**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

# Modifikace pěstebních postupů za účelem snížení energetických a materiálových vstupů

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Autor práce: Bc. František Tošovský

**© 2022 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. František Tošovský

Zemědělské inženýrství
Zemědělská technika

Název práce

**Modifikace pěstebních postupů za účelem snížení energetických a materiálových vstupů**

Název anglicky

**Modification of cultivation practices in order to reduce energy and material inputs**

---

**Cíle práce**

Hypotéza: ”Vyčlenění vybraných částí pozemků z intenzivního způsobu obhospodařování přinese zajímavou ekonomickou alternativu k tradičnímu pojetí hospodaření na půdním bloku”.

Na základě vstupních údajů o pozemcích, získaných z provozních ukazatelů strojů a výnosových dat, přehodnotit management obhospodařování pozemků a připravit optimalizační postupy pro efektivní hospodaření.

**Metodika**

Práce bude hodnotit možnosti vyčlenění částí pozemků z intenzivního způsobu hospodaření, vybraných na základě předchozích ekonomických ukazatelů a provozních údajů hospodaření. Uvedené plochy se nicméně stanou součástí inovovaného managementu řízení vstupů a podpoří snahu o snížení zátěže pozemků.

Zpracování literární rešerše zaměřené na zpracování půdy, intenzitu přejezdů po pozemcích, variabilních zásahů a agro-environmentálních opatření.

Sběr a hodnocení dat z monitoringu souprav a výnosoměrů sklízecích mlátiček a vyhodnocení úrovně energetické a materiálové zátěže jednotlivých částí pozemků a jejich výnosových potenciálů pozemků.

Příprava a návrhy modelových situací pro dělení pozemků a změny managementu využití půdního bloku.

Ekonomické zhodnocení vybraných technologií.

Diskuse výsledků a závěr.

**Doporučený rozsah práce**

55 až 65 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

**Klíčová slova**

Půdní blok; zpracování půdy; utužení půdy; GPS navigace; biopásy, souvratě; greening

---

**Doporučené zdroje informací**


BRANT, V. – HAMOUZ, P. – KROULÍK, M. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. –ŠMÖGER, J. – TYŠER, L. – ZÁBRANSKÝ, P. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Praha: Agrární komora České republiky, 2019, 164s. ISBN 978-80-88351-03-0.

BRANT, V. – KROULÍK, M. – KRČEK, V. –KRÁSA, J. –KAPIČKA, J. – HAMOUZ, P. –LUKÁŠ, J. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. –ŠKEŘÍK, J. –JOB, Z. –LANG, J. –LANG, J. –PETRUS, D. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020, 284s. ISBN 978-80-87111-81-9.

BRANT, V. – KROULÍK, M. – ŠMÖGER, J. –ŠKEŘÍKOVÁ, M. – ZÁBRANSKÝ, P. – JURSÍK, M. –PROKINOVÁ, E. – FUKSA, P. – HAKL, J. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Praha: Agrární komora České republiky, 2020, 236s. ISBN 978-80-88351-13-9.

HEEGE, H J. Precision in crop farming : site specific concepts and sensing methods: applications and results. Dordrecht: Springer, 2013. ISBN 978-94-007-6759-1.

KROULÍK, M. – BRANT, V. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. 2019, Praha: Agrární komora České republiky, 56 s. ISBN: 978-80-88351-04-7.

ZHANG, Q. Precision agriculture technology for crop farming. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482251081.


---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/2022 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra zemědělských strojů

**Konzultant**

Doc., Ing, Václav Brant, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 1. 2. 2021

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2022

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Modifikace pěstebních postupů za účelem snížení energetických a materiálových vstupů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2022 _____

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Milanovi Kroulíkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, trpělivost, odborné vedení, pomoc a čas, který mi poskytl při zpracování této diplomové práce. Děkuji také zemědělskému podniku AGRA Řisuty s.r.o. za poskytnutí provozních dat, a své rodině za projevenou podporu a poskytnuté zázemí.

**Abstrakt:** Diplomová práce je v první části zaměřená na stroje a postupy při zpracování půdy. Dále je popisována velikost a tvar půdních bloků, jejich současné využití a postupy pro zvýšení jejich efektivity. První část diplomové práce končí kapitolami o přejezdech na půdním bloku, po které následuje kapitola o variabilitě půdního bloku. Druhá část diplomové práce je zaměřena na výzkum, v kterém jsou posuzována data získaná ze strojů pracujících na pozemcích zemědělského podniku. Posuzované pozemky jsou rozděleny do tří výnosových pásem, kdy první pásmo zastupuje souvrať, druhé pásmo místo s intenzivními přejezdy a třetí pásmo produkční plochu bez intenzivních přejezdů. Tyto pásma jsou posuzována z hlediska výnosu. Diplomová práce je zakončena ekonomickým zhodnocením vybraných pásem, jejich rentabilitou a modelovým návrhem pozemku.

**Klíčová slova:** půdní blok; zpracování půdy; utužení půdy; GPS navigace; biopásy; souvratě; greening

## Modification of cultivation practices in order to reduce energy and material inputs

**Summary:** The first part of the Diploma thesis is focused on implementation of machines and practices for tillage. The size and shape of soil blocks are also described with emphasis on their current use and procedures leading the increase of effectivity. The last chapters of the first part deal with the crossings on the soil block and soil variability. The second part of the Diploma thesis discusses the research itself which assesses the data obtained from machinery working on the holding's land. The plots are divided into three yield zones, where the first zone represents the headland, the second zone places of intensive crossings and the third zone the production area without intensive crossings. These bands are assessed in terms of yield. The Diploma thesis ends with an economic evaluation of selected bands, their profitability and model land design.

**Keywords:** soil block; tillage; soil compaction; GPS navigation; biobelts; headland; greening

# Obsah

**1. Úvod ..... 1**

**2. Cíl práce ..... 2**

**3. Teoretická východiska ..... 3**

3.1 Zpracování půdy ..... 3

3.1.1 Podmítka ..... 3

3.1.2 Konvenční zpracování půdy ..... 5

3.1.2.1 Orba ..... 5

3.1.2.2 Předseťová příprava ..... 7

3.1.3 Minimalizační technologie ..... 8

3.1.3.1 Stroje využívané při minimalizačních technologiích ..... 8

3.2 Velikost půdního bloku ..... 15

3.3 Tvar půdního bloku ..... 17

3.4 Přejezdy po pozemku ..... 24

3.5 Variabilita půdního bloku ..... 29

3.5.1 Specifikace variability ..... 29

3.5.2 Makrovariabilita ..... 30

3.5.3 Mezovariabilita ..... 32

3.5.4 Mikrovariabilita ..... 32

**4. Metodika ..... 34**

**5. Sběr dat a monitoring strojů ..... 38**

**6. Výsledky a diskuse ..... 40**

6.1 Sklizňová data ..... 41

6.2 Výnosové ukazatele ..... 43

6.3 Režim práce sklizecí mlátičky ..... 44

6.4 Úvaha nad využitím souvratí ..... 63

**7. Závěr ..... 66**

**8. Seznam použitých zdrojů ..... 67**

**9. Seznam obrázků ..... 75**

**10. Seznam tabulek…. ..... 78**

# 1. Úvod

V současné době je vyvíjen veliký tlak na zemědělce, jak z hlediska zvýšení ekologizace zemědělství, tak ze strany laické veřejnosti z důvodu snížení dopadů působení na krajinu. Zemědělci se potýkají s rostoucími náklady na jejich činnost. Zvyšuje se cena hnojiv, přípravků na ochranu rostlin, pohonných hmot a zemědělské techniky. Dochází k růstu mezd zaměstnanců.

Rovněž i dostupnost nových technologií a systémů, převážně z oblasti precizního zemědělství, dávají možnost jiného náhledu na obhospodařované pozemky a přístupu k nim. Díky těmto novým technologiím můžeme pracovat s jednotlivými úseky pozemku a určit jejich variabilitu a dále s ní pracovat.

Zemědělci se rovněž potýkají s častými extrémy počasí; suchem nebo dešťovými přeháňkami. Tento aspekt má za následek možná rizika spojená s vodní a větrnou erozí, která jsou v současné době hlavní příčinou ztráty organické hmoty a degradace půd.

Tato diplomová práce může být vodítkem zemědělcům, ale i laické veřejnosti ke změně náhledu na obhospodařované pozemky a do určité míry i proměnu myšlení a strategie obhospodařování těchto pozemků. Rovněž může napomoci změnit biodiverzitu, charakter, pestrost a ráz krajiny směrem k lepšímu ekologickému a estetickému dojmu v souladu s životním prostředím.

# 2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je přehodnotit management obhospodařování pozemků u vybraných pozemků rozdělených na pásma, dle intenzity přejezdů souvratě zatížené intenzivními přejezdy se zbylou částí pole.

Pásma jsou hodnocena dle dosaženého výnosu sklízené plodiny a ekonomické rentability daného pásma.

# 3. Teoretická východiska

## 3.1 Zpracování půdy

Zpracování půdy můžeme definovat jako úpravu části půdního profilu do stavu, ve kterém jsou splněny podmínky pro pěstování rostlin. Pracovní operace spadající do zpracování půdy jsou prováděny v době od sklizně předplodiny do doby vzcházení další pěstované plodiny. Kromě termínu zpracování půdy se můžeme setkat i s termínem kultivace, avšak pojem kultivace má širší význam. Pod pojem kultivace lze zařadit další pracovní úkony, mezi které patří kultivační operace během vegetace, agromeliorační a půdoochranné technologie (Křen et al., 2015). Novák et Mašek (2018) uvádí, že zpracování půdy je mechanický zákrok do půdního prostředí nebo také promíchání půdy s cílem vytvoření kvalitních podmínek pro růst i výživu rostlin. Rozrušuje agregáty, pevnost, půdní složení a mění distribuci, strukturu a velikost pórů. Tímto vytváří potřebné prostředí pro pohyb vody a vzduchu. Půdu ohrožuje i řada rizik, mezi hlavní patři: zhutňování půdy, omezení biologické aktivity půdy, eroze a úbytek organické hmoty (Hůla, 2010). Během zpracování půdy dochází k modifikaci půdních podmínek. Jedná se hlavně o přírodní vlivy vzduchu, vláhy a půdy. Během zpracování půdy dochází také k likvidaci plevelů. Tento proces je velice žádaný, avšak musí být proveden velice pečlivě, aby byl dostatečně účinný. Zpracování půdy se v jednotlivých výrobních oblastech liší, záleží především na půdních a klimatických podmínkách a následné pěstované plodině (Špička et al., 1961). Metody zpracování půdy se odvíjejí od půdního prostředí. Stupeň změn se odvíjí od úrovně redukce intenzity a hloubky zpracování půdy. Dalšími důležitými faktory, které ovlivňují tento stupeň, je doba po kterou technologie trvá a množství rostlinných zbytků, kterou jsou na povrchu, a nebo v horní části půdního horizontu. Dochází ke změnám půdního prostření, které jsou taktéž rozdílné, díky působení různých technologií zpracování půdy ve spojitosti s klimatickými a půdními podmínkami (Smutný, 2015).

### 3.1.1 Podmítka

Pojem podmítka můžeme definovat jako pracovní operace, která se uskuteční v co nejkratším čase po sklizni předplodiny. Podmítkou rozumíme prokypření svrchní části půdy. Provádí se do hloubky 80-150 mm. Jejím účelem je likvidace plevelů a jejich semen a zabezpečení lepšího hospodaření s vodou v půdě. Narušením vrchní vrstvy půdy dojde k přerušení kapilár, zamezení vzlínání půdní vlhkosti a odparu vody.

Při podmítce dochází k mechanické likvidaci plevelů a částečnému zapravení posklizňových zbytků. Zapravená semena plevelů se tak dostanou hlouběji do půdy, dojde k jejich klíčení a růstu a tím k vytvoření další organické hmoty. Tuto můžeme následně zapravit hlouběji do půdy hloubkovou orbou. Část posklizňových zbytků, které se nepodaří zapravit a zůstanou na povrchu půdy, funguje jako mulč. Jeho funkcí je minimalizace vodní a větrné eroze půdy a také omezení odpařování vody. Rozrušením vrchní vrstvy půdy také vzniknou lepší podmínky pro činnost aerobní mikroflóry. Pozitivně je také ovlivněna spotřeba energie při dalších pracovních operacích (Pospíšil, 2020).

Obilná sláma má vysoký poměr C:N (80-90:1). Z hlediska podpory procesu rozkladu slámy a zamezení vzniku dusíkové deprese je důležité aplikovat před podmítkou 10-15 kg dusíku na každou tunu slámy (Brant, 2021, Procházková, Smutný a kol. 2020).

Suché a teplé počasí nesvědčí klíčícím plevelům, proto zejména přezimující a časně jarní plevele se přizpůsobily a v období vyšších teplot neklíčí. Tato semena zůstávají v půdě a vyklíčí až v méně vhodné době. Podmítka potom nesplnila očekávání. Obecně lze ale říci, že podmítku po obilovinách je dobré provádět co nejdříve po sklizni (Winkler, 2020).

Naopak je tomu u strniště po řepce ozimé. V tomto případě není vhodné podmítat bezprostředně po sklizni. Oproti pozemkům, na kterých byla podmítka provedena dva až čtyři týdny po sklizni, se hlavně v oblastech s dostatkem srážek a dobrou zásobou vody v půdě projeví její kladný efekt. U semen řepky vzniká v důsledku nedostatku světla, snížení půdní vlhkosti a působení vysokých teplot. tzv.sekundární dormace. Znamená to, že zapravená semena řepky nevyklíčí, zůstávají v půdě delší dobu a následně zaplevelují budoucí porosty. S podmítkou je tedy dobré počkat až do doby, kdy vyklíčí většina semen (Brant, 2021).

Dříve se k podmítce používaly podmítací pluhy. V současné době jsou to hlavně talířové a radličkové kypřiče. Ke kypření se používají talíře nebo radličky. U některých strojů může být i kombinace talířů s radličkami, případně ještě utužovacím válcem. U talířových kypřičů jsou talíře umístěny na společné hřídeli a k mísení a kypření půdy dochází tím, že se talíř při pohybu stroje vpřed otáčí a vynáší půdu zespod na povrch. Všechny talíře odklápějí skývu na stejnou stranu, a proto musí mít zařízení na zachycení bočních sil. K tomu se používají ocelová kola opatřená krojidlovými nákolky, které se zařezávají do půdy a zachycují boční síly (Brant, 2021).

U radličkových kypřičů jsou pracovními nástroji radličky rovnoměrně rozmístěné na rámu a připevněné na slupicích. Radličky mohou být také opatřeny křidélky, které ještě zlepšují mísení půdy s organickými zbytky i její kypření. Při této práci s půdou je důležitá pojezdová rychlost, která se většinou pohybuje mezi 10-12 [$km.h^{-1}$].

Kypřiče používáme jednak pro podmítku při konvenčním zpracování půdy a jednak pro kypření půdy při minimalizačním zpracování. Při vývoji a konstrukci těchto strojů je dbáno na kvalitu materiálu a prováděné práce, aby bylo dosaženo co nejnižšího tahového odporu a tím snížení nákladů na pohonné hmoty (Javorek, 2008).

### 3.1.2 Konvenční zpracování půdy

#### 3.1.2.1 Orba

Při obdělávání půdy patří mezi základní pracovní operace orba. Historicky se půda vždy před setím narušovala a kypřila různými háky, motykami i rýči. Orba je mechanické zpracování půdy, při kterém se skýva ornice odkrojí, převrátí a rozdrobí. Ornice se také provzdušní. Orba může být: Mělká (do 18 cm), střední (18 až 24 cm), hluboká (24 až 30 cm) a velmi hluboká (50 až 100 cm). Pracovní nástroje pluhů jsou: orební těleso, předradlička, krojidlo, podrývák.

Při pohybu pluhu půdou dochází k obracení, drobení a posuvu skývy. Tyto tři pracovní operace jsou ovlivněny tvarem odhrnovačky, které se dají rozdělit na 4 základní druhy: válcová, kulturní, pološroubová a šroubová. Použití typu odhrnovačky je závislé na typu půdy, protože každý typ odhrnovačky má svoje výhody a nevýhody. Šroubová odhrnovačka skývu dobře obrací, má však špatný drobící efekt. Není tedy vhodná do jílovitých půd. Naopak válcová odhrnovačka má dobrý drobící efekt, ale špatně obrací skývu. Může být použita v jílovitých půdách (Kumhála a kol., 2007).

Při orbě dochází nejen k otočení a rozdrobení ornice, ale také k zapravování rostlinných zbytků z pole. Dále je velmi vhodná k zapravení organických hnojiv – např. hnoje. Orbou lze také efektivně bojovat proti plevelům, protože jejich semena se dostávají do hlubších vrstev, kde je potlačena jejich klíčivost. Na zoraném poli je na povrchu pouze holá půda, nejsou zde kromě zbytků kořenů předplodiny žádné rostlinné zbytky. Toto je skutečnost, díky které může lehce docházet k vodní i větrné erozi. Proto je důležitá správná orientace jízd po pozemku. Další negativní skutečností může být vznik půdní krusty, která vzniká rozbitím půdních agregátů při intenzivnějších srážkách (Novák a Mašek, 2020).

Částečnou nevýhodou orby může být jízda jednoho kola traktoru brázdou a tím nežádoucí utužování podorničí. Kola se pohybují pod povrchem pozemku v místech, kde již půda není kypřena a tím utužení dosahuje do větší hloubky (Beneš, 2019). Po posledním orebním tělesu zůstává na poli brázda, v níž pak další jízdu jedou kola jedné strany traktoru. A právě jízda v brázdě mimo jiné způsobuje nežádoucí utužování podorničí, protože kola

se pohybují pod povrchem pozemku v úrovni, pod kterou již půda není kypřena a utužení tudíž dosahuje do větší hloubky (Beneš, 2019).

Při smykovém pohybu půdou orební těleso vytváří velmi zhutněnou nepropustnou vrstvu, která brání vsakování vody a růstu kořenů (Kovaříček a kol., 2017).

Tento problém může být řešen hloubkovým kypřením, což je nákladnější pracovní operace, nebo použitím podrýváku, který je umístěn za posledním orebním tělesem (Kumhála a kol., 2007), nebo orbou „On-land“ (Beneš, 2019).

Při orbě „On-land“ (obrázek č. 1) traktor jede po povrchu pozemku, výhodou je, že neutužuje půdu do takové hloubky. Traktor nemusí jet v brázdě, může být osazen dvoumontážemi, nebo může být použit pásový traktor s velkou šířkou pásů. Traktor při jízdě není nakloněný a nepřejíždí hroudy, které se vytrhávají ze stěny brázdy při předchozí jízdě. Obsluha traktoru tedy nemusí neustále zajíždět a vyjíždět z brázdy. Jistou nevýhodou jsou záběrové vlastnosti pneumatik, nebo pásů hlavně při ztížených podmínkách - za mokra. U klasické orby dochází k nižšímu prokluzu a úspoře paliva tím, že pneumatiky zabírají o dno brázdy, které bývá sušší. Jistou nevýhodou orby „On-land“ je pluh, který musí být specifický pro toto použití. Řada nabízených pluhů dnes disponuje posuvným mechanismem, který se nachází u závěsu pluhu, a tím umožňuje orbu klasickou i orbu „On-land“ (Jedlička, 2019, Beneš, 2019).

*Obrázek č. 1:„On-land“ orba provedená pluhem Lemken Diamant (AgriMachines SE, 2020).*

### 3.1.2.2 Předseťová příprava

Při předseťové přípravě dochází k urovnání pozemku, jeho prokypření a také k mechanické likvidaci plevelů. Urovnaný povrch má menší plochu, tím je zabráněno nežádoucímu odparu vody (Kumhála a kol., 2007).

Předseťová příprava se historicky skládala z jednotlivých operací, kterými jsou smykování, vláčení, kypření a válení. Velkou nevýhodou těchto jednotlivých operací je velké množství přejezdů, což vedlo k jejich sjednocení. Tím došlo ke snížení spotřeby nafty a zvýšení produktivity práce (Pastorek a kol., 2002).

Dříve se k přípravě pozemku využívaly hlavně hřebové brány (obrázek č. 2). Později byly nahrazeny smyky a kombinátory. Hlavní součástí smyku je smyková deska, která před sebou půdu hrne a tím povrch pole urovnává. Deska je umístěna na stroji kolmo na směr jízdy. Na některých strojích ji lze naklápět, ale nejčastěji se využívá kvůli lepšímu utužení půdy v naklopené pozici. Za smykovou deskou mohou být umístěné ještě hřebové brány, které opětovně půdu prokypří do hloubky asi 5 cm. Při předseťové přípravě půdy smyky je důležité, aby byla vlhkost půdy optimální. Pokud je půda příliš vlhká, může dojít ke vzniku pevné utažené vrstvy. Naopak v příliš suché půdě nedokáží smyky dostatečně rozdrobit hroudy (Kumhála a kol., 2007).

*Obrázek č. 2: Hřebové brány (Farmářská zelenina, 2016).*

### 3.1.3 Minimalizační technologie

Základním principem minimalizačních a půdo ochranných technologií je snížení intenzity obdělávání půdy, snížení hloubky obdělávání, někdy také ponechávání organické hmoty na povrchu půdy nebo jen její mělké zapravení do půdy (Vach, 2019).

Výše uvedené technologie jsou v našich podmínkách často diskutovaným tématem, ale v průběhu let se k nim přiklání stále více zemědělců. Cílem těchto technologií je zabraňovat degradaci půdy a udržet a podporovat v půdě procesy, které vedou k zabezpečení úrodnosti. V neposlední řadě se jedná o snižování spotřeby pohonných hmot a času potřebného k obdělávání pozemku (Stach, 2001).

První pokusy o minimalizační technologie se začínaly objevovat v USA a oblastech východní Evropy již v 19. století. Tyto technologie měly zabraňovat ztrátám vody z půdy, půdu kypřit, ale neobracet. Hlavně v mokrých letech nastal ovšem problém spočívající v mechanické regulaci plevelů. Výraznějšího rozšíření moderních postupů došlo až po vynalezení účinných herbicidů (Hůla a kol., 2008).

#### 3.1.3.1 Stroje využívané při minimalizačních technologiích

**Talířové kypřiče**

Strojové vybavení tohoto typu umožňuje přímou návaznost sezónních činností na sklizňové práce. Kvalita prováděného podmítání je dána již faktickým stavem pozemku. Příliš kamenitá zemina, důsledky nedodržení správných postupů (např. vysoké strniště, velké zbytky slámy nebo polehlého porostu) a nedostatečná humidita půdy jsou limitující pro použití talířových kypřičů (Brant, 2021).

Úkolem kypřičů je separace a rovnoměrná distribuce jednotlivých složek ve vrstvě, jejíž mocnost nepřekračuje 16 cm (Bednar FMT s.r.o., 2021). Provozní rychlost stroje se pohybuje okolo 14 [$km.h^{-1}$]. Princip fungování vychází z konstrukce a fyzikálních vlastností zvolených talířů. Jejich periferie totiž při samotném podmítání předává vyšší počáteční kinetickou energii povrchovým partikulám substrátu, které se následně ocitají hlouběji a jsou navíc překryty původně spodní vrstvou půdy, jíž nebyla udělena taková rychlost při kontaktu se středem talíře. Větší talíře umožňují hlubší zpracování půdy (Neubauer, 1989). Negativem je za nepříznivých klimatických podmínek považován relativně vyšší únik půdní vlhkosti, neboť důsledkem popsaného procesu vzniká tzv. hřebenovité dno (Mašek, 2016).

Podle Neubauera (1989) existují 3 základní typy strojů. Nejvýznamnější z nich jsou v České republice talířové podmítače a talířové brány. Talířové pluhy mají jen okrajový

význam. Nejsou tak efektivní a jejich použití je problematické až nemožné zejména na pozemcích s vyšším obsahem skeletu.

Talířové pracovní komponenty podmítačů i bran jsou umístěny vertikálně. Stroje se v principu liší orientací osy otáčení disků. V případě talířových bran (obrázek č. 3) se jedná o horizontální polohu, zatímco orientace osy otáčení u podmítačů je vychýlena o 15-20° od této horizontální pozice. Pro úplný popis problematiky fungování je třeba definovat i úhel α, který svírá osa otáčení talíře se směrem jízdy stroje. Úhel u talířových bran je nastaven v intervalu 0-25°, u podmítačů 15-38° (Neubauer, 1989).

*Obrázek č. 3: Talířové brány od firmy N.O.P.O.Z.M. Slatiňany (N.O.P.O.Z.M. s.r.o., 2022).*

Druhou variantu představuje talířový podmítač (obrázek č. 4). Talířové prvky jsou zde uchyceny na slupicích, jejich jištění zabezpečuje často vinutá pružina. Jsou ale i jiné možnosti jištění např. pomocí pružné slupice, která je uchycena k rámu za pomoci pružných pryžových prvků. Konstrukční řešení uchycení talířů jednotlivě má výhodu především pro kopírování terénu a splnění konstantní hloubky zpracování půdy (Mašek, 2016). Vzhledem k velikosti nářadí je zřejmé, že povrch disků je za provozu vystaven působení sil z obou stran. Eliminaci těchto sil zajišťuje oboustranné polohování talířů na hřídeli pod identickým úhlem (Beneš, 2018).

Praktické použití popsaného konstrukčního řešení vykazuje vysokou efektivitu práce v přizpůsobení se nerovnostem povrchu a zároveň zaručuje i stejnou hloubku záběru v ornici. Vítaným bonusem je i jednoduchá diagnostika a snadné řešení závad (Mašek, 2016).

*Obrázek č. 4: Talířový podmítač MIXIDISC od společnosti SUMO* (*NAVOS FARM TECHNIC s.r.o., 2022).*

**Radličkové kypřiče**

Slupice se uplatňují i u radličkových kypřičů (obrázek č. 5). Zde existuje poměrně vysoká variabilita tvarů radliček a jejich provedení, jenž mají svoje výhody. Dlátovité radličky zabraňují prosychání spodních vrstev půdy. Oboustranné radličky pracují v menších hloubkách a je možné je po otupení otočit. Šípové radličky potom nacházejí uplatnění v hluboké podmítce (Mašek, 2016). Na tomto místě je nutno zmínit, že ponechávají většinu mulče na povrchu (Kovaříček a kol., 2017) a s úspěchem se využívají také pro mělké kypření (Hůla, 2000). Vzdálenosti mezi radličkami určují záběr stroje. Prevencí před zablokováním radliček u dvouřadých kypřičů se nejvíce osvědčila rozteč v rozmezí 600-800 mm. Na trhu jsou k dostání i stroje s radličkami ve třech řadách se vzájemnou vzdáleností radliček 200-700 mm, které jsou při kypření účinnější (Kovaříček a kol., 2017).

*Obrázek č. 5: Radličkový kypřič Horsch Terrano 3 TX (HORSCH Maschinen GmbH, 2022).*

**Kombinované kypřiče**

Požadavky na snížení počtu pojezdů po pozemku, a zvýšení jejich efektivity, vyústily v rozšíření nabídky výrobců o kombinované stroje (obrázek č. 6). S rozvojem těchto kypřičů bylo docíleno maximalizace výhod radličkových a talířových kypřičů a zároveň eliminace slabých stránek těchto strojů.

Jednou z mnoha eventualit bývá soustava disků a radliček v uspořádání dvou baterií talířů, za nimiž pokračují 2 řady radliček. Do soustavy jsou navíc instalovány dodatečné talíře a válec, čímž je snižována hrudovitost a zvýšena koheze půdy (Farmet a.s., 2021).

