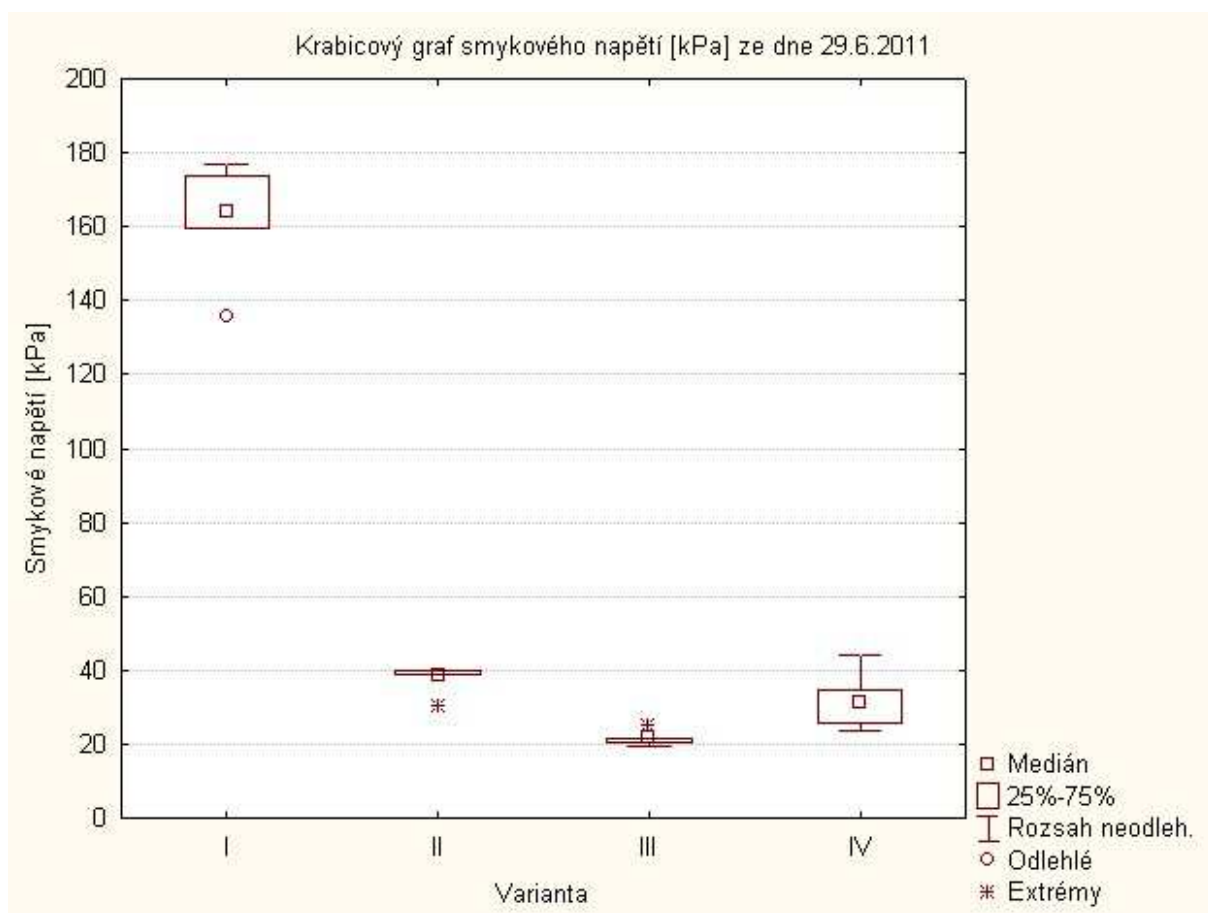
Graf na obr. 34 ukazuje, že nejvyšší smykové napětí je v kolejových meziřádcích. Tento výsledek byl očekáván, protože zde probíhá nejvíce přejezdů. Nejnižší smykové napětí bylo zjištěno ve variantě III., kde se nejedí, tudíž je zde očekávané nejnižší smykové napětí. Měření bylo provedeno v jarním období v době po aplikaci pesticidů a přihnojování. Po této době následovala už jenom sklizeň.

