Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů

Diplomová práce

Hodnocení práce diskových podmítačů z pohledu variability pozemku

Bc. Lukáš Vedlík

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Vedlík

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Hodnocení práce diskových podmítačů z pohledu variability pozemku

Název anglicky

Evaluation of the disc cultivators work from the land variability point of view

---

Cíle práce

Cílem práce bude zhodnotit exploatační údaje z práce diskových podmítačů s ohledem na variabilitu pozemku a efektivnost nasazení stroje v reálných podmínkách. V rámci hodnocení bude také hodnocena životnost pracovních nástrojů diskových kypřičů. Do hodnocení budou zařazeny originální díly dodávané výrobcem techniky

Metodika

V práci bude využito dat ze záznamu reálného provozu diskového podmítače. Ze záznamu budou vyhotoveny trajektorie jízd a porovnány s optimalizačními návrhy trajektorií práce pro tvarově rozdílné pozemky. Na základě exploatačních údajů budou hodnoceny parametry práce stroje, jako je spotřeba pohonných hmot, pracovní rychlost a bude vyjádřena variabilita hodnot ve vztahu k tvarovým vlastnostem pozemku. V práci bude hodnocena míra opotřebení pracovních nástrojů vybraného stroje, kdy na jednom stroji budou osazeny originální díly rozdílných dodavatelů dílů.

Osnova

1. Vypracování literárního přehledu na uvedené téma.
2. Vypracování podrobné metodiky měření.
3. Hodnocení trajektorií pohybu techniky po pozemcích
4. Optimalizace práce stroje
5. Hodnocení variability ukazatelů práce strojů v reálných podmínkách.
6. Hodnocení opotřebení nástrojů.
7. Ekonomické zhodnocení, vycházející z reálných záznamů.
9. Diskuse.
10. Závěr.

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Optimalizace tras; opotřebení nástrojů; spotřeba pohonných hmot; energetická náročnost.

Doporučené zdroje informací

KUMHÁLA, František; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ. *Zemědělská technika : stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

MCKYES, Edward. *Soil cutting and tillage*. Amsterdam: Elsevier, 1985. ISBN 0-444-42548-9.

TITI, Adel El. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 16. 4. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 4. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení práce diskových podmítačů z pohledu variability pozemku" 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 31.03.2024 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu této diplomové práce panu doc. Ing. Milanovi Kroulíkovi Ph.D. za ochotu a přínosné konzultace v průběhu zpracování. Dále bych chtěl velmi poděkovat mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Hodnocení práce diskových podmítačů z pohledu variability pozemku

Abstrakt

Diplomová práce s názvem „Hodnocení práce diskových podmítačů z pohledu variability pozemku“ se komplexně zabývá problematikou diskových podmítačů a jejich efektivního využití s ohledem na variabilitu pozemku. Práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické, které se vzájemně doplňují a prohlubují poznatky o dané problematice.

Teoretická část se zaměřuje na charakteristiku půdy, technologie jejího zpracování a na samotné diskové podmítače. V první kapitole je popsáno složení, prostorové uspořádání půdy a její nejdůležitější vlastnosti ovlivňující kvalitu a náročnost zpracování. Druhá kapitola se věnuje technologiím zpracování půdy s důrazem na minimalizaci a půdoochranné postupy. V závěrečné kapitole literární rešerše jsou popsány diskové podmítače, včetně jejich pracovních nástrojů, geometrie práce a jednotlivých konstrukčních řešení. Dále jsou analyzovány faktory ovlivňující opotřebení pracovních nástrojů, energetickou náročnost práce a emise oxidu uhličitého. Na závěr je provedeno ekonomické zhodnocení diskových podmítačů v porovnání s radličkovými podmítači a orebními pluhy.

Praktická část navazuje na teoretické poznatky a ověřuje je v praxi. Je dělena do dvou sekcí. První sekce se zaměřuje na hodnocení míry opotřebení talířů na základě hmotnostních úbytků. Druhá sekce se věnuje hodnocení práce diskového podmítače z hlediska variability pozemku. Nejprve je stanovena ideální jízdní trajektorie soupravy a porovnána s reálným směrem jízdy. Dále jsou vytvořeny mapy znázorňující četnost přejezdů soupravy, spotřebu pohonných hmot, emise oxidu uhličitého a náklady na pohonné hmoty na jednotlivých částech pozemku.

Klíčová slova: zpracování půdy; minimalizační technologie; diskový podmítač; opotřebení nástrojů; spotřeba pohonných hmot; energetická náročnost; emise oxidu uhličitého; zhutnění půdy; optimalizace tras

Evaluation of the disc cultivators work from the land variability point of view

Abstract

The title "Diploma Thesis on the Evaluation of Disc Cultivators from the Perspective of Land Variability" is a comprehensive exploration of disc cultivators and their efficient utilization considering land variability. The thesis is divided into two parts, theoretical and practical, which complement and deepen insights into the given topic. The theoretical part focuses on soil characteristics, soil processing technology, and disc cultivators. The first chapter describes the composition, spatial arrangement of soil and its key properties influencing quality and processing complexity. The second chapter delves into soil processing technologies with emphasis on minimization and soil conservation practices. In the concluding literature review chapter, disc cultivators are described along with their working tools, working geometry, and various design solutions. Additionally, factors affecting tool wear, energy consumption, and carbon dioxide emissions are analyzed. Lastly, an economic evaluation of disc cultivators compared to ridging cultivators and plows is conducted. The practical part builds upon the theoretical knowledge and verifies it in practice. It is divided into two sections. The first section assesses the degree of wear on disc blades based on weight loss. The second section evaluates the performance of the disc cultivator in terms of land variability. Initially, an ideal driving trajectory is determined and compared with the actual direction of travel. Maps are then created illustrating the frequency of passes, fuel consumption, carbon dioxide emissions, and fuel costs in different parts of the land.

Keywords: soil processing, minimization technology, disc cultivator, tool wear, fuel consumption, energy consumption, carbon dioxide emissions, soil compaction, route optimization

Obsah

1 Úvod 1

2 Cíl práce a metodika 3

2.1 Cíl práce 3

2.2 Metodika 3

3 Půda 4

3.1 Složení půdy 5

3.1.1 Tuhá fáze 6

3.1.2 Kapalná fáze 6

3.1.3 Plynná fáze 6

3.1.4 Zrnitostní složení půdy 7

3.2 Prostorové uspořádání půdy 9

3.3 Vlastnosti půdy 10

4 Zpracování půdy 13

4.1 Konvenční zpracování půdy 14

4.2 Minimalizační zpracování půdy 15

4.2.1 Minimalizace 15

4.2.2 Půdoochranné zpracování půdy 16

4.2.3 Přímé setí 19

5 Diskové podmítače 21

5.1 Pracovní nástroj 22

5.1.1 Typy disků od společnosti Bednar 23

5.1.1.1 Zubatý disk 23

5.1.1.2 Speciálně tvarovaný A-Disk 23

5.2 Konstrukční řešení uložení talířů 24

5.2.1 Uložení talířů na společné hřídeli 24

5.2.2 Samostatné uložení talířů 25

5.3 Využití 26

5.3.1 Podmítka 26

5.3.2 Mělké kypření 27

5.4 Energetická náročnost 28

5.5 Emise skleníkových plynů 28

5.5.1 Emise oxidu uhličitého spalováním pohonných hmot 29

5.5.2 Emise oxidu uhličitého z půdy 30

5.5.2.1 Prostorová variabilita emisí oxidu uhličitého z půdy 31

5.6 Ekonomické hodnocení diskových podmítačů 32

5.7 Opotřebení nástrojů 34
5.7.1 Povrchová úprava nástrojů pro zpracování půdy 35
6 Praktická část 38
6.1 Hodnocení míry opotřebení talířů 38
6.1.1 Metodika měření 38
6.1.2 Bednar FMT a.s. 38
6.1.3 Diskový podmítač SWIFTERDISC XO 6000 F 39
6.1.4 Definování půdních podmínek 40
6.1.5 Charakteristika zkoumaných talířů 40
6.1.6 Definování tvaru talířů před nasazením a osazení na stroj 41
6.1.7 Vizuální posouzení celkového stavu talířů 41
6.1.8 Měření hmotnostních změn nástrojů 43
6.1.8.1 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v kg – Talíř č.28 43
6.1.8.2 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v % - Talíř č.28 44
6.1.8.3 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v kg – Talíř č.29 44
6.1.8.4 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v % - Talíř č.29 45
6.1.8.5 Porovnání hmotnostních úbytků v kg 45
6.1.8.6 Porovnání hmotnostních úbytků v % 46
6.1.9 Výsledky hodnocení míry opotřebení talířů 46
6.2 Hodnocení práce talířového podmítače z hlediska variability pozemku 48
6.2.1 Metodika měření 48
6.2.2 Definování a charakteristika vybraných pozemků 49
6.2.3 Reálné a modelové trajektorie jízd z vybraných pozemků 51
6.2.4 Porovnání reálných a modelových jízdních trajektorií 55
6.2.4.1 Pozemek 1 55
6.2.4.2 Pozemek 4 56
6.2.4.3 Pozemek 6 58
6.2.4.4 Shrnutí délek jednotlivých jízd při reálné a modelové trajektorii 59
6.2.5 Vyhodnocení četnosti přejezdů na vybraných pozemcích 60
6.2.6 Vyhodnocení spotřeby pohonných hmot na vybraných pozemcích 62
6.2.7 Vyhodnocení nákladů na pohonné hmoty na vybraných pozemcích 65
6.2.8 Vyhodnocení emisí CO_2 na vybraných pozemcích 66
6.2.9 Ekonomické zhodnocení z hlediska variability pozemků 67
7 Závěr 70
8 Seznam použitých zdrojů 73
9 Seznam obrázků 76

10 Seznam tabulek 78

1 Úvod

Zpracování půdy se vyvíjí ruku v ruce s historií zemědělství, která sahá až do doby 10 000 let p. n. l. Tehdy se člověk zbavil závislosti na lovu a sběru plodů přírody a začal pěstovat obiloviny. První primitivní systémy zahrnovaly vypalování lesů a vegetace a zašlapávání semen do půdy. Tato praxe přetrvávala po tisíce let. Významný zlom nastal v Mezopotámii 4 000 let p. n. l., s rozvojem starověkých civilizací. Vznikl systém náplavového zemědělství, kdy rozvodněné řeky přinášely úrodné bahno, které se dále zpracovávalo kamennými a bronzovými nástroji. Pěstovaly se obiloviny, luštěniny a len. Další vývoj nastal v 4. - 5. století n. l. v Římské říši, který spočíval v pěstování dalších druhů plodin, především zeleniny a ovocných stromů. S tím se objevila potřeba sofistikovanějšího zpracování půdy. Vzniklo první železné oradlo – ruchadlo tažené dobytkem. Postupným zdokonalováním se oradla stala celokovová, která půdu kromě rozrývání i obracela. Tímto způsobem vznikly první jednoduché pluhy bez plazů, později s vodícími plazy, které se staly základem obdělávání půdy až do 18. století. Změny přinesla vědecko-technická revoluce. Zavádění nových druhů plodin, šlechtění rostlin a zvířat, nárůst populace a zvyšující se požadavky na produkci a kvalitu podmínek pro růst rostlin vedly k vývoji nástrojů pro zpracování půdy. Vývoj se zaměřoval na zdokonalování pluhů a výrobu strojů pro následné zpracování – kypřičů, podrýváků a bran.

Mezi milníky patří vynález bratranců Veverkových v letech 1824-1827, kteří nahradili šípovou radlici mírně válcovou vydutou deskou postavenou šikmo proti směru jízdy. Zoraná půda se tak obracela na jednu stranu, čímž se dosáhlo kvalitnějšího a rovnoměrnějšího zpracování. Tato myšlenka je základem konstrukce pluhů dodnes.

20. století ve vyspělých zemích přineslo důraz na hospodárnost. Spojováním strojů vznikly variabilní soustavy a systémy zpracování půdy s cílem redukovat počet přejezdů po poli. Od 60. let se začaly pro zpracování půdy využívat minimalizační technologie s mělkým kypřením, pro které se často používají talířové kypřiče neboli diskové podmítače.[1]

V současnosti probíhá vzhledem k novým technologiím nejzásadnější rozvoj zemědělství od jeho počátku – vznik precizního zemědělství. Rozvoj zemědělství je umožněn především díky využívání moderních technologií a aplikaci IT v zemědělství, včetně využití GPS, telematiky, dálkového průzkumu země, senzorů na strojích, samořídících strojů a robotů. Využití telematiky je pro rozvoj a digitalizaci precizního zemědělství klíčové, jelikož umožňuje

zaznamenávat, zpracovávat a analyzovat data ze stroje, sledovat jeho polohu, snímat provozní a další údaje a průběžně odesílat a vyhodnocovat data. To umožňuje tvorbu aplikačních, výnosových a jiných podobných map a vede k novým technologiím, jako je variabilní setí, hnojení a aplikace pesticidů.[2]

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce bude zhodnotit exploatační údaje z práce diskových podmítačů s ohledem na variabilitu pozemku a efektivnost nasazení stroje v reálných podmínkách. V rámci hodnocení bude také hodnocena životnost pracovních nástrojů diskových kypřičů. Do hodnocení budou zařazeny originální díly dodávané výrobcem techniky.

2.2 Metodika

V práci bude využito dat ze záznamu reálného provozu diskového podmítače. Ze záznamu budou vyhotoveny trajektorie jízd a porovnány s optimalizačními návrhy trajektorií práce pro tvarově rozdílné pozemky. Na základě exploatačních údajů budou hodnoceny parametry práce stroje, jako je spotřeba pohonných hmot, pracovní rychlost a bude vyjádřena variabilita hodnot ve vztahu k tvarovým vlastnostem pozemku. V práci bude hodnocena míra opotřebení pracovních nástrojů vybraného stroje, kdy na jednom stroji budou osazeny originální díly rozdílných dodavatelů dílů.

3 Půda

Půda je velice důležitý přírodní zdroj vznikající půdotvornými procesy. Mateční hornina, která je primárním materiálem půdní hmoty, je pomocí fyzikálního, biologického a chemického zvětrávání přeměňována na půdotvorný substrát. Ten je následně pomocí biologických pochodů přetvářen na samotnou půdu.[3]

Na půdě je lidstvo odjakživa závislé a rovněž má zásadní vliv na její kvalitu. Důležitost půdy nespočívá pouze v produkčním hledisku, ale i v její nezastupitelné roli v životním prostředí. Ovlivňuje jak kvantitu, tak i kvalitu potravin, patří do několika ekosystémů světa a má vliv na atmosféru i hydrosféru.

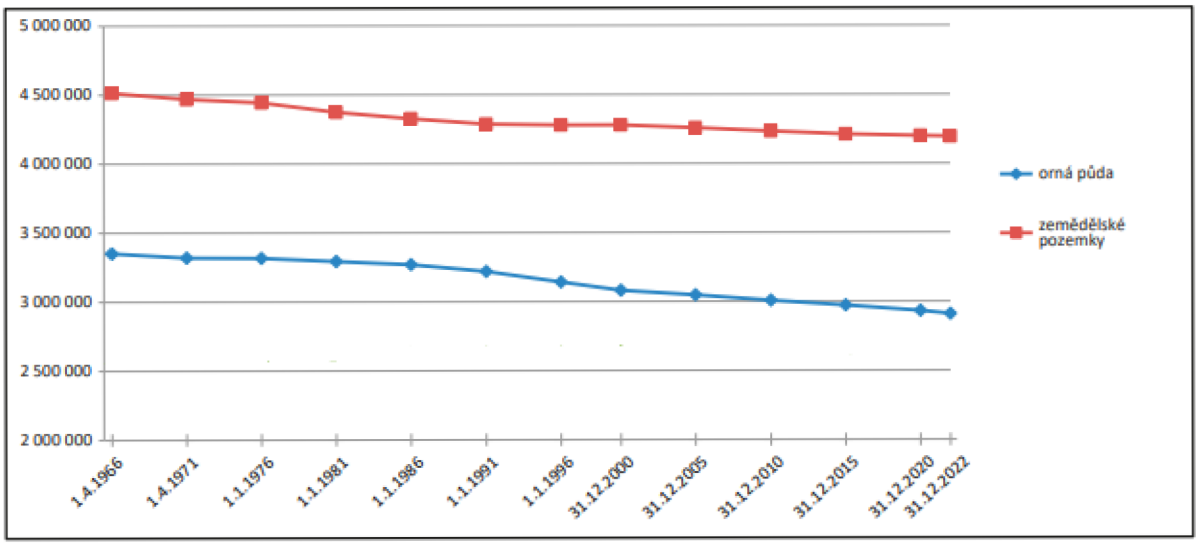
Z hlediska jednotlivých profesí lze půdu interpretovat různě. Z ekonomického hlediska slouží k růstu a vývoji rostlin, čímž se stává klíčovým faktorem pro produkci potravin. Z ekologického pohledu je vnímána jako neobnovitelný nebo přesněji řečeno těžce obnovitelný přírodní zdroj a zároveň jako hlavní prvek krajiny. Z pohledu národohospodářského je půda výrobním prostředkem. V zemědělství je půda brána nejen jako místo pro pěstovaní rostlin, ale také jako primární prostředek pro výrobu potravin rostlinného původu, krmiv pro hospodářská zvířata a surovin nepotravinářského využití.[4]

Na grafu na obrázku 1 je znázorněn setrvalý pokles podílu zemědělských pozemků a orné půdy v České republice.

K 31.12.2022 dosahovala celková výměra zemědělských pozemků (orná půda, chmelnice, zahrady a trvalé travní porosty) 4 196 624 ha, což představuje 53,21 % z celkové výměry ČR. Oproti roku 2021, kdy byl podíl zemědělských pozemků 53,24 %, se jedná o pokles o 0,03 %. Tento pokles potvrzuje dlouhodobý klesající trend.

V případě orné půdy došlo mezi lety 2021 a 2022 k poklesu dokonce o 0,15 %, kdy v roce 2021 tvořila orná půda 37,05 % celkové výměry ČR, zatímco v roce 2022 pouze 36,90 %. Nicméně navzdory klesajícímu trendu je pozitivní, že podíl orné půdy na celkové výměře zemědělské půdy v ČR činí výrazných 69,59 %, což řadí ČR mezi země s nejvyšším podílem zornění půdy v Evropě.[5]

Obr. 1 Klesající podíl zemědělských pozemků a orné půdy v letech 1966-2022

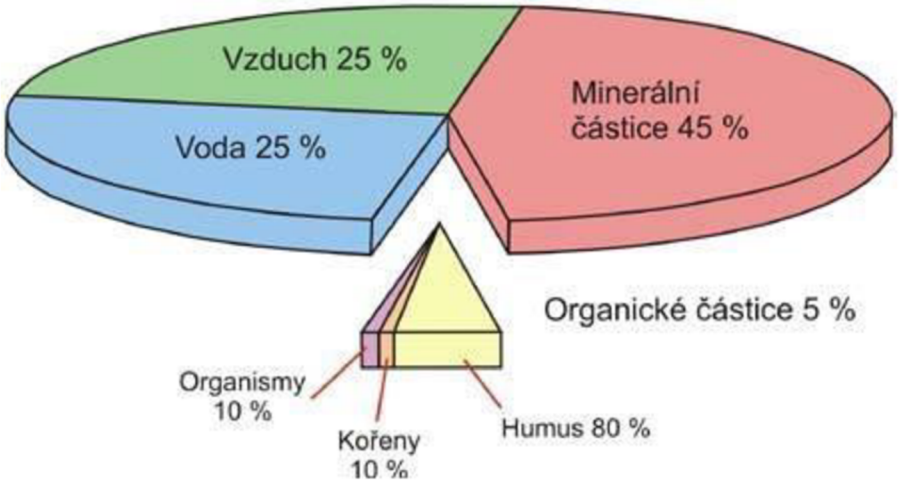


Zdroj: https://www.cuzk.cz/

3.1 Složení půdy

V půdě jsou spolu smíchány tuhé, kapalné a plynné látky, a proto o ni můžeme mluvit jako o tzv. třífázovém systému, který je složen z pevné, kapalné a plynné fáze. Zastoupení jednotlivých půdních složek je procentuálně znázorněno na obrázku 2. Půdní voda a půdní vzduch (kapalná a plynná fáze) se nacházejí v půdních pórech. V orné půdě výrazně převažuje fáze pevná nad fází kapalnou i plynnou.[1]

Obr. 2 Složení půdy



Zdroj: https://web2.mendelu.cz/

3.1.1 Tuhá fáze

Tuhá fáze se skládá z minerální a organické části a představuje 50 % celkového objemu půdy.