*Obrázek č. 6: Kombinovaný kypřič Amazone Ceus (Mechanizace Zemědělství, 2017).*

**Hlubší zpracování půdy**

Kombinované stroje (obrázek č. 7) jsou nejvhodnější pro úpravu těžších půd, kde je nutný zásah ve větších hloubkách. První volbou jsou zde technologicky velmi vyspělá zařízení umožňující při jednom pojezdu prokypřit nejen povrchovou vrstvu ornice, ale i její nejspodnější partie. Tím je podpořeno vsakování dešťové vody. Přitom nedotčená vrstva hraje nezastupitelnou úlohu při ascendentním transportu vody ke kořenům kulturních rostlin. Popsané zónové kypření ulehčuje práci tažnému zařízení a v konečném důsledku snižuje spotřebu paliva, což se projeví zvýšenou efektivitou celého procesu (Kovaříček a kol., 2017).

*Obrázek č. 7: Hloubkový kypřič Farmet Krtek DG7 (Farmet a.s., 2022).*

**Podrýváky**

Podrýváky jsou mnohdy aplikovány jako krizová řešení pro půdy, jejichž přirozená struktura je porušena. Jedná se o půdy zhutnělé důsledkem působení různých faktorů včetně vlivu klimatu, nesprávně provedených sezónních prací, několikaleté absence kypření bazálních vrstev ornice, či pojezdu těžké techniky.

Zasažen musí být i profil pod zhutnělou vrstvou, jinak se podrývání míjí účinkem (Agri systém s.r.o., 2021). Z toho důvodu se přistoupilo k diferenciaci slupic na hřídeli s vyšší tolerancí třecích a tlakových sil, kterým je nářadí v hlubších vrstvách vystaveno (DeJong-Hughes a Daigh, 2018). Zakřivené slupice půdní profil vyzdvihnou a prořízno vertikálně i horizontálně (Agrima Žatec s.r.o., 2022). Důsledkem je rozdrobení a narušení celistvosti podorniční vrstvy (Hůla, 2000).

Z výše uvedeného vyplývá, že úspěšné použití podrýváků (obrázek č. 8) vrací půdě její absorpční kapacitu a vzdušnost. Tím rozšiřuje rostlinám možnosti získávání vody a má přímý účinek na zvýšení výnosu. V úvahách o použití těchto systémů v konkrétním půdním profilu nesmí chybět posouzení obsahu vody, neboť její výrazný nadbytek často vede ke zcela opačným výsledkům (Hůla a kol., 2008).

*Obrázek č. 8: Podrývák SMS HKT 300/X (Agrima Žatec s.r.o., 2022).*

**Předseťová příprava**

Předseťová příprava má za úkol vytvořit optimální podmínky pro setí. Optimálními podmínkami se rozumí prokypření povrchové vrstvy půdy, rozbití hroud a zpětné utužení podpovrchové vrstvy půdy pro umístění osiva (Pastorek a kol., 2002).

Přístupnost vody k osivu obstarává podpovrchová utužená vrstva za pomoci kapilárních pórů za předpokladu, že prokypřená půda nad hloubkou umístění osiva je adekvátně provzdušněná a umožňuje příchod vzduchu k osivu a tím ulehčuje vzcházení (Mašek, 2016).

Velice negativní dopad na kořeny mladých rostlin má slehávání půdy, které může vážně poškodit jejich kořeny. Opětovným utužením podpovrchové vrstvy s osivem lze tomuto jevu zabránit (Novák a Mašek, 2017).

Optimální objemová váha půdy po opětovném utužení by měla být 1,3 – 1,4 [$g.cm^{-3}$] (u hlinité půdy) (Hůla a Loch, 2008).

Velice často je uplatňováno konstrukční řešení kombinátorů s umístěním smykové desky v přední části zařízení (obrázek č. 9), po které následuje radličková sekce. Stroj je osazen ještě utužovacím válcem, který je umístěn na konci. Cílem válců je zpětně utužit povrch půdy a rozbít zbytky hrud. Používají se válce Crosskilské, hrudořezné, prutové nebo kotoučové. Na trhu jsou k dostání kombinátory tažené, nesené nebo návěsné. Pomocí tříbodového závěsu nebo opěrných kol lze nastavit požadovanou hloubku zpracování půdy. Jako opěrná kola mohou taktéž sloužit i válce (Kumhála a kol., 2007).

Zemědělci nejčastěji používají kombinátory o pracovním záběru v rozmezí 2,5 až 8 m. Kombinátory dosahují vysoké plošné výkonosti díky kombinaci velkého pracovního záběru s pojezdovou rychlostí 8-10 [$km.h^{-1}$] (Mašek, 2016).

*Obrázek č. 9: Kombinátor Bednar Swifter SN (Bednar FMT s.r.o., 2022).*

Nezbytným přídavkem kombinátorů velice často jsou i kypřící radličky situované v přední části kombinátoru. Jsou uloženy v ose kol tažného prostředku. Radličky mají za cíl prokypřit půdu utuženou přejezdem kol tažného prostředku (Farmet a.s., 2021).

Z hlediska konstrukce kombinátorů je kladen velký důraz na dodržení rovnoměrnosti hloubky zpracování půdy. Využívají se na půdách, které jdou dobře zpracovat. Na půdách těžších se tyto stroje příliš neuplatňují. Dochází totiž k vytváření hrud. Na těchto půdách je výhodnější využít stroje s aktivním pracovním nářadím (Pastorek a kol., 2002).

## 3.2 Velikost půdního bloku

Jedním z primárních faktorů rozhodujících o energetické a ekonomické náročnosti výroby na půdním bloku je jeho velikost. Lorenz a Münchhoff (2015) svými pokusy a výzkumy na farmě, kde nejmenší pozemek měl výměru 0,35 ha a největší 16,7 ha, došli k závěru, že principy precizního zemědělství lze efektivně provádět na pozemcích větších než 0,5 ha.

U menších pozemků je stanovení variability obtížné a časově náročné. Lze předpokládat, že variabilita je malá, a proto je doporučují obdělávat nevariabilně. V České republice je považován za jakýsi standard pozemek o výměře 2 až 5 ha vhodný pro uplatnění precizního zemědělství. Pro stanovení této hranice je zásadním kritériem celková výměra obhospodařované půdy a velikost a struktura podniku (Brant, Kroulík a kol. 2020).

V rámci České republiky byla provedena analýza velikosti půdních bloků v roce 2017. Jako výchozí byla do multikriteriální analýzy použita vrstva půdních bloků LPIS (Land Parcel Identification System). Z analýzy byly vyřazeny bloky, na nichž dle jejich charakteru není možná optimalizace (kategorie B – rybníky a kategorie E – krajinné prvky). Celkem bylo do analýzy zahrnuto 191 147 půdních bloků o celkové výměře 3 647 180 ha.

Počet půdních bloků v jednotlivých velikostních kategoriích a jejich celkovou výměru dokumentuje tabulka č.1 (Kapička a kol., 2017).

| Kategorie velikosti PB (ha) | Počet PB (kusy) | Celková výměra dané kategorie podle velikosti (ha) |
|---|---|---|
| do 1 | 85 186 | 40 393 |
| 1–2 | 40 254 | 57 902 |
| 2–5 | 50 792 | 164 906 |
| 5–10 | 34 523 | 247 234 |
| 10–20 | 30 985 | 443 443 |
| 20–40 | 25 266 | 715 521 |
| 40–60 | 10 592 | 516 327 |
| 60–100 | 8 380 | 639 749 |
| 100 a více | 5 169 | 821 706 |
| **celkový součet** | **291 147** | **3 647 180** |

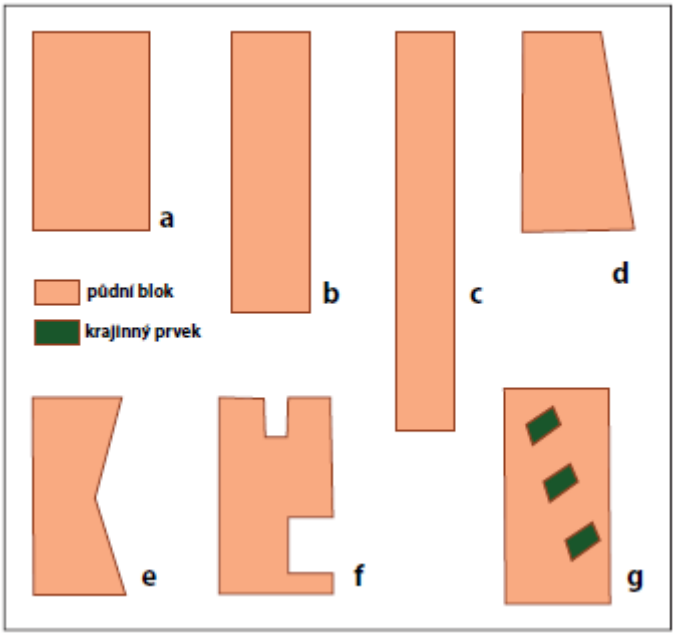
*Tabulka č.1: Rozložení velikosti zahrnutých půdních bloků (PB, platné k 20. 5. 2017), (Kaplička a kol. 2017).*

Na celkové výměře hodnocených půdních bloků se půdní bloky do 2 ha podílí 2,7 %, půdní bloky do velikosti 5 ha se podílí 4,5 %. Z toho tedy vyplývá, že budeme-li hodnotit pouze výměru, více než 95 % půdních bloků v České republice je vhodných pro uplatnění principů precizního zemědělství. Je nutné mít na zřeteli, že samotná výměra je pouze jedním z předpokladů a navíc tento údaj lze v současné době díky legislativním změnám považovat za irelevantní. Legislativní opatření v rámci standardu DZES 7d (platnost od 1. 1. 2020) zavádí podmínku omezení pěstování monokultur na maximálně 30 ha souvislé plochy. Důsledkem tohoto opatření je zásadní změna velikosti obhospodařovaných ploch. Při uplatňování principů precizního zemědělství je proto nutné provést přehodnocení variability dílů půdních bloků a stanovit nové optimalizace pohybů pracovních souprav. Nesystémové a často rychlé změny legislativy vedou k neustálení principů precizního zemědělství na půdních blocích a zásadním způsobem ovlivňují ekonomickou návratnost investic do principů precizního zemědělství. Mohou také zvýšit ekologická rizika pro půdu a krajinu (Brant, Kroulík a kol., 2020).

Na změnu velikostních a tvarových parametrů půdních bloků má velký vliv také zabírání zemědělské půdy pro nezemědělské využití nebo jejich přerušení budovanou infrastrukturou, často související omezení přístupnosti a vznik nepravidelných hranic (Brant, Kroulík a kol., 2020).

## 3.3 Tvar půdního bloku

Pro uplatnění principů precizního zemědělství je důležitá nejen výměra pozemku, ale nelze opomenout ani jeho tvar. Tvar pozemku (obrázek č. 10) významně ovlivňuje spotřebu času (tabulka č. 2) potřebnou k jeho obhospodařování. Nejvyšší plošné výkonnosti souprav bylo dosaženo u pravidelných obdélníkových pozemků s poměrem délky pozemku oproti jeho šířce 4:1. Plošnou výkonnost pracovních souprav za jednotku času snižují nepravidelné půdní bloky a umístění překážek V publikacích odhadujících náklady na práci strojů či výkonnost pracovních souprav je vycházeno z modelů pro pravidelné pozemky. Skutečnost nepravidelných pozemků může dosažené výsledky zásadním způsobem zkreslovat. Změna poměru délky a šířky pozemku, kdy délka pozemku zároveň odpovídá střední délce pracovní jízdy, může být proměnným parametrem ovlivňujícím výsledky modelových situací. Na časovou a ekonomickou efektivitu pracovních operací má velký vliv délka pozemku (Brant, Kroulík a kol., 2020).




*Obrázek č. 10: Schématické znázornění rozdílných tvarů půdních bloků se shodnou výměrou (Landers, 2000).*

| Tvar pozemku (index viz obr. 10) | Spotřeba času na zpracování 1 ha (min/ha) | Index |
|---|---|---|
| a - čtverec | 56,6 | 100 |
| b - obdélník (2:1) | 54,0 | 95 |
| c - obdélník (4:1) | 52,4 | 93 |
| d - standardní tvar * | 59,5 | 105 |
| e - mnohoúhelník | 59,1 | 104 |
| f - zastavěné plochy | 60,5 | 107 |
| g - překážky v PB | 62,0 | 109 |

** Dvě protější strany nejsou rovnoběžné, považuje se v zemědělství za standardní*

*Tabulka č. 2: Vliv tvaru pozemku na dobu potřebnou k jeho zpracování (Landers, 2000).*

K závěru, že s nárůstem délky pozemku při zachování jeho výměry výrazně klesá spotřeba času, došli i Brunotte a Fröba (2007). Při větším pracovním záběru strojů může s poklesem šíře pozemku spotřeba času klesat pomaleji z důvodu obsluhy ploch menších, než je záběr stroje.

Zvětšení velikosti půdního bloku a nárůst střední délky pozemku přispívá nejen ke zvýšení pracovní výkonnosti souprav při zpracování půdy, ale také ke zvýšení efektivity práce při využití strojů s větším pracovním záběrem. Toto je však spojeno s potřebou zvýšení tahové síly tažných prostředků (Estler a Knittel, 2006).

Při posuzování vlivu velikosti půdního bloku a střední délky pracovní jízdy na náklady vynaložené na práci strojů je nutné brát v úvahu i strukturu plodin, použitou technologii a velikost podniku. K závěru, že roční náklady na práci strojů na jednotku plochy u malého podniku (výměra 120 ha) zaměřeného na rostlinnou výrobu klesají s narůstající střední délkou pracovní jízdy a s nárůstem plochy půdního bloku došli i Brunotte a Fröba (2007).

Půdní blok s délkou pozemku 200 m a výměrou 2,5 ha představoval hodnotu 100 % nákladů na ha. Prodloužením střední délky pracovní jízdy na 400 m se snížily náklady o 3,9 % a zvýšením délky pozemku na 600 m o 5,4 %. Zvětšením velikosti půdního bloku na 5 ha byly náklady sníženy u výše uvedených délek pozemku o 4,2 % (200 m), o 9,1 % (400 m) a o 10,7 % při délce 600 m. V závěrech autoři uvádějí, že nárůst střední délky pracovní jízdy má na pokles nákladů mnohdy větší vliv než velikost půdního bloku. Tito autoři také zjistili, že s nárůstem velikosti půdního bloku a při současném prodlužování se střední délky pozemku dochází k poklesu spotřeby pohonných hmot na jednotku plochy. Velikost podniku hraje roli hlavně v celkovém využití používané strojové technologie při obdělávání půdních bloků (Brunotte a Fröba, 2007).

Jednoznačně výhodné jsou dlouhé střední délky pozemků pro pracovní operace, jako je základní zpracování půdy, předseťová příprava nebo setí plodin s menší potřebou osiva na jednotku plochy. Nárůst velikosti pozemku a prodlužující se střední délka pracovní jízdy zvyšují nároky Při transportu sklízených produktů z pole ale nárůst velikosti pozemku a prodlužující se střední délka pracovní jízdy klade větší nároky na zvyšování objemu či nosnosti zásobníků sklízečů. Při prodlužování délky pozemku může docházet ke vzniku nežádoucích kolejových stop ve směru její délky. Důsledkem těchto stop je větší utužení pozemku a následně zvýšení erozního rizika pozemků, především v porostech širokořádkových plodin - kukuřice (Kistler a kol., 2013). V porostech cukrové řepy jsou kolejové stopy primárním místem odtoku vody z pozemku (Brant, Kroulík a kol. 2020).

Výrazně odlišnou reakci na délku pozemku vykazuji aplikace organických hnojiv oproti aplikaci hnojiv minerálních. Pokles spotřeby času na jednotku plochy s narůstající délkou půdního bloku je příznačný u aplikace minerálních hnojiv. Při aplikaci kejdy může dojít k vyprázdnění zásobníku před koncem pracovní jízdy. Tím je vynucen návrat soupravy k doplnění kejdy na okraj pozemku a poté zpětné napojení se na nedokončenou jízdu (Brunotte a Fröba, 2007).

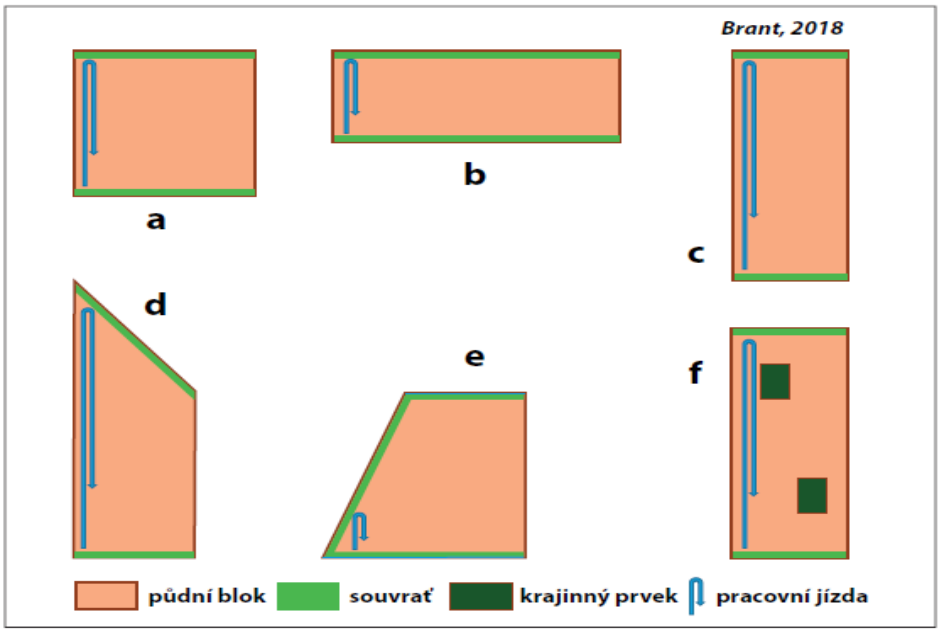
Z důvodu vyšších dávek vnesených na jednotku plochy se aplikace organických hnojiv vyznačuje vyšším zatížením pozemku jízdami na prázdno. Optimální stav nastane, když kapacita rozmetadla vystačí při dané dávce na cestu od souvratě pozemku na opačnou stranu a zpět (Kovaříček a kol., 2005).

Při aplikaci kapalných organických hnojiv může docházet k jejich nerovnoměrné aplikaci (obrázek č. 11). Při zvětšení zásobníku dojde k prodloužení pracovní jízdy bez doplnění hnojiva, avšak zároveň s tím narůstá i hmotnost soupravy a zatížení pneumatik aplikátoru (Brant a kol. 2018a).

*Obrázek č. 11: Variabilita aplikace kapalných organických hnojiv při nerespektování závislosti mezi dávkou hnojiva a délkou pozemku (Brant, Kroulík a kol. 2020).*

K obdobně velkému zatížení půdy opakovanými přejezdy může dojít i při odvozu produkce plodin, které vytvářejí velké množství biomasy například silážní kukuřice a jednoletých i víceletých pícnin na orné půdě. Na základě modelu stanoveném při odvozu řezanky při sklizni kukuřice na siláž na tento problém upozorňuje také Brunotte (2013). K úspoře pohonných hmot na jednotku plochy pozitivně přispívá zvětšení velikosti půdního bloku, obdélníkový tvar pozemku a nárůst záběru pracovních souprav, negativem je přílišné zatížení pozemku (Brant, Kroulík a kol. 2020).

Se zvětšující se zemědělskou technikou narůstají plochy potřebné k jejímu otáčení na krajích pozemků. Tato plocha narůstá zejména u nepravidelných pozemků. Neprávem opomíjenou skutečností je také vliv tvaru pozemku a jeho velikosti na plochy potřebné k otáčení zemědělských strojů na krajích pozemků. Plocha narůstá zejména u nepravidelných půdních bloků. Do této plochy lze počítat souvratě, ale také plochy navazující na vnitřní a vnější klínovité hranice pozemku. Tvar půdního bloku, směr orientace pracovních jízd a šířka souvratě nám určuje celkový podíl souvratí a jejich prostorové rozmístění na ploše pozemku. Šířka souvratě je určována záběrem secího stroje či jeho násobky, v integraci se záběrem postřikovače. Určitou míru variability šířky souvratě nám zajistí secí stroje s variabilní změnou záběru a postřikovače s možností změn záběru (vypínání sekcí či jednotlivých trysek) (Brant, Kroulík a kol. 2020).




*Obrázek č. 12: Rozdílné tvary půdního bloku při výměře 40 ha a odlišné způsoby ozelenění souvratě o šířce 24 m (Brant a kol., 2018b).*

V poslední době lze za jedno z protierozních opatření považovat ozelenění souvratí. Na (obrázku č. 12) je vidět modelové rozestavění souvratí na pozemcích s odlišným tvarem a rozdílným směrem jízd pracovních souprav při totožné výměře 40 ha a šířkou souvratě 24 m. Působení přeměny šířky souvratě na jejich celkovou rozlohu a procentuální část na rozloze modelových půdních bloků dokládá tabulka č. 3 (Brant a kol., 2018b).

| Půdní blok | | Šířka souvratě | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 24 m | | 18 m | | 12 m | | 6 m | |
| index (viz. obr. 5) | výměra (ha) | výměra souvratě (ha) | podíl plochy souvratě (%) | výměra souvratě (ha) | podíl plochy souvratě (%) | výměra souvratě (ha) | podíl plochy souvratě (%) | výměra souvratě (ha) | podíl plochy souvratě (%) |
| a | 40 | 3,04 | 7,60 | 2,28 | 5,70 | 1,52 | 3,80 | 0,76 | 1,90 |
| b | 40 | 4,80 | 12,00 | 3,60 | 9,00 | 2,40 | 6,00 | 1,20 | 3,00 |
| c | 40 | 1,92 | 4,80 | 1,44 | 3,60 | 0,96 | 2,40 | 0,48 | 1,20 |
| d | 40 | 2,55 | 6,37 | 1,91 | 4,77 | 1,27 | 3,18 | 0,64 | 1,59 |
| e | 40 | 4,52 | 11,30 | 3,39 | 8,48 | 2,26 | 5,65 | 1,13 | 2,83 |
| f* | 38,5 | 1,92 | 4,99 | 1,44 | 3,74 | 0,96 | 2,49 | 0,48 | 1,25 |

**výměra je snížena o plochu krajinných prvků*

*Tabulka č. 3: Plocha souvratě (ha) a její procentuální podíl na ploše půdního bloku (%) v závislosti na šířce souvratě pro odlišné půdní bloky o výměře 40 ha znázorněné na obrázku č. 12 (Brant a kol., 2018b).*

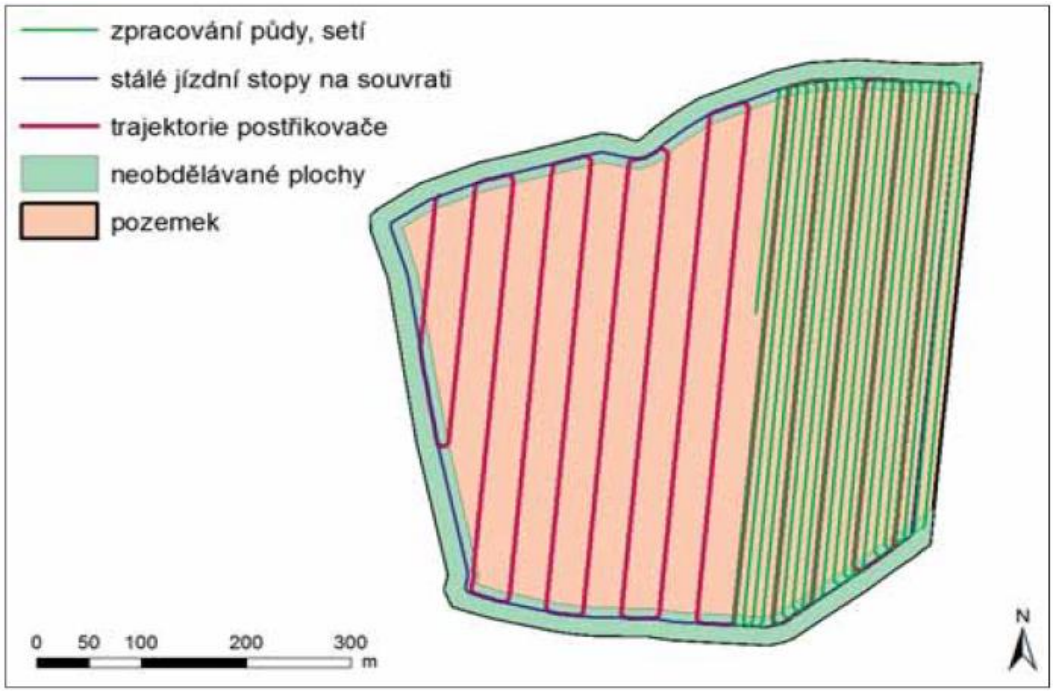
Brant a kol. (2018b) vyčíslil náklady na ozelenění 1 ha souvratě v závislosti na fixních a variabilních nákladech mezi 5 000 – 11 000 Kč, do ceny je zahrnuta i výše nájemného. Další náklady na ozelenění budou ovlivněny způsobem zpracování půdy a náklady na výsev, jehož cena bude závislá na zvoleném druhu. Náklady na obhospodařování souvratě během vegetace budou také variabilní dle zvoleného druhu. Travní porost bude mulčován, třeba i opakovaně, jednoleté druhy budou zmulčovány před tvorbou generativních orgánů. Další možností je pěstování pícnin na biomasu nebo obilnin pro produkci zrna. U těchto plodin je však nutné počítat s dalšími náklady na ochranu porostů proti škodlivým činitelům.

| Výměra PB (ha) | Poměr délky a šířky pozemku je 4 : 1 | | | | | Poměr délky a šířky pozemku je 2 : 1 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | šířka ozeleněné souvratě (m) | | | | | šířka ozeleněné souvratě (m) | | | | |
| | 6 | 12 | 18 | 24 | 32 | 6 | 12 | 18 | 24 | 32 |
| 1 | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,08 | 0,17 | 0,25 | 0,34 | 0,45 |
| 5 | 0,13 | 0,27 | 0,40 | 0,53 | 0,71 | 0,19 | 0,38 | 0,57 | 0,76 | 1,01 |
| 10 | 0,19 | 0,38 | 0,57 | 0,76 | 1,01 | 0,27 | 0,54 | 0,80 | 1,07 | 1,43 |
| 20 | 0,27 | 0,53 | 0,80 | 1,07 | 1,42 | 0,38 | 0,76 | 1,14 | 1,52 | 2,02 |
| 30 | 0,33 | 0,65 | 0,98 | 1,31 | 1,74 | 0,46 | 0,93 | 1,39 | 1,85 | 2,47 |
| 40 | 0,38 | 0,76 | 1,14 | 1,52 | 2,02 | 0,54 | 1,07 | 1,61 | 2,14 | 2,85 |
| 50 | 0,42 | 0,84 | 1,26 | 1,68 | 2,24 | 0,60 | 1,20 | 1,80 | 2,40 | 3,20 |
| 60 | 0,46 | 0,92 | 1,38 | 1,84 | 2,46 | 0,66 | 1,31 | 1,97 | 2,62 | 3,49 |
| 70 | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 | 2,66 | 0,71 | 1,42 | 2,12 | 2,83 | 3,78 |
| 80 | 0,53 | 1,07 | 1,60 | 2,13 | 2,84 | 0,76 | 1,51 | 2,27 | 3,02 | 4,03 |
| 90 | 0,57 | 1,13 | 1,70 | 2,27 | 3,02 | 0,80 | 1,60 | 2,40 | 3,21 | 4,28 |
| 100 | 0,60 | 1,20 | 1,80 | 2,40 | 3,20 | 0,85 | 1,70 | 2,55 | 3,39 | 4,52 |

*Tabulka č. 4: Plocha ozeleněné souvratě (ha) v závislosti na její šířce (m) a výměře PB (ha). Model je spočítán pro obdélníkový tvar pozemku a pro poměr délek a šířek pozemku 4 : 1 a 2 : 1 a souvrať se nachází na užších stranách PB (Brant a kol., 2018b).*

Při vyhodnocení hodnot z tabulky č. 4 při šířce souvratě 24 m u pozemku o výměře 40 ha činí plocha souvratě 1,52 ha (poměr 4 : 1) a 2,14 ha (2 : 1). Za předpokladu průměrné ceny 8 000 Kč na ozelenění a obhospodařování 1 ha souvratě bez produkce tržního produktu je nutné k nákladům na plodinu pěstovanou na daném pozemku připočítat 12 160 Kč (poměr 4 : 1) nebo 17 120 Kč (2 : 1). Z výše uvedeného je zřejmé, že plocha souvratě a systém jejího založení musí být posuzován hlavně z ekonomického hlediska a je třeba ho respektovat i při plánování legislativních podmínek (např. Dobrého zemědělského a environmentálního stavu) (Brant, Kroulík a kol. 2020).