Obr. 34: Smykové napětí - 29.6.2011



V krabicovém grafu na obr. 35 je vyobrazeno měření smykového napětí ze dne 29.6.2011. Statistický významný rozdíl je vidět mezi variantou I. a ostatními variantami, který potvrzuje i Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů (tabulka 11). Nejnižších hodnot dosahuje varianta III. Nejmenšího rozptylu hodnot dosahují varianty II. a III. Extrémy se vyskytují ve variantách II. a III. Odlehlé hodnoty se vyskytují ve variantě I. Ve variantě I. bylo naměřeno nejvyšší smykové napětí, a to 162 kPa a nejnižší smykové napětí 21,5 kPa bylo naměřeno ve variantě III.

Obr. 35: Krabicový graf smykového napětí - 29.6.2011

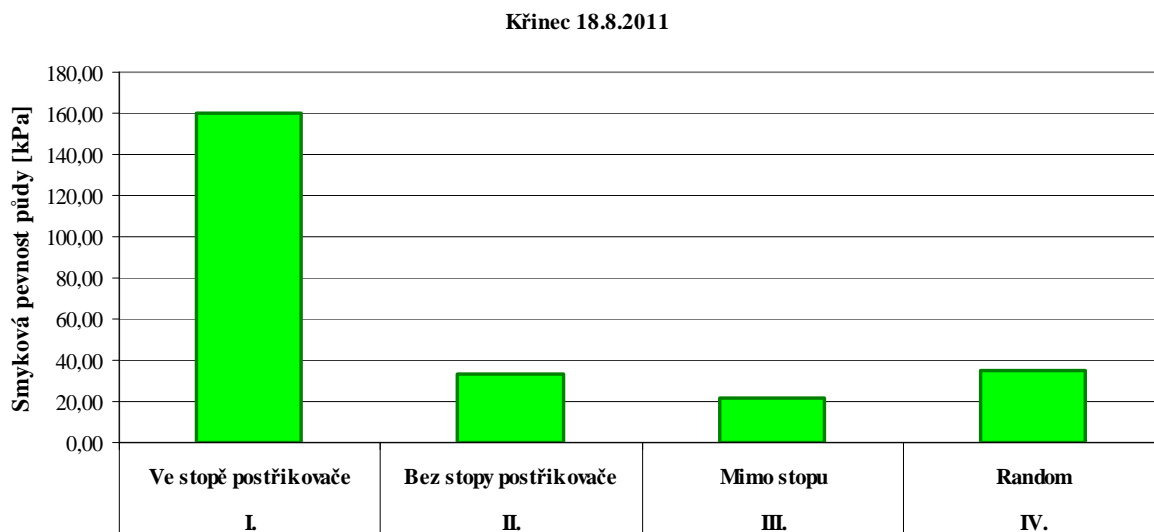


Tab. 11: Tukeyův HSD test smykového napětí 29.6.2011

Tukeyův HSD test, proměnná Smykové napětí [kPa] 29.6.2011				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 87,240, sv = 16,000				
	Varianta	Smykové napětí [kPa] 29.6.2011 Průměr	1	2
Č. buňky				
3	III	21,5800	****	
4	IV	31,9400	****	
2	II	37,5540	****	
1	I	162,0820		****