Minerální část, která tvoří 45 % celkového objemu půdy a je tedy její primární složkou, obsahuje primární minerály a sekundární minerály. Primární minerály jsou zastoupeny nezvětralými úlomky hornin (štěrk, písek a prach), zatímco sekundární minerály jsou tvořeny jílovými minerály vzniklými chemickým zvětráváním. Podíl jednotlivých minerálů v této frakci má klíčový význam pro opotřebení nástrojů používaných při zpracování půdy. Primární minerály jsou totiž hrubší a ostřejší, což vede k abrazivnímu opotřebení nástrojů a následně i ke zvýšení energetické náročnosti zpracování půdy. Naopak jílové minerály jsou jemnější, a tudíž opotřebovávají nástroje výrazně méně.[6; 8]

Organická část půdy se skládá ze dvou složek – živé a neživé. Živou složku tvoří rostlinné kořeny, půdní zvířata a mikroorganismy, zatímco neživou složku odumřelé zbytky rostlin a živočichů v jakékoli fázi rozkladu. I když organická část představuje pouze 5 % celkového objemu půdy, má značný vliv na její vlastnosti a úrodnost. Pozitivně ovlivňuje především pórovitost a strukturu půdy, což má za následek snížení potřebné tahové síly, a tím pádem také energetické náročnosti zpracování půdy.[9; 10]

3.1.2 Kapalná fáze

Kapalná fáze je složena ze srážkové vody vsáknuté do půdy a podzemní vody, která se do půdního profilu dostala vzlínáním kapilárními póry a tvoří 25 % celkového objemu půdy. Na této fázi je závislá činnost a kvalita práce mechanizace.[11]

3.1.3 Plynná fáze

Plynná fáze představuje 25 % celkového objemu půdy a je tvořena vzduchem, který je nezbytný pro život rostlin i mikroorganismů a pro biochemické procesy probíhající v půdě. Vzduch se nachází v pórech nezaplněných vodou a od atmosférického vzduchu se liší nižším obsahem kyslíku (O_2) a vyšším obsahem oxidu uhličitého (CO_2) a vodních par. Důvodem je, že kořeny rostlin a mikroorganismy v půdě spotřebovávají O_2 a vytvářejí CO_2. Prostřednictvím pórovitosti plynná fáze nepřímo ovlivňuje opotřebení a energetickou náročnost zpracování půdy, kdy pro jejich snížení je klíčové dobré provzdušnění půdy využíváním například bezorebných technologií.[12]

3.1.4 Zrnitostní složení půdy

Zrnitostní složení slouží k základnímu stanovení charakteru půdy a určuje se podle zastoupení velikostních kategorií minerální frakce. Z hlediska půdních vlastností jsou nejvýznamnější jílnaté částice menší než 0,01 mm. Dle jejich hmotnostního obsahu se stanovují jednotlivé **půdní druhy**, které jsou uvedeny v tabulce 2. Ke každému druhu půdy jsou zároveň přiřazeny základní charakteristické vlastnosti, které definují obtížnost jejich zpracování. Podle praktického označení rozdělujeme půdy na velmi těžké, těžké, středně těžké a lehké až velmi lehké.[13]

Stanovení půdních druhů je velice důležité z hlediska opotřebení nástrojů a energetické náročnosti zpracování půdy. V rámci této problematiky byla provedena řada studií, jejichž výsledky ukazují, že míra opotřebení nástrojů roste s velikostí písčitých částic v půdě. Nejčastějším problémem nástrojů pro zpracování půdy je abrazivní opotřebení způsobené hrubými částicemi. Působením těchto částic dochází k úbytku materiálu nástrojů, což vede ke zvýšené spotřebě paliva, ztrátě energie a v důsledku toho i k vyšším nákladům na opravy a údržbu. Abrazivní opotřebení se dále negativně projevuje na kvalitě zpracování půdy.[6]

S narůstajícím obsahem zrn menších než 0,01 mm dochází rovněž ke zvyšování měrného odporu půdy, který významně ovlivňuje obtížnost a tím pádem i energetickou náročnost zpracování půdy. Měrný odpor nabývá nejnižších hodnot při tzv. optimální vlhkosti, která se odvíjí od jednotlivých půdních druhů a pohybuje se v rozmezí od 8 % do 21 %. Rozsahy hodnot měrných odporů jsou pro jednotlivé půdní druhy znázorněny v tabulce 1.[14]

Tab. 1 Hodnoty měrného odporu pro jednotlivé půdní druhy

Praktické označení	Měrný odpor půdy k_0 (kN/m)
Velmi těžké	90-150
Těžké	60-90
Středně těžké	40-60
Lehké	20-40

https://www.agroportal24h.cz

Tab. 2 Druhy půd a jejich základní charakteristika

Název druhu půdy	Obsah zrn menších než 0,01mm v %	Praktické označení	Základní vlastnosti půdy
Jíl	Nad 75	Velmi těžké půdy	Za vlhka jsou velmi vazké a po vyschnutí stmelené a tvrdé s trhlinami. Vzduch ani vodu téměř nepropouštějí a jsou biologicky méně činné.
Jílovitá půda	60 až 75		Za vlhka se mažou a špatně kypří, za sucha se lámou v hroudy, které se obtížně rozbíjejí. Je vhodné je nechat promrznout v hrubé brázdě, aby se na jaře snadněji zpracovaly. Obecně jsou obtížně zpracovatelné.
Jílovito-hlinitá	45 až 60	Těžké půdy	Tuhé, vazké a uléhavé, za vlhka se mažou a za sucha tvrdnou. Jsou biologicky aktivnější a při vhodné vlhkosti se snadněji kypří nežli velmi těžké půdy. Zpracovatelnost je stále poměrně obtížná.
Písčito-jílnatá	30 až 45	Středně těžké půdy	Půdy se značnou převahou písčitých a jílnatých půdních částic, ale s nízkým obsahem prachu. Díky tomu mají zhoršené technologické vlastnosti (především zvýšenou vazkost) jako půdy těžké.
Hlinitá půda	30 až 45		Půdy s výrazným obsahem jemných půdních částic a s minimálním podílem písčitých zrn. Díky výraznému podílu prachových částic mají příznivější fyzické vlastnosti, jako uléhavost či vazkost. Jsou dostatečně vododržné a propustné, a proto si dokážou déle udržet optimální vlhkost.
Písčito-hlinitá	20 až 30		Půdy s nižším podílem jemných částic a s výraznějším obsahem písčitých zrn. Díky tomu jsou propustnější pro vodu a vzduch. Mají vyrovnaný podíl jílu a prachu, a proto dosahují střední zrnitosti. Jedná se o půdy dobře zpracovatelné
Hlinito-písčitá	10 až 20	Lehké až velmi lehké půdy	Půdy s výrazným obsahem hrubých písčitých zrn a zanedbatelným podílem prachových částic. Proto jsou drobivé až sypké, málo soudržné a vododržné. Vodu propouštějí velmi snadno, a tudíž rychle vysychají. Jedná se o velmi snadno zpracovatelné půdy.
Písek	0 až 10		Půdy s výrazným podílem hrubých písčitých zrn a nízkou soudržností. Velmi snadno zpracovatelné.

Zdroj: [13]

3.2 Prostorové uspořádání půdy

V prostoru mezi pevnými částicemi půdy a jejich shluky se nacházejí **póry**, které hrají klíčovou roli v mnoha důležitých procesech. Umožňují vodě a vzduchu pronikat do půdy a pohybovat se v ní, čímž zajišťují základní podmínky pro život rostlin a mikroorganismů. Póry se rozdělují na **kapilární** (jemné) a **nekapilární** (hrubé). Kapilární póry jsou zodpovědné za vzlínání vody, které umožňuje rostlinám čerpat vodu i z hlubších vrstev půdy. Zároveň zpomalují srážkovou vodu v pohybu do hloubky, čímž zabraňují nadměrnému vysychání povrchu. Nekapilární póry naopak propouštějí srážkovou vodu do hloubky lehce a zajišťují výměnu půdního vzduchu. Díky nim se do půdy dostává kyslík, který je nezbytný pro dýchání rostlin a mikroorganismů, a zároveň se z ní odvádí nadbytečný oxid uhličitý.

Celkový objem pórů v půdě udává tzv. **pórovitost**, která se vyjadřuje v procentech a mění se v závislosti na typu, struktuře a zhutnění půdy. V ornici se pórovitost pohybuje mezi 40 a 60 %, v podorničí je nižší. Pórovitost lze upravovat mechanickými zásahy, kdy kypření půdy ji zvyšuje, a naopak použití válců či pěchů ji snižuje. Důležité je dosáhnout optimální pórovitosti, která zajišťuje dostatek vody a vzduchu pro rostliny, usnadňuje zpracování půdy a tím pádem snižuje opotřebení nástrojů a spotřebu paliva. Naopak nejvíce energeticky náročné je zpracování půdy s nízkou pórovitostí.[13]

Stupeň nakypření či utužení půdy je možné vyjádřit také pomocí **objemové hmotnosti půdy**, která se u téže zeminy mění v závislosti na pórovitosti a obsahu vody i vzduchu. Obecně platí, že s rostoucí objemovou hmotností pórovitost klesá.[15]

Z důvodu její proměnlivosti se rozeznává objemová hmotnost:

- redukovaná – hmotnost zeminy vysoušené při teplotě 105 ˚C do konstantní hmotnosti. Využívá se k určení kyprosti či ulehlosti orniční vrstvy, jelikož při vysoušení dojde k odpaření vody.
- neredukovaná – hmotnost zeminy v přirozeně vlhkém stavu. Využívá se k výpočtu vlhkosti.

Objemová hmotnost půdy je také ovlivněna jejím zrnitostním složením, kdy platí, že nejnižší objemová hmotnost je charakteristická pro lehké půdy a nejvyšší pro těžké půdy.[16]

3.3 Vlastnosti půdy

Z pohledu mechanického zpracování jsou nejdůležitějšími vlastnostmi zejména:

- štěrkovitost
- struktura půdy
- obrušovací (abrazivní schopnost)
- vlhkost, která má vliv na:
    - přilnavost
    - součinitel tření
    - pevnost půdy

Štěrkovitost je abrazivní vlastnost a způsobuje zvýšení opotřebení u pracovních nástrojů.[17]

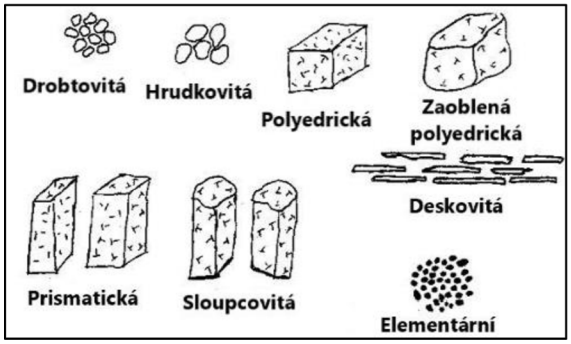
Struktura půdy se definuje jako uspořádání půdních částic v daném objemu a jejich spojování do rozsáhlejších strukturních jednotek, tzv. agregátů. Prostor mezi částicemi půdy a strukturními agregáty obsazují póry. Z toho důvodu mají agregáty značný vliv na celkovou pórovitost půdy, a tím pádem i na vodní a vzdušný systém.[1]

K **hodnocení agregátů** se používají kritéria jako velikost, tvar a vodostálost.

Velikost agregátů je důležitým faktorem, jelikož menší agregáty (<0,25 mm) zvyšují energetickou náročnost zpracování půdy, z důvodu potřeby větší síly k jejich rozrušení. Naopak větší agregáty (>0,25 mm) usnadňují zpracování půdy a snižují energetickou náročnost.

Dle **tvaru** se rozdělují do několika kategorií znázorněných na obrázku 3. Nejkvalitnější z nich jsou agregáty drobtovité s velikostí půdních drobtů od 1 do 10 mm, které se vyznačují optimální pórovitostí a propustností. Díky tomu jsou tyto agregáty lehce zpracovatelné a energeticky nejméně náročné.

Obr. 3 Tvary agregátů



Zdroj: https://web2.mendelu.cz/

Vodostálost agregátů je důležitým ukazatelem jejich stability. Zjišťuje se simulací jejich rozpadu, přičemž půda s dobrou strukturou a stabilními agregáty se snadněji zpracovává a je odolnější vůči erozi.[11; 12]

Strukturu půdy velmi výrazně ovlivňuje vybraný způsob zpracování půdy a hnojení. Pro zachování co nejlepšího stavu půdní struktury je nutné provádět zpracování půdy při příznivé půdní vlhkosti a s využitím co nejmenšího počtu přejezdů.[13]

Vlhkost půdy, definovaná jako obsah vody v půdě, hraje v zemědělství klíčovou roli. Ovlivňuje jak úspěšnost mechanických zásahů, tak i zachování optimálních fyzikálních vlastností půdy. Vzhledem k dynamické povaze vlhkosti, kdy obsah vody v půdě není konstantní, dochází na totožném pozemku ke kolísání odporu a drobivosti půdy. Množství vody v půdě závisí na řadě faktorů, jako jsou rostlinný pokryv, roční období, obsah humusu a sorpční vlastnosti půdy.[10]

Odpor půdy narůstá jak při vlhkosti nižší, tak i vyšší, přičemž nejmenší je při vlhkosti optimální, jejíž hodnota se odvíjí od druhu půdy:

- písčitá: 8-12 %
- hlinito-písčitá: 11-12 %
- hlinitá: 16-17 %
- jílovitá: 18-21 %

Při optimální vlhkosti se usnadňuje zpracování půdy, snižuje se energetická náročnost a opotřebení nástrojů. Naopak při nižší i vyšší vlhkosti je zpracování ztíženo. Při vyšší vlhkosti navíc dochází k tzv. **přilnavosti**, kdy se půda lepí na pracovní nástroje a značně ztěžuje zpracování půdy, což má za následek výrazný nárůst energetické náročnosti. Naopak při velmi vysoké vlhkosti se přilnavost snižuje. K poklesu přilnavosti dochází také v případě nerovných povrchů nástrojů, protože pod posouvající se zeminu proniká vzduch.[17; 18]

Tření je možné rozdělit na vnitřní, při kterém se vůči sobě pohybují půdní částice, a na vnější, které vzniká při pohybu půdy po povrchu nástroje. Velikost třecí síly, tj. síly nezbytné k posuvu půdy po nástroji, závisí na velikosti síly kolmé na povrch nástroje a na součiniteli tření. Součinitel tření je dán druhem a vlhkostí půdy, drsností třecí plochy a rychlostí pohybu.

$$F_T = F_N * f$$

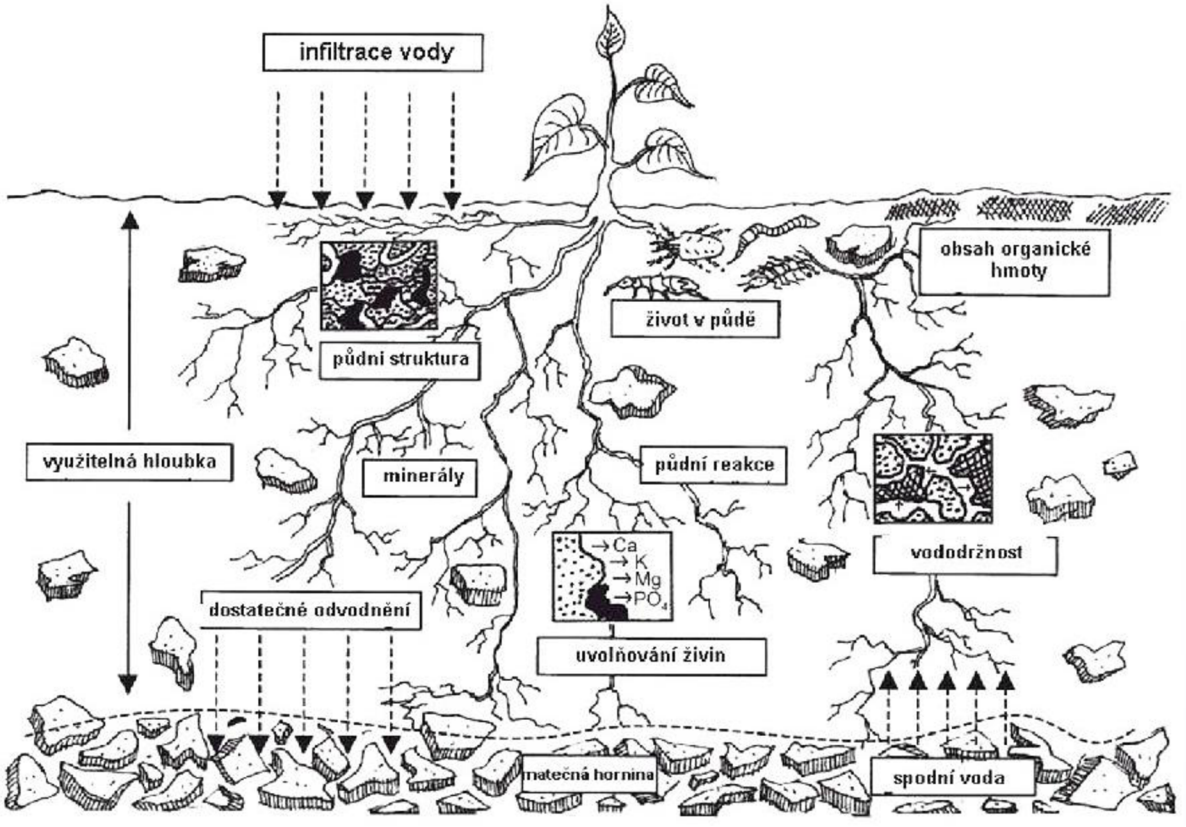
, kde:

- F_T= třecí síla (N)
- F_N= normálová síla (N)
- f = součinitel tření (půda po oceli) 0,2 až 0,8 (přibližně se uvažuje 0,25)

Pevnost půdy vyjadřuje její schopnost odolávat působení tlaku. Je důležité zdůraznit, že pevnost v tlaku je podstatně větší než pevnost v tahu, a proto půda odolává i opakovanému přejezdu těžkých strojů o hmotnosti několika tun. Následky takového zatížení však v půdě zůstávají. Při každém přejezdu strojů dochází ke stlačení půdy, čímž se snižuje pórovitost. To má negativní vliv na obsah vzduchu a mikrobiální život v půdě. V případě vyšší půdní vlhkosti se rovněž výrazně ničí drobtovitá struktura půdy.[17]

Zvláštní a zároveň nejdůležitější vlastností půdy je **úrodnost**, která je jejím primárním kvalitativním znakem. Lze ji chápat jako schopnost půdy poskytnout rostlinám a dalším organismům vyhovující podmínky s dostatkem živin a vody a zajistit tak jejich vývoj a růst. Jedná se o vlastnost dynamickou, jelikož je závislá na mnoha vlastnostech (fyzikálních, chemických, biologických), které se formovaly během vzniku a vývoje půdy. Na obrázku 4 jsou znázorněny všechny faktory, které úrodnost bezprostředně ovlivňují. Úrodnost je klíčové udržovat a podporovat a zabránit tak její degradaci. To znamená, že je nezbytné, aby bylo zvoleno vhodné zpracování půdy a aby byla použita správná zúrodňující opatření.[1]

Obr. 4 Faktory ovlivňující úrodnost půdy



Zdroj: [1]

4 Zpracování půdy

Zpracování půdy se řadí mezi nejdůležitější práce v rostlinné výrobě, jelikož vytváří vhodné podmínky k růstu a vývoji pěstovaných plodin, čímž značně ovlivňuje jejich konečnou produkci. Rostlině musí být umožněno prostřednictvím vytvořeného seťového lůžka co nejrychlejší vzcházení a prokořenění do podorničí. Cílem je dosáhnout půdy s ideální strukturou – s vodostálými agregáty, optimální drobivostí, pórovitostí a dostatkem vzduchu. Půda by neměla být zhutněná a měla by být schopná zachycovat a uchovávat vodu. Zpracováním půdy se mění její vlhkost a teplota, což pozitivně ovlivňuje chemické i biologické půdní procesy. Dochází také k odstranění plevelů, chorob a ke snížení počtu škůdců. Půda je před i po jejím zpracování doplňována o živiny formou minerálních a statkových hnojiv.[19]

V dnešní době se systémy a postupy zpracování půdy stávají předmětem kritické analýzy s cílem zlepšení péče o půdní prostředí a podmínek pro tvorbu výnosu plodin. Místo pracovně a energeticky náročných způsobů zahrnujících orbu se proto čím dál častěji využívají minimalizační postupy. Tyto postupy se vyznačují snížením hloubky a intenzity zpracování půdy a ponecháním určitého množství rostlinných zbytků na jejím povrchu. To vede ke snížení spotřeby paliva a emisí oxidu uhličitého, zlepšení struktury a úrodnosti půdy, zvýšení organického života v půdě a snížení eroze půdy. Mezi minimalizační postupy patří mělké zpracování půdy, výsev plodin do povrchově zpracované i do povrchově nezpracované půdy, výsev plodin do vymrzajících meziplodin a další.