Především u nepravidelných pozemků dochází k nárůstu plochy souvratí a tím i k nárůstu ploch s technogenním zhutněním. Proto je třeba věnovat zvýšenou pozornost i optimalizaci jízd strojového parku po souvratích. Snížení počtu pohybů souprav přispívá ke zvýšení půdoochranné funkce souvratí a je důležité i z hlediska omezení poškození porostů při osetí souvratí. Na obrázeku č. 13 můžeme vidět demonstraci systému cílené koncentrace jízd pracovních souprav na souvrati do stálých stop v mezích zásad precizního zemědělství. Tento systém přispívá k omezení neřízeného zatížení půdy a dovolí cílenou účinnou nápravu v prostoru stálých přejezdů (Brant, Kroulík a kol. 2020).




*Obrázek č. 13: Soustředění trajektorií pracovních souprav na souvrati do trvalých stop, které přispěje k nekontrolovanému zatížení půdy a umožní cílenou efektivní nápravu v místech trvalých přejezdů (Brant a kol., 2018b).*

Velký význam pro optimalizaci trajektorií pracovních jízd po pozemku má tvar pozemku. Měřením byl prokázán pozitivní vliv optimalizace trajektorií na skutečných půdních blocích na úsporu času při provádění pracovních operací. Na pozemcích o výměře mezi 10 až 40 ha byla při optimalizaci trajektorií a eliminaci překryvu pracovních jízd prokázána významná úspora času i pohonných hmot (Fechner, 2014).

Boxberger a Moitzi (2008) uvádějí, že energetická náročnost zemědělské výroby na základě spotřeby pohonných hmot je zásadním způsobem ovlivněna prováděním pracovních operací na pozemcích. S tím souvisí i produkce skleníkových plynů.

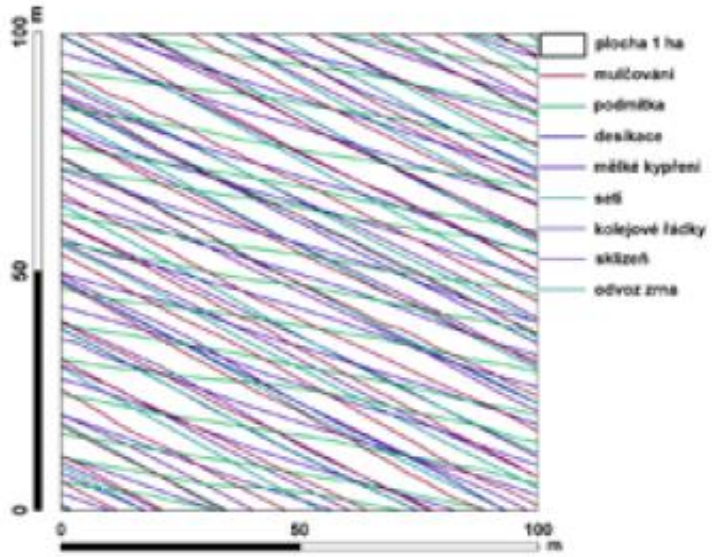
## 3.4 Přejezdy po pozemku

V dnešní době je pro řadu zemědělců stále více významné hledisko ochrany půdy, kterou se snaží chránit před erozí a zhutněním. Zejména zhutněním je zemědělská půda do značné míry zasažena, jelikož je vystavována tlakům vyvíjených pojezdovými ústrojí traktorů, sklizecích strojů a dopravních prostředků. Avšak je zde nutné podotknout, že v dnešním zemědělství jsou přejezdy pozemků nevyhnutelné. Nevítané utužení půdy způsobené přejezdy zemědělských souprav se v současné době stává celosvětovým problémem (Håkansson a kol. 1988, Gysi, 2001, Chamen a kol. 2003, Hamza a Anderson, 2005, Chan a kol. 2006).

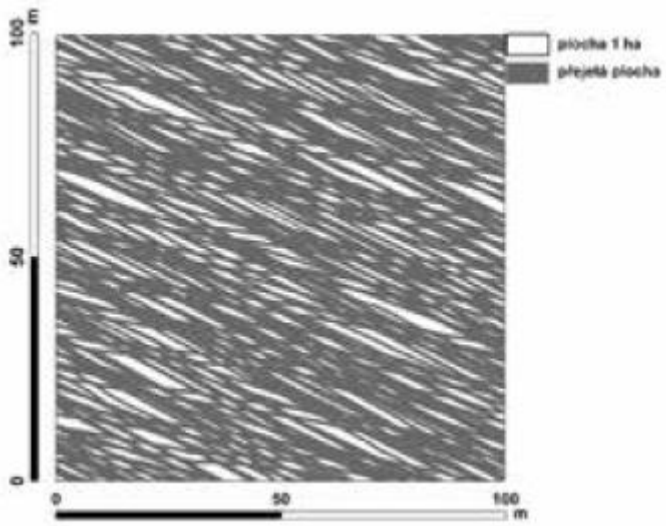
Nelze ovšem tvrdit, že se jedná o problém sezóní, nýbrž stopy po nechtěném zhutnění můžeme pozorovat i s odstupem řady let. Půda disponuje různorodou odolností proti stlačování – velmi důležitým faktorem je zrnitostní složení půdy, okamžitá vlhkost půdy, obsah organických látek v půdě a struktura půdy. Velice negativně se přejezdy těžké mechanizace podepisují na výnosech pěstovaných plodin, které je možné sledovat s odstupem více let (Radford a kol. 2007).

Pojmem technogenní zhutnění lze definovat jako nechtěné stlačení části půdního profilu, při kterém dochází působením strojů ke stavu, kdy fyzikální znaky půdy překročí mezní kritické hodnoty. Zhutnění půdy je velice škodlivý a nežádoucí proces, který nám zvyšuje ekonomickou náročnost pěstování dané plodiny, z důvodu nárůstu energetické náročnosti a kvality zpracování půdy a poklesu výnosu plodin. Mezi další velice negativní aspekty spojené se zhutňováním patři výrazná ekologická rizika, jež doplňují vodní erozi půdy. Vyšší hrozba vodní eroze zhutnělých půd je spjata s menší propustností těchto půd pro vodu, zejména při velice vydatných dešťových srážkách zvláště pak při přívalových srážkách bouřkového charakteru. Zhutnění reprezentuje velice významný problém, který ohrožuje způsobilost půdy obstarat ekologické funkce. Vrchní stav půdy je klíčový pro schopnost půdy infiltrovat vodu, její zadržení, produkci biomasy, biologickou rozmanitost, ukládání uhlíku a také zmenšení emisí oxidu dusného (Newell-Price a kol. 2013).

Na obrázcích níže můžeme vidět zaznamenaný pohyb zemědělských souprav po pozemku. Záznam jízd je demonstrovaný na části pozemku o velikosti jednoho hektaru. Na tomto pozemku byly zaznamenány jízdy u minimalizační technologie (obrázek č. 14). Avšak pro zobrazení reálného pokrytí plochy je nutné počítat i s pneumatikami, jak demonstruje obrázek č. 15 (Kroulík, 2019).

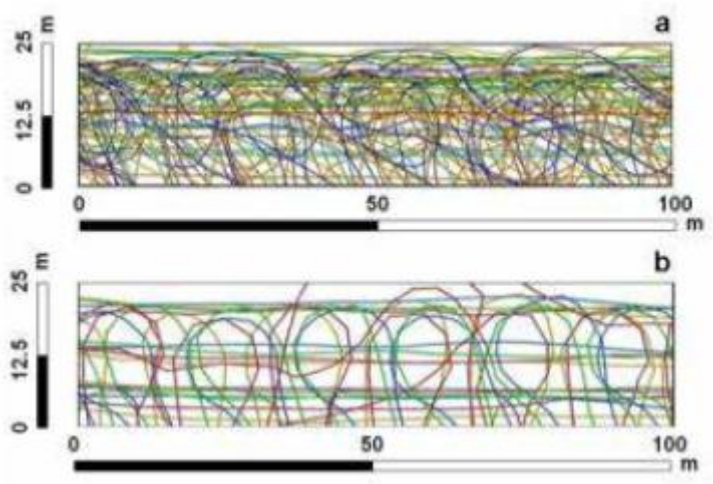



*Obrázek č. 14: Mapa záznamu pohybu mechanizace po pozemku na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (Kroulík, 2019).*




*Obrázek č. 15: Mapa přejeté plochy pozemku pojezdovými ústrojími mechanizace na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (Kroulík, 2019).*

Pokud se ovšem zaměříme na souvratě, můžeme na obrázek č. 16 vidět, že koncentrace a hlavně opakování přejezdů je zde velice významný problém (Kroulík, 2019).



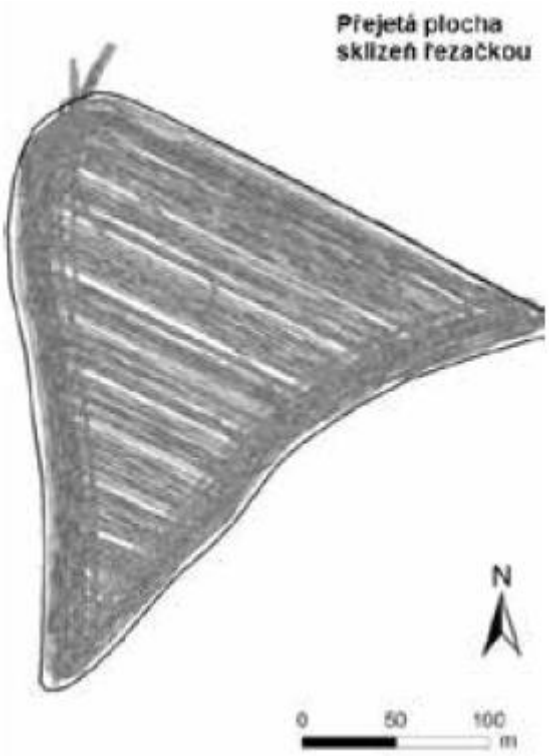

*Obrázek č. 16: Záznam přejezdů na souvratích u orebné technologie (a) a minimalizační technologie (b) (Kroulík, 2019).*

Při hodnocení pokusu zaměřeného na pozorování intenzity přejezdů bylo zjištěno, že u orební technologie došlo za jeden rok, případně sezónu, k pokrytí 88,2 % plochy pozemku stopami. Na základě početní metody bylo zjištěno, že hodnocená plocha nebyla vystavena pouze jednomu přejezdu, nýbrž došlo u ní i k opakovaným přejezdům. U pozemků, na nichž byla použita minimalizační technologie, přejetá plocha dosáhla hodnoty 65,2 %, potažmo u technologie přímého setí dosáhla hodnoty 42,7 %. Nižší počet přejezdů má za následek menší plochu přejetou pneumatikami. Stále ovšem jsou v organizaci přejezdů veliké rezervy. Pokus byl proveden v zemědělském podniku. Do organizace přejezdů nebylo nikterak zasahováno. Způsob provedení odpovídal reálným podmínkám zemědělské praxe (Kroulík, 2019).

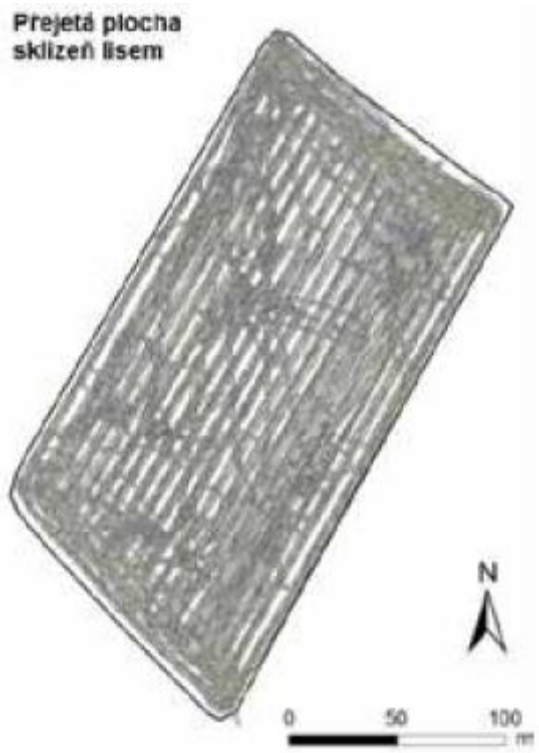
Obdobné závěry uvádí i Watson a Lowenberg-DeBoer (2004). Výsledky jejich pokusů sdělují, že až 90 % plochy pozemku bylo přejeto pneumatikami, avšak s využitím navigace se snížila přejetá plocha na 30 %.

Na tomto místě je nutno uvést jeden velice důležitý faktor, kterým je momentální vlhkost půdy. Z běžné zemědělské praxe je známo, že u půdy s vyšší vlhkostí, eventuálně u nakypřené půdy, dochází k nežádoucímu procesu zhutnění snáze než u půdy v suchém nenakypřeném stavu. Na pozemku je během sezóny provedeno mnoho operací. Zásadní jsou příprava půdy, setí, hnojení a ochrana rostlin. Nesmíme opomenout sklizeň, která u některých plodin nastává v období, kdy je náchylnost půdy na zhutnění vyšší. S vyšším rizikem zhutnění půdy se lze setkat i na plochách, které jsou zavlažovány popřípadě intenzivně obdělávány (Kroulík, 2019).

Problematika se týká také pícnin na orné půdě, a víceletých travních porostů. Na obrázcích č. 17 a 18 můžeme vidět intenzitu přejezdů zemědělskými stroji při sklizni pícnin na siláž. Sklizeň samojízdnou řezačkou je znázorněna na obrázku č. 17. Při této metodě bylo přejeto přibližně 64 % pozorovaného pozemku. Další možností, jak provést sklizeň pícnin, je pomocí svinovacího lisu, jenž můžeme vidět na obrázku č. 18. Touto metodou došlo k přejetí přibližně 63 % plochy (Kroulík, 2019).




*Obrázek č. 17: Grafické vyjádření přejezdů při sklizni samojízdnou řezačkou (Kroulík, 2019).*




*Obrázek č. 18: Grafické vyjádření přejezdů při sklizni svinovacím lisem (Kroulík, 2019).*

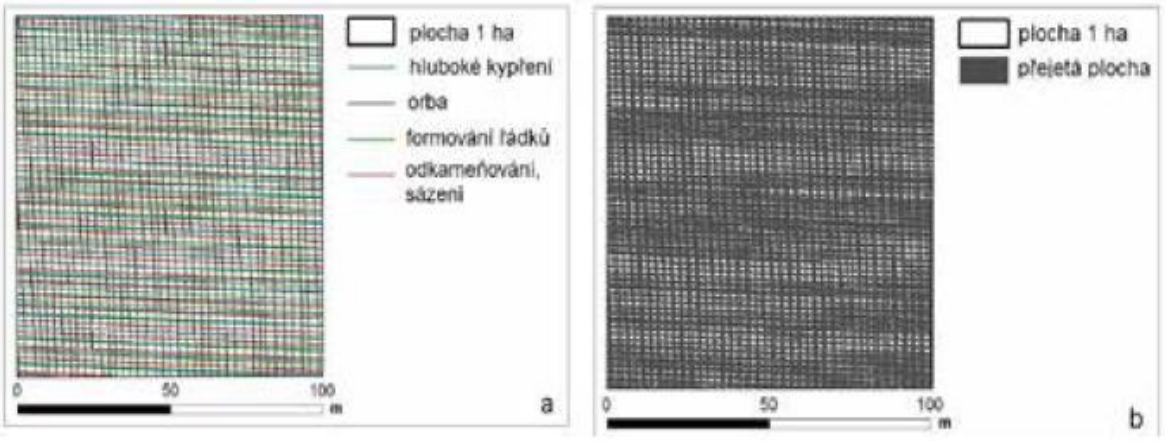
V Anglii a Walesu může být zhutnění na travnatých pozemcích způsobeno přejezdy mechanizace a pastvou. Hlavním důvodem je změna v hospodaření na pastvinách a loukách za uplynulé desetiletí. Jedná se o využívání těžké mechanizace, jenž vlastní podniky služeb (Hakansson a Reeder, 1994) nebo (Batey, 2009).

Přejezdy zemědělské techniky po travnatém pozemku, jejichž nežádoucím efektem je zhutnění, mají nepříznivý vliv na výnos sušiny, který je výrazně snížen (Frost 1988 a, b, Douglas a kol. 1998).

Kromě snížení výnosu zapříčiněném zhutněním půdy dochází také ke snížení výnosu v důsledku poškození rostlin přejezdy. Taková poškození ovlivňují výnos výrazněji než utužení půdy (Arvidsson a Håkansson 1991).

Je ale i nutné včasně naplánovat, seč a odvoz píce z pozemku. Větší poškození bylo prokázáno při odvozu 5 dní od posečení, oproti 2 dnům od posečení. Je tedy výhodné včas odvést píci z pozemku (Duiker 2004).

Při pohledu na obrázek č. 19 je vidět část pozemku o velikosti 1 ha. Na tomto pozemku byl zakládán porost brambor. Na obrázku je zřetelně vidět trajektorie a přejezdy pneumatikami. Systém pěstování brambor je velice intenzivní, tomuto faktu odpovídá i procento přejeté plochy technikou, jenž je velice vysoké a dosahuje hodnoty 84,4 %. Avšak je zde nutné podotknout, že do tohoto výčtu není zařazena sklizeň (Kroulík, 2019).




*Obrázek č. 19: Grafické vyjádření trajektorie jízd (a) a stop pneumatik (b) při zakládání porostu brambor (Kroulík, 2019).*

## 3.5 Variabilita půdního bloku

Za základní klasifikační jednotku hodnocení v precizním zemědělství lze považovat půdní blok. Pro optimalizaci následných technologických postupů prováděných při jeho obdělávání můžeme hodnotit velké množství měřených a vypočítaných parametrů využitelných pro optimalizaci následujících technologických operací, které jsou provedeny při jeho zemědělském využití. Za prvotní informaci je nutné považovat variabilitu určeného parametru na půdním bloku (Brant, Kroulík a kol. 2020).

### 3.5.1 Specifikace variability

Historie půdních bloků jejich vznik a vývoj, je od nepaměti spojen s působením člověka na krajinu. Formování tvaru a velikosti se odvíjí od vztahu člověka k přírodě při vzájemném vlivu míry poznání a vývoje technologických možností společnosti. Avšak situování půdního bloku v krajinném prostoru v drtivé většině případů v České republice nerespektuje historický ráz krajiny a s ní spojených ekosystémů. Tento fakt vede ke slučování různorodých částí krajinného prostoru a má za následek zvýšení variability půdních podmínek. Proměnlivost půdních vlastností je zásadním faktorem stanovující mezní podmínky pro pěstování polních plodin. Taktéž i zásadně mění velikost rizik spjatých s nežádoucím vlivem agrotechnických zásahů na půdu (Brant, Kroulík a kol. 2020).

Variabilitu lze definovat jakožto prostorové (či časové) přeměny daného indikátoru, avšak heterogenita je popsána jako kuriózní případ proměnlivosti vlastnící prostorovou

strukturu se spojenými distribucemi, heterogenita tudíž není náhodná. Tyto pojmy mají veliké množství kontextově závislých významů (Ettema a Wardle 2002).

Je možné, že toto tvrzení je pravdivé i u prostorové variability a heterogenity půdních znaků v rozhraní centimetrů a decimetrů (Brant, Kroulík a kol. 2020).

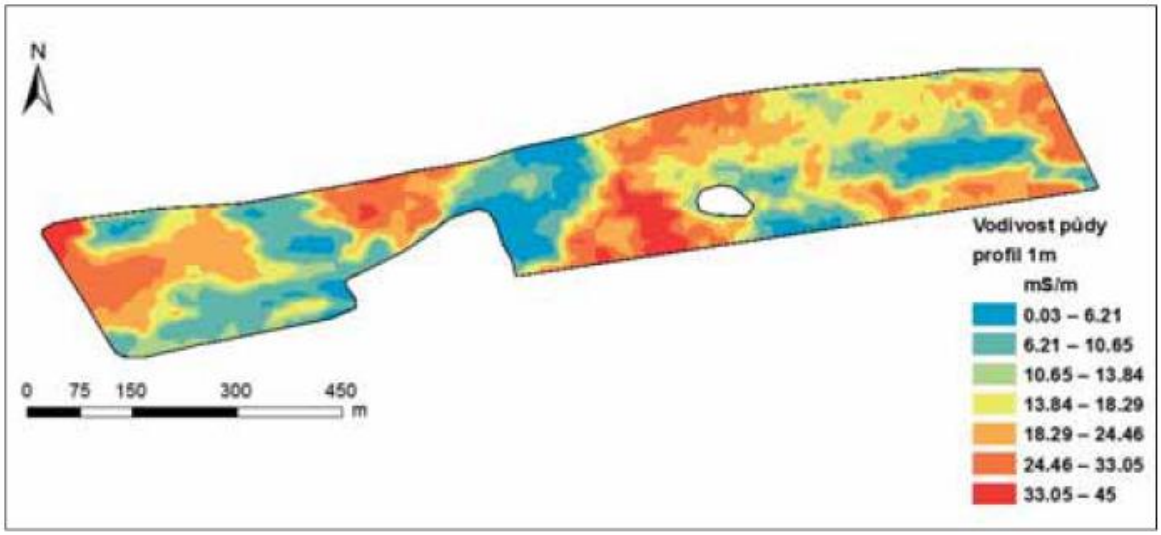
Prostorové rozdíly do 10 metrů můžeme považovat za mikrovariabilitu pro popsání zvláštních látek v půdě. Morfologie půdy a proměnných plodin, jež jsou ve vztahu k mulčovacím účinkům, a zjištění produkčního místa v oboru (Wezel a Böcker 1999).

Můžeme se setkat i s výrazy prostorová variabilita uvnitř pozemku pro vyhodnocení různých fyzikálních a půdních chemických indikátorů v měřítku rozsahu několika metrů, jejichž záměrem je zjišťování vzorců ve variabilitě produkce plodin a jejich spojení s variabilitou půdy (Verhulst a kol., 2009). Spojení variability půdy a prostorové variability je důležité pro vymezení půdních hydraulických proměnných a difuzivity plynu ve stovkách mm, aby bylo možné určit účinek hospodaření s půdou a difuzivity plynů na tok $CO_2$ (Schwen a kol., 2015).

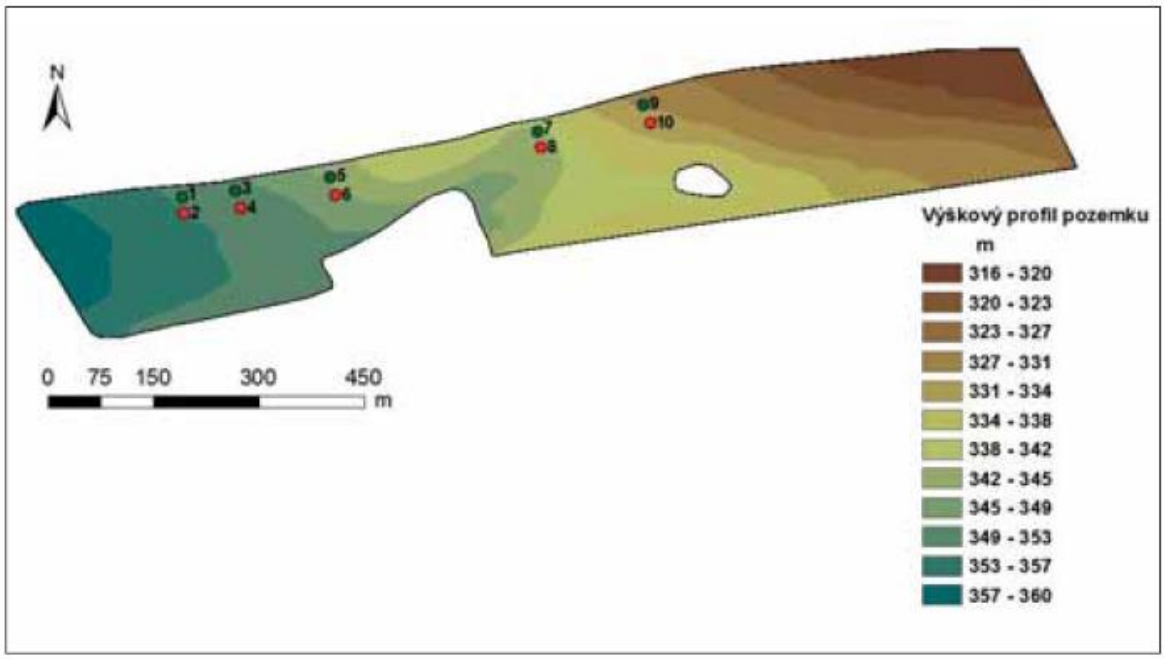
### 3.5.2 Makrovariabilita

Při hodnocení variability půdního prostředí je nutné rozlišit měřítko pohledu. V dnešní době je nejčastějším sledovaným faktorem makrovariabilita pozemku. Ze zemědělského hlediska jde o větší části půdního bloku, které se vyznačují shodnými vlastnostmi. Často jsou rozděleny na základě klasifikačních tříd. Se znalostí agrotechnických postupů a rozlišovacích schopností použitých metod detekce zjistíme, že se makrovariabilita nachází na rozhraní desítek až stovek metrů. Zaměřením se na časové pojetí zjistíme, že makrovariabilita je po dlouhý čas stabilní a její změny jsou spjaty s dlouhodobým vlivem pokrokových prvků krajinného prostoru (procesy spojené s erozí, rostlinná společenstva, hnojení, zpracování půdy), (Brant a kol. 2017).