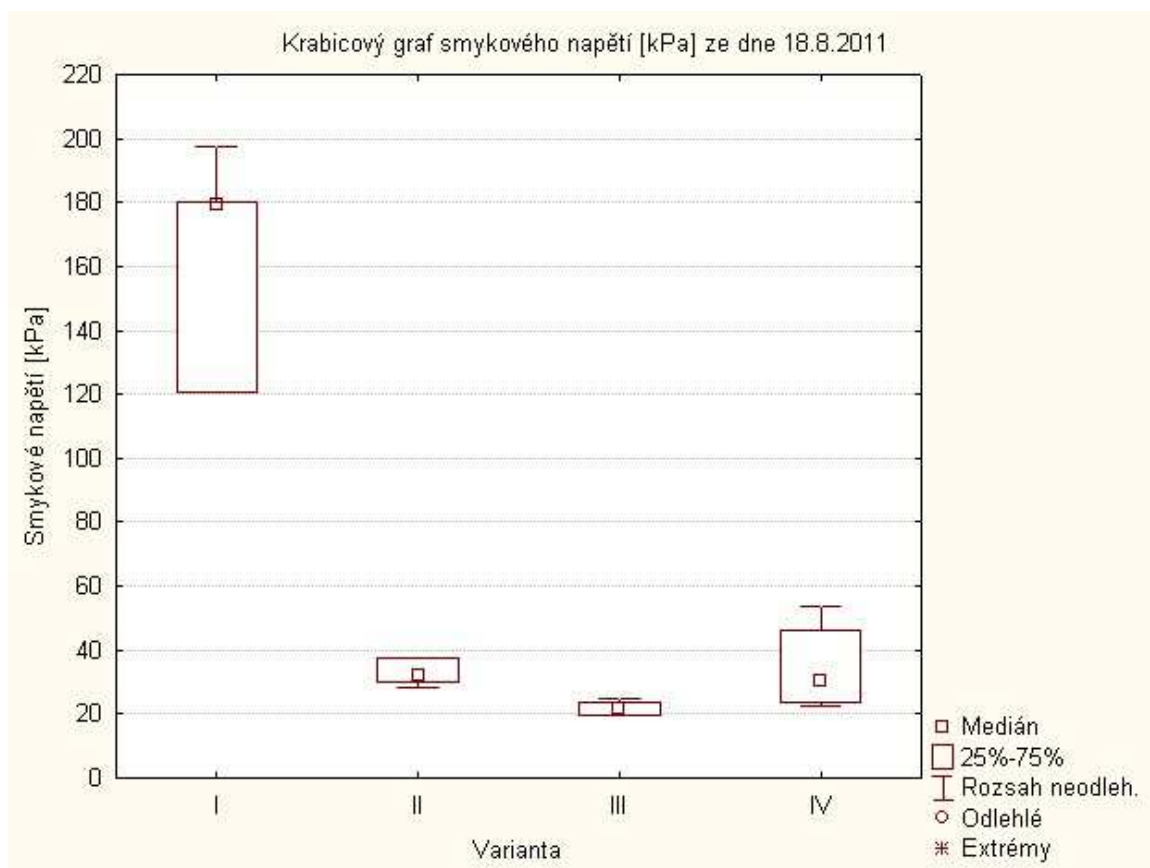
Graf na obr. 36 ze dne 18.8.2011 ukazuje, že nejvyšší smykové napětí bylo opět naměřeno v kolejových meziřádcích. Nejnižší smykové napětí bylo zjištěno ve variantě III., kde se nejedí, tudíž je zde očekávané nejnižší smykové napětí. Měření bylo provedeno po sklizni ozimé pšenice. Oproti jarnímu měření byl očekáván nárůst smykového napětí u varianty I. a II., avšak toto měření to neprokázalo. Důvodem je zřejmě rozdílný rozchod kol sklízecí mlátičky a rozdílná vlhkost.

Obr. 36: Smykové napětí 18.8.2011



V krabicovém grafu na obr. 37 je vyobrazeno měření smykového napětí ze dne 18.8.2011. Statistický významný rozdíl je vidět mezi variantou I. a ostatními variantami, který potvrzuje i Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů (tabulka 12). Nejvyšších hodnot dosahuje varianta I. Nejmenšího rozptylu hodnot dosahuje varianta III. Ve variantě I. bylo naměřeno nejvyšší smykové napětí, a to 159 kPa a nejnižší smykové napětí 22 kPa bylo naměřeno ve variantě III.