Volba vhodné metody zpracování půdy závisí na řadě faktorů, jako jsou půdní a klimatické podmínky, specifické požadavky pěstovaných plodin a současný stav půdy. V závislosti na těchto faktorech se volí intenzita a hloubka zpracování půdy.[20]

Podle hloubky a intenzity zpracování a způsobu zacházení s rostlinnými zbytky lze postupy využívané ke zpracování půdy rozdělit následovně[1]:

- Technologie s orbou – Konvenční zpracování půdy
- Technologie bez orby – Minimalizační zpracování půdy
  - Minimalizace
  - Půdoochranné zpracování půdy
  - Přímé setí

4.1 Konvenční zpracování půdy

Při konvenčním zpracování půdy je půda pomocí radličného pluhu každoročně drobena, mísena, kypřena a obracena. Jedná se o tradiční technologii, při které je dodržován mezi základním a předseťovým zpracováním časový rozestup. To umožňuje utlumení plevelů a přirozené sléhávání půdy. Do konvenční technologie spadají jak tradiční postupy s oddělenými operacemi (podmítka, orba, smykování, vláčení, kypření, válení), tak i moderní postupy s jejich slučováním (např. orba s drcením hrud, předseťové zpracování se setím).[21]

Hlavním důvodem využívání konvenční technologie je zajištění výnosové stability, a to i v případě nepříznivého počasí. Orba vytváří tzv. „čistý stůl“, neboť dochází k zaorání posklizňových zbytků, odstranění výdrolů i plevelů vzešlých po podmítce a zapravení organických či minerálních hnojiv do půdy. Vytváří se tak vhodné podmínky pro předseťové zpracování půdy a následné setí.[13]

Na těžších půdách se však orba nedoporučuje, jelikož vede k tvorbě tvrdých, obtížně zpracovatelných hrud, které je nutné následně rozbíjet při předseťové přípravě, čímž se zvyšuje spotřebu času a nafty a tím pádem dochází k nárůstu nákladů na zpracování půdy.[21]

Další nevýhodou je, že zpracování půdy hlubším kypřením, ať už orbou nebo jinou metodou, destabilizuje ornici, která pak není schopna odolávat stlačování při přejezdech mechanizace. Vzniká tak paradoxní situace, kdy orba sice nakypří půdu zhutněnou po sklizni, ale za cenu vysoké spotřeby energie a s rizikem, že se ornice brzy vrátí do nežádoucího stavu. Pro zabránění opětovnému zhutnění je nutné minimalizovat přejezdy po nakypřené půdě, zvláště při vyšší vlhkosti. Orba půdy s vyšší vlhkostí vede ke zhutňování dna brázd, čímž se vytváří zhutnělá vrstva s nepříznivými fyzikálními vlastnostmi. Orbou se navíc do půdy zaklopí velká část rostlinných zbytků, což zvyšuje riziko eroze, zvláště na svažitých pozemcích, kde může vodní eroze vést i ke splavu ornice.

Z výše uvedených důvodů je důležité zvažovat minimalizační způsoby zpracování půdy, které redukují nevýhody konvenční technologie.[13]

4.2 Minimalizační zpracování půdy

Minimalizační zpracování půdy je v poslední době hojně využíváno. Odborníci odhadují, že v České republice se tato technologie používá na více než 30 % zemědělské půdy, a to především u hustě setých obilnin, kukuřice, luskovin a olejnin. [20]

4.2.1 Minimalizace

Minimalizace se zaměřuje na omezení počtu pracovních operací a přejezdů zemědělské techniky po pozemku, kdy je oproti konvenční technologii snížen podíl kolejových stop až o 50 %. Tím se redukuje nežádoucí utužování půdy a nedochází tak k poškozování půdní struktury, které má několik nepříznivých důsledků, jako jsou[12]:

- zvýšení objemové hmotnosti a snížení pórovitosti, které zhoršuje rozvoj kořenových systémů a snižuje zásobování rostlin vodou a živinami.
- pokles infiltrační schopnosti.
- pokles biologické aktivity.
- zvýšení odtoku povrchové vody a smyvu jemných částic z povrchu půdy.

Snížení počtu pracovních operací a přejezdů zemědělské techniky po poli je dosaženo vynecháváním, slučováním nebo zefektivňováním jednotlivých operací. Zásahy lze zefektivnit využitím strojů s vyšší plošnou výkonností, než jaké dosahují pluhy u konvenčního zpracování půdy. To umožňuje včasné provedení prací a snižuje riziko pozdního setí či setí do špatně připravené půdy. Snížení počtu pracovních operací zároveň vede k hospodárnějšímu provozu, jelikož klesá potřeba pracovníků a spotřeba nafty.

Přestože se minimalizace jeví jako ideální náhrada za energeticky náročné konvenční postupy, nelze ji aplikovat plošně. Je nutné zohlednit požadavky jednotlivých plodin, stav pozemku a typické klimatické podmínky daného regionu. Minimalizaci je vhodné využívat na půdách nezaplevelených víceletými pleveli, s vyhovujícím fyzikálním stavem, dostatkem živin a biologickou aktivitou. Naopak nevhodná je na půdách značně vlhkých, studených, s nízkým pH a obsahem živin.

Hlavními nevýhodami minimalizace jsou nižší odplevelovací účinek a vyšší riziko výskytu víceletých plevelů, s čímž souvisí i nárůst nákladů na herbicidy. V případě dlouhodobé aplikace hnojiv na povrch půdy navíc vzrůstá riziko přebytku živin v ornici a jejich nedostatku

v podorničí. Z ekonomického hlediska je nevýhodou potřeba vyšších investic na pořízení strojů.[1]

Základní pracovní operací v minimalizačním zpracování půdy je mělké kypření, prováděné radličkovými, diskovými nebo prutovými kypřiči. V případě potřeby hlubšího kypření se používají dlátové kypřiče. První podmítka se provádí co nejrychleji po sklizni plodiny a jejím hlavním cílem je rovnoměrné zapravení rostlinných zbytků, provzdušnění vrchní orniční vrstvy a zabránění vypařování vody. Druhá podmítka nahrazuje orbu a slouží k zapravení vzešlého výdrolu, promíchání rostlinných zbytků ve vrchní orniční vrstvě a srovnání povrchu půdy. Současně s ní lze do půdy zapravit minerální i organická hnojiva nebo aplikovat postřiky proti škůdcům a chorobám.[22]

4.2.2 Půdoochranné zpracování půdy

Půdoochranné technologie jsou charakteristické ponecháním alespoň 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy nebo pouze jejich částečným zapravením do půdy. Tyto rostlinné zbytky, ať už jde o strniště, rozdrcenou slámu obilnin nebo porosty meziplodin, chrání půdu zejména před vodní a větrnou erozí. Příklady obou typů erozí jsou znázorněny na obrázcích 5 a 6.[21]

Obr. 6 Větrná eroze

Zdroj: https://www.farmito.cz/

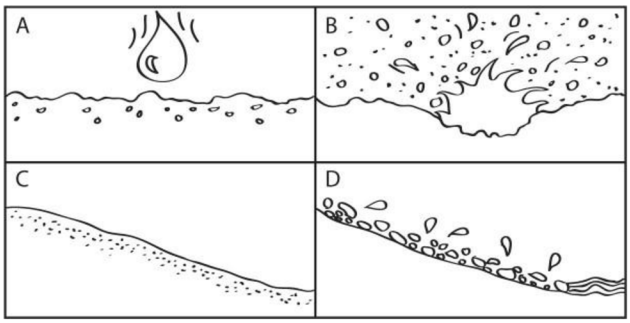
Obr. 5 Vodní eroze

Zdroj: https://www.agromanual.cz/

Obecně platí, že s každým 10 % nárůstem pokryvnosti povrchu rostlinnými zbytky se snižuje riziko eroze přibližně o 20 %. Výzkumy potvrzují, že pokrytí povrchu rostlinnými zbytky alespoň ze 30 % výrazně redukuje riziko vodní eroze, a to o 50 až 90 % v porovnání s holým povrchem. Naopak u nechráněného povrchu bez vegetačního pokryvu může při vydatnějších deštích docházet k nepříznivému efektu, který je zjednodušeně znázorněn na obrázku 7. Při silných deštích dochází vlivem dopadajících dešťových kapek k rozbití strukturních

agregátů půdy, což způsobuje ucpání rozměrnějších pórů jemnými půdními částicemi a následné slévání půdy. Tento jev zhoršuje propustnost půdy pro vodu a vede k intenzivnějšímu odtoku vody po povrchu a ke smyvu zeminy, jak ukazuje obrázek 8.[23]

Obr. 8 Účinky dopadajících kapek a postup vodní eroze



Zdroj: https://www.agromanual.cz

Obr. 7 Smyv zeminy

Zdroj: https://voda235.webnode.cz/eroze-pudy/

Další hlavní přednosti půdoochranných technologií jsou následující.

- Účelným ponecháním rostlinných zbytků předplodin a biomasy meziplodin na půdním povrchu či ve vrchní části ornice:
  - chrání půdu před rozplavováním strukturních agregátů a před výparem vody.
  - zabraňují přehřívání půdy v letních měsících.
  - zmenšují energii dopadajících kapek a zpomalují odtok vody po povrchu v případě intenzivních srážek.
  - zvyšují drsnost povrchu, a tím pádem redukují riziko vzniku větrné eroze.
- Vzhledem k delšímu období, kdy je půda pod rostlinným krytem:
  - snižují pravděpodobnost vyplavování lehce pohyblivých forem živin, zejména dusíku do podzemních vod.
  - podporují mikrobiální aktivitu a tvorbu humusu.
- Využíváním meziplodin:
  - zlepšují půdní úrodnost, jelikož meziplodiny uchovávají ve své biomase zbytky dusíku po předcházející plodině.
  - potlačují růst plevelů a rozvoj chorob.
- Snížením intenzity zpracování:
  - podporují půdní edafon, kdy dochází k rozmnožování žížal a ke zvýšení aktivity ostatních menších půdních živočichů.
  - zlepšují strukturu a provzdušnění půdy.
  - snižují spotřebu pohonných hmot a potřebu pracovních sil.

Naopak mezi hlavní nevýhody půdoochranných technologií patří:

- zvýšené riziko houbovitých chorob u pěstovaných plodin.
- možnost omezení přívodu vody k osivu, jelikož mělké zapravení slámy do půdy může vést k přerušení kontaktu mezi půdou a osivem, čímž se omezí příjem vody potřebný k vyklíčení.[21; 24]

V půdoochranných technologiích se ke zpracování půdy nejčastěji využívají kypřiče, které v porovnání s orebními pluhy zanechávají na povrchu pozemku výrazně vyšší procento posklizňových zbytků, jež mají významný vliv na snížení půdní eroze. Vliv různých strojů na množství posklizňových zbytků je znázorněn v tabulce 3, kde je patrný markantní rozdíl. Při zpracování půdy pluhy zůstane na jejím povrchu maximálně 7 % rostlinných zbytků, zatímco při použití kypřičů se nezapraví až 70 % rostlinných zbytků. Snížení eroze v důsledku používání kypřičů vede i k redukci odtoku vody a ztrát půdy, jak ukazuje tabulka 4.[23]

Tab. 3 Vliv zpracování půdy na rostlinné zbytky

Stroj pro zpracování půdy	Rostlinné zbytky na povrchu půdy (%)
Pluh	0-7
Talířový kypřič	60
Radličkový kypřič	65
Dlátový kypřič	75

Zdroj: https://www.agrojournal.cz/

Tab. 4 Vliv zpracování půdy na odtok vody a odnos půdy na svahu 12°

Způsob zpracování půdy	Odtok vody (mm)	Ztráta půdy (t/ha)
Konvenční s orbou	6,0	2,3
Kypření dlátovým kypřičem a talířovým podmítačem	2,7	0,3
Mělké kypření talířovým podmítačem	0,1	Stopy
Bez zpracování půdy	0	0

Zdroj: https://www.agrojournal.cz/

Dle intenzity, způsobu kypření půdy a nakládání s rostlinnými zbytky rozlišujeme následující půdoochranné technologie.

1. **Mulčovací technologie (Mulch Tillage)**

   Tato technologie zahrnuje rozprostření posklizňových zbytků předplodiny po povrchu půdy mulčovačem. Následně se provádí mělké kypření podmítači se šípovými radličkami, které nadzvednou zeminu a ponechávají zbytky na povrchu. Po zasetí dosahuje pokrytí půdy rostlinnými zbytky až 60 %. Mulčovací technologie je vhodná pro pěstování úzkořádkových plodin, jako jsou obiloviny, řepka či luskoviny.

2. **Redukované zpracování půdy (Reduced-tillage)**

   Cílem redukovaného zpracování je minimalizovat počet mechanických zásahů do půdy. Toho je dosaženo slučováním jednotlivých operací. Tento způsob je založen na co nejmenším počtu mechanických zásahů do půdy.

3. **Pásové zpracování půdy (Strip tillage)**

   Pásové zpracování půdy se zaměřuje na zpracování půdy pouze v pásech o šíři 0,1 až 0,2 m, do kterých je vkládáno osivo. Prostor mezi pásy zůstává nezpracovaný. Tato technologie je vhodná pro pěstování plodin v řádcích, jako je kukuřice, cukrová řepa a slunečnice.

4. **Zpracování půdy s tvorbou hrůbků (Ridge-till)**

   Jedná se o zpracování půdy, které zahrnuje současné setí a vytváření hrůbků na povrchu půdy. Ve spodní části hrůbků zůstávají posklizňové zbytky, které po zasetí pokrývají až 70 % půdního povrchu. Tato technologie je vhodná pro pěstování širokořádkových plodin, zejména kukuřice.[25; 26]

4.2.3 Přímé setí

V případě využití technologie přímého setí dochází k výsevu do nezpracované půdy ihned po sklizni hlavní plodiny, což eliminuje potřebu jakéhokoliv předchozího zpracování půdy, jako je podmítka, orba či předseťová příprava. K setí jsou použity speciální secí stroje, které vytváří úzké rýhy, do kterých následně vkládají osivo a zahrnují jej půdou. Tato technologie se také označuje jako nulové zpracování půdy (zero tillage) a nejčastěji je využívána při výsevu obilnin. [15; 17; 26]

Při přímém setí dochází k minimálnímu mechanickému narušení povrchu půdy. Podle použité meziřádkové vzdálenosti a nastavené rozteče vysévacích botek je zasaženo pouze 5 až 10 % celkové výměry obdělávaného pozemku. Díky absenci předseťové přípravy půdy, během níž obvykle dochází k zapravování hnojiv do půdy, jsou secí stroje vybaveny aplikátory průmyslových hnojiv. Tyto hnojiva jsou zapravována pod seťové lůžko tak, aby nedocházelo k přímému kontaktu s osivem, které si živiny postupně přivádí až pomocí kořenového systému. Secí stroj musí být dostatečně těžký, aby dosáhl požadované hloubky. Na trhu jsou k dispozici secí stroje s radličkovými nebo kotoučovými botkami, přičemž nejčastěji se využívají botky kotoučové, u kterých je menší riziko ucpání rostlinnými zbytky.

Přímé setí je nejvhodnější na půdách nezaplevelených vytrvalými plevely, s maximální nadmořskou výškou 350 m, ročním úhrnem srážek do 600 mm a průměrnou roční teplotou vzduchu přesahující 8°C. V současnosti se však tato technika nevyužívá pouze v sušších a teplejších regionech, zejména řepařské a kukuřičné výrobní oblasti, ale i v oblastech obilnářských a bramborářských.[13]

Mezi výhody využívání technologie přímého setí patří především úspora pohonných hmot a pracovního času, což se příznivě promítá do snížení provozních nákladů. Dále tato technologie přispívá k omezení vodní i větrné eroze a v sušších oblastech ke zlepšení hospodaření s vodou v půdě. Kromě toho odstraňuje mnoho nevýhod spojených s postupy zahrnujících orbu či kypření, zejména zmenšuje riziko zhutnění půdy díky snížení počtu přejezdů techniky po poli. Na druhou stranu mezi nevýhody této technologie se řadí omezení půdních vlastností, vyšší potřeba aplikace průmyslových hnojiv a herbicidů a také vyšší pořizovací cena speciálních secích strojů.[15; 26]

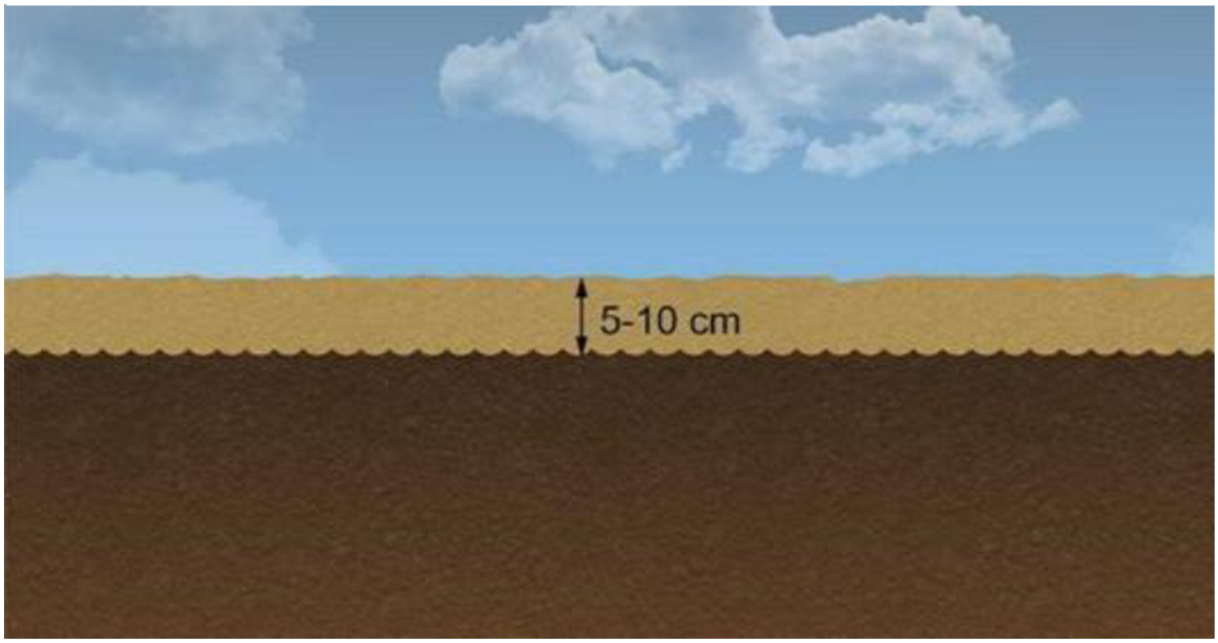
5 Diskové podmítače

Diskové podmítače jsou charakteristické svou univerzálností, jelikož mohou být použity jak při konvenčním zpracování půdy jako podmítače, tak i v minimalizačních technologiích jako mělké kypřiče. Jejich hlavní předností je vysoká plošná výkonnost, která je dána pojezdovou rychlostí dosahující až 15 km/h a velkou šířkou záběru. Vysoká plošná výkonnost umožňuje včasné provedení podmítky a vyšší pojezdová rychlost snižuje spotřebu nafty. Většina moderních diskových podmítačů je vybavena drobícími a utužovacími válci, a tudíž není po podmítce potřeba další operace pro úpravu povrchu půdy. Další předností je schopnost diskových podmítačů zapravit do povrchové vrstvy půdy velké množství posklizňových zbytků a semen výdrolu. Na půdách s vyšším rizikem eroze, na kterých je žádoucí ponechat na povrchu více rostlinných zbytků, je proto vhodnější použít radličkové kypřiče s plochými šípovými radličkami. Ve srovnání s radličkovými kypřiči diskové podmítače sice lépe drobí skývu, ale hůře podřezávají plevele a tím pádem neregulují dostatečně vytrvalé plevele, kdy v krajním případě mohou přispět i k rozšíření pýru plazivého.[1; 27; 28]

Diskové podmítače jsou vhodné na lehké i těžké, obtížně zpracovatelné půdy. Naopak nevhodné jsou na půdy s tvrdým povrchem, svažité pozemky, kde hrozí ujíždění a na kamenité půdy, kde může docházet k poškozování pracovních nástrojů. Při práci na těžkých půdách je vhodné zvolit stroje s hmotností okolo 1 tuny na metr záběru a pracovat při optimální vlhkosti půdy. Kvalita zpracování půdy diskovými podmítači závisí především na kvalitě sklizně předešlé plodiny. V případě nekvalitně provedené sklizně může totiž zůstat na povrchu půdy velké množství shluků slámy či zbytků polehlého obilí, což znemožňuje dosažení požadované hloubky zpracování a dochází tak k nepravidelnému zapravení rostlinných zbytků do půdy.[1; 13; 29]

Dalším problémem diskových podmítačů je to, že při provádění primární podmítky dochází pod zpracovávanou vrstvou k vytvoření tzv. hřebenovitého dna (viz. obr.9). Pro jeho odstranění je žádoucí, aby při případné sekundární podmítce došlo ke změně směru jízdy, která musí být šikmá ve srovnání se směrem jízdy předcházející. Další možností je následné zpracování půdy radličkovými kypřiči.[27; 30]

Obr. 9 Schéma profilu zpracování půdy diskovým podmítačem



Zdroj: https://www.farmet.cz/cs/novinky/2020-09-radlickove-nebo-diskove-melke-zpracovani pudy

5.1 Pracovní nástroj

Pracovním nástrojem diskových podmítačů je talíř, který má většinou tvar kulového vrchlíku, v ojedinělých případech komolého kužele. Každý talíř je na obvodu zakalen, nabroušen a opatřen hladkým (viz. obr.11) nebo vykrojovaným obvodovým břitem (viz. obr.10), přičemž vykrojovaný břit se používá zejména při obdělávání těžkých, obtížně zpracovatelných půd. Jednotlivé talíře mohou být uloženy buď skupinově na společném hřídeli nebo samostatně na jednotlivých slupicích.[1; 15]

Obr. 11 Talíř s hladkým břitem

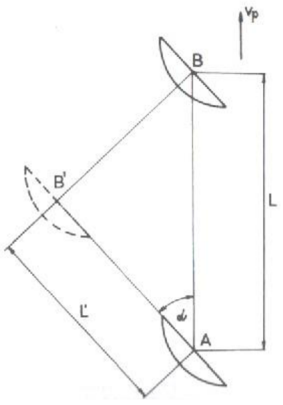
Obr. 10 Talíře s vykrajovaným obvodovým břitem

Zdroj: https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/podmitaci-disky/

Talíř se otáčí v důsledku tření mezi ním a půdou. Pomocí břitu odřezává, mísí, drobí a zčásti obrací skývu, kterou současně odsouvá do úbočí. Mechanismus drobení a míchání půdy lze vysvětlit tím, že rychlost bodů na povrchu talíře a tím pádem i rychlost půdních částic, které jsou s ním v kontaktu, od středu k okraji talíře postupně stoupá. Částice půdy na povrchu půdy jsou směrovány ke dnu brázdy, z něhož jsou díky vyšší rychlosti naopak vynášeny na povrch. Dno brázdy určuje tvar talíře, a proto je hřebenité.