Základními prvky variability půdního bloku jsou půdní mapy, mapy reliéfu pozemku, mapy výnosového potenciálu, výnosové mapy, mapy produkce biomasy apod. (Lorenz a Münchhoff 2015). Mezi charakteristické příklady makrovariability půdního bloku je určení elektrické vodivosti, jenž dovoluje vymezení kvalitativně rozdílných míst na hodnoceném pozemku (obrázek č. 20) či určení výškové variability (obrázek č. 21) pozemku (Brant, Kroulík a kol. 2020).




*Obrázek č. 20: Mapa půdní vodivosti, měření bylo provedeno sondou EM 38 (Brant a kol., 2017a).*




*Obrázek č. 21: Stanovení výškového profilu pozemku umožňuje specifikaci další vrstvy variability. V rámci následné práce s jednotlivými variabilními plochami lze mapu využít ke specifikaci odběrových míst pro upřesnění měření (Brant a kol., 2017a).*

### 3.5.3 Mezovariabilita

Vliv zpracování půdy na změnu rozmístění půdní hmoty v prostoru nazýváme mezovariabilita. Zpracování půdy je spjato se zemědělstvím již od jeho počátku, je jeho podstatnou součástí (Lal a kol., 2007). Pojem zpracování půdy můžeme také definovat jako mechanické zacházení s půdou a rostlinnými zbytky, jejichž účelem je příprava pro výsev plodin (Reicosky a Allmaras 2003). Z tohoto pojmu si lze odvodit, že zpracování půdy má vliv na velkou škálu půdních parametrů. Mezi významné půdní parametry můžeme zařadit: penetrační odpor, stabilitu půdních agregátů, obsah živin, pórovitost, objemovou hmotnost a mnoho dalších (Mitchell a kol., 2017; Hofbauer a kol., 2015; Vakali a kol., 2011; Alletto a kol., 2010; Peigné a kol., 2007).

Mezovariabilitu určuje především vliv pracovního nářadí pro zpracování půdy. Do mezovariability lze zařadit i vliv přejezdů prostředků pohybujících se po pozemku. Typickým znakem mezovariability je periodické opakování výchozího stavu půdy v rozsahu makrovariabilní klasifikace půdního bloku. Periodicita je určena pracovními stroji, konkrétně jejich záběry a kurzem jízdy soupravy. Nemalý vliv má také rozložení pracovního nářadí na stroji. Pro její přesné určení a kvantifikaci je nutné mít přesné záznamy z jízd pracovních souprav a vědomosti o působení pracovních nástrojů. Tyto změny na orné půdě probíhají v časovém období několika měsíců až jednoho roku. V rozsahu půdního bloku mezovariabilita leží ve stovkách milimetrů až metrů. Horní pomezí je dáno záběry mechanizace pro zpracování půdy (Brant a kol., 2017a). Existuje řada možností, jak stanovit mezovariabilitu při zpracování půdy. Jednou z nich je posouzení působení pracovního nářadí na změnu seřazení půdní hmoty, např. stanovením penetračního odporu. Následující pravidelné opakování působení jednotlivých pracovních nástrojů můžeme využít pro získání mezovariability pozemku. Jako proměnná zde vystupují kritéria makrovariability, kam spadá např. nadmořská výška, hloubka ornice apod. Je možné sem zařadit i změnu kritéria práce strojů. Do této skupiny patří např. hloubka zpracování půdy, pracovní rychlost apod., jenž vychází z protokolu telemetrických dat (Brant, Kroulík a kol. 2020).

### 3.5.4 Mikrovariabilita

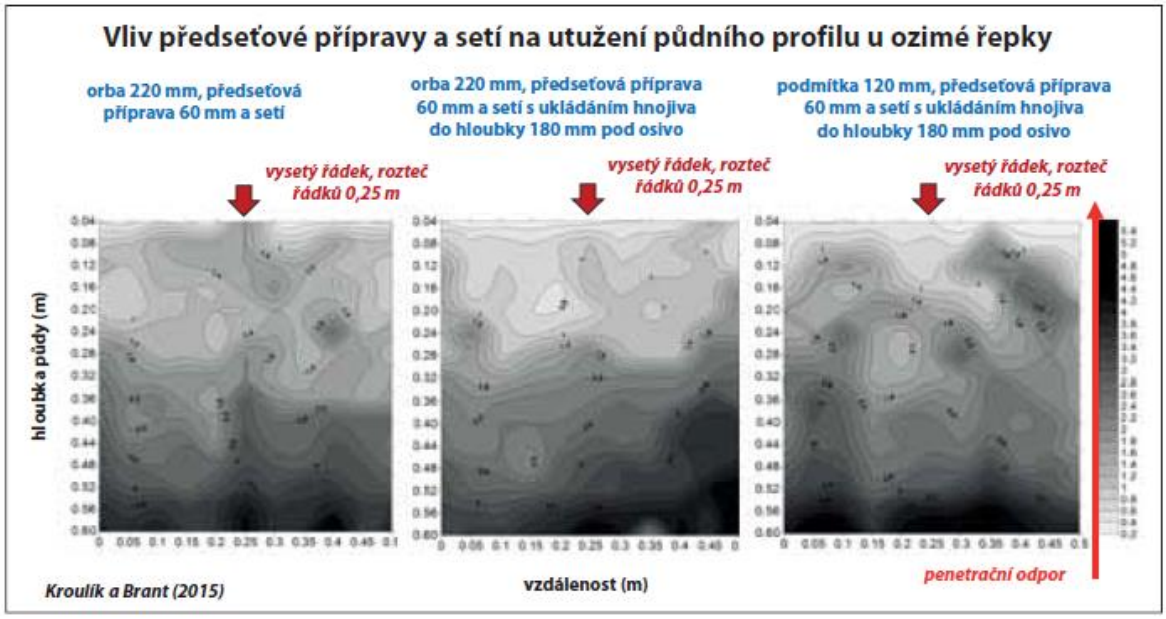
Pokud budeme hodnotit pozemek detailním pohledem, hovoříme o mikrovariabilitě. Mikrovariabilita je určena vzájemným působením makro a mezovariability. Dochází po té k modifikaci různými faktory, kupříkladu působením kořenového systému, rozkladem organických zbytků, rozestavění minerálních a organických hnojiv v půdě, systémem pórů,

mezo a mikroedafonem a obdobně. Mezovariabilita je velice nestálá v čase. Jedná se o rychlé chemické reakce doplněné fyzikálními změnami, jenž probíhají během minut až měsíců. Plocha mikrovariability dosahuje desítek až stovek milimetrů (Brant a kol., 2017a). Využití mikrovariability v zemědělské praxi a v technologiích precizního zemědělství je v současné době zřetelně omezená (Brant, Kroulík a kol. 2020).

Pojem malá prostorová heterogenita je používán k popisu určených fyzikálních, půdních biologických, půdních chemických a rostlinných ekologických vlastností v řádu stovek milimetrů až do délky metrů na půdě po narušení (Gasch a kol. 2015). Můžeme se setkat i s hodnocením prostorové heterogenity ve stovkách milimetrů popisující obsah aplikovaného bio uhlí a výběr fyzikálních, půdních chemických a rostlinných parametrů půdy (Olmo a kol. 2016).

Pro posouzení vzájemných vztahů mezi obděláváním půdy a charakteristikou půdy, lze použít termín prostorová heterogenita k popsání variability určených půdních fyzikálních, biologických a chemických parametrů v rozsahu stovek milimetrů v mezi řádku a řádku plodin (Williams a kol. 2017).

Za zkoumání mikrovariability můžeme pokládat stupeň utužení půdy v prostoru půdního lože po výsevu plodin (obrázek č. 22) (Brant, Kroulík a kol. 2020).




*Obrázek č. 22: Za studium mikrovariability lze považovat například míru utužení půdy v místě půdního lože po výsevu plodin, kde je variabilita v horizontálním průřezu orničního profilu měřena v desítkách milimetrů (Brant a kol., 2016a).*

# 4. Metodika

V praktické části diplomové práce je hodnoceno šest pozemků, na kterých byly pěstovány rozdílné plodiny. Na těchto pozemcích byly vytvořeny zóny. Tyto zóny zastupovali souvratě a produkční plochu. Praktická část diplomové práce je dále rozdělena na tři části.

V první části jsou porovnávány zóny na šesti pozemcích. U těchto zón je porovnávána průměrná vlhkost sklizeného zrna a semene, průměrný výnos sklizeného zrna a semene, průměrná rychlost sklizecí mlátičky a průměrná spotřeba sklizecí mlátičky při sklizni. K vyhodnocení dat byla využita statistická metoda Anova. Konkrétně se jednalo o jedno faktorovou metodu prostřednictvím statistického softwaru Statistica 13.2 (StatSoft, USA).

Druhá část je zaměřena na detailní porovnání těchto zón u pozemku Pod Frajmankou. U tohoto pozemku byly zóny porovnávány i z hlediska spotřeby paliva potřebné pro provedení mělké podmítky. Tato část je zakončena ekonomickým zhodnocením těchto zón. Výsledky byly zpracovávány v softwaru ArcMAP 10.4.1 (Esri, USA), ve kterém jsou vytvořeny i výsledné mapy.

Třetí část praktické části je zaměřena na vlastní návrh modelu přístupu k pozemku a jeho možném využití souvratí. K tomuto modelování byl využit rovněž software ArcMAP 10.4.1 (Esri, USA).

Druhá část, praktické části diplomové práce je zaměřena na konkrétní pozemek Pod Frajmankou, který můžeme vidět na obrázku č. 23.

*Obrázek č. 23: Snímek pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021).*

Na pozemku převládá, dle WRB pararendzina, modální na části pozemku se po té vyskytuje kambizem podální. Jedná se o svažitý pozemek v nadmořské výšce od 335 m do 365 m nad mořem, tuto skutečnost demonstruje obrázek č. 24.

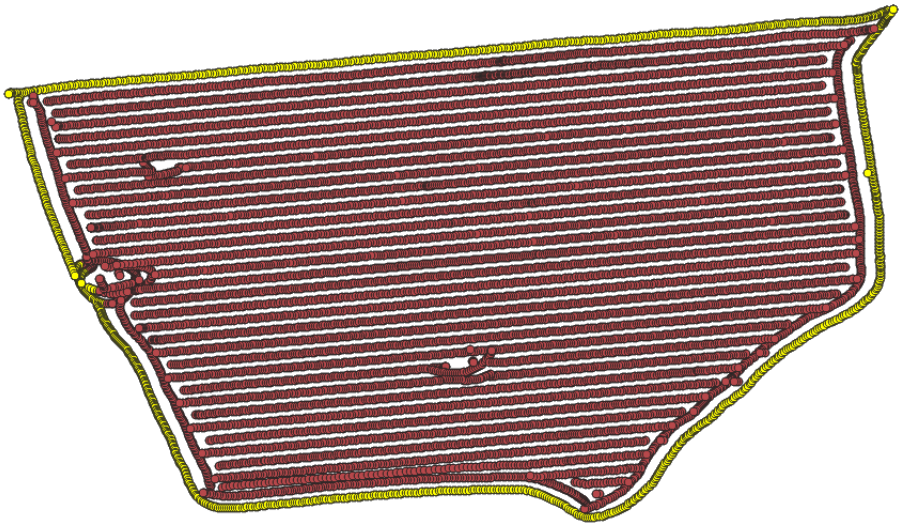
*Obrázek č. 24: Vrstevnicový model pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021).*

*Obrázek č. 25: Odtokové linie vody na pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021).*

Na obrázku č. 25 můžeme vidět odtokové linie vody. Tyto linie dávají najevo možnou variabilitu pozemku. Taktéž v místě odtokové linie může dojít ke snížení výnosu v důsledku odplavení živin.

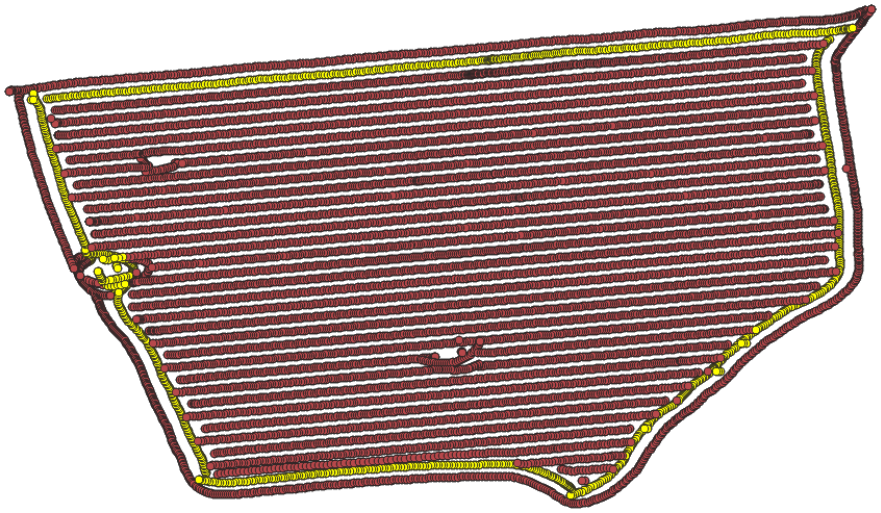
# 5. Sběr dat a monitoring strojů

Porovnávaná data byla získána ze zemědělského podniku AGRA Řisuty s.r.o., tyto data jsou výstupy ze strojů, které obdělávají pozemky společnosti. Provozní data byla zaznamenána v sezóně 2018/2019. Diplomová práce je rozdělena na dvě části, kdy v první části jsou vyhodnocena data získaná ze sklizecí mlátičky. Pro tuto práci bylo vybráno šest pozemků, na kterých byly sklízeny následující plodiny: pšenice ozimá, tritikále ozimé, řepka olejka a hrách setý. Pro zpracování diplomové práce bylo vybráno právě těchto šest pozemků z důvodu ucelenosti a dostupnosti dat z průběhu sklizně. Sklizeň byla provedena axiální sklizecí mlátičkou New Holland CR 9.90, jenž byla osazena žací lištou o pracovním záběru 10,7 m. Z této mlátičky byla získána data o průběhu sklizně. Data o průběhu zpracování půdy byla získána z traktoru Case STX480. Na pozemku se během sezóny pohybovaly i další stroje, avšak data z těchto strojů nebyly použity. Z těchto ostatních strojů byl zaznamenán pouze pohyb po pozemku, který byl použit pro vytvoření mapy přejezdů po pozemku. Stroje byly vybaveny monitorovacím systémem ITineris (ITineris Informatikai, Maďarsko), díky kterému bylo možné tyto data získat.



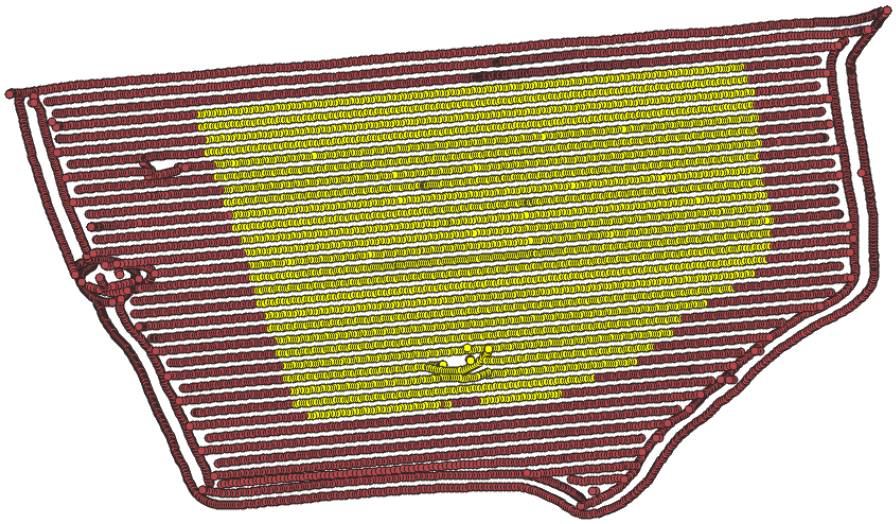
*Obrázek č. 26: Znázornění výběru souvratě 1.*

Na obrázku č. 26 můžeme vidět názornou ukázku výběru bodů, tvořící souvrať 1 u posuzovaných pozemků. Pro souvrať 1 byla zvolena šířka 10,7 m podle záběru žací lišty sklizecí mlátičky. Souvrať 1 začíná okrajem pozemku.



*Obrázek č. 27: Znázornění výběru souvratě 2.*

Obrázek č. 27 demonstruje výběr bodů, které tvoří souvrať 2 u posuzovaných pozemků. Souvrať 2 je taktéž široká 10,7 m podle záběru žací lišty sklizecí mlátičky. Začátek souvratě 2 se nachází 10,7 m od okraje pozemku.



*Obrázek č. 28: Znázornění výběru produkční plochy.*

Výběr bodů tvořící námi vybranou produkční plochu znázorňuje obrázek č. 28. Body byly vybrány ve větší vzdálenosti od souvratí, z důvodu minimalizace chyby záznamu dat. Tato chyba může vzniknout při najíždění a vyjíždění mlátičky z porostu, z důvodu nedostatečného zaplnění mlátičky. Získaná data z průběhu sklizně můžeme vidět v tabulkách níže. U těchto pozemků byly zjištěny.

# 6. Výsledky a diskuse

V souvislosti s nárůstu diskusí, které se vedou okolo požadavků na šetrné hospodaření na půdních blocích, zejména ve vztahu k současnému intenzivnímu způsobu hospodaření, celospolečenskému požadavku na snižování energetických a materiálových vstupů, ekologizaci zemědělství, se tato problematika týká také velikostí půdních bloků, jejich dělení a celkový přístup k jednotlivým částem půdního bloku.

Zvýšení tlaku na eliminaci negativních rizik zemědělství na životní prostředí je bezpochyby požadavek oprávněný a podporovaný. Na druhou stranu je zapotřebí skutečného systémového řešení, které zohlední veškeré možné dopady navrhovaných řešení a požadavků, tak často jednostranný názor ve výsledku nevedl k opačnému efektu. Například cílené dělení a zmenšování dílů půdních bloků je potřeba vnímat také z pohledu organizování jízd pracovních souprav, otáčení souprav, kdy pouhé snížení velikosti půdního bloku ve snaze podpořit protierozní opatření nepovede k navyšování, přejezdů, poměru pracovních a nepracovních jízd ve prospěch otoček. Úvahy nad navyšováním souvratí, případně poměru nepracovních jízd vyvolává oprávněnou otázku zvyšování rizika zhutnění půdy na hlavních pěstebních plochách a především souvratí.

Zhutňování půdy je považováno za důležitý problém v moderním zemědělství kvůli nárůstu velikosti a hmotnosti strojů běžně používaných v zemědělských postupech. Většina velkých částí zařízení používaných dnes v zemědělství má díky své velikosti a hmotnosti potenciál půdu zhutňovat (Sivarajan a kol. 2018). Na problematiku zhutňování půdy, které je způsobené vysokou intenzitou dopravy a hmotností traktorů a sklízecích mlátiček při pracovních upozorňuje Botta a kol. (2010).

Jak bylo uvedeno v práci Kroulíka a kol. (2019) optimalizace jízdních trajektorií vede ke snížení počtu přejezdů a především otoček. Také Evans a kol. (2020) uvádějí problematiku neefektivního řízení trajektorií jako zdroj jako zdroj navyšování mzdových nákladů, ztrát výnosu a zbytečných hodin strávených na drahých strojích. Kromě delšího času zvyšuje neefektivní volba trajektorií také navyšování přejezdů po poli, což zvyšuje náklady na palivo a možnost zhutnění půdy.

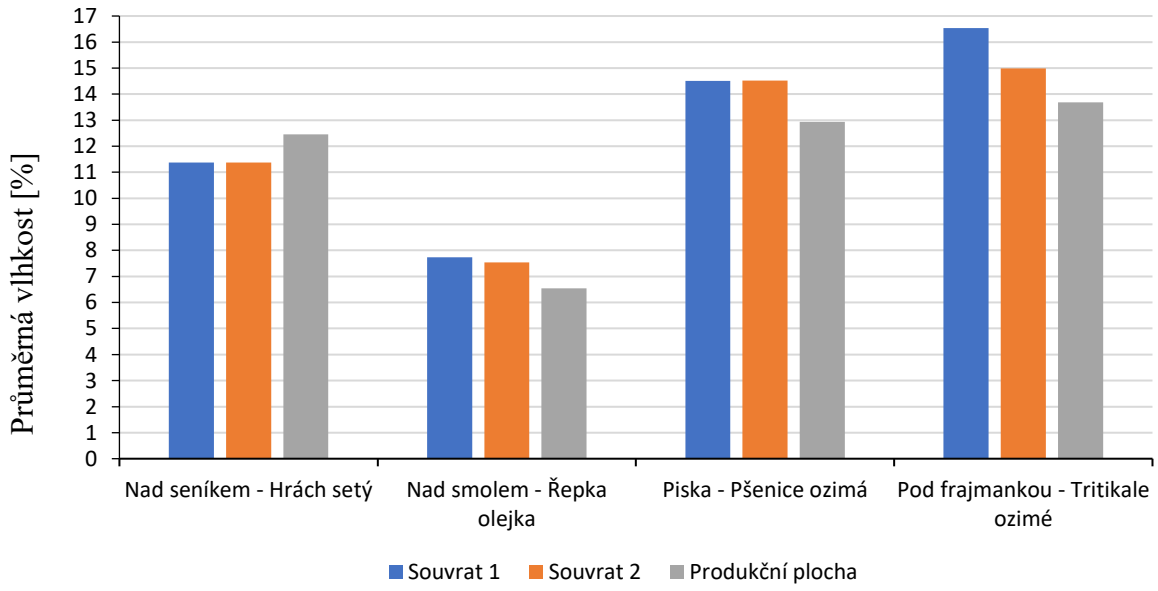
Ve snaze podchycení maxima podkladů pro zajištění optimalizace práce na pozemcích a zohledněních ekonomických a environmentálních snah je zapotřebí zvýšit práci s daty o provozu strojů a vytěžovat exploatační údaje. Sběr dat nabývá na významu, důvodem je hledání cest pro optimalizaci pracovních postupů a kontrolu vstupů. Pro řadu modelových navrhovaných řešení získáme reálné podklady, které mohou při rozhodování napomoci.

Detailně se můžeme podívat na možnosti optimalizace půdních bloků ve snaze přinést vhodný tvar hlavní produkční plochy s důrazem na snadný přístup, délku pracovní jízdy, otáčení nebo manipulaci. Na druhou stranu přispět k ekologickým snahám. Informace rovněž poukazují na možnosti pohybu soupravy a s tím spojenou potřebou šířky souvratě.

Abychom zlepšili prediktivní kapacitu modelů zhutnění a podpořili rozhodování, které zavádí místně specifické postupy pro nápravu účinků zhutnění půdy v moderním zemědělství, potřebujeme kvantitativní syntézy vlivu zhutnění půdy na fyzikální vlastnosti půdy a typy plodin (Obour a Ugarte, 2021).

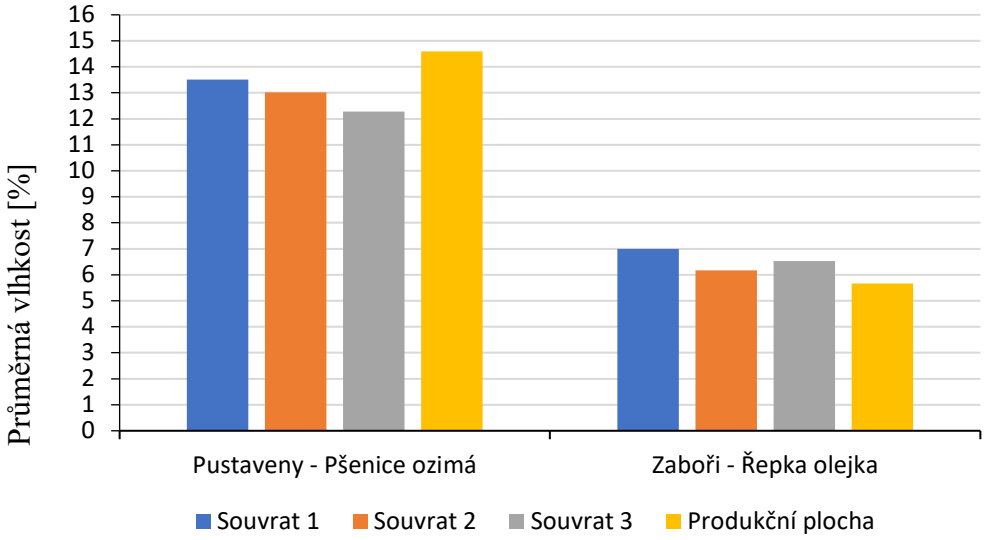
Z provozních dat strojů a podrobného monitoringu výnosových parametrů porostu vyplývá potřeba zaměření se na souvratě pozemků a možnosti optimalizování práce na souvratích, včetně možností využití částí souvratí pro environmentálně-technické plochy. V souvislosti s tímto krokem se předpokládá snížení spotřeby PHM a produkce emisí, snížení hnojiv, snížení rizika zhutnění, zvýšení produktivity práce, ekonomická úspora, omezení degradace půdy a vyšší pestrost krajiny. To potvrzují také Ten Damme a kol (2021), kteří uvádí, že sice snížení zatížení kol, bylo dlouho klíčovou cestou pro snížení rizika deformace podloží, ale to nebere v úvahu jiné interakce mezi strojním zařízením a půdou.

## 6.1 Sklizňová data




*Obrázek č. 29: Porovnání průměrné vlhkosti sklizeného materiálu.*

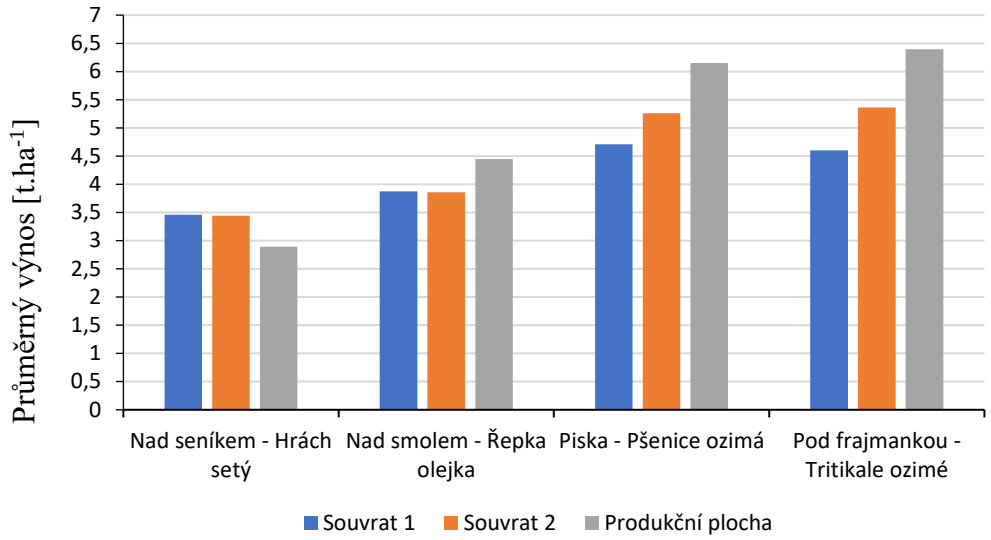
Z obrázku č. 29 můžeme vyčíst, že takřka u všech pozemků byla vlhkost sklízené plodiny na souvratích vyšší než na produkční ploše. Jedinou výjimkou je pozemek Nad seníkem, kde byl sklízen hrách. V tomto případě můžeme vidět naprosto opačný efekt, kdy na produkční ploše je vlhkost sklízeného materiálu vyšší oproti souvratím.