Obr. 37: Krabicový graf smykového napětí - 18.8.2011

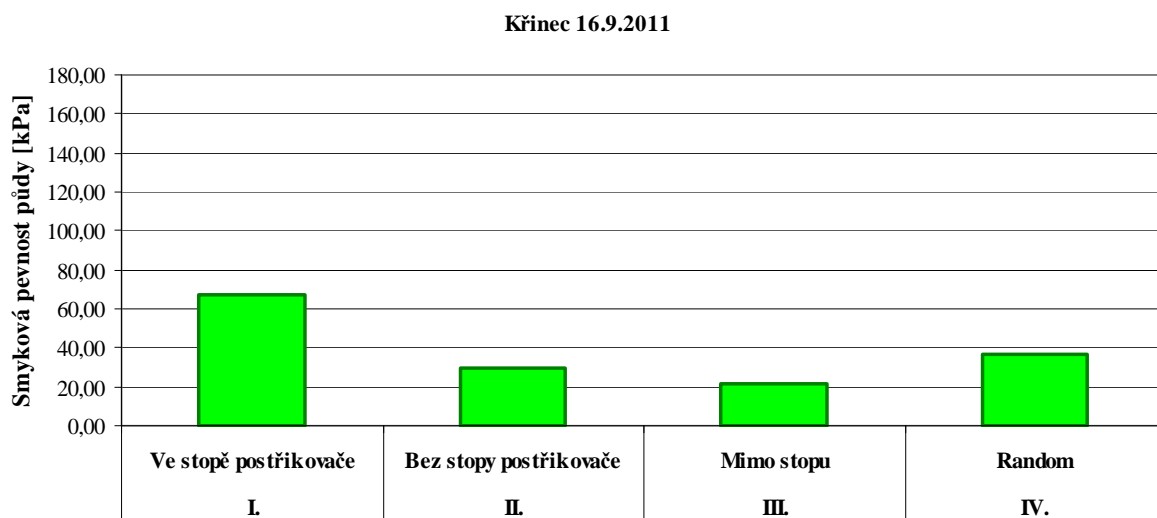


Tab. 12: Tukeyův HSD test smykového napětí 18.8.2011

Tukeyův HSD test; proměnná Smykové napětí [kPa] 18.8.2011				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 383,43, sv = 16,000				
Č. buňky	Varianta	Smykové napětí [kPa] 18.8.2011 Průměr	1	2
3	III	21,7978	****	
2	II	33,2363	****	
4	IV	35,3945	****	
1	I	159,7068		****

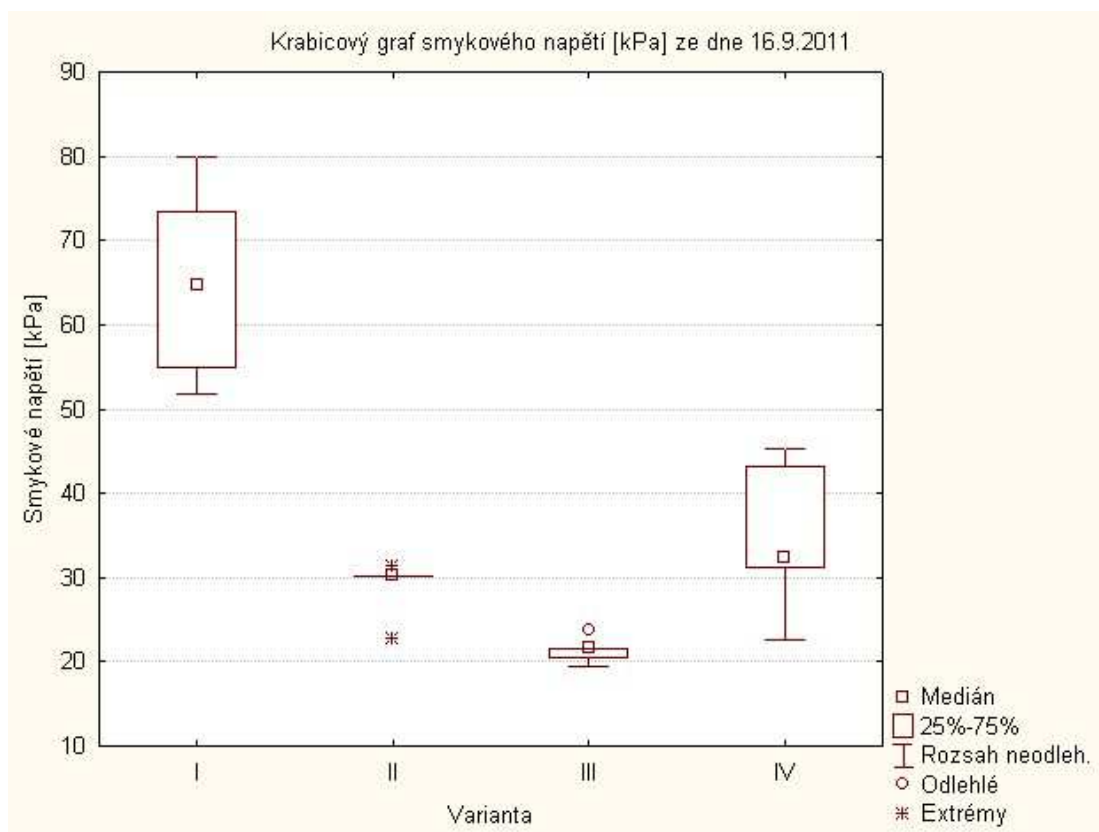
Graf na obr. 38 ukazuje, že nejvyšší smykové napětí bylo naměřeno v kolejových meziřádcích. Nejnižší smykové napětí bylo zjištěno ve variantě III., kde se nejedí, tudíž je zde očekávané nejnižší smykové napětí. Měření bylo provedeno po podmítce po sklizni ozimé pšenice. Zde je vidět značný pokles smykového napětí ve variantě I. Tento pokles byl ovlivněn podmínkou.