Jak je znázorněno na obrázku 12, rovina otáčení talíře je vzhledem ke směru jízdy natočena pod úhlem náběhu α. Během pohybu se střed talíře posunuje ve směru jízdy, zatímco bod na jeho obvodu se zároveň otáčí v rovině postavení talíře pod úhlem α. Pokud by se talíř pouze otáčel, dostal by se do bodu B. Ovšem protože je tažen dopředu, přesune se do bodu B´. Z toho vyplývá, že rychlost otáčení talíře je nižší než rychlost, která by odpovídala jeho ujeté dráze a dochází tak k prokluzu. [1; 17; 15]

Obr. 12 Schéma pohybu talíře



L-dráha talíře, v_p-pojezd. rychlost, α=úhel náběhu

Zdroj: [17]

5.1.1 Typy disků od společnosti Bednar

Společnost Bednar má ve svém portfoliu náhradních dílů následující typy disků.

5.1.1.1 Zubatý disk

Tento zubatý disk v tradičním provedení (viz. obr.13) se vyznačuje univerzálností, jelikož je vhodný pro drtivou většinu druhů půd. Nabízí se v různých průměrech, které odpovídají různým hloubkám zpracování a typům strojů.[31]

Obr. 13 Zubatý disk

Zdroj: [31]

5.1.1.2 Speciálně tvarovaný A-Disk

A-disk se vyznačuje specifickým tvarem, který mu umožňuje dosahovat lepšího řezacího a mísícího efektu. Díky tomu lépe proniká do půdy, a to i za sucha. Jeho obvod je opatřen značným množstvím břitů, které usnadňují zapravení většího množství rostlinných zbytků. Stejně jako tradiční zubatý disk, i A-disk se nabízí v různých rozměrech pro různé hloubky zpracování a typy strojů.[31]

Obr. 14 A-Disk

Zdroj: [31]

5.2 Konstrukční řešení uložení talířů

Jak již bylo zmíněno výše, používají se dvě základní koncepce uložení talířů:

- talíře uložené na společné hřídeli.
- talíře uložené samostatně na jednotlivých slupicích.

5.2.1 Uložení talířů na společné hřídeli

Tato koncepce je využívána poměrně dlouhou dobu, kdy podle ní byly konstruovány vůbec první diskové podmítače. Vyznačuje se upevněním talířů na společné hřídeli uložené v ložiscích. Talíře jsou obvykle uspořádány do dvou pracovních řad ve tvaru písmene "V" (viz. obr. 15) nebo "X" (viz. obr.16). Pro lepší pronikání do půdy a zapravování rostlinných zbytků jsou talíře v přední řadě zpravidla ozubené, zatímco v zadní řadě hladké. Průměry talířů se pohybují v rozmezí od 600 do 800 mm. Rovina rotace talířů svírá společně se směrem pohybu jízdy tzv. pracovní úhel, který je možné přestavovat v rozmezí mezi 15° až 30°. Změna úhlu umožňuje ovlivňovat hloubku podmítky a hřebenitost dna. Podmítače s touto koncepcí se vyrábějí v různých šířkách pracovního záběru. U rozměrnějších modelů je samozřejmostí hydraulické zvedání jednotlivých pracovních sekcí.[1; 30]

Obr. 15 Uspořádání talířů do "V"

Zdroj: https://www.agrotechnika.cz/

Obr. 16 Uspořádání talířů do "X"

Zdroj: https://recarprofi.cz/

Mezi klady této koncepce se řadí především jednoduchá konstrukce a nízké náklady na výrobu. Naopak mezi zápory patří menší pracovní rychlost, která dosahuje hodnoty 10 km/h, a značná délka stroje. Dalším negativem je tvorba nerovností i na poli s rovným povrchem při dlouhodobějším používání. Obtížné je také nastavení a udržení konstantní hloubky zpracování. Z konstrukčního hlediska je nevýhodou, že lze měnit pouze pracovní úhel, nikoliv úhel odklonu disků od svislé roviny. To vede k vyššímu tahovému odporu a tím pádem i k vyšší

energetické náročnosti. Dále je mezi talíře nutné umisťovat škrabky, aby se zabránilo ucpávání. Talíře navíc nejsou nijak jištěny proti poškození při najetí na překážky (např. kameny).[30]

Z výčtu mnoha nevýhod je jasné, proč se více začala využívat nová koncepce samostatného uložení talířů.

5.2.2 Samostatné uložení talířů

Koncepce samostatného uložení talířů (viz. obr.17) se vyznačuje uložením každého talíře v ložisku na samostatné slupici, která funguje jako kyvné rameno odpružené gumovými silentbloky nebo pružinami. Díky tomuto uložení se talíř v případě najetí na překážku (např. kámen) bezpečně vyklopí a minimalizuje se tak riziko jeho poškození. Talíře jsou uspořádány do dvou řad kolmo na směr jízdy, čímž se dosahuje výrazného snížení celkové délky stroje. Dvouřadé uspořádání zároveň vytváří prostor pro průchod půdy a rostlinných zbytků, takže nedochází k ucpávání a podmítač nemusí být vybaven škrabkami. Průměr disků je v tomto případě většinou menší (450-800 mm) než u předchozího typu uložení. Výhodou je možnost nastavení nejen pracovního úhlu, ale i úhlu odklonu disku od svislé roviny, čímž se dosahuje optimálního zpracování půdy a nízkého tahového odporu. Dalšími klady jsou vysoká pracovní rychlost (až 15 km/h) a tím pádem také výkonnost, která je oproti předchozímu uložení vyšší až o 50 %. Navíc při dlouhodobém využívání na tomtéž pozemku nezpůsobuje na jeho povrchu nerovnosti, ale dokonce ho i urovnává. Za řadami disků bývá umístěn drobící válec, který zlepšuje drobení půdy, snižuje hrudkovitost a zajišťuje konstantní hloubku zpracování. Nevýhodami jsou složitější konstrukce a vyšší cena stroje.[30]

Obr. 17 Samostatné uložení talířů

Zdroj: https://www.agroportal24h.cz/

5.3 Využití

Diskové podmítače jsou vhodné jak pro podmítku v konvenční technologii, tak pro mělké kypření v minimalizační technologii.[27]

5.3.1 Podmítka

Podmítka je mělké zpracování půdy prováděné co nejdříve po sklizni zrnin a dalších plodin v letních měsících. Její přínosy jsou všeobecně uznávány. Podmítka vytváří vhodné podmínky pro klíčení semen plevelů a výdrolu řepky nebo obilnin. Vzešlé rostliny se následně zlikvidují a zapracují do půdy při jejím dalším zpracování, obvykle orbou. U jednoletých plevelů je však situace složitější. Vyklíčí jen část jejich semen, jelikož semena i plody těchto plevelů mohou setrvávat v klidu delší dobu a neklíčí ani za příznivých podmínek. Dalším faktorem je sucho a nedostatek vláhy v půdě, které jsou v letních měsících běžné.[13]

Podmítka provzdušňuje půdu a promíchává rostlinné zbytky s horní orniční vrstvou. Včasná a kvalitní podmítka podporuje hospodaření s půdní vláhou. Vytváří tzv. izolační vrstvu, která zabraňuje vypařování vody z půdy přerušením kapilárních pórů směřujících k povrchu. Zároveň zlepšuje schopnost půdy vodu přijímat, a to zejména při vydatnějších srážkách. Zlepšené hospodaření s vodou je klíčové především v letních, suchých obdobích, kdy je udržení vody v půdě zásadní. Provzdušněním a promícháním s rostlinnými zbytky se půda obohacuje o energetické složky, které podporují mikrobiální činnost a rozkládání organických látek. Kvalitně provedená podmítka mechanicky likviduje plevele a výdrol, a také potlačuje choroby a škůdce plodin.

Pro dosažení kvalitní podmítky je klíčové její včasné provedení. Ideální je provést ji co nejdříve po sklizni, nejlépe v ten samý den. V tomto momentu je půda ještě dostatečně vlhká a snadno se zpracovává, což umožňuje dosažení požadované hloubky zpracování. Hlavním kritériem pro včasné provedení podmítky je co nejrychlejší uklizení slámy po sklizni obilnin, samozřejmě pouze v případě není-li určena k zaorání. Pokud se podmítka provede s větším časovým odstupem od sklizně, ztrácí na svém účelu a je lepší ji vynechat. Půda je vyschlejší a hůře se zpracovává, čímž se zvyšuje i riziko tvorby hrud. S narůstající obtížností zpracování se zvyšuje opotřebení nástrojů a spotřeba pohonných hmot a tím pádem i celkové náklady na podmítku.[30; 32]

Dalším důležitým parametrem pro dosažení kvalitní podmítky je hloubka zpracování, která výrazně ovlivňuje vlhkost půdy a umožňuje rozdělit podmítku do tří kategorií:

- mělká (méně než 8 cm)
- střední (8 až 12 cm)
- hluboká (12 až 15 cm)

Volba hloubky podmítky závisí především na srážkových a teplotních poměrech v dané lokalitě a typu zpracovávané půdy. Mělká podmítka se uplatňuje ve vlhčích a chladnějších oblastech a na lehkých půdách. Naopak hluboká podmítka je vhodná pro sušší a teplejší oblasti, kde je klíčové vytvoření izolační vrstvy pro zabránění výparu vody z půdy a udržení co největšího množství vláhy po deštích. Hluboká podmítka se provádí i na těžkých půdách, avšak s rizikem tvorby velkých hrud, které komplikují další zpracování a podporují vzcházení plevelů a výdrolu předplodiny. Střední podmítka se používá v případě zpracování pozemků s hlubokými kolejemi nebo pro částečné zapravení nesebrané slámy, většího strniště či vzrostlého výdrolu. Hlubšího podmítání se dále využívá ke snížení zhutnění půdy nebo k zapravení hnojiv.[13; 30]

Kvalitní a včasná podmítka výrazně usnadňuje následné zpracování půdy, většinou orbou. Orba je poté energeticky méně náročná, dosahuje vyšší výkonnosti a požadované kvality, která spočívá v optimálním drobení půdy. Zároveň se snižuje opotřebení plužních čepelí.[13]

Po provedení podmítky je vhodné ošetřit povrch půdy vláčením nebo válením. Tím se zabrání vysychání hrud a urovná se povrch. V praxi se toto ošetření provádí většinou přímo při podmítce, kdy jsou podmítací stroje vybaveny pracovními nástroji pro úpravu povrchu. Válení se používá především na těžkých půdách a v sušších oblastech.[30]

5.3.2 Mělké kypření

Diskové podmítače používané pro podmítku jsou srovnatelné s těmi, které se používají pro mělké kypření v minimalizačních technologiích. Požadavky na kvalitu práce mělkého kypření jsou téměř totožné s požadavky na podmítku. Ovšem vzhledem k tomu, že po mělkém kypření následuje rovnou setí, nároky na kvalitu práce se zvyšují. Největší důraz je kladen na rozdrcení rostlinných zbytků a jejich dostatečné zapravení do půdy, urovnání povrchu

pozemku a dodržení rovnoměrné hloubky zpracování. Nekvalitně provedené mělké kypření by si vyžádalo použití secích strojů schopných pracovat i v méně připravených půdách.[27]

5.4 Energetická náročnost

Zpracování půdy je spojeno s vysokými energetickými náklady, především při využití konvenční technologie. Pro udržitelnost těchto technologií je proto velmi důležité, aby byl pro každý zemědělský stroj zvolen vyhovující energetický zdroj s optimálním výkonem, což vede ke snížení nákladů na produkci plodin díky úspoře paliva. Optimální výkon traktoru pro různé zemědělské stroje se stanovuje na základě potřebné tahové síly v provozních podmínkách.

Tahová síla je síla, která je potřebná k pohonu nástroje ve směru jízdy. Její velikost je závislá především na pojezdové rychlosti, pracovní šířce, hloubce a na geometrii nástroje. V případě diskových podmítačů se jedná především o velikost pracovního úhlu nástroje, typ a rozteč disků. Dále je tah ovlivněn specifickými podmínkami pro danou lokalitu, jako je typ, vlhkost či zhutnění půdy a její pokryvnost rostlinnými zbytky.[33]

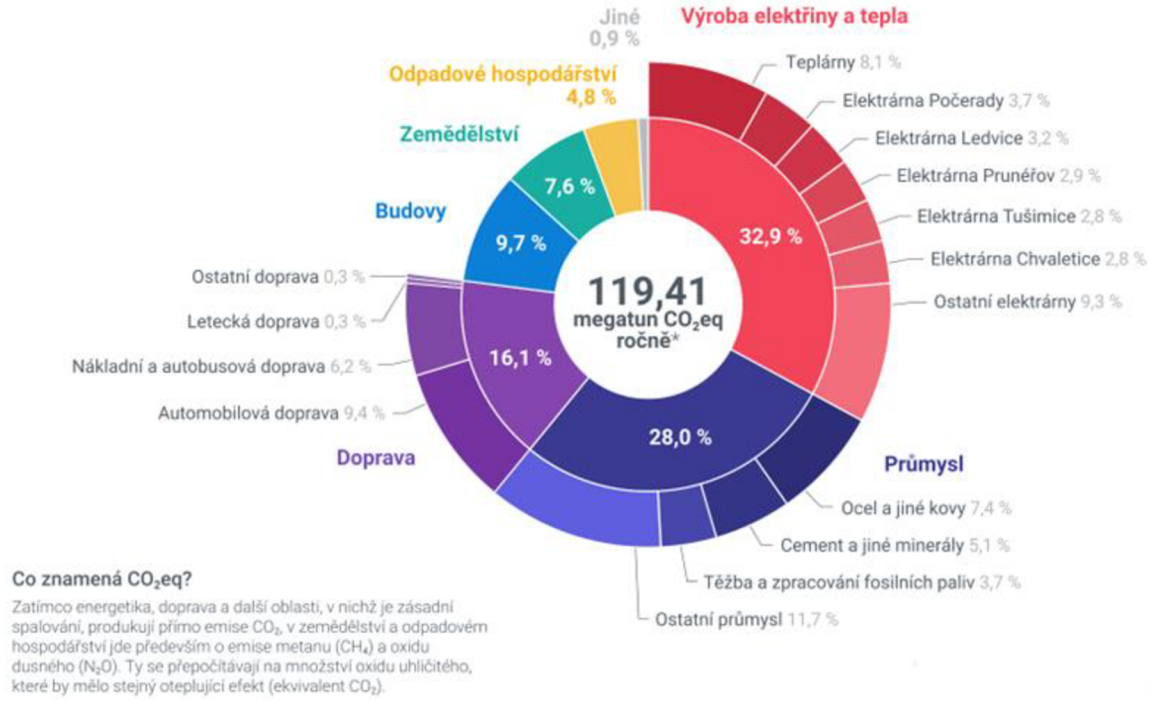
5.5 Emise skleníkových plynů

Graf na obrázku 18 zobrazuje rozložení celkových emisí skleníkových plynů v ČR za rok 2021 v jednotlivých sektorech lidské činnosti. V tomto roce se v roce v ČR vyprodukovalo 119,41 milionů tun CO_2 ekvivalentu skleníkových plynů, což v přepočtu na jednoho obyvatele představuje 11,38 tuny.

Největšími producenty emisí skleníkových plynů v ČR jsou energetika (32,9 %) a průmysl (28 %). Doprava se podílí 16,1 % a zbylé sektory (budovy, zemědělství, odpadové hospodářství a jiné) dohromady 23 %.

Zemědělství se na celkových emisích podílí 7,6 % čili 9,07 miliony tun CO_2 ekvivalentu. Z toho 4,41 milionu tun pochází z chovu hospodářských zvířat, a to ve formě emisí metanu. Dalších 3,12 milionu tun je z obdělávání půdy, kde se uvolňuje oxid dusný. Zbývajících 1,23 milionu tun vzniká spalováním pohonných hmot v zemědělství a lesnictví.[34]

Obr. 18 Celkové emise České republiky za rok 2021



Zdroj: https://faktaoklimatu.cz/

5.5.1 Emise oxidu uhličitého spalováním pohonných hmot

Spalování pohonných hmot při zpracování půdy je jedním z hlavních zdrojů emisí oxidu uhličitého (CO_2) do atmosféry v zemědělství. Tento proces je neoddělitelnou součástí zemědělství a přispívá k celkovým emisím skleníkových plynů. Emise CO_2 jsou výsledkem spalování nafty v traktorech nebo v dalších zemědělských strojích, jako jsou například sklízecí mlátičky. Množství vyprodukovaného CO_2 závisí na několika faktorech. Typ a výkon používaných strojů hrají klíčovou roli, protože výkonnější stroje obvykle spotřebovávají více paliva a generují vyšší emise CO_2. Důležitý je také způsob a intenzita provozu těchto strojů, jelikož delší doba provozu a vyšší pracovní zátěž vedou k vyšším emisím CO_2. Vliv na emise má rovněž typ zpracovávané půdy a její stav. Například zpracování těžších, tvrdých půd vyžaduje větší výkon strojů, a tedy i vyšší spotřebu paliva. Geometrie nástrojů a pracovní parametry, jako je rychlost a hloubka zpracování, mohou také ovlivnit energetickou náročnost a emise CO_2. V neposlední řadě hraje významnou roli také vlhkost půdy, která ovlivňuje tření mezi nástroji a půdou, a tedy i spotřebu paliva. Kromě toho je nutné zohlednit i vlastnosti půdy, jako je struktura, zhutnění a koeficient tření, které mohou ovlivnit energetickou efektivitu

zemědělských operací a emise CO_2. Pro snížení emisí CO_2 je proto důležité nejenom optimalizovat používanou techniku, ale také optimalizovat pracovní postupy a agrotechnické systémy, aby se minimalizovala spotřeba paliva a emise CO_2 při zpracování půdy. Celkově je snaha o snížení emisí CO_2 při zpracování půdy důležitá jak z environmentálního, tak ekonomického hlediska, a stává se klíčovou součástí udržitelného rozvoje zemědělství v kontextu boje proti změně klimatu.[34]

5.5.2 Emise oxidu uhličitého z půdy

Oxid uhličitý, jeden z produktů rozkladu organických látek, se neustále hromadí v půdním vzduchu. Jeho koncentrace v tomto prostředí je až stonásobně vyšší než v přízemní části atmosféry. Tento značný rozdíl je rozhodující pro difúzní přesun CO_2 z půdy do atmosféry, což je proces nazývaný jako dýchání půdy.[35]

Půdní dýchání představuje jeden z klíčových procesů ovlivňujících koncentraci CO_2 v atmosféře. Odhaduje se, že do ovzduší se jím dostává až desetkrát více oxidu uhličitého než spalováním fosilních paliv. Celkově tvoří emise z dýchání půdy přibližně 1/10 celkového objemu CO_2 v atmosféře. I relativně malé změny směřující k jejich redukci tak můžou vést k signifikantnímu snížení koncentrace CO_2 v globálním měřítku.