*Obrázek č. 30: Porovnání průměrné vlhkosti sklizeného materiálu.*

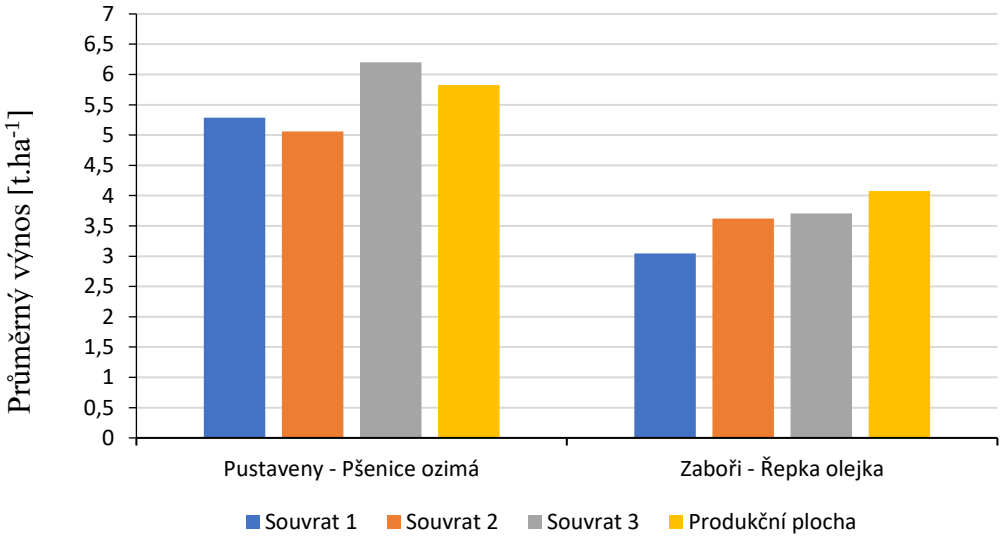
Při hodnocení obrázku č. 30 můžeme vidět, že na pozemku Pustaveny, kde byla pěstována pšenice je vlhkost na souvratích nižší. Zde je, ale nutné podoktnout, že tato vlhkost je optimální pro skladování pšeničného zrna, bez nutnosti další manipulace s vlhkostí. Vyšší vlhkost zde byla zaznamenána na produkční ploše, tato vlhkost zrna je hraniční pro skladovatelnost. Zde je nutné zvážit, zda nebude nutná případná manipulace s vlhkostí zrna.

## 6.2 Výnosové ukazatele




*Obrázek č. 31: Porovnání průměrných výnosů sklizeného materiálu.*

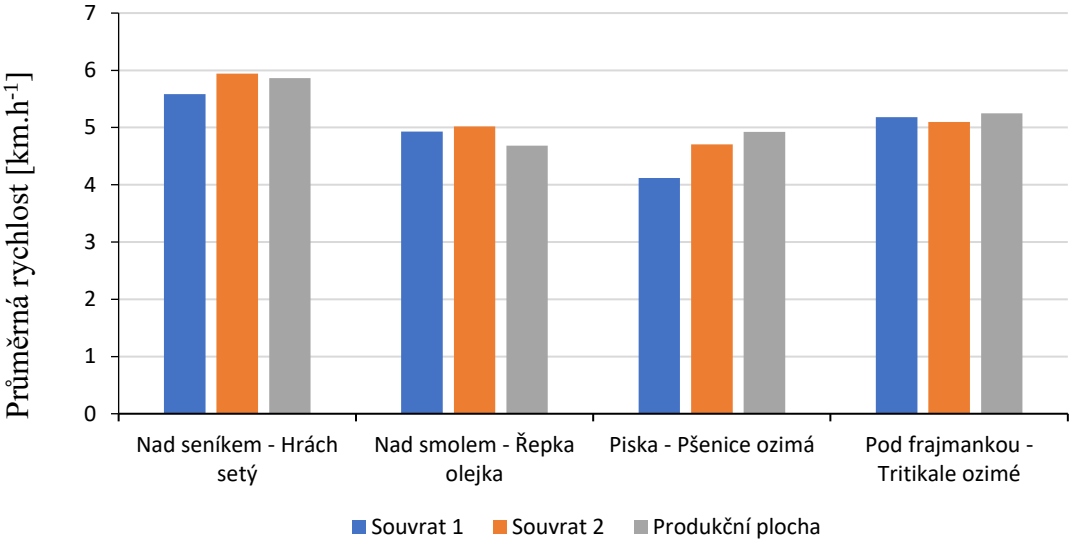
Po porovnání pozemků a jejich jednotlivých zón, můžeme z obrázku č. 31 vyčíst, že z hlediska výnosů jsou zde patrné výrazné rozdíly. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány na produkční ploše, takřka u všech pozemků. Výjimkou zde je pozemek Nad seníkem, kde byl výnos na produkční ploše výrazně nejnižší oproti souvratím. Obecně ale můžeme říci, že souvratě 1 mají nejnižší výnos, souvratě 2 vyšší, avšak produkční plochy dosáhly výrazně vyšších výnosů, něž souvratě.




*Obrázek č. 32: Porovnání průměrných výnosů sklizeného materiálu.*

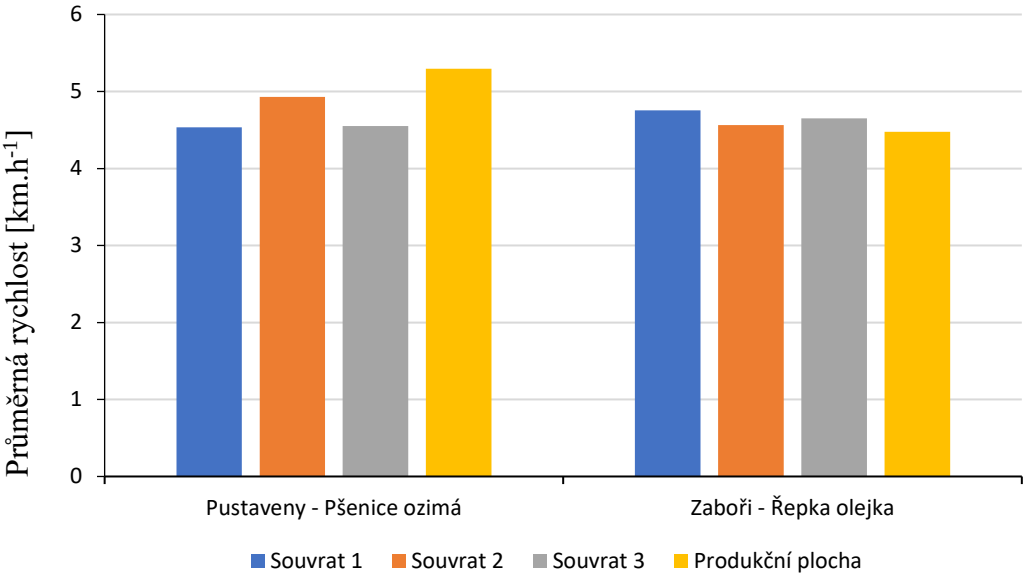
Na obrázku č. 32 můžeme vidět, že nejnižší výnos byl opět zjištěn u souvratě 1, je zde nutné ovšem podotknout, že na pozemku Pustaveny byl nejnižší výnos u souvratě 2, avšak rozdíl mezi souvratí 1 a souvratí 2 není tak extrémní. Nejvyšší výnos byl opět zjištěn u produkčních ploch, rozdíl oproti souvrati 1 byl v obou případech extrémní. Musíme zde, ale zdůraznit pozemek Pustaveny, na kterém byl nejvyšší výnos zaznamenán na souvrati 3, tato souvrať je diskutabilní. Není tolik vystavená intenzivním přejezdům a nachází se poměrně ve značné vzdálenosti od okraje pole, tudíž zde je nutné uvažovat, nad zařazením této souvratě do produkční plochy.

## 6.3 Režim práce sklizecí mlátičky



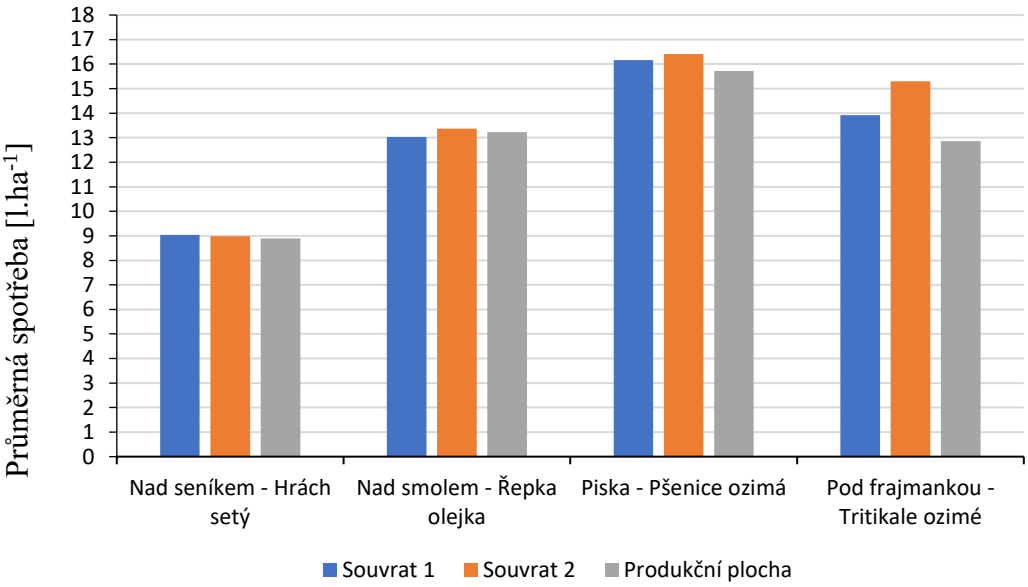

*Obrázek č. 33: Porovnání průměrné rychlosti sklizecí mlátičky při sklizni.*

Z obrázku č. 33 je patrné, že průměrná rychlost sklizecí mlátičky při sklizni byla téměř totožná na celém pozemku, u všech námi posuzovaných. Nižší rychlost u souvratí 1 může být zdůvodněna faktem, že se jedná o první jetí, kdy obsluha zdá zvýšené opatrnosti z důvodu obsekávání pole.




*Obrázek č. 34: Porovnání průměrné rychlosti sklizecí mlátičky při sklizni.*

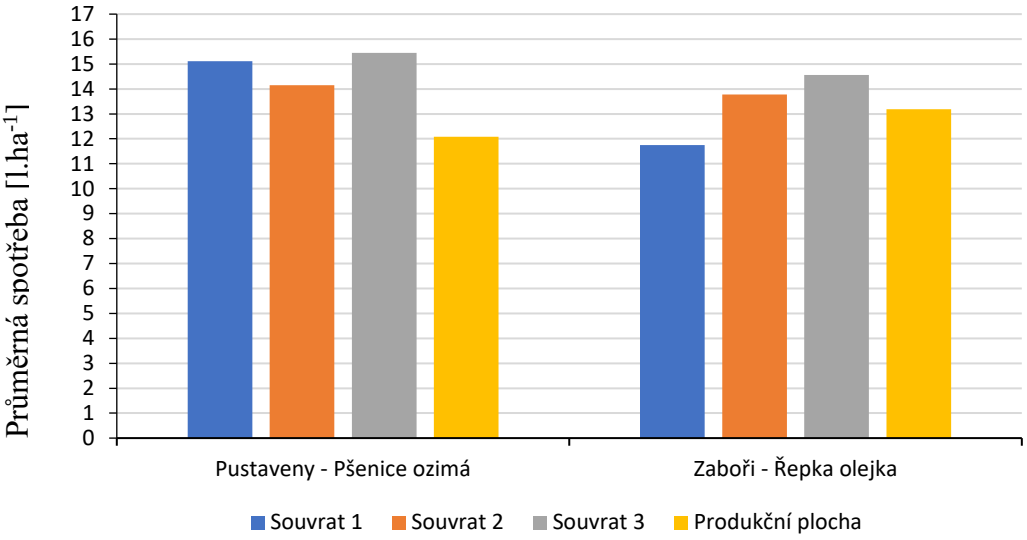
Porovnáním rychlosti sklizecí mlátičky při sklizni, můžeme na obrázku č. 34 vidět výrazný rozdíl mezi souvratí 1 a produkční plochou u pozemku Pustaveny. Nízká pojezdová rychlost u souvratě 1 může být způsobena tím, že se jedná o obsek pole a obsluha mlátičky dbá zvýšené opatrnosti z důvodu výskytu možných překážek.




*Obrázek č. 35: Porovnání průměrné spotřeby paliva.*

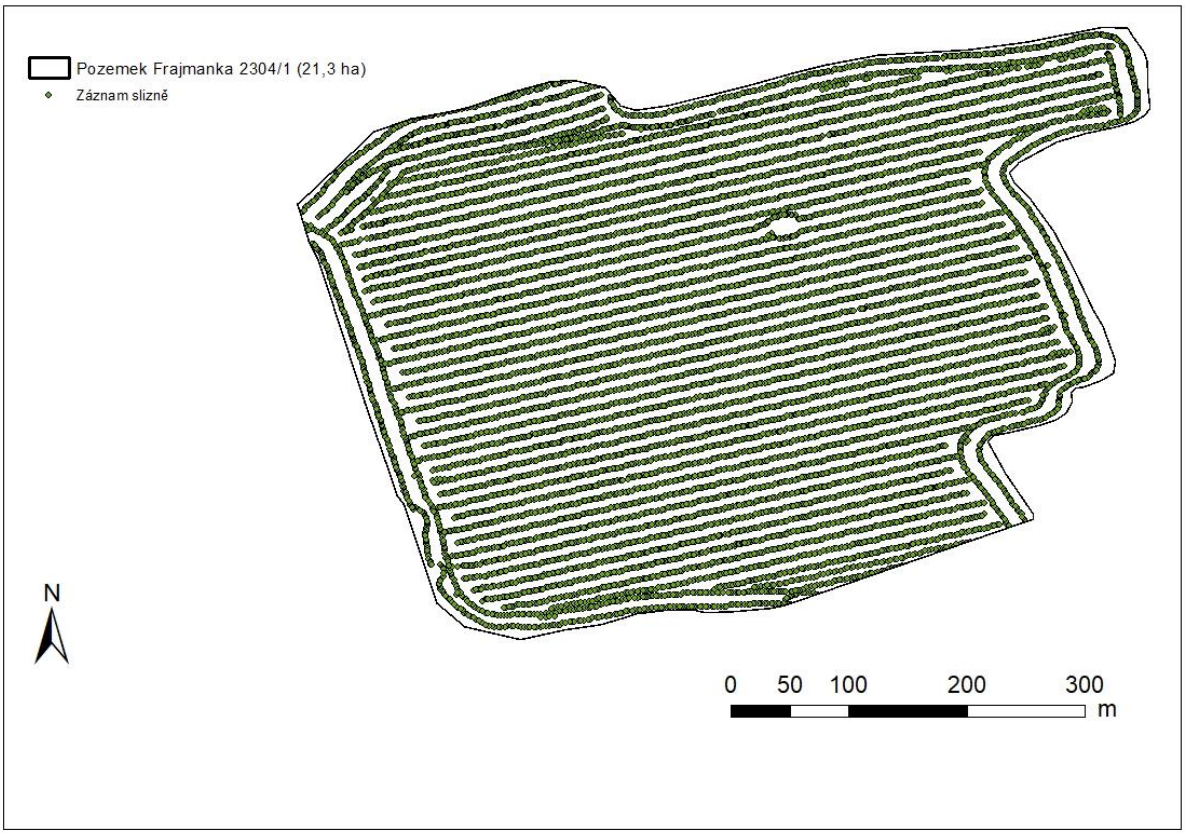
Z obrázku č. 35 můžeme vyčíst, že při porovnání spotřeb paliva nebyly mezi jednotlivými zónami půdních bloků výrazné rozdíly. Výrazné rozdíly ve spotřebě paliva jsou

při porovnání jednotlivých plodin, avšak toto porovnání není předmětem této diplomové práce.



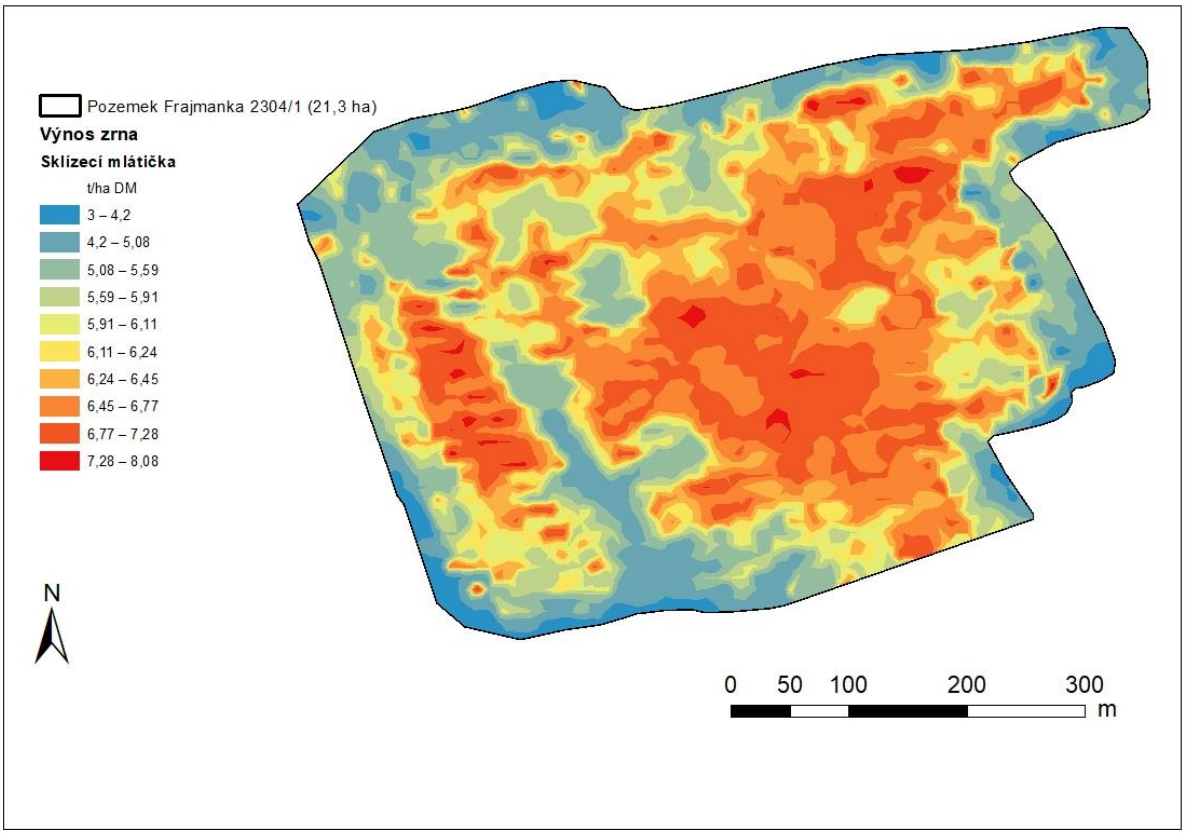

*Obrázek č. 36: Porovnání průměrné spotřeby paliva.*

Při porovnání průměrné spotřeby paliva můžeme z obrázku č. 36 vyčíst, rozdíly mezi jednotlivými pozorovanými zónami půdního bloku. Výrazný rozdíl mezi produkční plochou, kde byla průměrná spotřeba nižší a souvratí 1, kde byla průměrná spotřeba vyšší můžeme pozorovat u pozemku Pustaveny, kde byla sklízena pšenice ozimá. U pozemku Záboří, můžeme taktéž sledovat rozdíly, avšak opačného charakteru, kdy u souvratě 1 byla spotřeba nižší, než u produkční plochy.



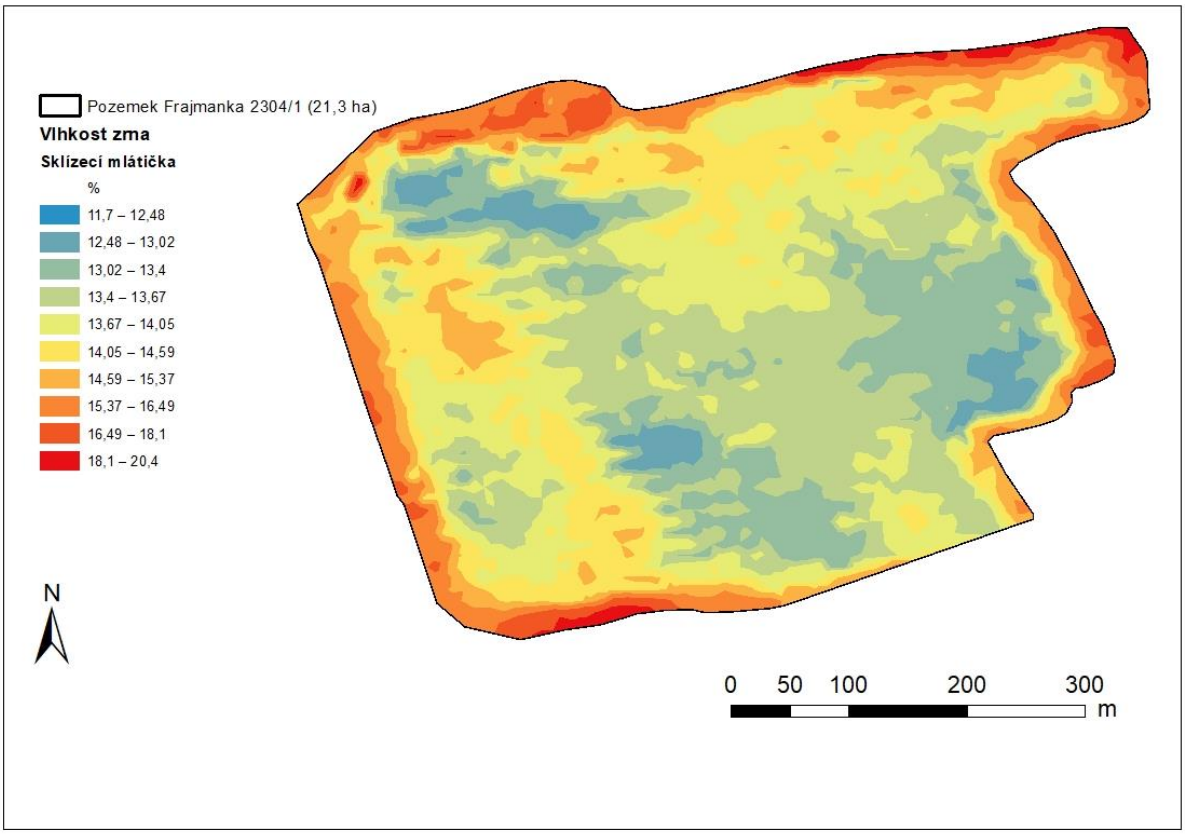

*Obrázek č. 37: Mapa záznamu sklizně pozemku Pod Frajmankou.*

Na obrázku č. 37 můžeme vidět záznam sklizně, ze záznamu je patrné, že hodnocená data byla ucelená. Na pozemku nedošlo k žádnému vypadnutí přenosu dat.



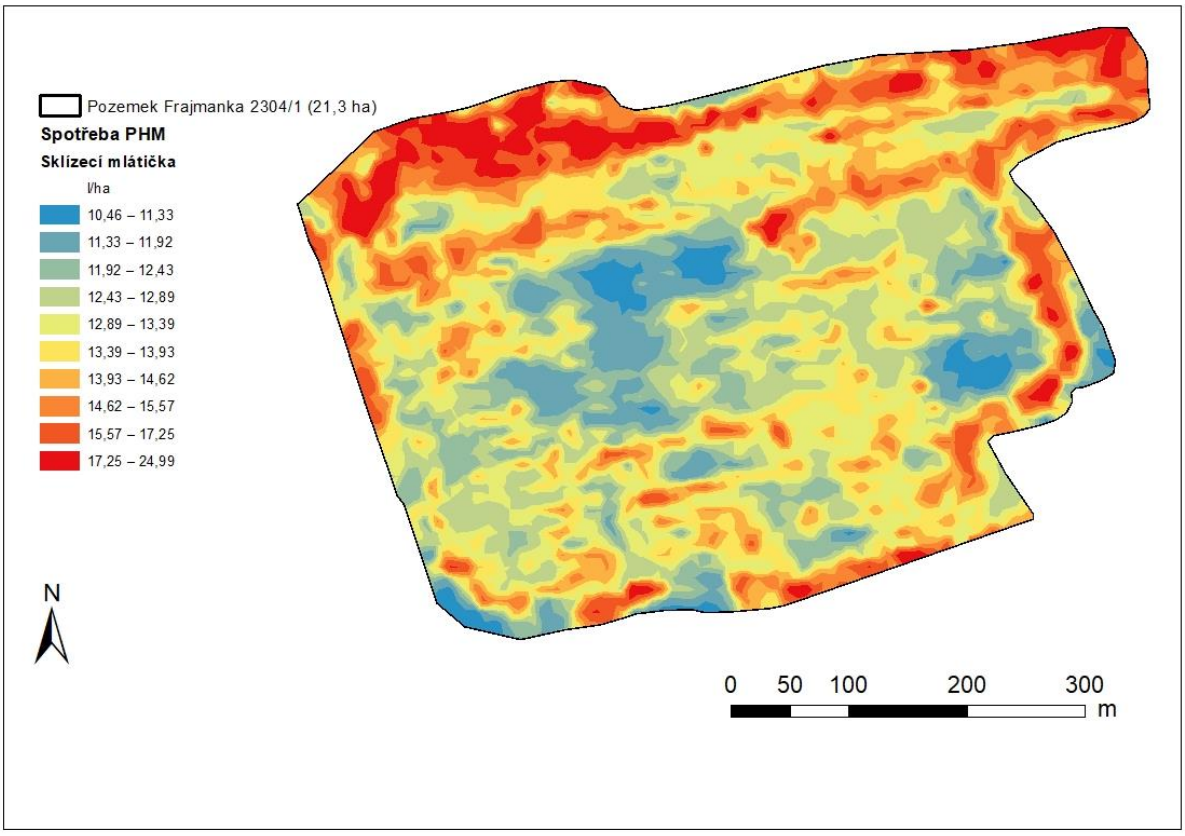

*Obrázek č. 38: Mapa výnosu sklizeného zrna, pozemek Pod Frajmankou.*

Při pohledu na obrázek č. 38, můžeme vidět mapu výnosu zrna. Z mapy je patrné, že nejvyšší výnos, byl dosažen na produkční ploše. Oproti tomu na souvratích zatížených intenzivními přejezdy je výnos znatelně nižší. Z legendy obrázku č. 38 je patrné, že nejvyšší výnos reprezentují odstíny červené barvy, naopak nejnižší výnos odstíny modré barvy.