**Obr. 38: Smykové napětí 16.9.2011**



V krabicovém grafu na obr. 39 je vyobrazeno měření smykového napětí ze dne 16.9.2011. Statistický významný rozdíl je vidět mezi variantou I. a ostatními variantami, který potvrzuje i Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů (tabulka 13). Nejnižších hodnot dosahuje varianta III. Nejmenšího rozptylu hodnot dosahuje varianta II. Ve variantě II. byly zjištěny extrémní hodnoty a ve variantě III. byly zjištěny odlehlé hodnoty. Ve variantě I. bylo naměřeno nejvyšší smykové napětí, a to 64 kPa a nejnižší smykové napětí 21 kPa bylo naměřeno ve variantě III.

Obr. 39: Krabicový graf smykového napětí - 16.9.2011



Tab. 13: Tukeyův HSD test smykového napětí 16.9.2011

Tukeyův HSD test; proměnná Smykové napětí [kPa] 16.9.2011				
Homogenní skupiny, alfa = ,05000				
Chyba: meziskup. PČ = 60,668, sv = 16,000				
Č. buňky	Varianta	Smykové napětí [kPa] 16.9.2011	1	2
		Průměr		
3	III	21,36618	****	
2	II	28,91988	****	
4	IV	34,96284	****	
1	I	64,96182		****

### 5.4.1 Závěr z měření smykového napětí

Z tohoto měření je patrné, že s přejezdy po pozemku smykové napětí v povrchové vrstvě půdy stoupá. Tento jev potvrzují výsledky ve variantě I. Smykové napětí ovlivňuje především hrudovitost a náročnost na výkon tažných prostředků. Při zpracování půdy v systému CTF by mělo dojít k nižší náročnosti pracovních operací na výkon tažného prostředku, než při zpracování půdy na pozemku, kde tento systém jízd není aplikován. Zároveň by mělo docházet k lepšímu drobení půdy a tím ke kvalitnějšímu zpracování půdy zejména při setí.

## 6 Závěr

Při zpracování půdy v systému řízených přejezdů na polním pokusu v Křinci (Controlled Traffic Farming) nebylo prokázáno zhoršení kvality zpracování půdy. Z hlediska penetračního odporu půdy byly na polním pokusu naměřeny rozdíly mezi variantami s náhodnou organizací jízd a se systémem řízených přejezdů. V systému řízených přejezdů byl vždy naměřen nejmenší penetrační odpor u varianty III. (mimo stopy). Při měření příčného profilu povrchu půdy nebyly naměřeny výrazné nerovnoměrnosti. Tento jev svědčí o vhodné volbě strojů na zpracování půdy. Hrudovitost, která byla zjištěna po setí, byla dostačující pro dobré vzcházení ozimé pšenice ve všech variantách. Měřením smykového napětí byl zjištěn příznivý vliv této metody ve variantě III. (mimo stopy). Při porovnání s variantou IV. bylo naměřeno menší smykové napětí, které má příznivý vliv na energetickou náročnost tažných prostředků a tudíž na celou ekonomickou stránku pěstování polních plodin. V druhé řadě se tento jev může projevit nižší spotřebou pohonných hmot, která má vliv na životní prostředí. Ve variantě I. (kolejové řádky) bylo vždy naměřeno největší smykové napětí a vyšší hodnoty penetračního odporu půdy. Tyto hodnoty mohou mít příznivý vliv a mohou napomoci přenést výkon tažných prostředků na půdu, tím snížit prokluz kol a zvýšit únosnost půdy i při vyšší vlhkosti.