Intenzita dýchání půdy je závislá na několika faktorech. Mezi nejdůležitější patří[36]:

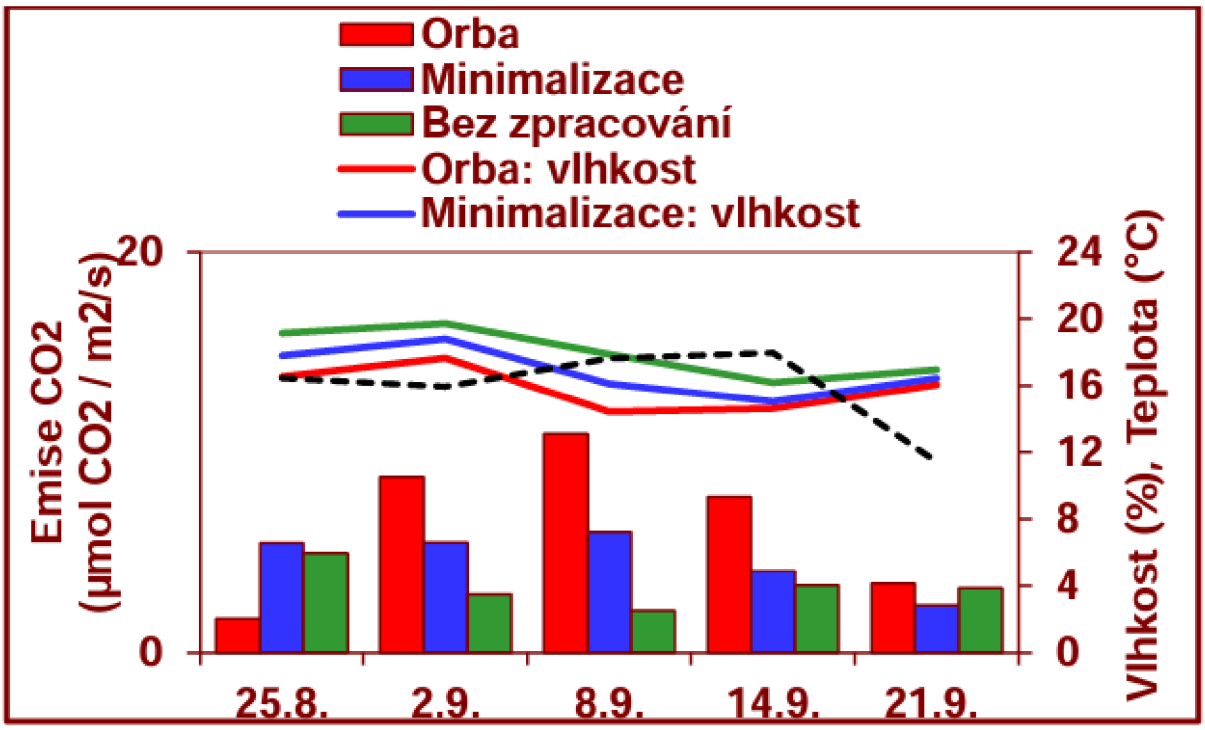
- množství a skladba organické hmoty v půdě
- teplota a vlhkost půdy
- technologie zpracování půdy
- druh a množství použitých hnojiv

Zpracování půdy hraje významnou roli v koloběhu uhlíku, a to jak z hlediska jeho ukládání (v podobě humusových látek), tak uvolňování do atmosféry (jako oxid uhličitý). Změny v půdním prostředí, které se dějí po intenzivním zpracování, obvykle vedou k většímu uvolňování CO_2 do ovzduší. Největší ztráty CO_2 se většinou vyskytují bezprostředně po orbě. Snížení hloubky a intenzity zpracování napomáhá k redukci emisí CO_2. Ke snižování emisí CO_2 a zvyšování obsahu organického uhlíku v půdě tedy přispívá přechod z konvenčního zpracování s orbou na minimalizační systémy bez orby. Významný vliv má také čas zpracování,

jelikož při práci v teplejších měsících, a to především při orbě, dochází k výraznému nárůstu emisí CO_2.[35]

Graf na obrázku 1 znázorňuje rozdíly v emisích CO_2 a vlhkosti půdy po různém zpracování půdy před výsevem ozimé řepky. Výsledky potvrzují výhodnost minimalizačních technologií. Nejvyšší emise CO_2 byly zaznamenány po orbě, kdy k jejich snížení došlo až po ochlazení na konci září. Naopak u minimalizační technologie a u půdy ponechané bez zpracování jsou emise CO_2 výrazně nižší.

Obr. 19 Emise CO2 z půdy a její vlhkost po různém zpracování k řepce



Zdroj: Rizika-pri-zakladani-porostu-repky-na-web-VURV_2022

5.5.2.1 Prostorová variabilita emisí oxidu uhličitého z půdy

Emise oxidu uhličitého (dále jen CO_2) z půdy se měří komorovými metodami nebo mikrometeorologickými technikami, jako je vířivá kovariance. Pro hodnocení prostorové variability emisí CO_2 se však používají pouze komorové metody, protože mikrometeorologické techniky pro tento účel nejsou vhodné.

Prostorová interpolace a extrapolace dat o emisích CO_2 z bodových měření a vyhodnocení průměrných hodnot jsou silně ovlivněny prostorovou variabilitou emisí CO_2 z půdy. V polních pokusech se emise CO_2 z různě ošetřených půd (minerálními hnojivy apod.) měří většinou

na malých pozemcích (několik m^2). Vzhledem k nejistotě měření a prostorové variabilitě emisí je nutné pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými ošetřeními půdy provést na pozemku několik opakovaných měření.

Podle statistických úvah by však pro spolehlivé stanovení prostorové variability emisí CO_2 z půdy bylo potřeba více měření, než se běžně v polních pokusech provádí. Navíc vzhledem k závislosti variability emisí na měřítku (vzdálenost mezi jednotlivými body měření) by bylo pro každé ošetření půdy nutné provést měření na různě velkých plochách s několika opakováními na každé z nich. Z toho vyplývá, že pro správné navržení terénních měření emisí CO_2 z půdy a interpretaci jejich výsledků je nezbytná znalost prostorové variability a její závislosti na měřítku.

Ukazatele prostorové variability vlastností souvisejících s půdou se rozdělují do tří kategorií.

1) **Geostatika**: zahrnuje výpočet semivariogramů nebo souvisejících ukazatelů. Vyžaduje však velké množství georeferenčních měřících bodů a výsledky nejsou smysluplné, pokud se měřící body nacházejí na pozemcích s různými způsoby ošetření půdy.
2) **Deterministické rozdělení**: vztahuje se ke strukturálním prvkům (např. k řádkům plodin) a vyžaduje přesné informace o prostorovém uspořádání pozemku. Výsledky jsou jedinečné pro daný pozemek a nepřenosné na jiné.
3) **Hromadné statistické ukazatele**: rozptyl, směrodatná odchylka, variační koeficient (CV). Mají nejmenší nároky na počet dat, jsou široce použitelné a lze je vypočítat z jakýchkoli datových souborů. Pokud se vyhodnocuje několik měřítek, lze vyvodit závěry o variabilitě v různých měřítkách.[36]

5.6 Ekonomické hodnocení diskových podmítačů

Pro ekonomické porovnání diskových podmítačů s ostatními stroji používanými k základnímu zpracování půdy byl zvolen stejný energetický zdroj, a to kolový traktor s výkonem 120-150 kW. Volba stejného traktoru umožňuje porovnat výkonnost, spotřebu paliva, fixní náklady, variabilní náklady a další ekonomické ukazatele mezi různými typy zemědělských strojů.

Fixní náklady soupravy zahrnují:

- náklady na odpisy
- náklady na garážování (uskladnění) stroje
- silniční daň

Variabilní náklady soupravy zahrnují:

- náklady na pohonné hmoty a maziva
- náklady na opravy a udržování
- osobní náklady

Tabulka 5 znázorňuje srovnání diskových a radličkových podmítačů. Klíčovým rozdílem je spotřeba paliva. Diskový podmítač s pracovní šířkou 4,5 m při střední podmítce (80-120 mm) spotřebuje 5,5 l/ha, zatímco radličkový podmítač se stejnou pracovní šířkou 6,5 l/ha. To představuje nezanedbatelný rozdíl 1 l/ha, jenž má přímý dopad na výši variabilních nákladů, které jsou tím pádem u diskových podmítačů nižší.

Tab. 5 Porovnání talířového a radličkového podmítače

Stroj	Pracovní operace	Výkonnost (ha/h)	Spotřeba paliva (l/ha)	Náklady (Kč/h)		
				Fixní	Variabilní	Celkové
Podmítač talířový 4,5 m	Střední podmítka	3.0	5.5	615	1351	1966
Podmítač radličkový 4,5 m	Střední podmítka	3.0	6.5	615	1484	2099

Zdroj: vuzt.cesnet.cz/

Tabulka 6 znázorňuje srovnání diskového podmítače pro střední podmítku, běžně používaného v minimalizačních technologiích, a šestiradličného jednostranného pluhu pro střední orbu, který se používá v konvenčním zpracování půdy. Na první pohled je patrné, že diskové podmítače dosahují výrazně větší výkonnosti a zároveň mají značně nižší spotřebu paliva. Diskový podmítač dosahuje výkonnosti 3 ha/h, zatímco pluh pouze 1,1 ha/h. Rozdíl ve spotřebě paliva je ještě výraznější, kdy pluh spotřebuje 21 l/ha, zatímco diskový podmítač pouze 5,5 l/ha. Tato výrazná odlišnost se samozřejmě projevuje ve variabilních nákladech, které jsou v případě jednostranného pluhu vyšší. Nižší spotřeba paliva a vyšší výkonnost podmítačů ve srovnání

s pluhy představují jedny z klíčových důvodů pro rostoucí preferenci minimalizačních technologií v současné době.[37]

Tab. 6 Porovnání diskového podmítače a jednostranného pluhu

Stroj	Pracovní operace	Výkonnost (ha/h)	Spotřeba paliva (l/ha)	Náklady (Kč/h)		
				Fixní	Variabilní	Celkové
Podmítač talířový 4,5 m	Střední podmítka	3.0	5.5	615	1351	1966
Pluh jednostranný 6 r.	Střední orba	1.1	21.0	538	1594	2132

Zdroj: vuzt.cesnet.cz/

5.7 Opotřebení nástrojů

Jak již bylo zmíněno výše, minimalizační technologie zpracování půdy, v nichž podmítače hrají klíčovou roli, se v posledních letech těší stále větší oblibě. Proto je důležité, aby pracovní části podmítačů dostatečně odolávaly opotřebení při práci v různých, především tvrdých půdách. To vede ke kratším prostojům a nižším nákladům na výměnu opotřebovaných dílů.[38]

Na pracovních nástrojích dochází především k abrazivnímu opotřebení způsobenému tvrdšími částicemi (křemen, korund) než je materiál nástroje. Jedním ze způsobů, který vede ke snížení intenzity opotřebení je tím pádem zvýšení tvrdosti materiálu nástrojů, čímž se redukuje pronikání abrazivních zrn do materiálu. Nicméně, i tento způsob má svá omezení, protože s narůstající tvrdostí materiálu může současně docházet ke snižování jeho odolnosti vůči nárazům. Proto se pro nástroje používají materiály s vysokou pevností pro odolávání nárazům a s vysokou tvrdostí pro odolávání opotřebení.[6; 38]

Kromě tvrdosti ovlivňuje intenzitu opotřebení i drsnost materiálu. Dále geometrie nástroje a pracovní parametry, jako je rychlost a hloubka zpracování. Významný vliv mají také vlastnosti půdy, a to především struktura, vlhkost, zhutnění půdy a koeficient tření. Největší vliv má však druh půdy, kdy je mnoha studiemi prokázána zvyšující se intenzita opotřebení s rostoucí velikostí částic písku v půdě.

Výsledkem opotřebení je degradace povrchu pracovního nástroje, která se projevuje úbytkem materiálu a vede ke ztrátě geometrických rozměrů. Zvýšená míra opotřebení se projevuje nárůstem potřebné tahové síly, spotřeby paliva a nákladů na opravy a údržbu. V případě výměny dílů dochází k dalším nákladům na výměnu opotřebovaných nástrojů a celkové náklady se tak dále zvyšují. Zemědělci obvykle vyměňují opotřebované nástroje na základě vizuální kontroly geometrických rozměrů a hmotnostních ztrát.[6; 39]

Vzhledem k prostojům vznikajícím díky nutnosti výměny poškozených součástí může dojít ke zpoždění zpracování půdy. To vede k nedodržení agrotechnických termínů, kdy se vlivem prodloužení doby zpracování půdy zpozdí doba setí, což následně ovlivní celkovou produktivitu rostlinné výroby. Kromě zpoždění se snižuje i kvalita samotného zpracování.

Proto je nutné brát problematiku opotřebení diskových podmítačů velmi vážně, jelikož především ekonomické důsledky jsou značné. Z ekologického hlediska je výrazným negativem to, že opotřebením pracovních nástrojů se do půdy při jejím zpracování uvolňuje řada chemických prvků (Al, B, C, Co, Cr, Cu, Fe, mo, Nb, Ni a další), které mohou představovat toxikologické ohrožení.[6]

5.7.1 Povrchová úprava nástrojů pro zpracování půdy

Povrchová úprava spočívá v nanášení povlakového materiálu na základní materiál nástroje. Zkoumání vlivu této úpravy materiálu na tahovou sílu prokázalo, že povrchově upravené nástroje jí potřebují méně než neupravené. To je důležité zjištění, protože části nástrojů v kontaktu s půdou jsou vystaveny abrazivnímu opotřebení, které zvyšuje tření a s ním právě i potřebnou tahovou sílu. Cílem povrchových úprav je tedy zajistit větší odolnost povrchu nástroje proti opotřebení a tím prodloužit jeho životnost.

Povrchová úprava se využívá především pro radličky, dláta či radlice, u disků je její využití problematičtější a méně běžné. Povlakové materiály se na povrch nástrojů zemědělských strojů nanáší různými metodami, které jsou popsány níže.

První metodou povrchové úpravy nástrojů je **fyzikální povlakování**. Provádí se ve vakuu, ve kterém se kov odpařuje a následně nanáší na nástroj, kdy přidáním reakčního inertního plynu (většinou dusíku) se na povrchu nástroje vytvoří tenký, tvrdý a přilnavý povlak.

Existuje několik fyzikálního povlakování, které se liší pouze způsobem odpařování kovů (odpaření, odprášení, iontové pokovování). Pevný materiál může být nanášen na jakýkoliv pevný materiál s výjimkou polymerů. Pro povlakování nástrojů se používají především materiály na bázi titanu, které se vyznačují nízkou hodnotou tření, vysokou tepelnou stabilitou a odolností vůči oxidaci a opotřebení. Jedná se o titan (Ti), nitrid titanu (TiN) a nitrid titanu hliníku křemíku uhlíku (TiAlSiCN). Dále byly úspěšně naneseny i další materiály, jako například TiALSi, TiAlN, AlSi, CrN, teflon atd. Tloušťka povlaku se pohybuje v rozmezí 4 až 6000 μm v závislosti na základním materiálu a použité metodě. Samotný proces probíhá za nízkých teplot (450-500 °C), takže nedochází k tepelnému ovlivnění základního materiálu, což je značnou výhodou. Nízká teplota procesu je však i limitující, protože omezuje difúzní spojení. Navíc pokud je použit povlakový materiál, který má oproti základnímu materiálu odlišné fyzikální či chemické vlastnosti, může dojít k nevyhovující adhezi.

Další metodou je **chemické povlakování**, které vytváří tenkou vrstvu na povrchu materiálu pomocí par vzniklých chemickou reakcí. Tato metoda se vyznačuje velmi dobrou pokryvností povrchu základního materiálu, a proto se s ní dají povlakovat i tvarově komplikovanější nástroje. Chemické povlakování probíhá za vyšších teplot (okolo 1000 °C), a tudíž se vyznačuje dobrým difúzním spojením a vysokou přilnavostí. Pro povlakování se využívají především materiály na bázi niklu a tloušťka vytvořeného povlaku dosahuje 1 až 50 μm.

Dále se pro povrchovou úpravu materiálu využívá galvanické pokovování. Jedná se o metodu nanášení kovů ve vrstvách na vybrané vodivé povrchy s využitím elektrického proudu. Tato metoda umožňuje získat požadované tenké povlaky na povrchu kovového materiálu jednoduchou elektrolýzou vodného roztoku obsahující požadované kovové ionty nebo jejich komplexy. Pro povlakování se používají především materiály na bázi chromu a tloušťka vytvořeného povlaku dosahuje 20 μm.

Předposlední metoda využívaná k úpravě povrchu je plazmové stříkání. Je to metoda používaná k nanášení nano nebo mikro prášků kovů nebo keramiky na povrch z kovové slitiny. Vysokoteplotní plazma vznikající ve vrchní části hořáku ionizuje prášky vložené do jeho přední části. Ionizované prášky se pak horkou plazmou z rozdílných plynů dostávají do kontaktu s povrchem materiálu a vytvářejí na něm tenké vrstvy. Vytvořené vrstvy mohou být buď kovové nebo se jedná o sloučeniny, které vznikají reakcemi s použitými plyny. Například titanové prášky se nanáší dusíkovým plazmatem, čímž se vytvoří tenká vrstva TiN, a kyslíkovým

plazmatem, čímž se vytvoří tenká vrstva TiO2. Tenké vrstvy se dají nanášet s využitím nereaktivního plynu (např. argon) i s využitím reaktivních plynů. Tloušťka nastříkaného povlaku je obvykle 10-100 μm, přičemž minimální tloušťka pro dosažení rovnoměrné vrstvy je přibližně 50 μm.

Poslední metodou povrchové úpravy nástrojů je **tepelné stříkání**. Jedná se o skupinu povlakovacích procesů, které se používají k nanášení kovových a nekovových povlaků s tloušťkou až 5000 μm. Mezi tyto procesy patří stříkání plazmovým obloukem, plamenem a elektrickým obloukem. Velkou výhodou tepelného stříkání je možnost použití široké škály materiálů pro povlaky. Používají se slitiny železa, slitiny neželezných kovů, karbidy, nelegovaná litina, keramika, polytetrafluorethylen a mnoho dalších. Další výhodou je, že povlaky se nanáší na povrch nástroje bez významného příkonu tepla a poškozené či opotřebované povlaky lze odstranit a znovu nanést, aniž by se změnily vlastnosti nebo rozměry nástroje. Tepelné stříkání má však i svá omezení. Hořák je schopen nastříkat pouze ty části povrchu nástroje, která jsou pro něj přístupné. Proto neumožňuje nanesení povlaku například do malých a hlubokých dutin, jelikož se do nich nevejde.[6]

6 Praktická část

Praktická část této diplomové práce bude rozdělena na dvě části. V první části bude hodnocena míra opotřebení pracovních nástrojů u talířového podmítače, na kterém budou osazeny originální náhradní díly společnosti Bednar od různých dodavatelů. Ve druhé části bude hodnocena práce diskových podmítačů z hlediska variability pozemku.

6.1 Hodnocení míry opotřebení talířů

6.1.1 Metodika měření

Talíře dodá společnost Bednar pro podmítač SWIFTERDISC XO 6000 F, na kterém budou osazeny do přední řady, mimo pojezdové kola. Před montáží budou všechny talíře naskenovány 3 D scannerem a bude zvážena jejich hmotnost. Pro jednoznačnou identifikaci talíře budou na místě montážní příruby vyraženy identifikační čísla. Následně proběhne montáž a diskový podmítač půjde do provozu. Stroj bude nasazen v podniku ZOS Šestajovice-Jírny a.s, kde se s ním zpracuje plocha o výměře 140 ha. Následně budou talíře sejmuty, znovu zváženy a nafoceny pro vizuální zhodnocení celkového stavu a výrazných poškození. Míra opotřebení bude hodnocena na základě porovnání hmotnostních úbytků na jednotlivých talířích.

6.1.2 Bednar FMT a.s.

Společnost Bednar FMT, a.s., založená v roce 1997 Františkem Bednářem a jeho společníky, patří mezi přední výrobce zemědělské techniky v České republice a ve střední Evropě. Sídlí v Rychnově nad Kněžnou a své stroje vyváží do více než 39 zemí světa, kde jsou s úspěchem používány v rozličných klimatických a půdních podmínkách. Společnost zaměstnává více než 700 lidí a její obrat dosahuje 2,5 miliardy Kč. Bednar FMT se specializuje na výrobu strojů pro zpracování půdy, setí, meziřádkovou kultivaci, mulčování a hnojení. Od svého počátku se firma zaměřuje především na širokozáběrové stroje, ale díky široké nabídce produktů je schopna uspokojit i specifické potřeby menších farem a nabídnout stroje vhodné pro jakýkoli typ hospodaření a pro různé typy půd.[40]

6.1.3 Diskový podmítač SWIFTERDISC XO 6000 F

Diskový podmítač SWIFTERDISC XO 6000 F krátké koncepce (viz. obr.20) se vyznačuje širokým spektrem využití. Je navržen nejen pro kvalitní a rychlou podmítku, ale i pro předseťovou přípravu půdy. Díky řadě předností zajišťuje efektivní a bezproblémový provoz.