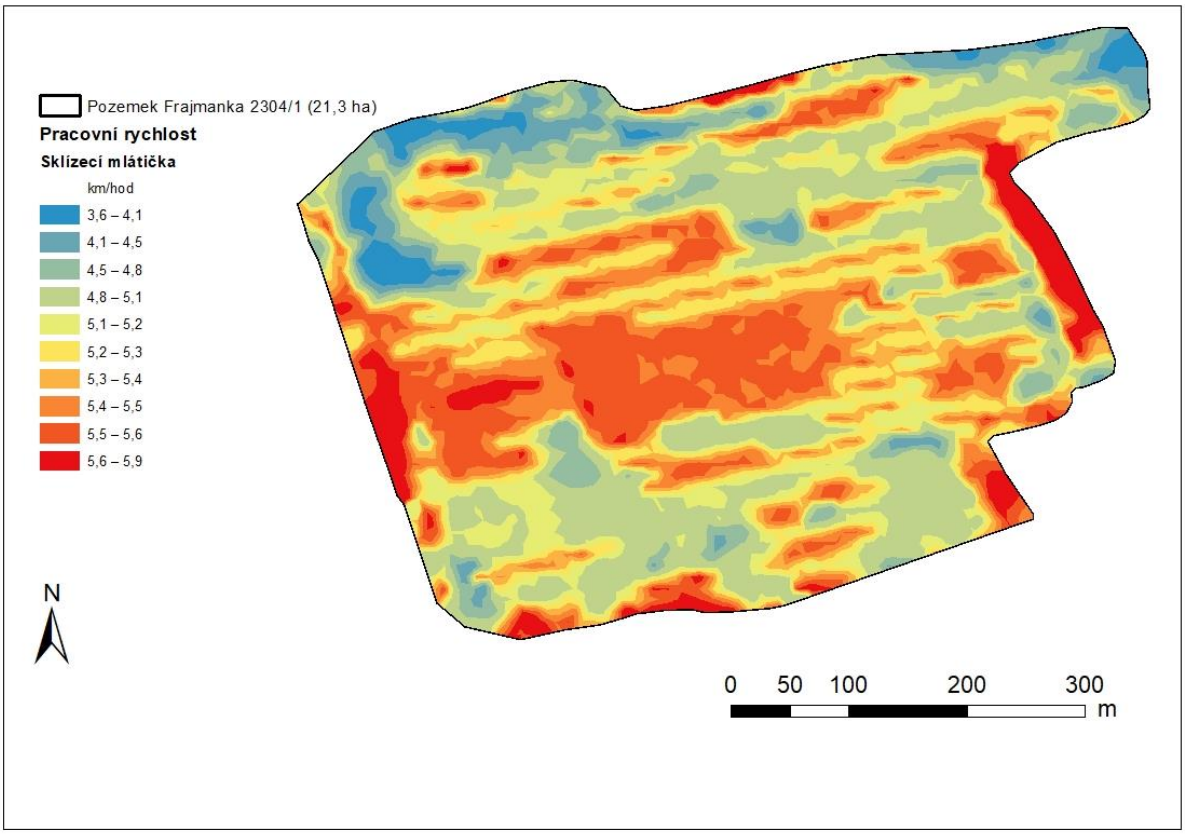

*Obrázek č. 39: Mapa vlhkosti sklizeného zrna, pozemek Pod Frajmankou.*

Při hodnocení vlhkosti sklizeného zrna, můžeme z obrázku č. 39 vidět, že nejnižší vlhkost mělo zrno sklizené z produkční plochy, tato vlhkost je ideální pro skladování. Naopak nejvyšší vlhkost zrna byla zaznamenána u souvratí, zde je nutné podotknout, že u takto vlhkého zrna je nutné zvážit, zda nebude nutná další posklizňová úprava vlhkosti.




*Obrázek č. 40: Mapa spotřeby paliva sklizecí mlátičky New Holland CR 9.90 při sklizni, pozemek Pod Frajmankou.*

Obrázek č. 40 demonstruje průběh spotřeby paliva při sklizni. Můžeme zde vidět, že nejvyšší spotřeba paliva byla na souvratích, a také lokálně na produkční ploše. Nejvyšší spotřebu na mapě zastupují odstíny červené barvy. Naopak nejnižší spotřeba byla zaznamenána na produkční ploše, tuto spotřebu znázorňují odstíny modré barvy.

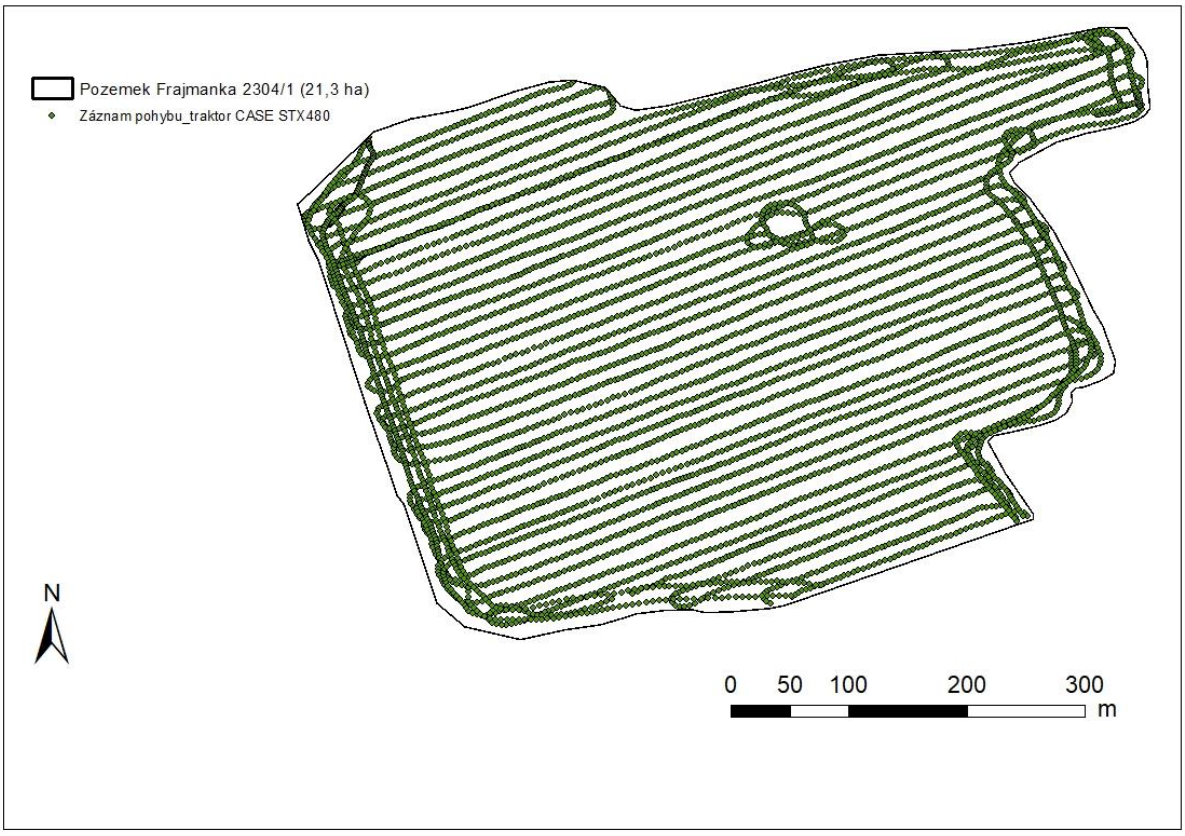



*Obrázek č. 41: Mapa pracovní rychlosti sklizecí mlátičky New Holland CR 9.90, pozemek Pod Frajmankou.*

Pracovní rychlost sklizecí mlátičky (na obrázku č. 41) byla nejvyšší v místech produkční plochy ale i na souvratích, kdy došlo k sečení roviny při obsekávání. Nejnižší pracovní rychlosti dosahovala sklizecí mlátička při obsekávání pozemku, při sečení tvarově složitějších částí pozemku.

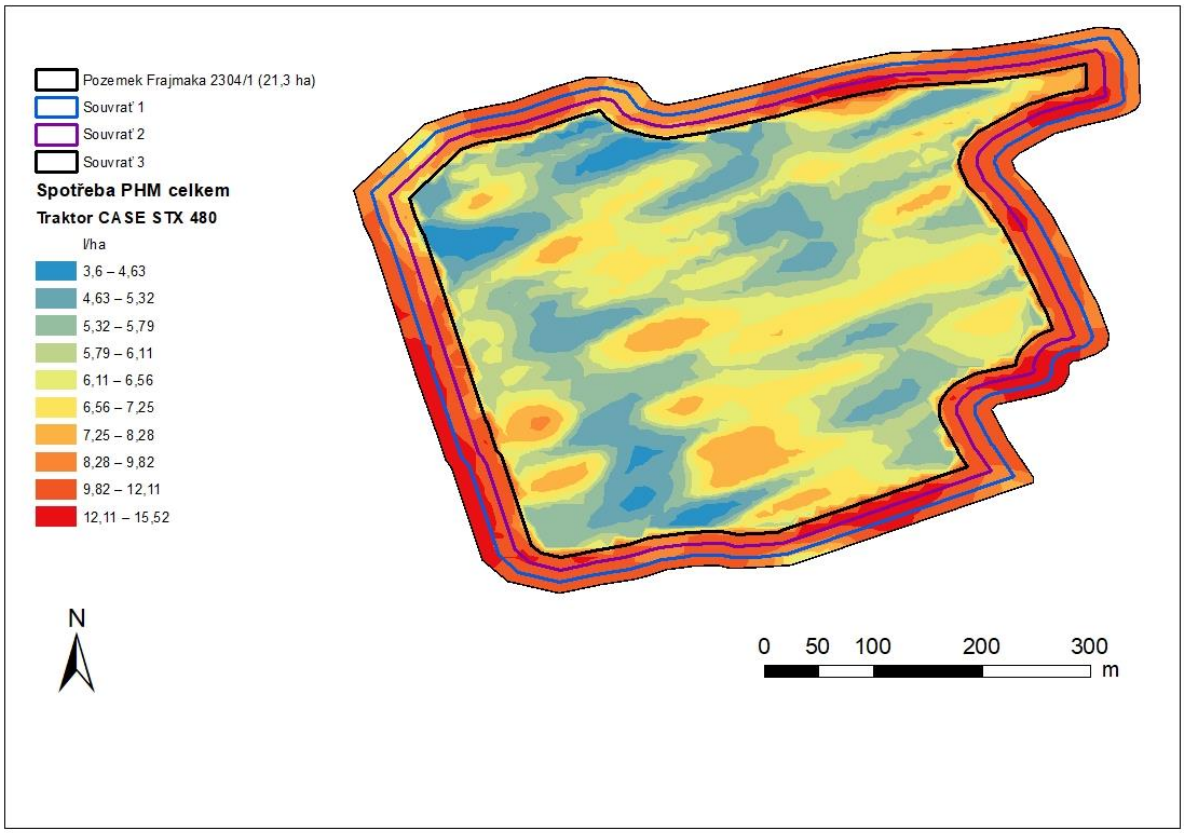
Podle definic Marshall (2004) nebo Oksanen (2007) představuje souvrať oblast okraje pole, ve které dochází k většině otáčení zemědělských strojů. Na problematické ukazatele stavu půdy nebo výnosu plodin poukazuje Ehlers a Goss (2016), Bochtis a Vougioukas (2008) nebo Chamen a kol. (2015).

K obdobným výsledkům, které naznačují nižší výkonnost souvrať ových ploch dospěl ve své práci také Ward a kol. (2020a). Ve své práci uvádějí, že výnosová data se lišilav závislosti na zóně odběru vzorku, regionu a struktuře půdy. U všech tří sledovaných plodin byly zaznamenány významné ($P<0,001$) výnosové rozdíly mezi oblastí otoček a hlavní produkční plochou. Výnosy ozimého ječmene byly v zóně otoček sníženy o 1,3 [$t.ha^{-1}$] oproti hlavní ploše části, zatímco jarní ječmen a ozimá pšenice měly mezi těmito dvěma polními zónami snížení výnosů o 2,08 a 4,04 [$t.ha^{-1}$].



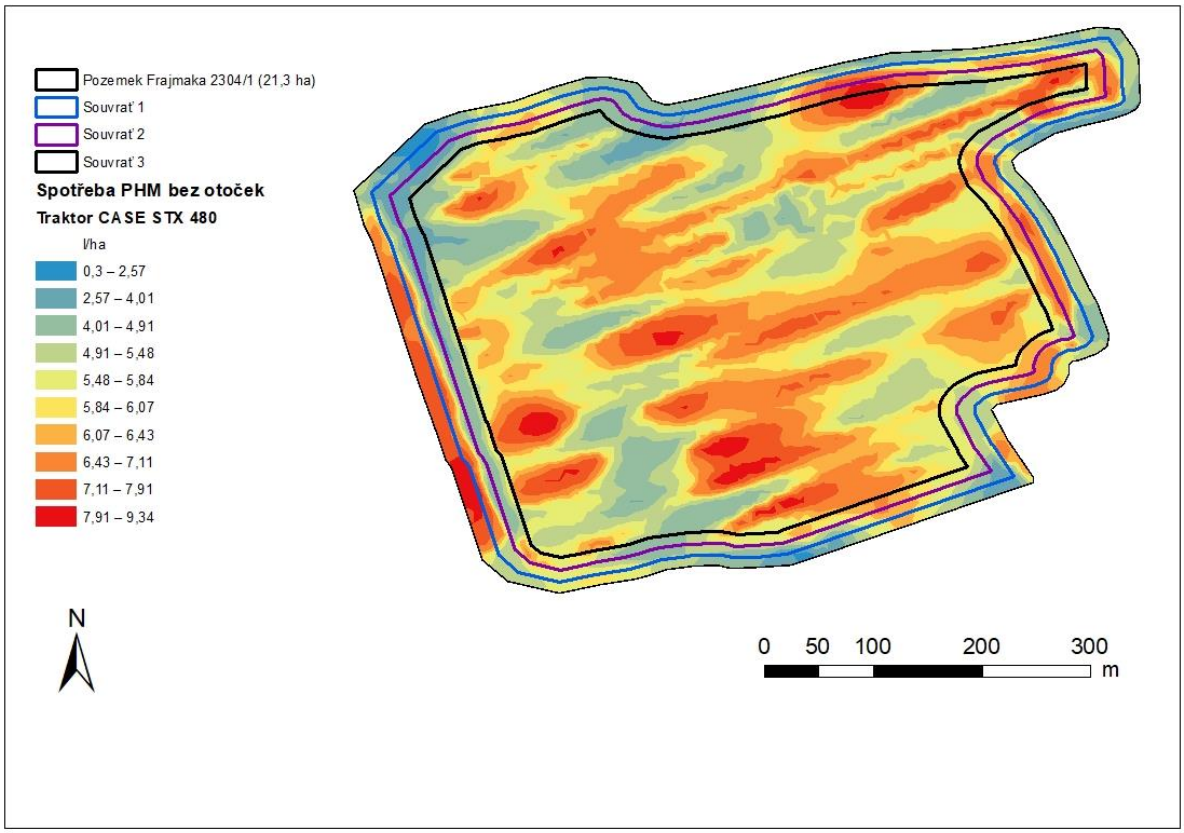

*Obrázek č. 42: Mapa záznamu pohybu traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky.*

Při pohledu na obrázek č. 42 můžeme vidět, záznam pohybu traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky. Traktor byl agregován s talířovým podmítačem Vaderstadt Carrier 1225, o pracovním záběru 12,25 m. Na obrázku č. 42 můžeme vidět, že data jsou ucelená a pozemek je celý pokrytý záznamy. Nedošlo zde k žádnému výpadku přenosu dat.



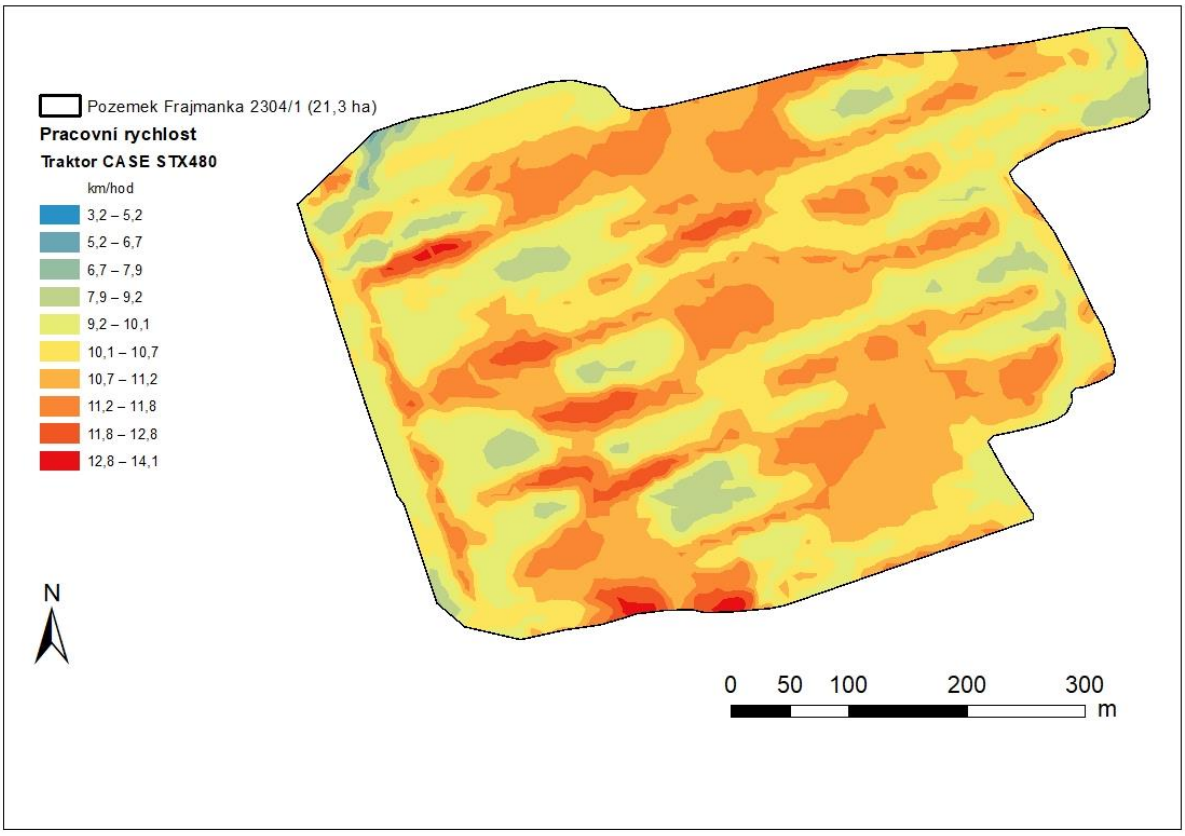

*Obrázek č. 43: Mapa spotřeby paliva traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky, i se započítanými otočkami na souvratích.*

Spotřebu PHM demonstruje obrázek č. 43, na kterém je vidět průběh spotřeby paliva traktoru Case STX480 při provádění mělké podmítky. Na souvratích můžeme vidět extrémní nárůst spotřeby, avšak nesmíme zapomínat, že tato mapa vykresluje spotřebu paliva i s otočkami soupravy na souvrati. Tyto otáčky nám v konečném důsledku rapidně zvyšují konečnou hodnotu spotřeby paliva na obdělávání souvratí.



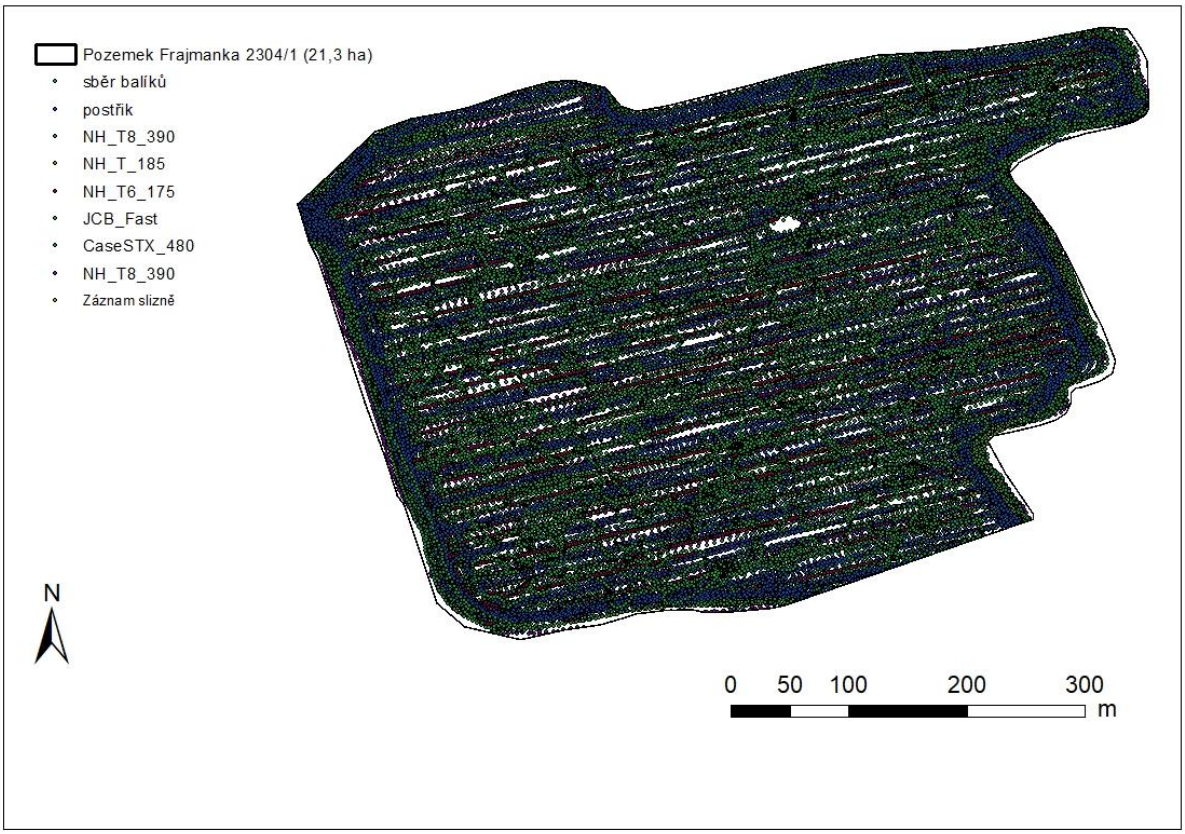

*Obrázek č. 44: Mapa spotřeby paliva traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky.*

Při hodnocení mapy spotřeby paliva očištěnou o otočky na souvratích, kterou demonstruje obrázek č. 44, můžeme vidět, že hodnoty spotřeby paliva na souvratích jsou rapidně nižší oproti hodnotám na obrázku č. 43. Můžeme tedy říci, že obrázek č. 44 reprezentuje čistě spotřebu paliva potřebnou na obdělávání půdy. Spotřeba paliva na souvratí 1 ve spodní části pozemku je vysoká, takto vysoká. Tato spotřeba je zřejmě zapříčiněna opakovanými dlouhodobými přejezdy zemědělské techniky, která se v těchto místech otáčí při obhospodařování pozemku. Tento jev se vyskytuje i v dalších částech pozemku, avšak je více patrný na souvrati 2. Při pohledu na souvrať 3 si lze povšimnout, nízké spotřeby paliva. Tato nízká hodnota je způsobena opakovaným obděláním této plochy, nejdříve při zpracování produkční plochy po-té při zpracování souvratí. Místa s nárůstem spotřeby paliva se vyskytují i na produkční ploše, tyto nárůsty mohou způsobovat např. lokální ložiska zhutnělé půdy, nebo také heterogenita půdy. Lokální ložiska zhutnělé půdy mohou reprezentovat např. kolejové řádky pro postřikovač, nebo také vyjeté koleje při aplikaci např. organických hnojiv za deštivého počasí z let minulých.



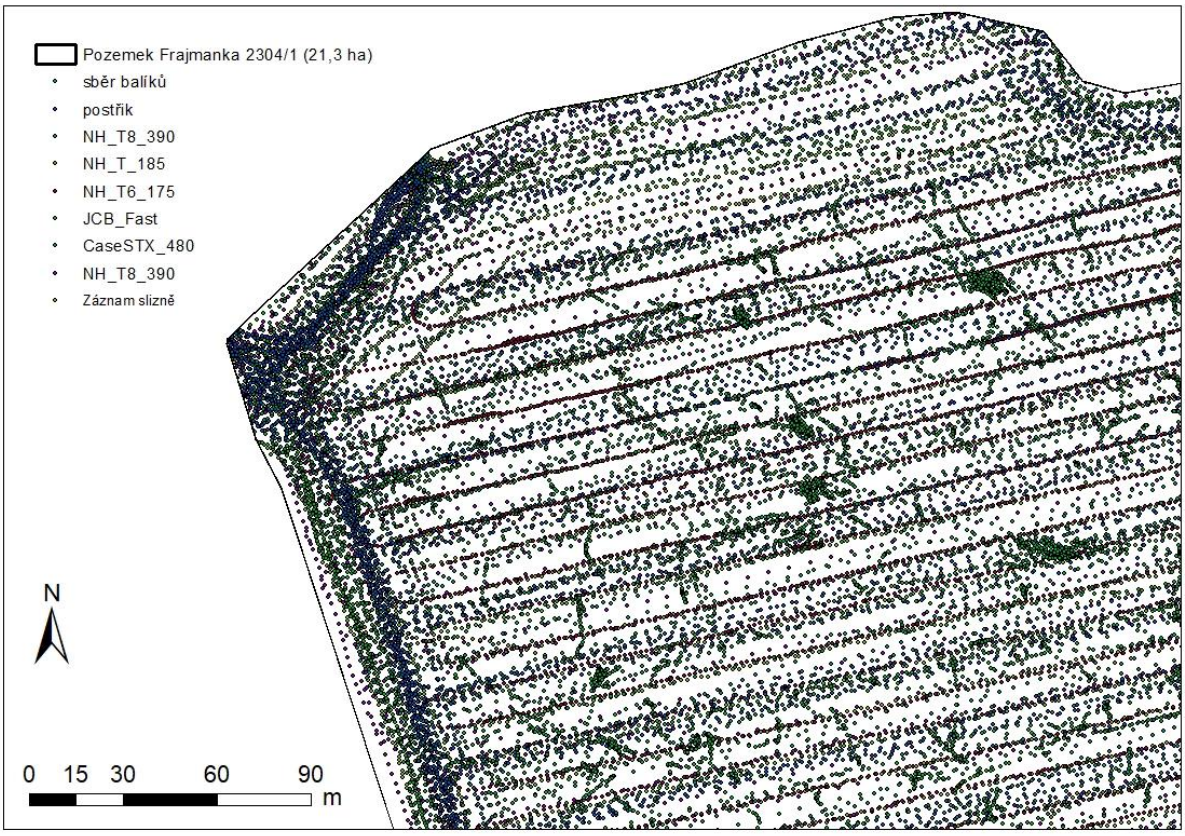

*Obrázek č. 45: Mapa pracovní rychlosti traktoru Case STX480 při provádění mělké podmítky.*

Hodnocení pracovní rychlosti zemědělské soupravy nám znázorňuje obrázek č. 45, na kterém můžeme pozorovat, že nejvyšší pracovní rychlosti souprava dosahovala na produkční ploše pozemku. Naopak nejnižší pracovní rychlosti souprava dosáhla na souvratích, zde je ale nutné podotknout, že pracovní rychlost mohla být výrazně ovlivněna obsluhou soupravy. Při nižší rychlosti může obsluha více sledovat a dbát vyšší pozornosti při obdělávání souvratí, potažmo okraje pozemku.