Výsledky této diplomové práce naznačují možnost dobrého uplatnění systému CTF v praxi. Avšak pro využití systému řízených přejezdů po pozemcích je zapotřebí vhodných strojů, které jsou schopné rovnat pozemek při přejezdech ve stále stejných stopách. Jde o stroje, které jsou vhodné v minimalizačních technologiích. U secích strojů je požadavek kladen hlavně na předřazený stroj pro přípravu seťového lože, který musí být schopný prokypřit a dostatečně rozdrobit zeminu na požadované parametry při jednom přejezdu v celé šířce záběru. Zároveň by měl vykazovat i vhodnou schopnost urovnávat pozemek.

Systém má uplatnění za předpokladu využití přesné navigace s korekčním signálem o veliké přesnosti (2 – 5cm). Zvolená navigace musí být schopná uchovat v paměti polohu trajektorií a musí být schopná řídit stroj vždy ve stejných stopách.

Z naměřených hodnot, především smykového napětí vyplývá, že pracovní operace by měly být méně náročné a s využitím přesné navigace by mělo dojít ke zvýšení výkonnosti strojů. To by se mělo projevit především dodržením agrotechnických lhůt, které jsou nezbytné pro kvalitní zemědělskou produkci.

Technologie CTF je méně vhodná pro zamokřené pozemky, kde je riziko uvíznutí stroje a tím by byl systém trvalých stop značně ovlivněn. Nevhodnými pozemky se rozumí i svažité pozemky, kde může dojít k posunu stroje při jízdě po vrstevnici a tím by mohla být ovlivněna šířka stop.

System řízených přejezdů klade značné nároky na profesionalitu lidí a jejich vztah k půdě. Obsluhy strojů musí dodržovat technologickou kázeň. Jde především o sklizeň plodin, kdy je zapotřebí nevyjíždět mimo stopy při vyprazdňování zásobníku sklízecí mlátičky a při odvozu jezdit stále ve stopách. Obsluhy strojů musí být řádně proškoleny pro vhodné využití přesné navigace. Ve vedení pracovníků musí být člověk, který je schopný organizovat tento systém a především musí mít kladný vztah k půdě.



## Seznam použité literatury

1. BOCHTIS, D. D., SORENSEN, C. G., JORGENSEN, R. N., GREEN, O.: Modelling of material handling operations using controlled traffic. *Biosystems engineering*, 2009, 408 s.
2. HŮLA, J., a kol.: Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Praha. VÚZT v.v.i., 2010, 58 s. ISBN 978-80-86884-53-0.
3. HŮLA, J., ABRHAM, Z., BAUER, F.: Zpracování půdy. Praha. Brázda, 1997, 144 s. ISBN 80-209-0265-1
4. HŮLA, J., et al.: Odolnost půdy vůči zhutňování při řízených přejezdech strojů. *Agritech science*, 2011, ISSN 1802-8942.
5. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. a kol.: Minimalizace zpracování půdy. Praha. Profi-Press, 2008, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1
6. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B., KOVAŘÍČEK, P. a kol.: Minimalizační a půdoochranné technologie. Praha VÚZT v.v.i., 2004, 58 s. ISBN 80-86884-01-5
7. CHAMEN W.C.T., ALAKUKKU L., PIRES S., SOMMER C., SPOOR G., TIJINK F., WEISSKOPF P.: Prevention strategie for field traffic-induced subsoil compaction: a review, Part 2. Equipment and field practices. *Soil and Tillage Research*, 2003, 73:161-174
8. CHAMEN W.C.T.: Controlled Traffic Farming – an essential part of reducing in-field variability. GPS autopiloty v zemědělství. ČZU v Praze a Leasing Farmers CZ. Praha., 2009, s.9 - 17. ISBN 978-80-213-1993-6
9. JIRKA. V.: GPS autopiloty v zemědělství už nejsou luxus. GPS autopiloty v zemědělství. ČZU v Praze a Leasing Farmers CZ. Praha, 2009, s. 5-9 ISBN 978-80-213-1993-6
10. KÁBA, B., SVATOŠOVÁ, L.: Statistika. ČZU. Praha, 1998, 150 s. ISBN 978-80-213-0746-9
11. KROULÍK, M., LOCH, T., HŮLA, J.: Nové možnosti ochrany půdy před zhutňováním. *Mechanizace zemědělství*, 2008, no. 8, s. 44 – 46.