Integrovaná náprava před zadními pěchy a uspořádání pěchů do dvou řad zaručuje rovnoměrné rozložení váhy a vysokou stabilitu stroje, která umožňuje dosažení vysokých pracovních rychlostí. X-PRECISE uspořádání diskových sekcí do „X“ eliminuje nežádoucí boční driftování. Pro plynulý chod bez ucpávání jsou navrženy prostorné mezery mezi první a druhou řadou disků i mezi zadní řadou disků a pěchy. Bezúdržbové jištění disků pryžovými segmenty minimalizuje údržbu a snižuje provozní náklady.

Podmítač je vybaven dvěma řadami disků o průměru 520x5 / 560x5 mm v provedení zubaté disky pro klasické podmítání nebo Agressive disky s vyšším řezacím efektem pro náročnější půdní podmínky. Pro optimální přizpůsobení specifickým podmínkám lze přední část stroje vybavit dle modelu páskovým smykem CrushBar pro dokonalé srovnání povrchu a rozdrobení hrud nebo řezacím válcem TrashCutter pro nařezání rostlinných zbytků a houževnatých stonků.[41]

Obr. 20 Diskový podmítač SWIFTERDISC 6000 F

Zdroj: https://www.bednar.com/

Tab. 7 Technické parametry talířového podmítače SWIFTERDISC XO 6000 F

Pracovní šířka (m)	5.8
Počet disků (ks)	48
Pracovní hloubka disků (cm)	2-14
Pracovní úhel disků (°)	16
Průměr disků (mm)	520/560
Šířka disků (mm)	5
Typ jištění disků	Pryžové segmenty
Rozteč disků (cm)	25
Vzdálenost mezi dvěma řadami disků (cm)	80
Doporučený výkon tažného prostředku (koní)	200-260
Celková hmotnost (kg)	7860

Zdroj: https://www.bednar.com/

6.1.4 Definování půdních podmínek

Na zpracovávaných pozemcích převládala kambizem modální a hnědozem.

6.1.5 Charakteristika zkoumaných talířů

Všechny zkoumané talíře (viz. tab.8) byly typu Agressive o průměru 560 mm. Jednalo se o originální náhradní díly společnosti Bednar, které se lišily pouze výrobcem a samozřejmě i cenou.

Tab. 8 Charakteristika zkoumaných talířů

Identifikační číslo	Typ	Průměr (mm)	Označení	Výrobce	Originální díl Bednar	Cena (Kč)
27	Agressive	560	KM 060 552	Niaux	ANO	945,69
28	Agressive	560	KM 060 702	Bellota	ANO	863,29
29	Agressive	560	KM 060 230	Grewis	ANO	480,39

Zdroj: Vlastní

6.1.6 Definování tvaru talířů před nasazením a osazení na stroj

Před nasazením a osazením na stroj byly talíře naskenovány. Pro detailnější posouzení tvarových rysů jednotlivých talířů byly provedeny jejich výřezy pod jednotným úhlem.

Z analýzy výřezů je patrné, že talíř č.27 (viz obr.21) má na svém okraji výrazně menší zvlnění v porovnání s talíři č.28 (viz obr. 23) a č.29 (viz obr. 22).

Talíře č.28 a č.29 jsou téměř totožné, s jedinou drobnou odlišností – talíř č.28 má oproti talíři č.29 výraznější zvlnění břitů.

Obr. 21 Detail talíře č.27

Zdroj: Vlastní

Obr. 23 Detail talíře č.28

Zdroj: Vlastní

Obr. 22 Detail talíře č.29

Zdroj: Vlastní

6.1.7 Vizuální posouzení celkového stavu talířů

Pro vizuální posouzení zjevných poškození byly jednotlivé talíře vyfotografovány.

Při kontrole talíře č.28 (viz. obr.24) nebylo zjištěno žádné zjevné poškození. Naopak talíř č.29 (viz. obr.26) vykazoval výraznou prasklinu v jeho středu, která je detailně znázorněna na obrázku 25.

V případě talíře č.27 došlo bohužel během podmítání k jeho značnému poškození (viz. obr.27 a 28), které vedlo k jeho zničení. Pro dokumentaci byl použit obrázek, na kterém talíř ještě není demontován, jelikož byl následně ztracen a kvalitnější zdokumentování tak nebylo možné.

Obr. 24 Talíř č.28 po opotřebení

Zdroj: Vlastní

Obr. 26 Talíř č.29 po opotřebení

Zdroj: Vlastní

Obr. 25 Detail prasklého středu talíře č.29

Zdroj: Vlastní

Obr. 27 Talíř č.27 po jeho poškození

Zdroj: Vlastní

Obr. 28 Detail poškození talíře č.27

Zdroj: Vlastní

6.1.8 Měření hmotnostních změn nástrojů

Posouzení míry opotřebení a porovnání jednotlivých talířů bylo provedeno na základě jejich hmotnostních úbytků vyjádřených nejprve v kilogramech (kg) a následně i v procentech %.

Bohužel, jak již bylo uvedeno výše, talíř č.27 byl zničen, a proto jeho zvážení a zhodnocení z hlediska hmotnostního úbytku není možné. Z tohoto důvodu budou v tomto ohledu porovnány pouze talíře č.28 a č.29.

Obr. 29 Hmotnostní úbytky u zkoumaných talířů v kg

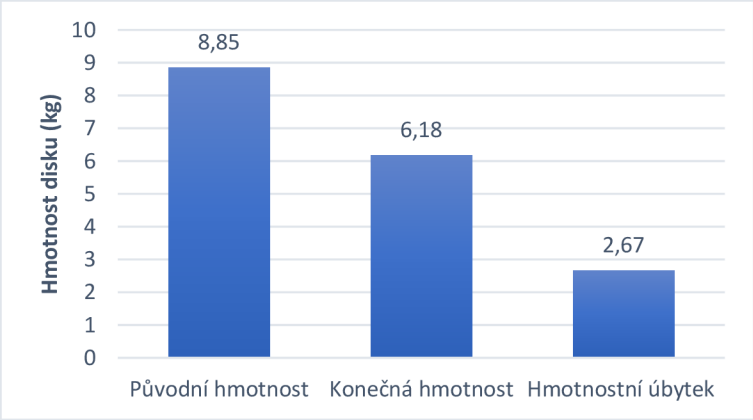
Identifikační číslo	Výrobce	Původní hmotnost (kg)	Hmotnost po opotřebení (kg)	Hmotnostní úbytek (kg)
27	Niaux	9,04	-	-
28	Bellota	8,85	6,18	2,67
29	Grewis	8,98	7,32	1,66

Zdroj: Vlastní

6.1.8.1 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v kg – Talíř č.28

Graf na obrázku 30 jasně ukazuje, že u talíře č.28 došlo během podmítky ke značnému úbytku hmotnosti. Před zahájením pracovní operace činila jeho hmotnost 8,85 kg, zatímco po jejím ukončení pouze 6,18 kg. To představuje celkový ubytek 2,67 kg.

Obr. 30 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.28 v kg

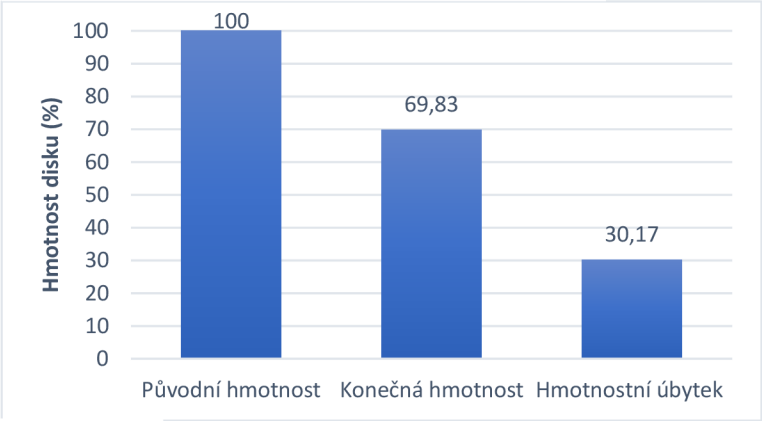


Zdroj: Vlastní

6.1.8.2 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v % - Talíř č.28

Graf na obrázku 31 zobrazuje úbytek materiálu u talíře č.28 v procentech, který byl více než 30 %.

Obr. 31 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.28 v %

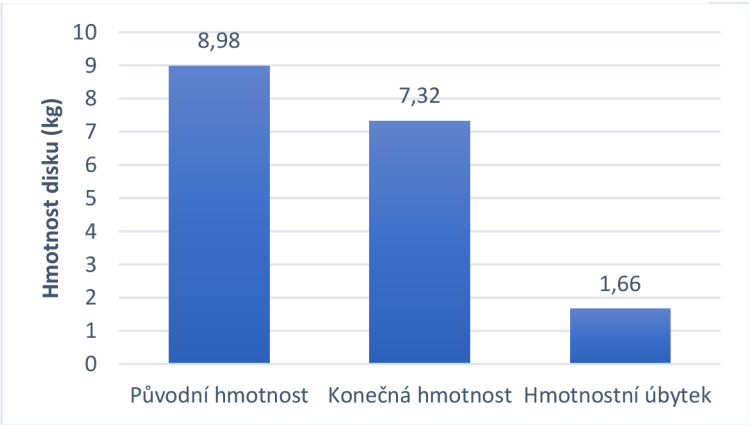


Zdroj: Vlastní

6.1.8.3 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v kg – Talíř č.29

Z grafu na obrázku 32 je zřejmé, že u talíře č.29 došlo během pracovní operace k úbytku hmotnosti o 1,66 kg. Jeho počáteční hmotnost před zahájením operace činila 8,98 kg, zatímco po jejím ukončení klesla na 7,32 kg.

Obr. 32 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.29 v kg

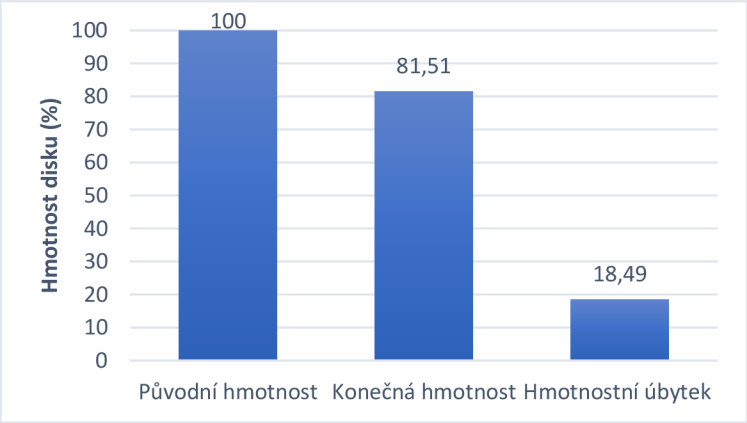


Zdroj: Vlastní

6.1.8.4 Vyhodnocení hmotnostních úbytků v % - Talíř č.29

Graf na obrázku 33 zobrazuje úbytek materiálu u talíře č.29 v procentech, který byl více než 18 %.

Obr. 33 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.29 v %

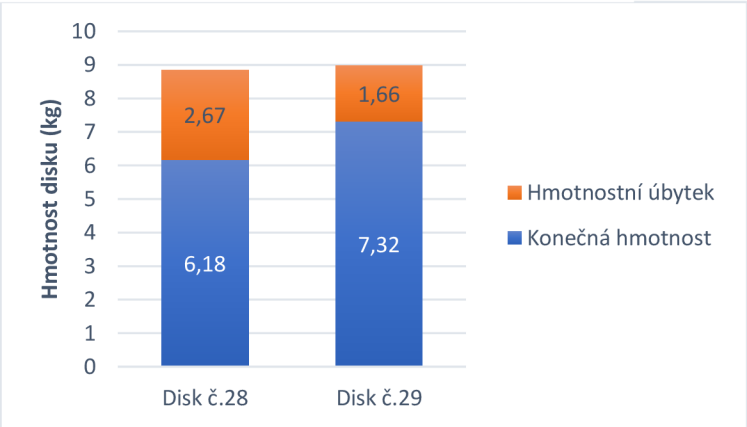


Zdroj: Vlastní

6.1.8.5 Porovnání hmotnostních úbytků v kg

Obrázek 34 zobrazuje graf, který porovnává úbytky hmotnosti v kilogramech u jednotlivých talířů. Z grafu je patrné, že talíř č.28 od výrobce Bellota vykazuje výrazně větší opotřebení. Jeho hmotnostní úbytek dosáhl 2,67 kg, zatímco u talíře č.29 od výrobce Grewis činil pouze 1,66 kg. Rozdíl mezi nimi je tedy 1,01 kg, což je docela značný rozdíl.

Obr. 34 Porovnání hmotnostních úbytků v kg u jednotlivých talířů

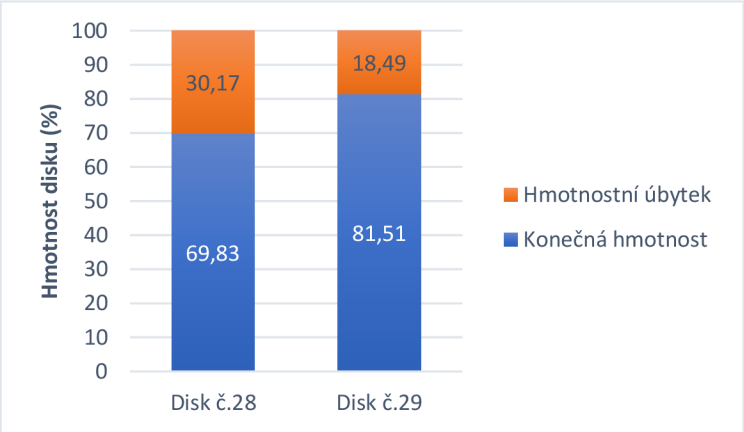


Zdroj: Vlastní

6.1.8.6 Porovnání hmotnostních úbytků v %

Obrázek 35 zobrazuje graf, který vyjadřuje podíl hmotnostního úbytku vzhledem k původní hmotnosti u zkoumaných talířů v procentech. Z grafu je patrné, že talíř č.28 od výrobce Bellota vykazuje větší míru opotřebení. Podíl jeho hmotnostního úbytku přesahuje 30 %, zatímco u talíře č.29 od výrobce Grewis dosahuje necelých 18,5 %. Rozdíl mezi nimi je tak 11,5 %.

Obr. 35 Porovnání hmotnostních úbytků v % u jednotlivých talířů



Zdroj: Vlastní

6.1.9 Výsledky hodnocení míry opotřebení talířů

Na základě provedené vizuální kontroly zjevných poškození a měření hmotnostních úbytků je možné shrnout výsledky hodnocení míry opotřebení zkoumaných talířů.

Vizuální kontrola prokázala, že z hlediska celkového stavu dopadl nejlépe talíř č.28 od výrobce Bellota, který jako jediný nevykazoval žádné zjevné poškození. Naopak nejhůře dopadl talíř č.27 od výrobce Niaux, u kterého došlo k vylomení jeho části, a tudíž ke zničení. Talíř č.29 od výrobce Grewis vykazoval prasklinu ve střední části, která se dá též klasifikovat jako vážné poškození.

Z hlediska hmotnostních úbytků z původní hmotnosti byly zkoumány pouze dva talíře, jelikož poškozený talíř č.27 nebylo možné vzhledem k jeho zničení opětovně zvážit. V tomto případě se jako nejlepší ukázal talíř č.29, u kterého byl podíl hmotnostního úbytku 16,5 %. U disku č.28 byl tento podíl vyšší, a to 30 %.

S ohledem na pořizovací cenu lze konstatovat, že cena talířů č.28 a č.29 odpovídá jejich kvalitě. Talíř č.29 je cenově dostupnější (480,4 Kč), a i když v porovnání s talířem č.28 vykazoval menší

procentuální úbytek hmotnosti, jeho nižší cena je oprávněná. Důvodem je prasklina ve středu talíře, která výrazně snižuje jeho životnost. Talíř č.28 (863,29 Kč) žádné zjevné vady nevykazoval, a proto i přes vyšší procentuální úbytek hmotnosti lze říci, že cena je i v jeho případě oprávněná.

To nelze říci o talíři č.27 od výrobce Niaux, který byl ze zkoumaných talířů nejdražší (945,7 Kč), ale i přesto došlo při práci k jeho zničení. Lze tedy konstatovat, že cena tohoto talíře neodpovídá jeho kvalitě.

6.2 Hodnocení práce talířového podmítače z hlediska variability pozemku

6.2.1 Metodika měření

Bude použita záznamová jednotka Itineris s napojením na sběrnici CAN traktoru a vybavena GPS přijímačem. Následně budou zaznamenávána s frekvencí 1 sekundy data o režimu chodu motoru, spotřebě pohonných hmot, pracovní rychlosti a poloze. Datové sady budou ukládány na úložiště ve formátu shp. S daty bude následně pracováno v prostředí GIS, ArcMap a excel. Před samotným zpracováním dat budou ze záznamu odstraněny hodnoty mimo vybrané pozemky (přejezdy po komunikacích apod.) a rovněž budou vymazány hodnoty extrémní a chybové.

Prvním krokem bude sledování reálných trajektorií soupravy na vybraných pozemcích. Následně budou s využitím programu OptiTrail (LeadingFarmers a.s., ČR) modelovány jízdní trajektorie pro každý pozemek. Modely budou brát v úvahu znalost hranic pozemků z LPIS, záběry strojů, poloměry zatáčení a počet jízd na souvrati. Pro každý pozemek bude simulováno 180 jízdních směrů s odstupem 1°. Následně budou pro modelové trajektorie vypočítány délky pracovních a nepracovních jízd, počty otáček a délky jízd po souvrati. Na základě délky jízd bude vybrána varianta s nejnižší celkovou délkou a porovnána s variantou odpovídající reálnému záznamu jízdy.

Na základě záznamu a znalosti polohy stroje budou klasifikována místa s rozdílnou četností přejezdů po pozemku v průběhu polní operace. Při hodnocení se bude vycházet ze znalosti polohy a pro jednotlivé pozemky bude sestavena čtvercová síť o velikosti oka 6x6 m. Takto bude pro každé oko sítě spočítán počet vstupů daný záznamem o poloze. Z uvedeného záznamu bude sestavena mapa četnosti přejezdů.

V dalším kroku budou ze záznamu spotřeby pohonných hmot sestavovány mapy aktuální spotřeby. Hodnota spotřeby vyjádřené v l/ha bude hodnocena ve dvou režimech zpracování dat. Pro oba případy bude rovněž využitá shodná čtvercová síť a pro každé oko sítě budou vybrány příslušné záznamové body. První režim bude vyjadřovat průměrné hodnoty spotřeby pro daná oka, druhý režim bude pracovat se součty jednotlivých hodnot. Následně bude možné přepočítat hodnoty spotřeby na cenu pohonných hmot, případně stanovit množství ekvivalentu produkce CO_2.

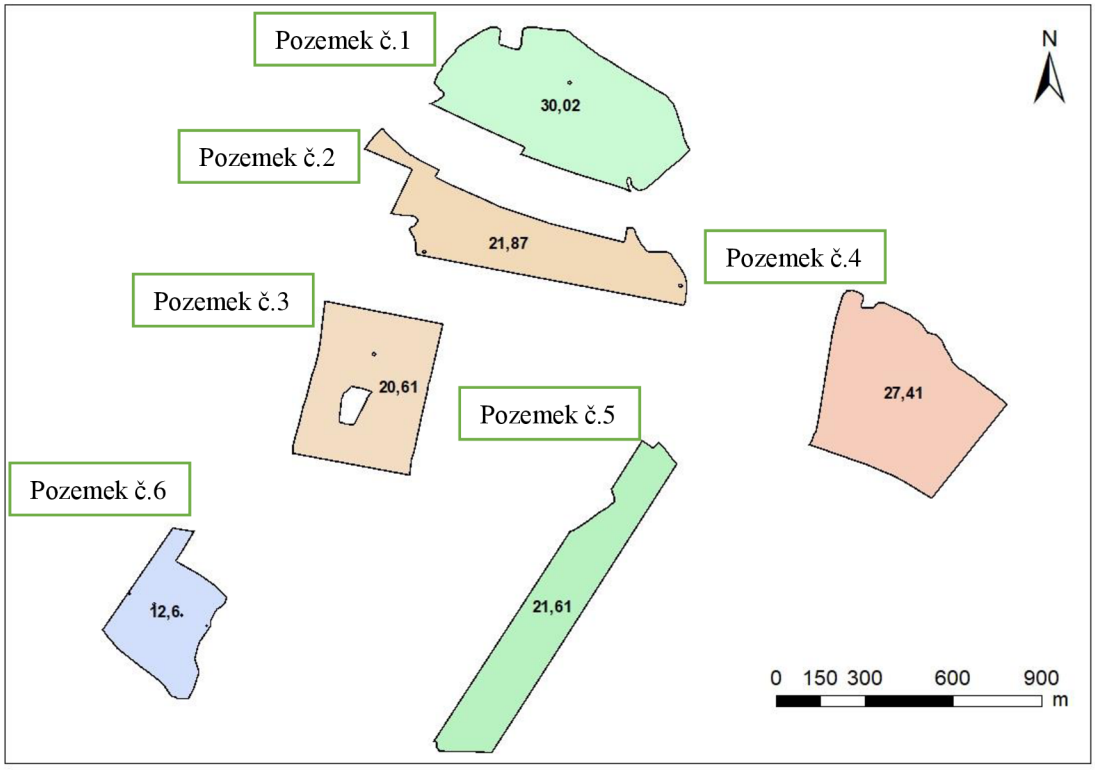
6.2.2 Definování a charakteristika vybraných pozemků

Ke zpracování a rozboru telematického záznamu dat byly vybrány pozemky zpracované soupravou s talířovým podmítačem. Obrázek 36 zobrazuje přehled tvarů jednotlivých pozemků a jejich výměr v hektarech, které byly získány z LPIS (Land Parcel Identification Systém). Vybrané pozemky obhospodařuje ACHP, spol s.r.o. Hradec Králové.