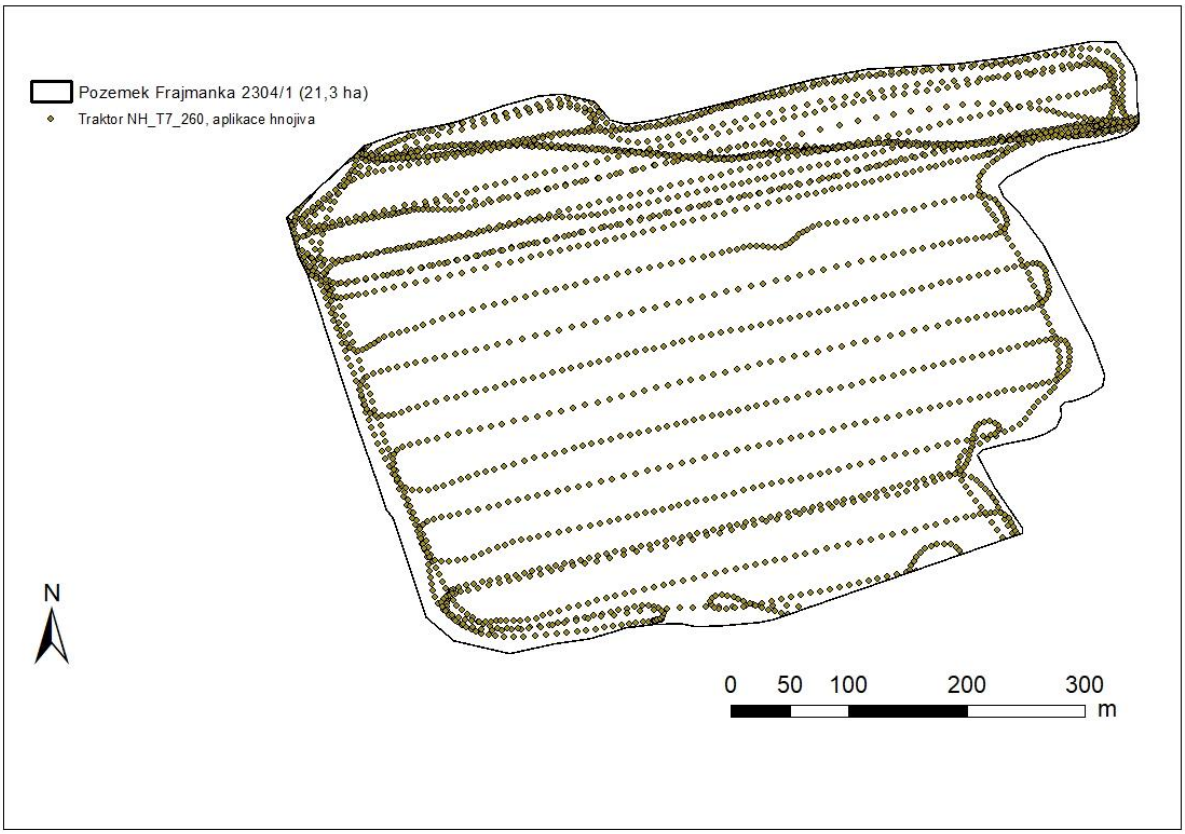

*Obrázek č. 46: Mapa všech přejezdů zemědělské techniky v sezóně 2019.*

Počet všech přejezdů zemědělské techniky v sezóně 2019, na pozorovaném pozemku Pod Frajmankou nám znázorňuje obrázek č. 46. V legendě obrázku č. 46 jsou patrné pracovní operace provedené na tomto pozemku. Tyto operace začínají mělkou podmítkou a končí vlastní sklizní zrna a jeho odvozem z pozemku.



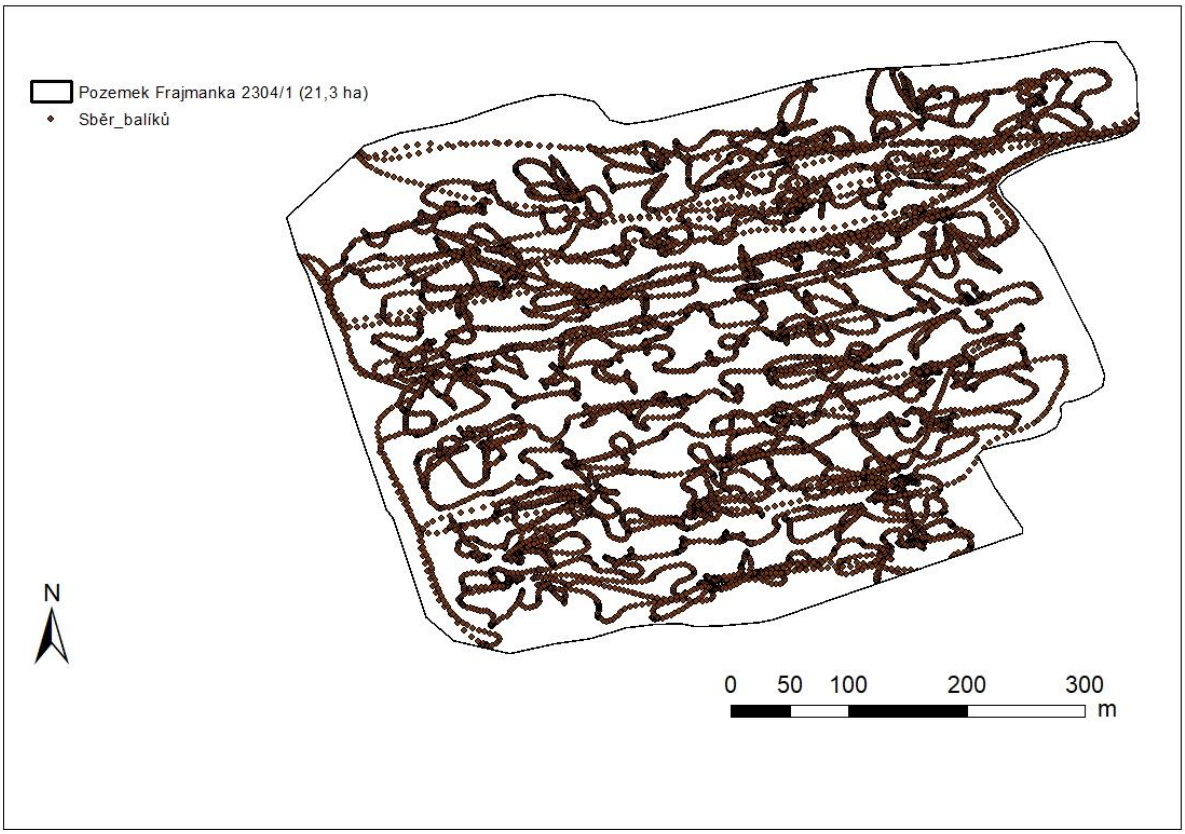

*Obrázek č. 47: Detailní záběr mapy všech přejezdů zemědělské techniky v sezóně 2019.*

Při pohledu na obrázek č. 47 můžeme vidět detailní záběr přejezdů, které jsme mohli vidět v obrázku č. 46. Při pohledu na souvrať pozemku, jsou patrné intenzivní přejezdy a opakované přejezdy této souvratě. Na produkční ploše jsou patrná místa, která nebyla zasažena přejezdy, těchto míst je ovšem velice málo. Podle Sparkes et al., 1998a a Sparkes et al., 1998b lze souvrať Souvrať lze dále rozdělit na „plochy intenzivních otoček“ a „souvrať bez intenzivního otáčení“. K většině manévrů strojů dochází na souvratích, které mohou vést k poškození struktury půdy a potenciální ztrátě plodin. Oblasti na poli a přechodové souvratě měly tendenci poskytovat lepší ukazatele kvality půdy a lepší užitkovost ploch než oblasti okraje pole a oblasti otáčení pro všechny tři plodiny (ozimý a jarní ječmen a ozimá pšenice). I když tyto korelace nejsou nijak zvlášť silné, dopad zón na strukturu půdy a výnos plodin pro všechny různé typy plodin ukazuje na horší parametry struktury půdy a nižší výnos plodin, kde je provoz větší, když porovnáme pásmo obratu s hlavní produkční plochou (Ward a kol. 2021).




*Obrázek č. 48: Mapa záznamu pohybu traktoru New Holland T7.260 při aplikaci průmyslových hnojiv.*

Pracovní jízdy zemědělské soupravy aplikující průmyslová hnojiva znázorňuje obrázek č. 48, tato souprava aplikovala průmyslová hnojiva v pracovním záběru 24 m.




*Obrázek č. 49: Mapa záznamu pohybu zemědělské techniky při sběru balíků.*

Velice zajímavý pohyb zemědělských souprav při práci lze vidět na obrázku č. 49, na kterém můžeme vidět jízdy zemědělských souprav při sběru balíků. Tyto velice chaotické jízdy mají velice negativní vliv na zhutnění půdy, z důvodu nedodržení trajektorie jízdy způsobené chaotickými jízdami po pozemku.

| **Popisky řádků** | **Průměrná vlhkost [%]** | **Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$]** | **Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$]** | **Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$]** |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 7,74$^{a}$ | 3,87$^{a}$ | 4,93$^{a}$ | 13,03$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 7,54$^{b}$ | 3,86$^{a}$ | 5,02$^{b}$ | 13,37$^{b}$ |
| Produkční plocha | 6,54$^{c}$ | 4,44$^{b}$ | 4,69$^{c}$ | 13,22$^{b}$ |

*Tabulka č. 5: Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Nad smolem – Řepka olejka.*

| Popisky řádků | Průměrná vlhkost [%] | Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$] | Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$] | Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 14,51$^{a}$ | 4,71$^{a}$ | 4,12$^{a}$ | 16,17$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 14,52$^{a}$ | 5,26$^{b}$ | 4,71$^{b}$ | 16,41$^{a}$ |
| Produkční plocha | 12,93$^{b}$ | 6,15$^{c}$ | 4,92$^{c}$ | 15,72$^{b}$ |

*Tabulka č. 6: Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Piska – Pšenice ozimá.*

| Popisky řádků | Průměrná vlhkost [%] | Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$] | Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$] | Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 16,53$^{a}$ | 4,60$^{a}$ | 5,18$^{a}$ | 13,92$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 14,99$^{b}$ | 5,36$^{b}$ | 5,10$^{b}$ | 15,30$^{b}$ |
| Produkční plocha | 13,68$^{c}$ | 6,39$^{c}$ | 5,25$^{c}$ | 12,86$^{c}$ |

*Tabulka č. 7: Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Pod Frajmankou – Tritikale ozimé.*

Při hodnocení výsledků obsažených v tabulkách č. 5 – 7 lze říci, že existuje statisticky významný rozdíl mezi Souvratěmi a Produkční plochou. Při hodnocení průměrné vlhkosti, můžeme říci, že nejnižší statisticky významná vlhkost byla zjištěna u Produkční plochy. Sklizené zrno z produkční plochy u všech třech pozemků dosahovalo optimální vlhkosti pro skladování, naopak u zrna sklizeného ze souvratě 1 je žádoucí další posklizňová úprava vlhkosti zrna. Taktéž u souvratě 2 je u těchto tří pozemků žádoucí úprava vlhkosti zrna z důvodu skladování. Významné statistické rozdíly jsou u průměrného výnosu, kdy produkční plocha dosáhla u těchto tři pozemků výrazně vyššího výnosu oproti souvratím. Tento rozdíl se výrazně promítne do konečné rentability.

Vyšší vlhkost sklizeného zrna na souvratích může být zapříčiněna vyšší koncentrací přejezdů, z tohoto důvodu jsou souvratě více zamokřené a dochází ke zmlazování rostlin. Taktéž zde může významnou roli hrát stres rostlin.

| Popisky řádků | Průměrná vlhkost [%] | Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$] | Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$] | Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 13,51$^{a}$ | 5,29$^{a}$ | 4,53$^{a}$ | 15,12$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 13,02$^{a}$ | 5,06$^{b}$ | 4,93$^{b}$ | 14,14$^{b}$ |
| Souvrať 3 | 12,28$^{c}$ | 6,20$^{c}$ | 4,55$^{a}$ | 15,45$^{a}$ |
| Produkční plocha | 14,59$^{d}$ | 5,83$^{d}$ | 5,29$^{c}$ | 12,08$^{c}$ |

*Tabulka č. 8: Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Pustaveny – Pšenice ozimá.*

| Popisky řádků | Průměrná vlhkost [%] | Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$] | Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$] | Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 7,00$^{a}$ | 3,04$^{a}$ | 4,76$^{a}$ | 11,75$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 6,17$^{b}$ | 3,62$^{b}$ | 4,56$^{b}$ | 13,78$^{b}$ |
| Souvrať 3 | 6,52$^{c}$ | 3,70$^{b}$ | 4,65$^{b}$ | 14,56$^{c}$ |
| Produkční plocha | 5,66$^{c}$ | 4,07$^{c}$ | 4,48$^{c}$ | 13,18$^{d}$ |

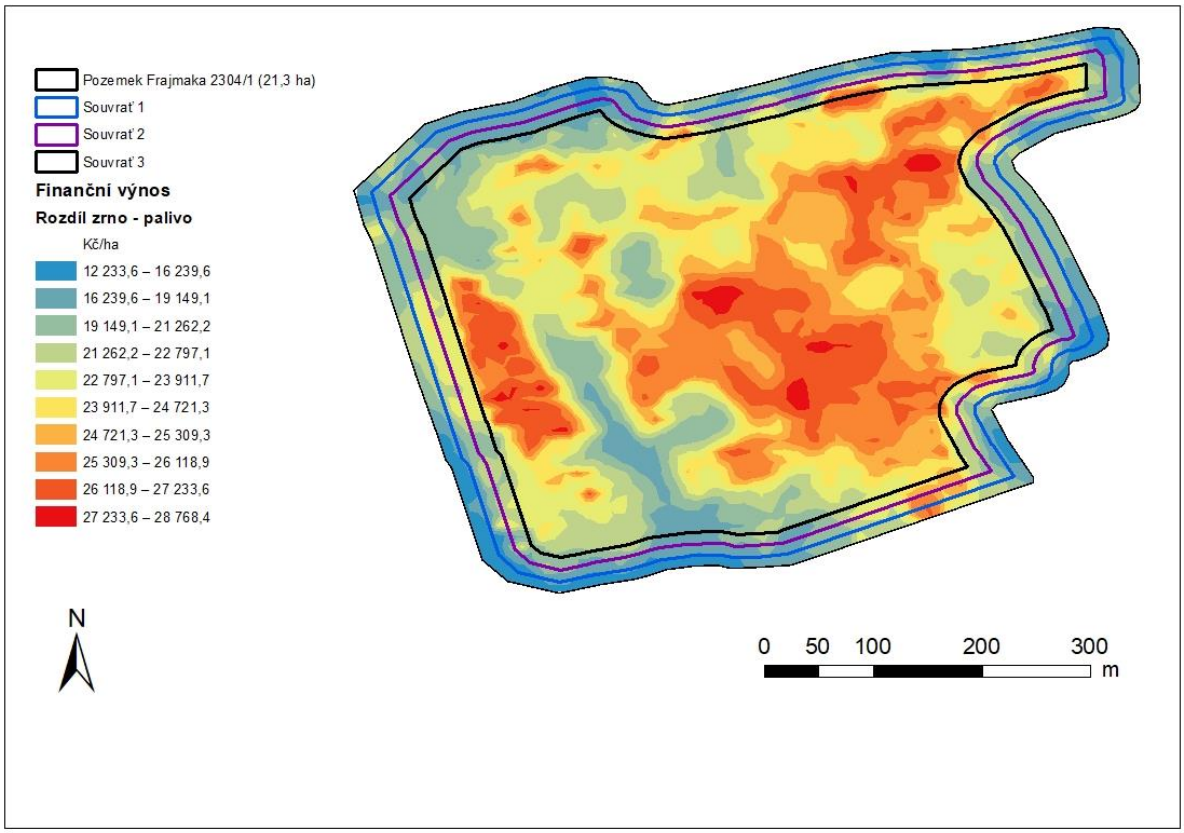
*Tabulka č. 9: Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Záboří – Řepka olejka.*

Tabulky č. 9 a 8 znázorňují výsledky pozemků, které disponovaly i souvratí 3. Obecně můžeme říci, že mezi jednotlivými zónami existuje statisticky významný rozdíl u posuzovaných parametrů. Opět se projevuje výrazný rozdíl v průměrném výnose. Z výsledků je patrné, že produkční plocha dosáhla řádově o dost vyššího výnosu oproti souvratím. Je zde, ale nutné zdůraznit že souvrať 3 už částečně spadá do produkční plochy, tato souvrať není tak intenzivně zatěžována přejezdy, tudíž výnosový rozdíl oproti produkční ploše se tolik neliší.

| Popisky řádků | Průměrná vlhkost [%] | Průměrný výnos [t.ha$^{-1}$] | Průměrná rychlost [km.h$^{-1}$] | Průměrná spotřeba [l.ha$^{-1}$] |
|---|---|---|---|---|
| Souvrať 1 | 11,37$^{a}$ | 3,46$^{a}$ | 5,58$^{a}$ | 9,04$^{a}$ |
| Souvrať 2 | 11,37$^{a}$ | 3,45$^{a}$ | 5,94$^{b}$ | 8,98$^{a}$ |
| Produkční plocha | 12,45$^{b}$ | 2,89$^{b}$ | 5,86$^{c}$ | 8,90$^{a}$ |

*Tabulka č. 10 Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Nad seníkem – Hrách setý.*

Z tabulky č. 10 můžeme vyčíst hodnoty ze sklizně pozemku Nad seníkem, kde byl sklízen Hrách setý. Z výsledků je patrný statisticky významný rozdíl mezi porovnávanými zónami. U tohoto pozemku se projevil opačný efekt, kdy naopak u souvratí byl prokázán výrazně vyšší výnos oproti produkční ploše. Zrno sklizené ze souvratí mělo i menší vlhkost oproti zrnu sklizeného z produkční plochy. Obecně lze říci, že u tohoto pozemku dosáhly souvratě lepších výsledků oproti produkční ploše, i za předpokladu, že jsou vystaveny intenzivním přejezdům a zhutnění. Na tento aspekt mohl mít např. vliv ročníku, heterogenita pozemku, vliv předplodiny atd. Pro zjištění důsledků tohoto aspektu, by bylo vhodné další podrobné zkoumání tohoto pozemku.

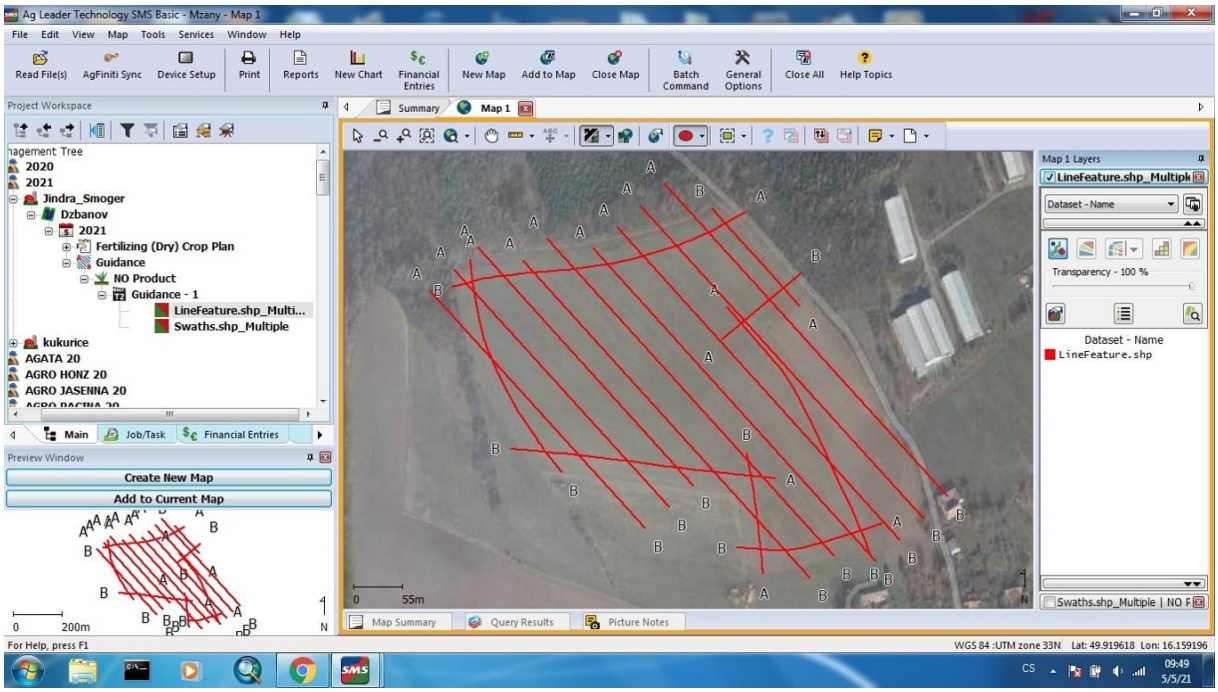



*Obrázek č. 50: Mapa finančního výnosu pozemku Pod Frajmankou.*

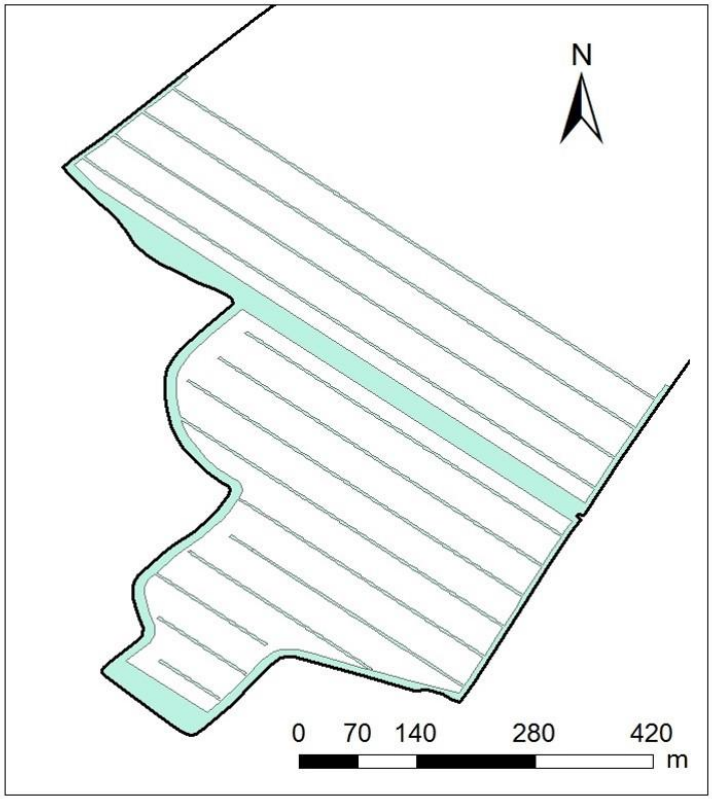
Pro finanční hodnocení jednotlivých částí půdního bloku nám bude sloužit obrázek č. 50 jenž nám tento výnos reprezentuje. Finanční výnos je stanoven početně, kdy od zisku z prodeje zrna je odečtena cena spotřebovaného PHM při sklizni. Zisk z prodeje zrna je stanoven početně vynásobením výnosu a průměrné výkupní ceny tritikále ozimého v tomto případě. Průměrná výkupní cena tritikále ozimého v roce 2019 byla 3900 [Kč.t$^{-1}$] (Witz, 2020). Cena spotřebovaného PHM při sklizni je stanovena vynásobením spotřeby PHM a průměrnou cenou motorové nafty v roce 2019. Průměrná cena motorové nafty v roce 2019 byla 32 [Kč.l$^{-1}$] (Kůst, 2021). Při hodnocení finančního výnosu souvratí lze říci, že souvratě obecně dosáhly nízkého výnosu hraničního s finanční rentabilitou těchto ploch. Naopak produkční plocha dosáhla vysokého finančního výnosu, je zde možné spatřit místa s extrémním finančním výnosem. Avšak je zde nutné podotknout, že od finančního výnosu nebyly odečteny celkové pěstební náklady, tudíž není možné stanovit celkový zisk, popřípadě ztrátu na těchto plochách. Po odečtení celkových pěstebních nákladů by bylo možné stanovit konečné ekonomické hledisko námi posuzovaných ploch.

## 6.4 Úvaha nad využitím souvratí

Na trhu je k dostání mnoho softwaru, které nám umožňují modelovat velikost a tvar pozemku. Jedním z těchto softwaru je i Ag Leader SMS, jehož prostředí můžeme vidět na obrázku č. 51. Na tomto obrázku můžeme názorně vidět možnosti tvorby pojezdových linií, které budou následně využity pro výsev ozelenění souvratí popřípadě kolejových řádků.




*Obrázek č. 51: Prostření softwaru Ag Leader SMS.*




*Obrázek č. 52: Modelový návrh ozelenění souvratí, kolejových řádků a možného dělení pozemku.*

Wards (2020b) uvádí několik kritérií, které ukazují na důvody snížení výkonnosti souvratí. Jedná se o pozemku okolní vegetací, vyšší tlak zaplevelení při nalétávání z okolní vegetace, výrazné navyšování přejezdů v souvislosti s otáčením souprav a s tím spojené vyšší riziko zhutnění a eroze, zvýšený tlak chorob a snížení kvality produkce. Na druhou stranu hrají souvratě významnou roli v podobě zón pro zadržování vody a odtoku vody z pozemků a s vhodným osetím také prostor pro podporu biodiverzity a environmentální přínos. Potřebu plánování k omezení počtu přejezdů a minimalizování přechodových pásem mezi souvratí a produkční plochou uvádí Plessen (2021).

Na obrázku č. 52 můžeme vidět modelový návrh případného ozeleněné souvratí a následného dělení pozemku. Světle modrá barva znázorňuje ozeleněná místa, v tomto případě se jedná o souvratě, kolejové řádky pro postřikovač a dělící pruh, který slouží k dělení pozemku. Taktéž tento pruh má výraznou funkci v případě výskytu vodní eroze, kdy tvoří přirozenou barieru a snižuje rychlost odtoku vody. Tyto stabilní ozeleněné plochy lze využívat jako místa, ze kterých se budou setrvale rozvíjet a šířit volně žijící organismy např. žížaly, baktérie, houby apod. Tyto plochy nám také pomohou zvýšit diverzifikaci plochy půdního bloku z hlediska rostlinného pokryvu. Taktéž nelze opomenout jejich vliv na krajinu

na její pestrost, ekologický a estetický efekt. Jak již bylo zmíněno ozelenění souvratí, popřípadě ozelenění dělících pruhů může výrazně snížit následky dopadu vodní eroze. Kdy v extrémních případech může na holé půdě docházet až ke smyvu půdy a jejím následným odplavením proudem vody. Ozelenění souvratí v tomto případě dává smysl zvláště u pozemků, které sousedí s pozemní komunikací, z důvodu zamezení případného odplavení půdy na pozemní komunikaci. Ozeleněné tyto části půdního bloku, mohou sloužit jako infiltrační zóny v porostech polních plodin. Taktéž nelze opomenout příznivý vliv těchto krajinných prvků na omezení a snížení rizik větrné eroze. Správné složení rostlinných druhů v této ozeleňovací směsi může výrazně zvýšit potravinovou nabídku pro opylovače, a zpřístupnit krajinu pro další volně žijící organismy.