12. KROULIK, M., LOCH, T., KVÍZ, Z., PROŠEK, V.: The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies. *Soil and Tillage Research*, 2009
13. KROULÍK, M., MAŠEK, J.: Metody pro hodnocení kvality zpracování půdy. *Mechanizace zemědělství*, 2010, no. 8, 64 s.
14. KVÍZ, Z., KROULÍK, M., MAŠEK, J.: Přínosy navigačních systémů zemědělských strojů ke snížení zátěže obsluhy. Praha CZU TF, 2012
15. LAMOUR A., LOTZ L.A.P.: The importance of tillage depth in relation to seedling emergence in stable seedbeds. *Ecological modelling*, 2007, 201: 536-546
16. LHOTSKÝ, J.: Zhutňování půd a opatření proti němu. Praha: ÚZPI, 2000, 62 p. ISBN 80-7271-067-2.
17. PÁLTIK, J. a kol.: Stroje pre rastlinnú výrobu (obrábanie pôdy, sejba). Nitra, SPU, 2003, 241 s. ISBN 80-8069-200-9
18. RATAJ V. et al.: Skúsenosti so zavedením systému CTF na Slovensku. GPS autopiloty v zemědělství. ČZU v Praze a Leasing Farmers CZ. Praha, 2009, s. 34-39, ISBN 978-80-213-1993-6
19. ROGER-ESTRADE, J., BERTRAND, M., RICHARD, G.: Tillage and soil ecology: partners for a sustainable agriculture, 2009
20. ŠIMEK, J., VANÍČEK, I.: Mechanika zemin I. Praha ČVUT, 1976
21. ŠINDELÁŘ, R.: Kvalita práce strojů v energeticky méně náročných technologiích zpracování půdy. dissertation. Praha, ČZU TF, 2009, 132 s.
22. ŠKODA, V., CHOLENSKÝ, J.: Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. Praha, IVV ministerstva zemědělství ČR, 1993, 62s.
23. TULLBERG J.N.: Controlled traffic for sustainable cropping. *Proceedings 10th Australian Agronomy Conference*, 2001, 217-224
24. TULLBERG, J. N., YULE, D. F., MCGARRY, D.: Controlled traffic farming—From research to adoption in Australia. *Soil & Tillage Research*, 2007, 281 s.
25. TULLBERG, J.: Tillage, traffic and sustainability—A challenge for ISTRO. *Soil & Tillage Research*, 2010, no. 111, p. 26–32.
26. WANG, X., GAO, H.W., LI, H.W.: Runoff and soil erosion from farmland under conservation tillage. *Proceedings of the International Soil Tillage Research Organisation 16th Triennial conference*. Brisbane, 13-18 July 2003, 1347 – 1353

## Internetové zdroje

GAMACHE. P.: Controlled Traffic Farming Alberta, 7.2.2012. Dostupné z WWW:

<http://canola.ab.ca/ctfalberta.aspx>

WHITLOCK. A.: Controlled traffic Farming, 7.2.2012. Dostupné z WWW:

<http://www.precisionagriculture.com.au/contact-us.php>

<http://www.controlledtrafficfarming.com>

<http://www.vuzt.cz/>

## Seznam tabulek

Tab. 1: Zajištění pracovních operací technikou v roce 2011.....	20
Tab. 2: Tukeyův HSD test pro všechny varianty ve hloubce 40mm.....	27
Tab. 3: Tukeyův HSD test pro hodnoty penetračních odporů v hloubce 160mm.....	28
Tab. 4: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 35mm z 16.9.2011..	30
Tab. 5: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 70mm z 16.9.2011...	31
Tab. 6: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 105mm z 16.9.2011.	33
Tab. 7: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 140mm z 16.9.2011	34
Tab. 8: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 175mm z 16.9.2011	35
Tab. 9: Tukeyův HSD test statisticky významných rozdílů pro hloubku 210mm z 16.9.2011	36
Tab. 10: Požadavky na velikost půdních agregátů v oblasti seťového lože vybraných plodin (Pulník 2003).....	40
Tab. 11: Tukeyův HSD test smykového napětí 29.6.2011.....	43
Tab. 12: Tukeyův HSD test smykového napětí 18.8.2011.....	45
Tab. 13: Tukeyův HSD test smykového napětí 16.9.2011.....	47