Z hranic pozemků je patrná tvarová rozmanitost. Lze předpokládat, že výměra, tvar pozemku a případné překážky v rámci pozemku (viz. pozemek 3) budou mít dopad na výkonnost soupravy a na sledované ukazatele, jako jsou četnost přejezdů, celková spotřeba pohonných hmot nebo emise oxidu uhličitého.

Pro snadnější identifikaci byly jednotlivé pozemky očíslovány.

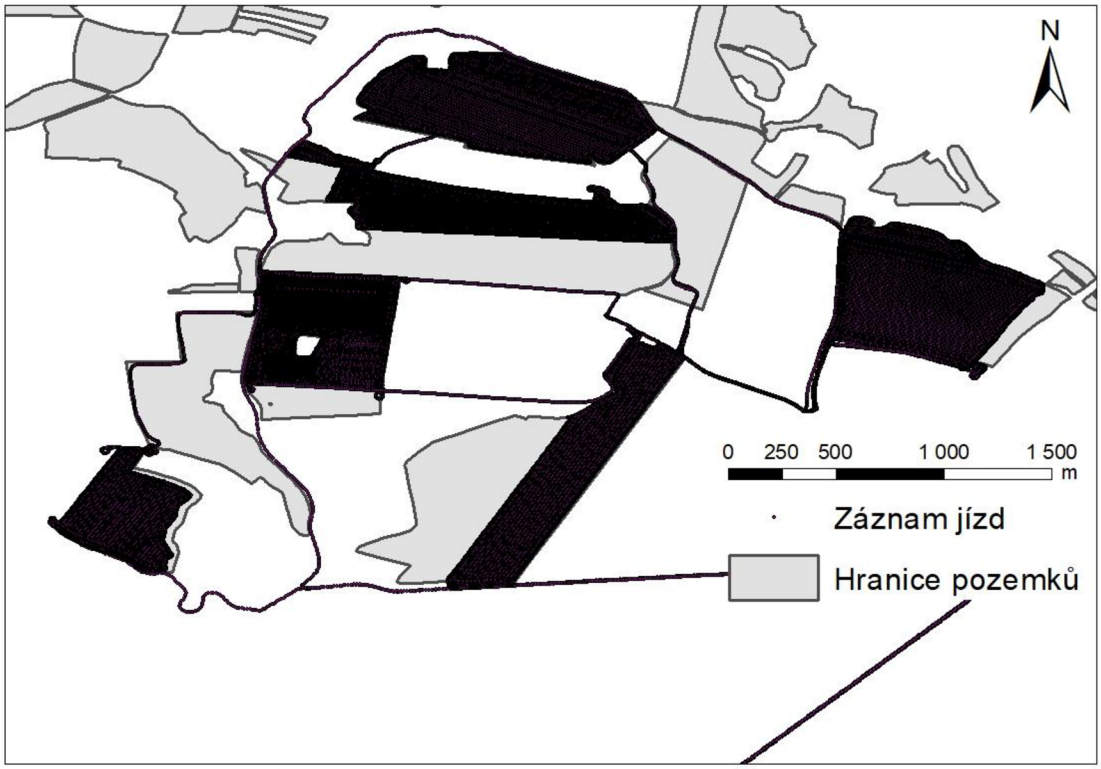
Obr. 36 Přehled tvarů a výměr vybraných pozemků



Zdroj: Vlastní

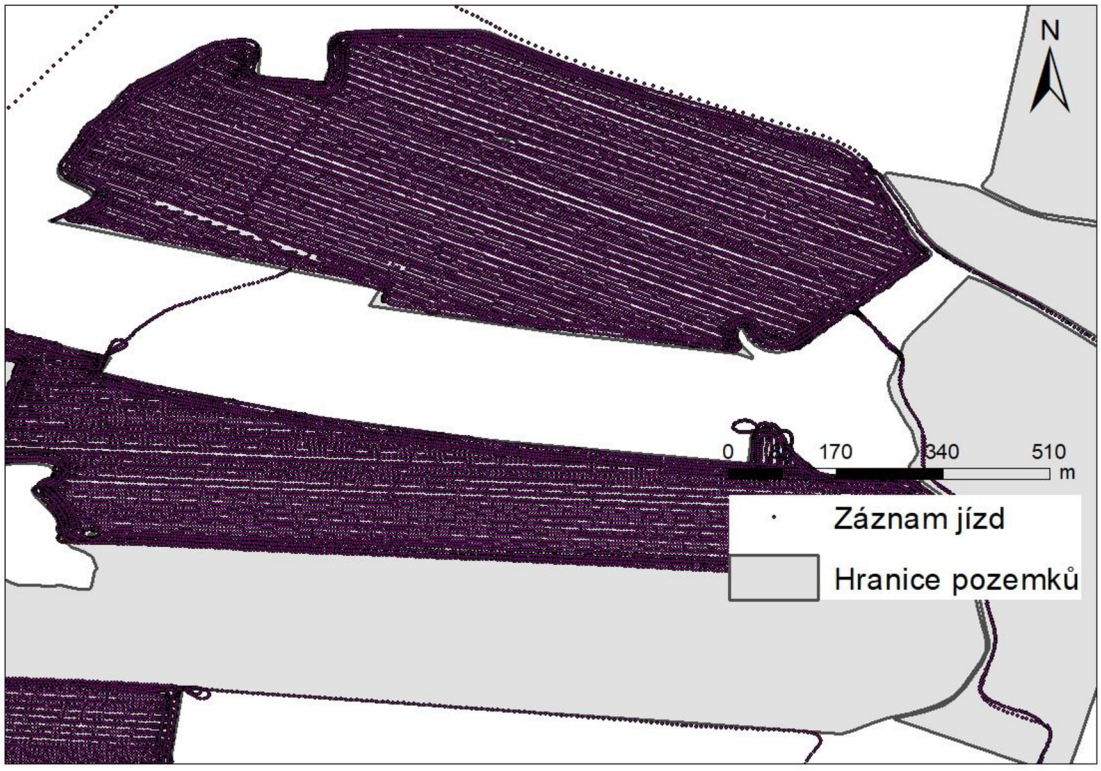
Uvedené pozemky byly vybrány z důvodu dostupnosti telematického záznamu práce soupravy. Následující obrázky 37 a 38 zobrazují záznam pohybu stroje od okamžiku vjetí na pozemek při podmítání talířovými kypřiči v prostředí GIS (Geografický informační systém).

Obr. 38 Záznam pohybu souprav po vybraných pozemcích



Zdroj: Vlastní

Obr. 37 Detail pohybu souprav na jeden vybraný pozemek



Zdroj: Vlastní

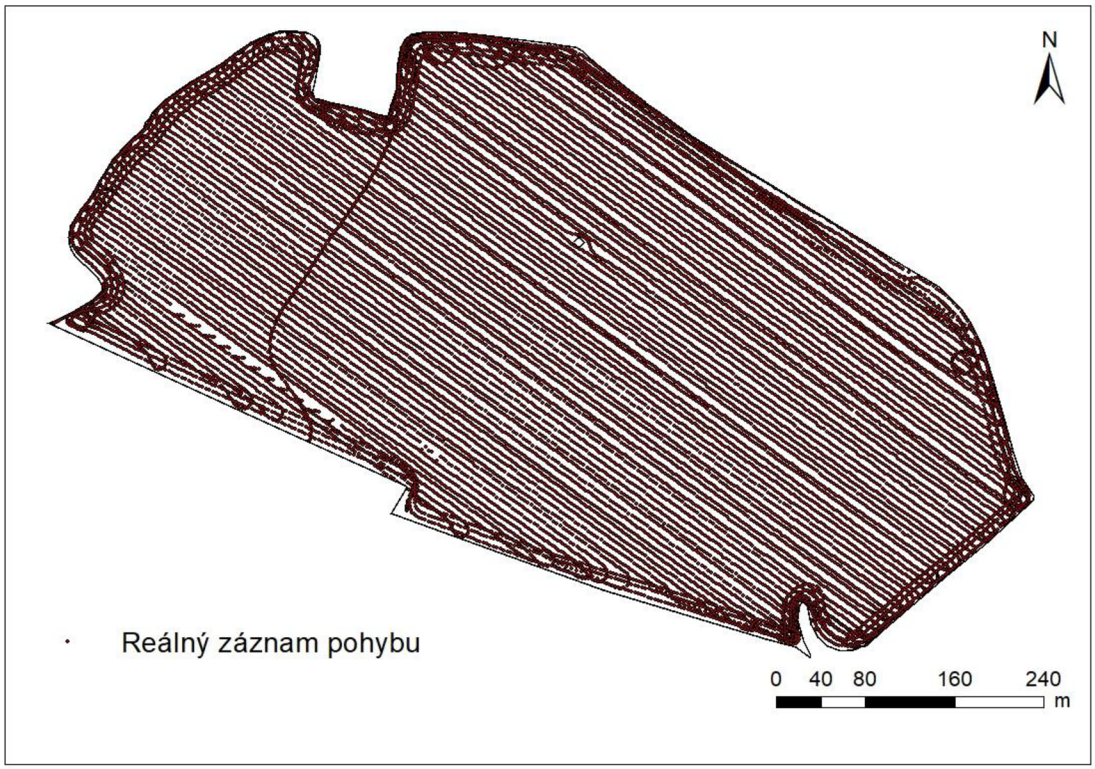
6.2.3 Reálné a modelové trajektorie jízd z vybraných pozemků

Díky záznamu pohybu talířových kypřičů během podmítání na vybraných pozemcích byly po ošetření dat získány záznamy jízd pro jednotlivé pozemky. Reálné záznamy jízdy byly obvykle voleny na základě zkušeností a zvyklostí řidiče.

Následně byly s využitím programu OptiTrail (LeadingFarmers a.s., ČR) modelovány jízdní trajektorie pro každý pozemek. Modely braly v úvahu znalost hranic pozemků z LPIS, záběry strojů, poloměry zatáčení a počet jízd na souvrati. Pro každý pozemek bylo simulováno 180 jízdních směrů s odstupem 1°. Následně byly pro modelové trajektorie vypočítány délky pracovních a nepracovních jízd, počty otáček a délky jízd po souvrati. Na základě délky jízd byla vybrána varianta s nejnižší celkovou délkou a porovnána s variantou odpovídající reálnému záznamu jízdy.

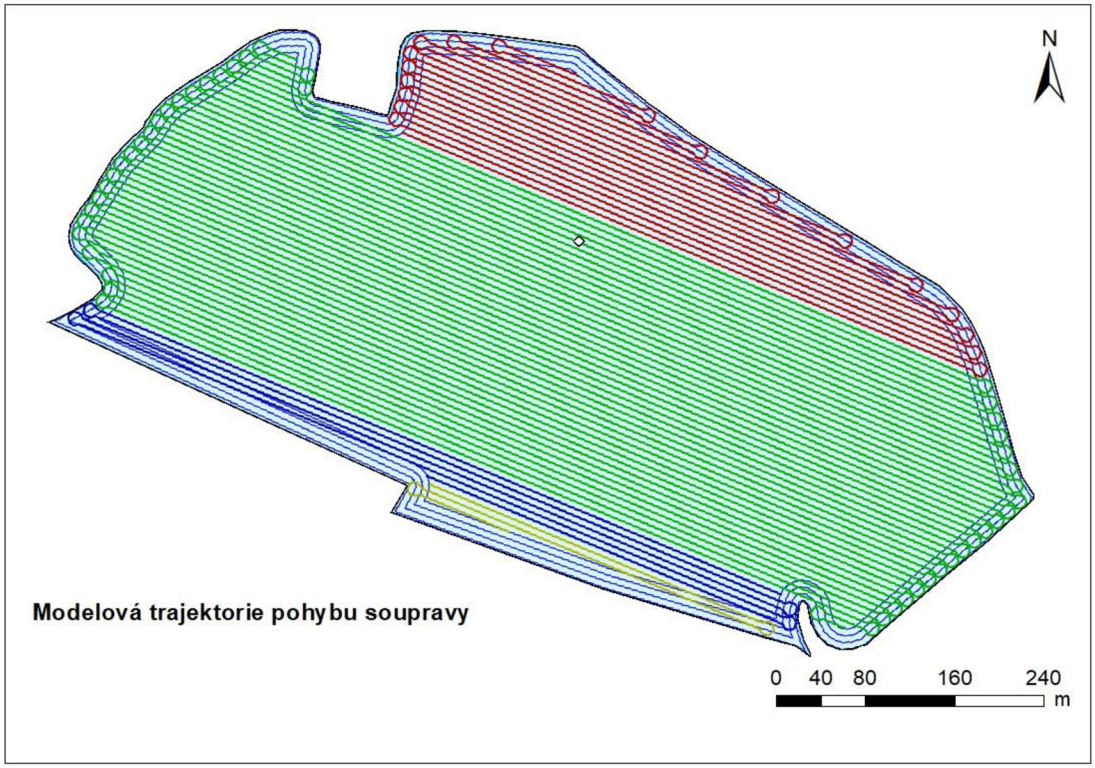
Obrázky 39, 40, 41, 42, 43 a 44 zobrazují reálný záznam jízd pro vybrané pozemky 1,4 a 6 a situace modelové.