Pro ozelenění těchto ploch je výhodné využit víceletý osev, jehož směs se bude skládat z více letých druhů rostlin např. Tolice vojtěšky, Jetele lučního atd., u těchto druhů lze očekávat výrazný vliv na stabilitu ploch. Stabilita ploch má výrazný vliv na rozvoj půdního edafonu a kořenového systému plodin vysetých na půdu. U těchto více letých druhů nelze opomenout ani zmenšení nákladů na osev ozelenění v porovnání s jednoletými osevy.

Díky těmto plochám a efektivního využívání principů precizního zemědělství a technologií smartfarming můžeme výrazně snížit negativní vliv zemědělství na životní prostředí. Taktéž nám pomohou zajistit stabilní produkci rostlinných produktů pro potravinářské a technické využití díky cílené segmentaci půdních bloků. Dále nám mohou pomoci snížit množství nežádoucích zplodin unikajících do ovzduší při zpracování půdy na souvratích, z důvodu zvýšené spotřeby paliva. V neposlední řadě vliv těchto ozeleňovacích prvků může mít vliv na zvýšení efektivity a využití zemědělské techniky při práci. Ozeleněné souvratě lze rovněž využít jako manipulační plochy pro otáčení zemědělské techniky, tento aspekt přispívá, k již zmíněné zvýšené efektivitě.

# 7. Závěr

V dnešní době musí zemědělci čelit různým výzvám a problémům. Pod těmito výzvami si lze představit rostoucí tlak na zvýšení ekologizace zemědělství, zvýšení efektivity výroby, zlepšení dopadů jejich činnosti na krajinu atd. Do skupiny problémů můžeme také zařadit rostoucí náklady. V posledních letech dochází ke každoročnímu zvýšení ceny průmyslových hnojiv, přípravků na ochranu rostlin, zemědělské techniky a pohonných hmot, dochází také k růstu mezd zaměstnanců.

Nové moderní zemědělské stroje jsou již ve svém základu osazeny nejmodernější technologií z oblasti telematiky, sběru a záznamu dat při provozu stroje. Tato data o provozu zemědělských strojů společně s využitím znalostí a principů precizního zemědělství nám mohou poskytnout jiný pohled na obhospodařovaný pozemek a samotnou činnost stroje.

Právě změna přístupu k obhospodařovanému pozemku by mohla být v brzké době jedna z možností, jak efektivně využívat průmyslová hnojiva, přípravky na ochranu rostlin, zvýšit efektivitu využití strojů a snížit dopad zemědělství na životní prostředí. Vytvoření krajinotvorných prvků např. ozelenění souvratí, kolejových řádků nebo dělících pruhů by vedlo ke zvýšení pestrosti krajiny, snížení dopadů větrné a vodní eroze, snížení případně i zastavení degradace půd, zvýšení ekologizace a podpoře rozvoje volně žijících organismů.

Z výsledků diplomové práce je patrné, že v tomto případě by ozelenění souvratí dávalo smysl, jelikož dosahují slabého výnosu a jejich finanční výnos oproti produkčním plochám je slabý. Musíme zde ale podotknout, že pro případné rozhodnutí, zda souvratě ozelenit, je nutné provést další mnohem podrobnější šetření, ve kterém je nutné kalkulovat se všemi vynaloženými pěstebními náklady.

Cílem této diplomové práce je také do jisté míry změnit náhled a přístup k obhospodařovanému pozemku s vizí lepšího estetického a ekologického rázu krajiny.

# 8. Seznam použitých zdrojů

AgriMachines - novinky. AgriMachines - zemědělské stroje se slevou 30 % - AgriMachines [online]. Copyright © 2020 [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: http://www.agrimachines.cz/aktuality?idz=106

Arvidsson J., Hakansson I. (1991): A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. Soil and Tillage Research, Volume 20, Issues 2–4, June 1991, 319-332.

Atlas AO_L diskový podmítač. Bednar FMT [online]. Praha: Bednar FMT s.r.o., 2021 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: https://www.bednar.com/atlas-ao_l/

Batey T. (2009): Soil compaction and soil management – a review. Soil Use and Management, 25, 335–345.

Beneš, P. Důsledky orby do stejné hloubky. Mechanizace zemědělství [online]. Praha: Profi press s.r.o, 2019 [cit. 2022-03-15]. Dostupné z: https://www.mechanizaceweb.cz/dusledky-orby-do-stejne-hloubky/

Beneš, P. Po sedmnácti letech přichází nástupce Rubinu. Agrima [online]. Žatec: Agrima Žatec s.r.o. 2018 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: https://www.agrima.cz/blog/po-sedmnacti-letech-prichazi-nastupce/

Beneš, P. Výhody orby on-land. Mechanizace zemědělství [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2019 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.mechanizaceweb.cz/vyhody-orby-on-land/

Bochtis, D. and Vougioukas, S. 2008. Minimising the non-working distance travelled by machines operating in a headland field pattern. Biosystems engineering, 101, 1-12.

Botta G.F., Tolon-Becerra A., Lastra-Bravo X., Tourn M. (2010): Tillage and traffic effects (planters and tractors) on soil compaction and soybean (Glycine max L.) yields in Argentinean pampas. Soil and Tillage Research, 110(1), 167-174.

Boxberger, J., Moitzi, G. 2008: Energieeinsatz in der LandwirtschaftimWandel, 7–16. In: Energieeffi zienteLandwirtschaft. KTBL - Vortragstagungvom 8. bis 9. April 2008 in Fulda. KTBL. Darmstadt. 248 s.

Brant, V. Základy zpracování půdy (1): Podmítka (I.). Agromanual.cz [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-1- podmitka

Brant, V. Základy zpracování půdy (4): Mechanizační prostředky pro provedení podmítky a mělkého zpracování půdy. Agromanual.cz [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/zaklady-zpracovani-pudy-4-mechanizacni-prostredky-pro-provedeni-podmitky-a-melkeho-zpracovani-pudy

Brant, V., Kroulík, M., Kapička, J., Lang, J., Petrus, D., Novotný, I. 2018a: Půdní blok a jeho parametry ve vztahu k obhospodařování – obecné principy (1). Agromanuál. (13)5: 122–124.

Brant, V., Kroulík, M., Kapička, J., Lang, J., Petrus, D., Novotný, I. 2018b: Půdní blok a jeho parametry – hranice půdního bloku a souvrať (2). Agromanuál. (13)8: 94–98.

Brant, V., Kroulík, M., Krček, V., Krása, J., Kapička, J., Hamouz, P., Lukáš, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Škeřík, J., Job, Z., Lang, J., Petrus, D. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020. ISBN 978-80-87111-81-9. s. 13-40.

Brunotte, J. 2013: Bodenschonen des Befahrenbei der Silomaisernte. 49–73. In: Logistik rund um die Biogasanlage. KTBL – Schrift 498. Darmstadt. 132 s.

Brunotte, J., Fröba, N. 2007: Schlaggestaltung – kostensenkendundbodenschonend. KTBL. Darmstadt. 178 s.

DeJong-Hughes, J., Daigh, A. Tillage implements. University of Minnesota extension [online]. Minnesota: University of Minnesota, 2018 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://extension.umn.edu/soil-management-and-health/tillage-implements-purposeand-ideal-use#bio-tillage-1202765

Douglas J. T., Koppi A. J., Crawford C. E. (1998): Structural improvement in a grassland soil after changes to wheel-traffic systems to avoid soil compaction. Soil Use and Management, 14 (1), 14–18.

Duiker S.W. (2004): Effects of soil compaction. Publications Distribution Center, The Pennsylvania State University, 112 Agricultural Administration Building, University Park, PA 16802. Available from http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uc188.pdf

Ehlers, W. and Goss, M. 2016. Water dynamics in plant production, CABI.

Estler, M. C., Knittel, H. 2006: Praktische Bodenbearbeitung. Ulmer, Stuttgart. 264 s.

Evans J.T., Pitla S.K., Luck J.D., Kocher M. (2020): Row crop grain harvester path optimization in headland patterns. Computers and Electronics in Agriculture, 171, 105295.

Farmářská zelenina - Hřebové brány. Farmářská zelenina - Úvod [online]. Copyright © 2016 [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: http://www.farmarskazelenina.cz/technologie/hrebove-brany/

Fechner, W. 2014: Einfl uss der Hauptbearbeitung auf die Arbeitszeit im Feldbau am Beispiel eines mitteldeutschen Großbetriebes. 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau. Bornimer Agrartechnische Berichte. Heft 83. Potsdam-Bornim. Dresden. 22–34.

Frost, J.P. (1988): Effects on crop yields of machinery traffic and soil loosening: Part 2, effects on grass yield of soil compaction, low ground pressure tyres and date of loosening. Journal of Agricultural Engineering Research, 40 (1), 57-69 (a)

Gysi M. (2001): Compaction of a Eutric Cambisol under heavy wheel traffic in Switzerland: field data and a critical state soil mechanics model approach. Soil & Tillage Research, 61 (3–4), 133–142.

Hakansson I., Reeder R.C. (1994): Subsoil compaction by vehicles with high axle load–extent, persistence and crop response. Soil & Tillage Research, 29, 105–110.

Hakansson I., Voorhees W.B., Riley H. (1988): Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. Soil & Tillage Research, 11, 239–282.

Hamza M.A., Anderson W.K. (2005): Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil & Tillage Research, 82 (2), 121– 145.

Hloubkový kypřič Krtek - Farmet. Farmet | Zemědělská technika, Oil & Feed Tech [online]. Copyright © 2022 Oficiální stránky Farmet a.s. [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/hloubkovy-kypric-krtek

Horsch | Terrano FX. [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: https://www.horsch.com/cs/produkty/zpracovani-pudy/kultivator/terrano-fx

Hůla, J. a kol. Minimalizace zpracování půdy. 1.vydání. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

Hůla, J. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.

Hůla, J. Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin: (technika v půdoochranných technologiích) 1.vydání. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. ISBN 80-727-1060-5.

Hůla, J., Loch, T. Secí stroje: sortiment podle přání. Zemědělec [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2008 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.zemedelec.cz/seci-stroje-sortiment-podle-prani/

Chamen W. C. T., Alakukku L., Pires S., Sommer C., Spoor G., Tijink F. A., Weisskopf P. (2003): Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review: Part 2. Equipment and field practices, Soil & Tillage Research. 73: 161-174.

Chamen, W. C. T., Moxey, A. P., Towers, W., Balana, B. and Hallett, P. D. 2015. Mitigating arable soil compaction: A review and analysis of available cost and benefit data. Soil and Tillage Research, 146, Part A, 10-25.

Chan K. Y., Oates A., Swan A.D., Hayes R. C., Dear B. S., Peoples M. B. (2006): Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. Soil & Tillage Research, 89, 13-21.

Javorek, F. Podmítka základem zpracování půdy. Zemědělec [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2008 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.zemedelec.cz/podmitka-zakladem-zpracovani-pudy/

Jedlička, M. Pluhy Kverneland, které se při přepravě chovají jako návěs a nové orební těleso. Agroportal24h.cz [online]. Praha: Vega s.r.o., 2019 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.agroportal24h.cz/clanky/pluhy-kvernelandktere-se-pri-preprave-chovaji-jako-naves-a-nove-orebni-teleso

Kapička, J., Brant, V., Lang, J., Petrus, D., Kroulík, M., Novotný, I. 2017: Metodický postup pro optimalizaci velikosti zemědělských pozemků, VÚMOP, dostupné na: http://kalkulacka.vumop.cz/docs/Metodika_Kapicka_Brant_Optimalizace_publikace.pdf.

Kistler, M., Brandhuber, R., Maier, H. 2013: Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Freising–Weihenstephan. 113 s.

Kombinovaný kypřič Triton 450 PS. Farmet [online]. Česká Skalice: www.farmet.cz, 2021 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/kombinovany-kypric-triton#tab-Photogallery

Kompaktomat Max. Farmet [online]. Česká Skalice: www.farmet.cz, 2021 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/predsetovy-kombinatorkompaktomat-max#tab-TechnicalParameters

Kovaříček, P. a kol. Užití kypřičů v technologiích zpracování půdy bez orby: metodická příručka. 1.vydání. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2017. ISBN 978-80-7569-001-2.

Kovaříček, P., Abraham, Z., Hůla, J., Vlášková, M. 2005: Strojní linky pro hnojení. VÚZT, v.v.i. Praha. 86 s.

Kroulík, M. Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. Praha: Agrární komora ČR, 2019. ISBN 978-80-88351-04-7. s. 18-21.

Křen, J., Neudert, L., Procházková, B., Smutný, V., Hůla, J. Obecná produkce rostlinná. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-327-1.

Kumhála, F. a kol. Zemědělská technika: Stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. 1.vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

Kůst, F. Situační a výhledová zpráva obiloviny 2020. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2021. ISBN 978-80-7434-611-8.

Landers, A. 2000: Farm machinery, selection, investment and management. Farming press, United Kingdom. 152 s.

Lorenz, F., Münchhoff, K. 2015: Teilfl ächrn bewirtschaften. Schritt für Schritt. AgrarPraxis kompakt, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Marshall, E. 2004. Agricultural landscapes: field margin habitats and their interaction with crop production. Journal of Crop Improvement, 12, 365-404.

Mašek, J. Technologie zpracování půdy. Agro journal [online]. Praha: Vega s.r.o., 2016 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-134

Mašek, J., Novák, P. Současné trendy zpracování půdy, 2018 [online]. [cit. 2022- 02-25]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327.

Mixidisc | NAVOS FARM TECHNIC s.r.o. Úvod | NAVOS FARM TECHNIC s.r.o. [online]. Copyright © 2012 [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: http://www.navosfarmtechnic.cz/mixidisc

Neubauer, K. Stroje pro rostlinnou výrobu. 1. vyd. Praha: SZN, 1989. ISBN 80-209-0075-6.

Newell-Price, J. P., Whittingham, M. J., Chambers, B. J., Peel, S. 2013: Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales. Soil & Tillage Research.

Novák, P., Mašek, J. Technologie zpracování půdy s ohledem na erozní ohrožení. Agromanual.cz [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/technologiezpracovani-pudy-s-ohledem-na-erozni-ohrozeni

Novák, P., Mašek, J. Zpracování půdy a založení porostů. Agro journal [online]. Praha: Vega s.r.o., 2017 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/zpracovani-pudy-a-zalozeni-porostu322#:~:text=Racion%C3%A1ln%C3%AD%20zakl%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD%20porost%C5%AF%20je%20tedy,byl%20zalo%C5%BEen%20pln%C4%9B%20produktivn%C3%AD%20porost.

Nový kombinovaný kypřič | Mechanizace Zemědělství. Mechanizace Zemědělství [online]. Copyright © [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: https://mechanizaceweb.cz/novy-kombinovany-kypric/

Obour P.B., Ugarte C.M. 2021: A meta-analysis of the impact of traffic-induced compaction on soil physical properties and grain yield. Soil and Tillage Research, 211, 105019.

Oksanen, T. 2007. Path planning algorithms for agricultural field machines, Helsinki University of Technology.

Pastorek, Z. a kol. Technologické systémy rostlinné výroby. 1.vydání. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2002. ISBN 80-238-9956-2.

Plessen M. G. (2021): Freeform path fitting for the minimisation of the number of transitions between headland path and interior lanes within agricultural fields. Artificial Intelligence in Agriculture, 5, 233-239.

Pospíšil, J. Podmítka a podmítače. Agromanual.cz [online].Brno: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2022-02-10]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace

Procházková, B., Smutný, V. a kol. Vliv různého organického hnojení na výnosy obilnin. Agromanual.cz [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z:

https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vlivruzneho-organickeho-hnojeni-na-vynosy-obilnin

Radford B.J., Yule D.F., Mc Garry D., Playford C. (2007): Amelioration of soil compaction can take 5 years on a Vertisol under no till in the semi-arid subtropics. Soil & Tillage Research, 97, 249-255.

Sivarajan S., Maharlooei M., Bajwa S.G., Nowatzki J. (2018): Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield. Soil and Tillage Research, 175, 234-243.

SMS – Hloubkový kypřič HKT 300/X. AGRIMA Žatec [online]. Staňkovice: AGRIMA Žatec s.r.o., 2022 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://www.agrima.cz/blog/sms-hloubkovy-kypric-hkt-300x/

Smutný, V. Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin: certifikovaná metodika. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-369-1.

Sparkes, D., Jaggard, K., Ramsden, S. and Scott, R. 1998a. The effect of field margins on the yield of sugar beet and cereal crops. Annals of applied Biology, 132, 129-142.

Sparkes, D., Ramsden, S., Jaggard, K. and Scott, R. 1998b. The case for headland set- aside: consideration of whole-farm gross margins and grain production on two farms with contrasting rotations. Annals of applied biology, 133, 245-256.

Stach, J. Minimalizace zpracování půdy ve vyšších polohách. Úroda [online]. České Budějovice: Profi press s.r.o., 2001 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.uroda.cz/minimalizace-zpracovani-pudy-ve-vyssich-polohach/

Swifter SN nesený předseťový kompaktor | BEDNAR FMT. Hlavní strana | BEDNAR FMT [online]. Copyright © 1997 [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: https://www.bednar.com/swifter-sn/

Špička, A. Kniha o půdě. 3. [část], Zpracování půdy. Praha: SZN. Zemědělská výroba, 1961.

Talířové brány nesené Talířové brány tažené | N.O.P.O.Z.M. s.r.o.. Zemědělské stroje, sněhové frézy, komunální technika | NOPOZM | N.O.P.O.Z.M. s.r.o. [online]. Copyright © 2022, N.O.P.O.Z.M. s.r.o. vytvořila eBRÁNA s.r.o. [cit. 30.03.2022]. Dostupné z: https://nopozm.cz/talirove-brany-nesene-talirove-brany-tazene

Ten Damme L., Schjønning P., Munkholm L. J., Green O., Nielsen., M. Lamandé S. K. (2021): Traction and repeated wheeling – effects on contact area characteristics and stresses in the upper subsoil, Soil and Tillage Research, 211, 105020.

Umění podrývat. AGRI SYSTÉM [online]. Uhlířské Janovice: AGRI SYSTÉM, s.r.o., 2021 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: http://www.agrisystem.cz/umeni-podryvat

Vach, M. Využívejme více půdoochranné technologie. Agromanual.cz [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i, 2019 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuzivejme-vicepudoochranne-technologie

Veřejný registr půdy – LPIS | eAGRI. Hlavní strana | eAGRI [online]. Copyright © 2014 [cit. 27.03.2022]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/

Ward M. (2020b):The impacts of field headlands on soil structure, crop performance and input application in a cool Atlantic climate. A thesis submitted to the National University of Ireland in fulfilment of the requirement for the Degree of Doctor of Philosophy in the School of Agriculture and Food Science, University College Dublin.

Ward M., Forristal P.D., McDonnell K. (2020a): Impact of field headlands on wheat and barley performance in a cool Atlantic climate as assessed in 40 Irish tillage fields. Irish Journal of Agricultural and Food Research. Vol. 59(1):85-97.

Ward M., McDonnell K., Metzger K., Forristal P. D. (2021): The effect of machine traffic zones associated with field headlands on soil structure in a survey of 41 tilled fields in a temperate maritime climate. Soil and Tillage Research, 210, 104938,

Watson M., Lowenberg-Deboer J. (2004): Who will benefit from GPS auto guidance in the Corn belt. Purdue Univ. Agric. Econ. Rep., Feb. 2004. Purdue Univ. West Lafayette, IN.

Winkler, J. Podmítka - významný nástroj pro regulaci zaplevelení. Agromanual.cz [online]. Brno: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podmitkavyznamny-nastroj-pro-regulaci-zapleveleni

Witz, M. Ceny pohonných hmot v roce 2019 dosáhly maxima v červnu. Czso.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 27.03.2022]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xj/ceny-pohonnych-hmot-v-roce-2019-dosahly-maxima-v-cervnu

# 9. Seznam obrázků

Obrázek č. 1:„On-land“ orba provedená pluhem Lemken Diamant (AgriMachines SE, 2020). .....6

Obrázek č. 2: Hřebové brány (Farmářská zelenina, 2016). .....7

Obrázek č. 3: Talířové brány od firmy N.O.P.O.Z.M. Slatiňany (N.O.P.O.Z.M. s.r.o., 2022).9

Obrázek č. 4: Talířový podmítač MIXIDISC od společnosti SUMO (NAVOS FARM TECHNIC s.r.o., 2022).....10

Obrázek č. 5: Radličkový kypřič Horsch Terrano 3 TX (HORSCH Maschinen GmbH, 2022). .....11

Obrázek č. 6: Kombinovaný kypřič Amazone Ceus (Mechanizace Zemědělství, 2017).....12

Obrázek č. 7: Hloubkový kypřič Farmet Krtek DG7 (Farmet a.s., 2022). .....12

Obrázek č. 8: Podrývák SMS HKT 300/X (Agrima Žatec s.r.o., 2022).....13

Obrázek č. 9: Kombinátor Bednar Swifter SN (Bednar FMT s.r.o., 2022).....14

Obrázek č. 10: Schématické znázornění rozdílných tvarů půdních bloků se shodnou výměrou (Landers, 2000).....17

Obrázek č. 11: Variabilita aplikace kapalných organických hnojiv při nerespektování závislosti mezi dávkou hnojiva a délkou pozemku (Brant, Kroulík a kol. 2020). .....20

Obrázek č. 12: Rozdílné tvary půdního bloku při výměře 40 ha a odlišné způsoby ozelenění souvratě o šířce 24 m (Brant a kol., 2018b). .....21

Obrázek č. 13: Soustředění trajektorií pracovních souprav na souvrati do trvalých stop, které přispěje k nekontrolovanému zatížení půdy a umožní cílenou efektivní nápravu v místech trvalých přejezdů (Brant a kol., 2018b). .....23

Obrázek č. 14: Mapa záznamu pohybu mechanizace po pozemku na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (Kroulík, 2019). .....25

Obrázek č. 15: Mapa přejeté plochy pozemku pojezdovými ústrojími mechanizace na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (Kroulík, 2019).....25

Obrázek č. 16: Záznam přejezdů na souvratích u orebné technologie (a) a minimalizační technologie (b) (Kroulík, 2019).....26

Obrázek č. 17: Grafické vyjádření přejezdů při sklizni samojízdnou řezačkou (Kroulík, 2019) .....27.

Obrázek č. 18: Grafické vyjádření přejezdů při sklizni svinovacím lisem (Kroulík, 2019)...28

Obrázek č. 19: Grafické vyjádření trajektorie jízd (a) a stop pneumatik (b) při zakládání porostu brambor (Kroulík, 2019).....29

Obrázek č. 20: Mapa půdní vodivosti, měření bylo provedeno sondou EM 38 (Brant a kol., 2017a). .....31

Obrázek č. 21: Stanovení výškového profilu pozemku umožňuje specifikaci další vrstvy variability. V rámci následné práce s jednotlivými variabilními plochami lze mapu využít ke specifikaci odběrových míst pro upřesnění měření (Brant a kol., 2017a). .....31

Obrázek č. 22: Za studium mikrovariability lze považovat například míru utužení půdy v místě půdního lože po výsevu plodin, kde je variabilita v horizontálním průřezu orničního profilu měřena v desítkách milimetrů (Brant a kol., 2016a). .....33

Obrázek č. 23 : Snímek pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021). .....35

Obrázek č. 24 : Vrstevnicový model pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021). .....36

Obrázek č. 25: Odtokové linie vody na pozemku Pod Frajmankou, pořízený prostřednictvím aplikace LPIS (eAGRI, 2021). .....37

Obrázek č. 26: Znázornění výběru souvratě 1. .....38

Obrázek č. 27: Znázornění výběru souvratě 2. .....39

Obrázek č. 28: Znázornění výběru produkční plochy. .....39

Obrázek č. 29: Porovnání průměrné vlhkosti sklizeného materiálu. .....41

Obrázek č. 30: Porovnání průměrné vlhkosti sklizeného materiálu. .....42

Obrázek č. 31: Porovnání průměrných výnosů sklizeného materiálu. .....43

Obrázek č. 32: Porovnání průměrných výnosů sklizeného materiálu. .....43

Obrázek č. 33: Porovnání průměrné rychlosti sklizecí mlátičky při sklizni. .....44

Obrázek č. 34: Porovnání průměrné rychlosti sklizecí mlátičky při sklizni. .....45

Obrázek č. 35: Porovnání průměrné spotřeby paliva. .....45

Obrázek č. 36: Porovnání průměrné spotřeby paliva. .....46

Obrázek č. 37: Mapa záznamu sklizně pozemku Pod Frajmankou. .....47

Obrázek č. 38: Mapa výnosu sklizeného zrna, pozemek Pod Frajmankou. .....48

Obrázek č. 39: Mapa vlhkosti sklizeného zrna, pozemek Pod Frajmankou. .....49

Obrázek č. 40: Mapa spotřeby paliva sklizecí mlátičky New Holland CR 9.90 při sklizni, pozemek Pod Frajmankou. .....50

Obrázek č. 41: Mapa pracovní rychlosti sklizecí mlátičky New Holland CR 9.90, pozemek Pod Frajmankou. ..... 51
Obrázek č. 42: Mapa záznamu pohybu traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky ..... 52.
Obrázek č. 43: Mapa spotřeby paliva traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky, i se započítanými otočkami na souvratích. ..... 53
Obrázek č. 44: Mapa spotřeby paliva traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky. ..... 54
Obrázek č. 45: Mapa pracovní rychlosti traktoru Case STX480 při provádění mělké podmítky ..... 55
Obrázek č. 46: Mapa všech přejezdů zemědělské techniky v sezóně 2019. ..... 56
Obrázek č. 47: Detailní záběr mapy všech přejezdů zemědělské techniky v sezóně 2019. ... 57
Obrázek č. 48: Mapa záznamu pohybu traktoru New Holland T7.260 při aplikaci průmyslových hnojiv. ..... 58
Obrázek č. 49: Mapa záznamu pohybu zemědělské techniky při sběru balíků. ..... 59
Obrázek č. 50: Mapa finančního výnosu pozemku Pod Frajmankou. ..... 62
Obrázek č. 51: Prostření softwaru Ag Leader SMS. ..... 63
Obrázek č. 52: Modelový návrh ozelenění souvratí, kolejových řádků a možného dělení pozemku. ..... 64

# 10.Seznam tabulek

**Tabulka č. 1:** Rozložení velikosti zahrnutých půdních bloků (PB, platné k 20.5. 2017), (Kaplička a kol. 2017). .....16

**Tabulka č. 2:** Vliv tvaru pozemku na dobu potřebnou k jeho zpracování (Landers, 2000)..18

**Tabulka č. 3:** Plocha souvratě (ha) a její procentuální podíl na ploše půdního bloku (%) v závislosti na šířce souvratě pro odlišné půdní bloky o výměře 40 ha znázorněné na obr. č. (Brant a kol., 2018b).....21

**Tabulka č. 4:** Plocha ozeleněné souvratě (ha) v závislosti na její šířce (m) a výměře PB (ha). Model je spočítán pro obdélníkový tvar pozemku a pro poměr délek a šířek pozemku 4 : 1 a 2 : 1 a souvrať se nachází na užších stranách PB (Brant a kol., 2018b).....22

**Tabulka č. 5:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Nad smolem – Řepka olejka .....59

**Tabulka č. 6:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Piska – Pšenice ozimá.....60

**Tabulka č. 7:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Pod Frajmankou – Tritikale ozimé .....60

**Tabulka č. 8:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Pustaveny – Pšenice ozimá .....60

**Tabulka č. 9:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Záboří – Řepka olejka.....61

**Tabulka č. 10:** Průměrné hodnoty získané z dat sklizně pozemku Nad seníkem – Hrách setý .....61