## Seznam obrázků

Obr. 1: Příklad trajektorií jízd po části pozemku v současnosti: ozimá pšenice, konvenční zpracování půdy s orbou – pracovní operace: podmínka, hnojení, předseťová příprava půdy a setí, ochrana rostlin, sklizeň, odvoz zrna, lisování slámy a odvoz balíků (Kroulík et al. 2009)	5
Obr. 2: Ovlivnění rostlin zhutněním půdy. Dostupné z <a href="http://vro.dpi.vic.gov.au">http://vro.dpi.vic.gov.au</a> .....	7
Obr. 3: Viditelné ovlivnění porostu ve stopách secího stroje na polním pokusu v Křinci.....	8
Obr. 4: Systém jízd OutTrac. Dostupné z <a href="http://www.farmworks.ie">www.farmworks.ie</a> .....	10
Obr. 5: Systém přejezdů AdTrac. Dostupné z <a href="http://www.farmworks.ie">www.farmworks.ie</a> .....	10
Obr. 6: Rozšíření traktoru na jednotnou šířku v systému CTF. Dostupné z <a href="http://salesmanual.deere.com">http://salesmanual.deere.com</a> .....	12
Obr. 7: Součásti rozšíření traktoru pro systém CTF. Dostupné z <a href="http://salesmanual.deere.com">http://salesmanual.deere.com</a> .....	12
Obr. 8: Princip měření příčného profilu .....	14
Obr. 9: Mechanický profilograf (Šindelář 2009).....	14
Obr. 10: Laserový profilograf (Šindelář 2009).....	15
Obr. 11: Síta pro stanovení velikostních frakcí hrud.....	16
Obr. 12: Ruční penetrometr - sada. Dostupné z <a href="http://www.ekotechnika.cz">www.ekotechnika.cz</a> .....	17
Obr. 13: Kapesní vrtulkový přístroj. Dostupné z <a href="http://www.ekotechnika.cz">www.ekotechnika.cz</a> .....	18
Obr. 14: Stanoviště poloprovozního polního pokusu. Dostupné z <a href="http://www.seznam.cz">www.seznam.cz</a> .....	19
Obr. 15: Uspořádání jízdnic stop (Hůla, Gutu a kol. 2011).....	21
Obr. 16: Měření příčného profilu po podmítce 16.9.2011.....	23
Obr. 17: Měření hrudovitosti po podmítce (16.9.2011) .....	24
Obr. 18: Penetrační odpor - 12.4.2011 .....	25
Obr. 19: Penetrační odpor do hloubky 320mm .....	26
Obr. 20: Krabicový graf penetračního odporu v hloubce 40mm.....	27
Obr. 21: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 160mm - 12.4.2011 .....	28
Obr. 22: Penetrační odpor 16.9.2011 .....	29
Obr. 23: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 35mm - 16.9.2011 .....	30
Obr. 24: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 70mm - 16.9.2011 .....	31
Obr. 25: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 105mm - 16.9.2011 .....	32
Obr. 26: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 140mm - 16.9.2011 .....	33
Obr. 27: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 175mm - 16.9.2011 .....	35
Obr. 28: Krabicový graf hodnot penetračního odporu pro hloubku 210mm - 16.9.2011 .....	36

Obr. 29: Příčný profil 16.9.2011 po podmítce.....	37
Obr. 30: Příčný profil 24.10.2011 po setí.....	38
Obr. 31: Velikost půdních agregátů 16.9.2011.....	39
Obr. 32: Velikost půdních agregátů z 24.10.2011.....	39
Obr. 33: Procentuální zastoupení hrud vybraných frakcí po setí ze dne 24.10.2011.....	41
Obr. 34: Smykové napětí - 29.6.2011.....	42
Obr. 35: Krabicový graf smykového napětí - 29.6.2011.....	43
Obr. 36: Smykové napětí 18.8.2011.....	44
Obr. 37: Krabicový graf smykového napětí - 18.8.2011.....	45
Obr. 38: Smykové napětí 16.9.2011.....	46
Obr. 39: Krabicový graf smykového napětí - 16.9.2011.....	47