Obr. 39 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.1



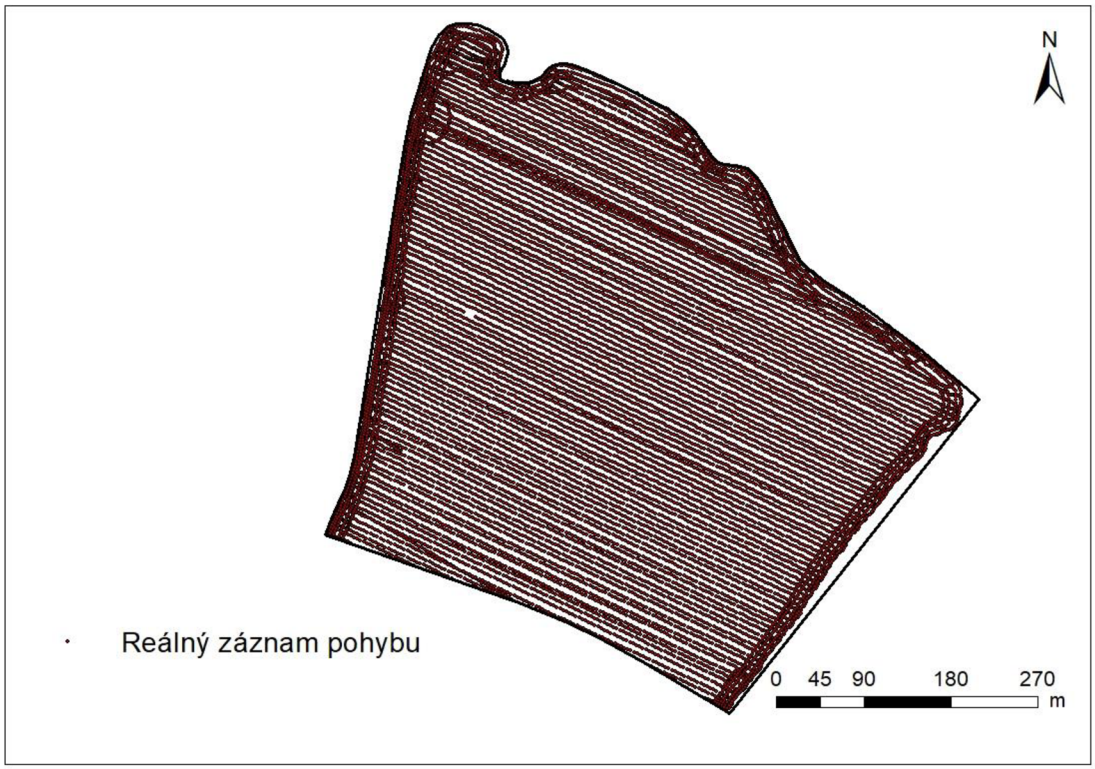
Zdroj: Vlastní

Obr. 40 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.1



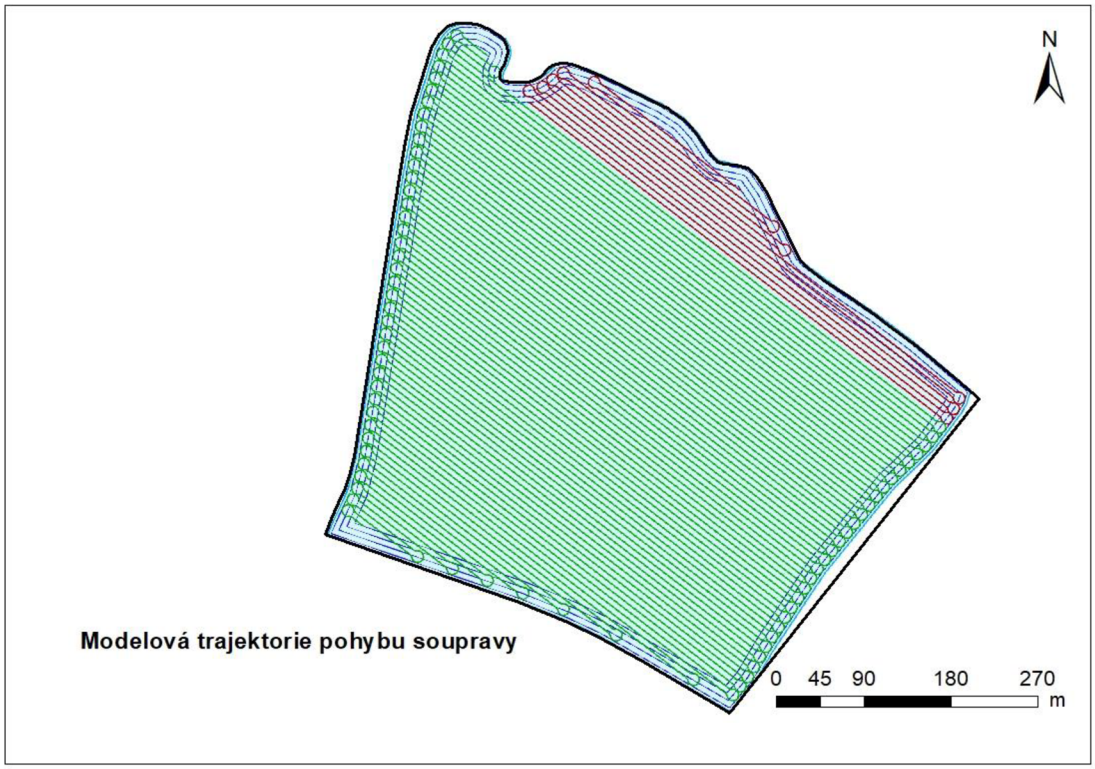
Zdroj: Vlastní

Obr. 41 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.4



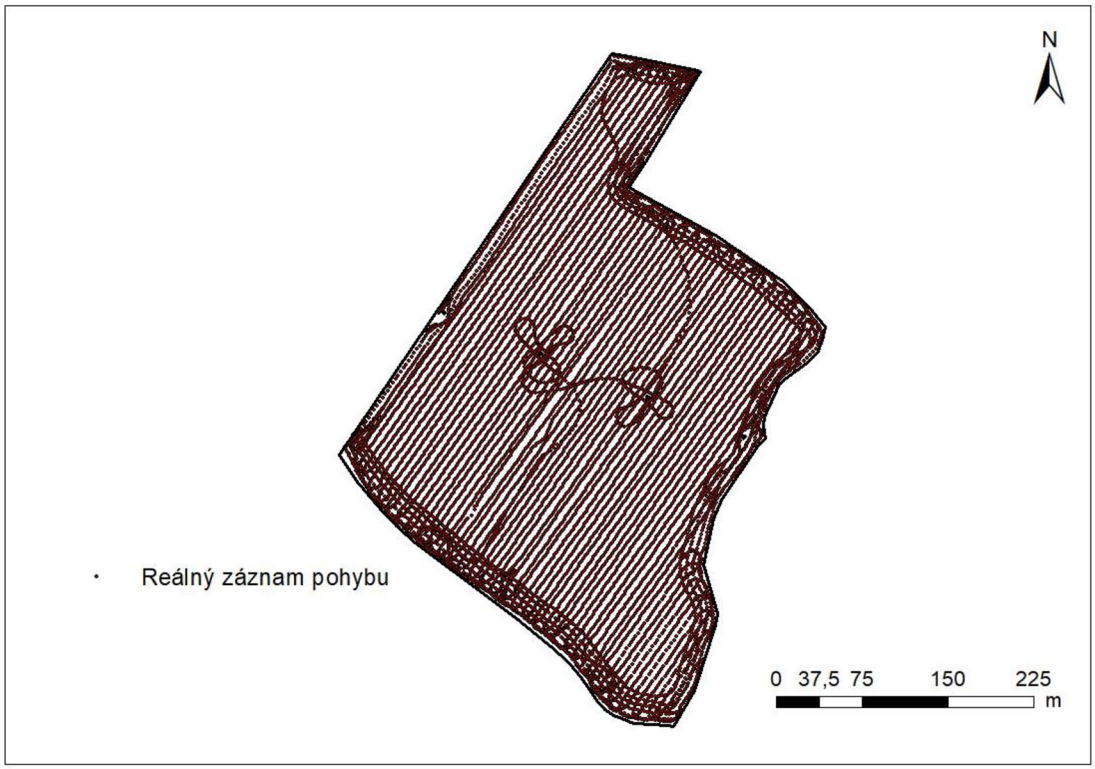
Zdroj: Vlastní

Obr. 42 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.4



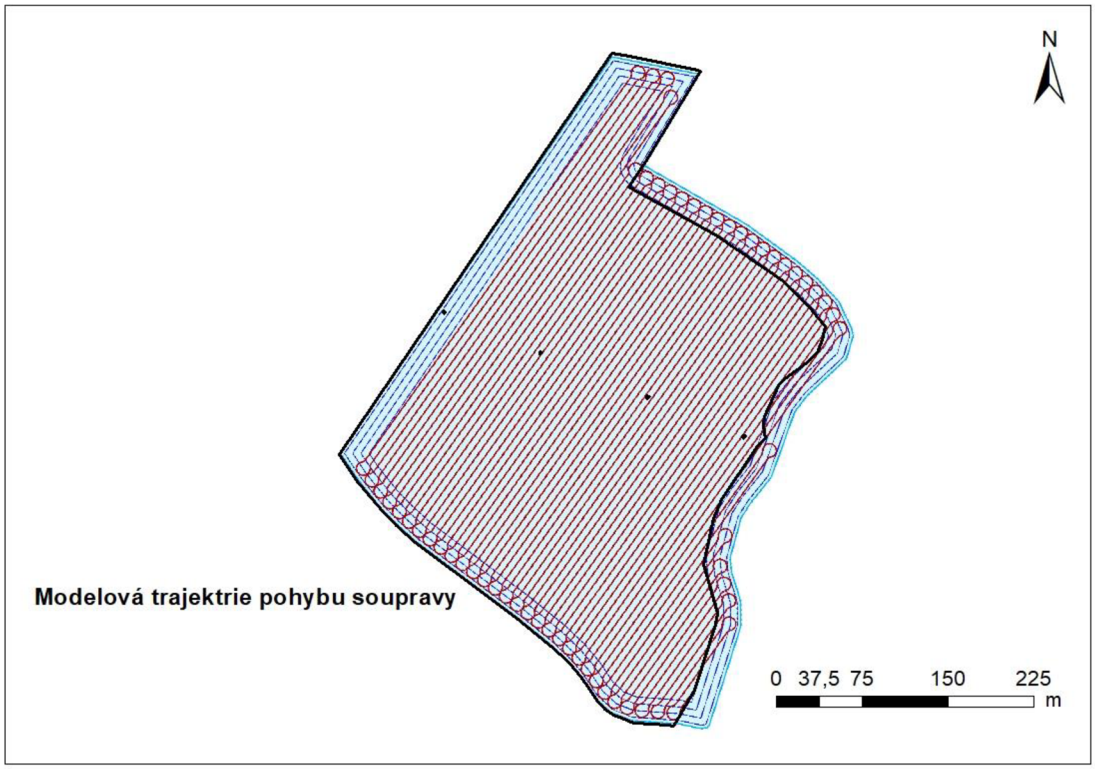
Zdroj: Vlastní

Obr. 43 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.6



Zdroj: Vlastní

Obr. 44 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.6



Zdroj: Vlastní

6.2.4 Porovnání reálných a modelových jízdních trajektorií

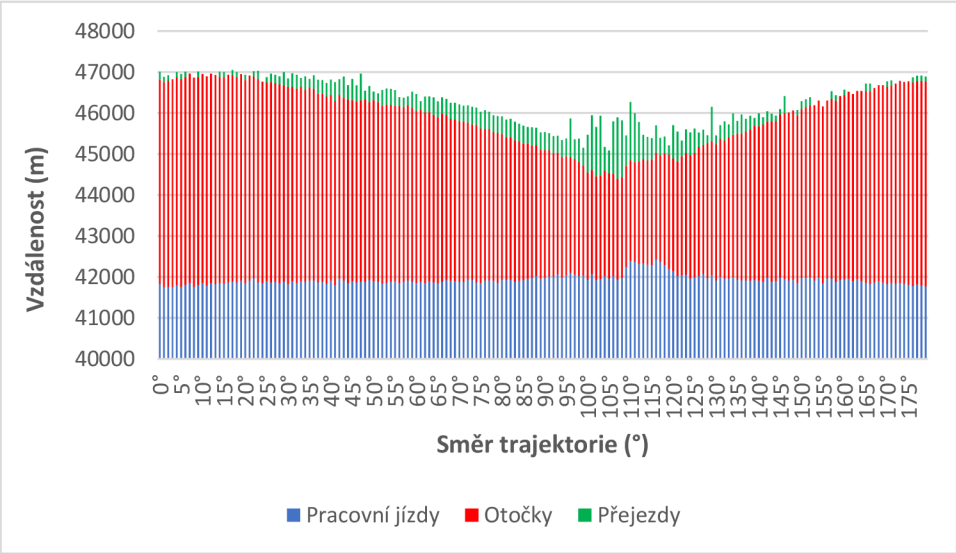
Na vybraných pozemcích se výběr směru jízdy v praxi blížil modelové situaci. I tak vykazoval v případě dvou pozemků reálný směr jízdy odklon od modelové trajektorie. U pozemku 1 řidič jel pod úhlem 120°, zatímco ideální modelová trajektorie je 105°. Na pozemku 4 byl rozdíl menší, řidič jezdil pod úhlem 120° a ideální modelový směr je 110°. V případě pozemku 6 se reálná trajektorie jízdy plně shodovala s optimálním směrem.

V následujících kapitolách jsou pro každý stupeň jízdní trajektorie znázorněny celkové délky pracovních i nepracovních jízd. Následně je porovnán ideální modelový směr trajektorie s reálnou trajektorií jízdy. Hodnoty pro reálný záznam byly odečteny z vypočteného modelu.

6.2.4.1 Pozemek 1

Graf na obrázku 45 zobrazuje délky pracovních jízd, otoček a přejezdů v metrech pro každý stupeň směru jízdní trajektorie na pozemku 1. Výsledky ukazují, že i malá změna směru jízdy může výrazně ovlivnit celkovou délku jízd. Nejkratší délky jízd je dosaženo při směru trajektorie 105°. Naopak nejdelší jízdy by nastaly při nízkých nebo vysokých úhlech trajektorie. Největší rozdíl je v délce otoček, která v těchto krajních mezích narůstá až o 2500 metrů. Při volbě směru trajektorie okolo 100° se sice zvyšuje délka přejezdů (až o 1500 metrů), ale vzhledem k nízké délce otoček je tato volba stále výhodnější nežli v krajních mezích stupňů směru jízdy.

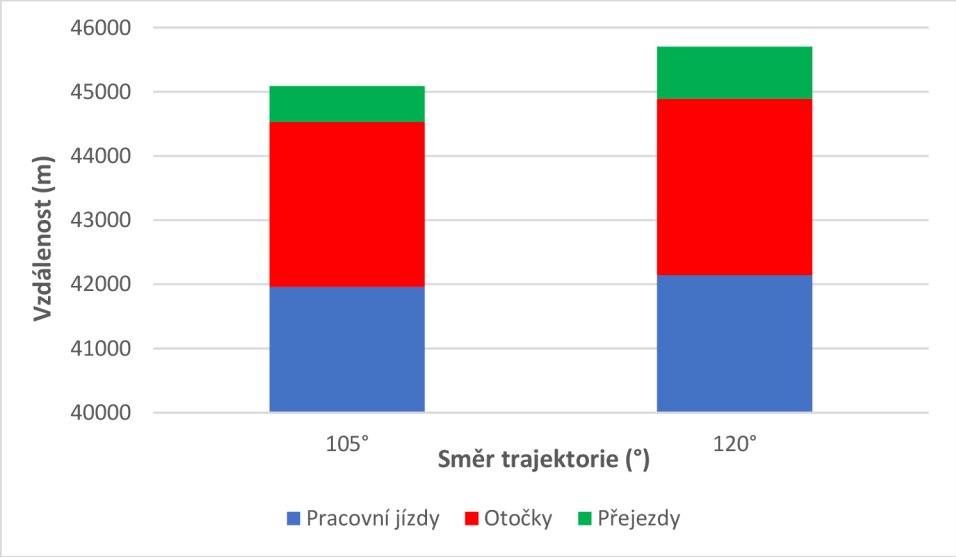
Obr. 45 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 1



Zdroj: Vlastní

Obrázek 46 zobrazuje graf porovnávající ideální směr modelové trajektorie (105°) s reálným směrem jízdy (120°) na pozemku 1. Délka pracovní jízdy je u obou směrů prakticky totožná, s rozdílem pouhých desítek metrů. Největší rozdíly se nacházejí v délce otoček a přejezdů. Otočky jsou v reálném směru o cca 200 metrů delší a přejezdy o cca 400 metrů delší než v modelovém směru. Celkový rozdíl v délce jízd však není nijak dramatický a nemá významný vliv na ekonomické parametry podmítky.

Obr. 46 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 1



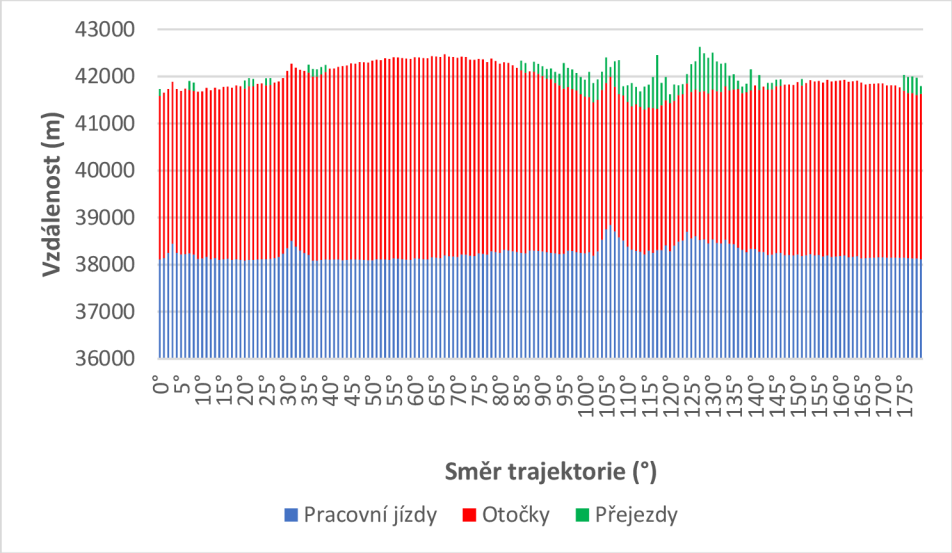
Zdroj: Vlastní

6.2.4.2 Pozemek 4

Graf na obrázku 47 zobrazuje délky pracovních jízd, otoček a přejezdů v metrech pro každý stupeň směru jízdní trajektorie na pozemku 4. Nejkratší celkové délky jízdy je dosaženo při směru trajektorie 110°. Naopak nejdelší jízdy by nastaly při volbě směru jízdy v rozmezí 30° až 85°, a to především kvůli nárůstu délky otoček (až o 1000 metrů). V rozmezích 90° až 105° a 125° až 135° je celková délka otoček mírně nižší, ale dochází zde k výraznému nárůstu délky přejezdů (až o 700 metrů).

Na rozdíl od pozemku 1 nejsou na tomto pozemku mezi jednotlivými stupni směru jízdní trajektorie tak výrazné rozdíly v celkové délce pracovních a nepracovních jízd. A to i přesto, že je pozemek 4 rozměrově velmi podobný pozemku 1. Tento fakt je způsoben především vnějšími tvary obou pozemků, kdy pozemek 4 má v porovnání s pozemkem 1 na svých okrajích méně zúžení a zakřivení.

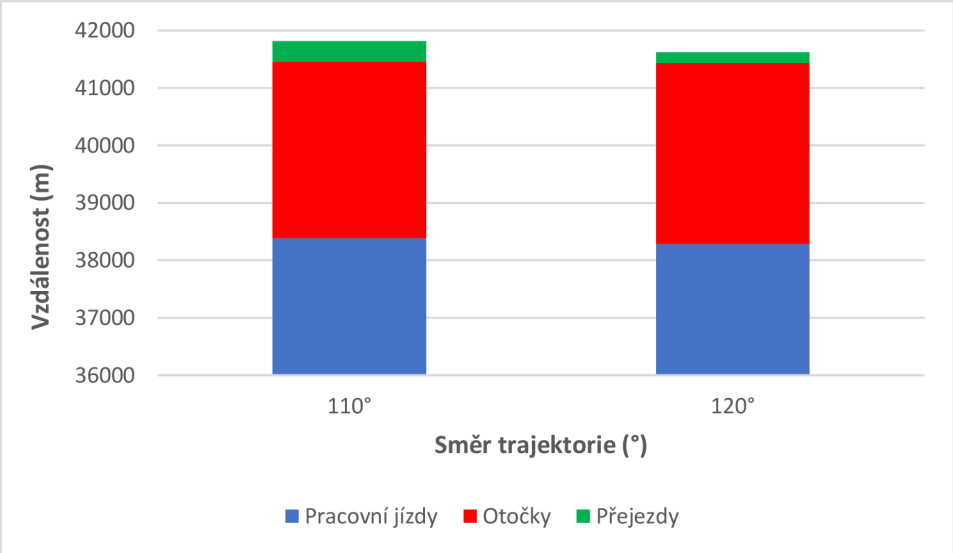
Obr. 47 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 4



Zdroj: Vlastní

Obrázek 48 zobrazuje graf porovnávající ideální směr modelové trajektorie (105°) s reálným směrem jízdy (120°) na pozemku 4. Délka pracovních jízd i otoček je u obou směrů prakticky totožná, s rozdílem pouhých desítek metrů. Jediný viditelný rozdíl se nachází v délce přejezdů, které jsou v reálném směru o cca 200 metrů delší než v modelovém směru. Celkový rozdíl v délce jízd je však zanedbatelný a nemá prakticky žádný vliv na ekonomické parametry podmítky.

Obr. 48 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 4



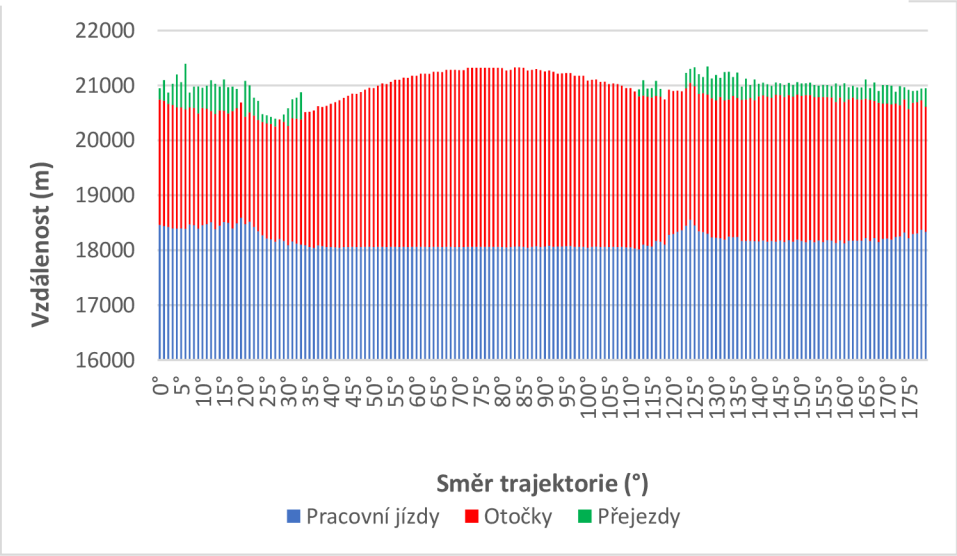
Zdroj: Vlastní

6.2.4.3 Pozemek 6

Graf na obrázku 49 zobrazuje délky pracovních jízd, otoček a přejezdů v metrech pro každý stupeň směru jízdní trajektorie na pozemku 6. Nejkratší celkové délky jízdy je dosaženo při směru trajektorie 28°. Naopak nejdelší jízdy by nastaly v rozmezí úhlů 55° až 100°, a to především kvůli prodloužení délky otoček. Volba trajektorie s úhlem nad 125° nebo naopak s úhlem v rozmezí 0° až 20° by vedla k prodloužení délek přejezdů a tím k nárůstu celkové délky jízdy.

I přes menší výměru pozemku dochází k výraznějším rozdílům mezi délkami jízd při různých úhlech trajektorie. Důvodem je nepravidelný tvar pozemku, zvláště v jeho horní části, kde se nachází velmi úzká plocha. Vhodná volba směru jízdy je proto u tohoto pozemku obzvláště důležitá.

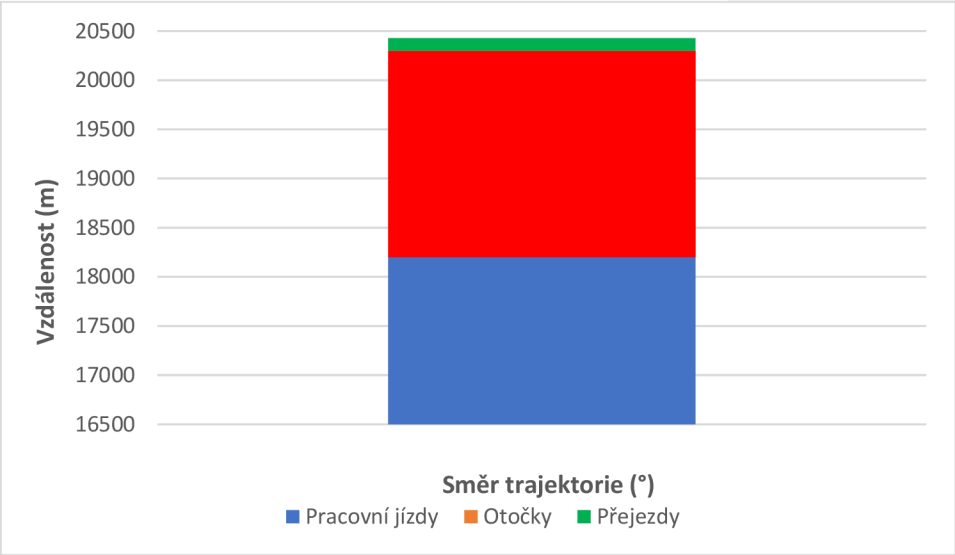
Obr. 49 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 6



Zdroj: Vlastní

Obrázek 50 zobrazuje graf délky pracovních a nepracovních jízd ideálního směru modelové trajektorie, která se v tomto případě shoduje s reálným směrem jízdy. Na pozemku 6 tak došlo k ideální situaci, kdy nedošlo k žádnému prodloužení celkové délky jízdy. Z hlediska délky jízdy a s ní souvisejících parametrů tak byly dosaženy nejvýhodnější ekonomické parametry podmítky.

Obr. 50 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 6



Zdroj: Vlastní

6.2.4.4 Shrnutí délek jednotlivých jízd při reálné a modelové trajektorii

Obr. 51 Shrnutí hodnot délek pracovních a nepracovních jízd

	Směr (°)	Celková ujetá vzdálenost (m)	Pracovní jízdy (m)	Otočky (m)	Počet otáček	Délka souvratí (m)	Přejezdy (m)	Poměr pracovních a nepracovních jízd (%)
Pozemek 1 model	105	54543,33	41961,26	2569,86	71	9457,11	555,11	13,4
Pozemek 1 reálný záznam	120	55158,50	42142,67	2750,83	76	9457,11	807,89	11,8
Pozemek 4 model	120	49895,52	38285,71	3148,98	87	8275,10	185,73	11,5
Pozemek 4 reálný záznam	110	50089,43	38384,40	3076,59	85	8275,10	353,34	11,2
Pozemek 6 model = reálný záznam	28	26586,43	18205,00	2171,71	60	6209,72	0,00	8,4

Zdroj: Vlastní

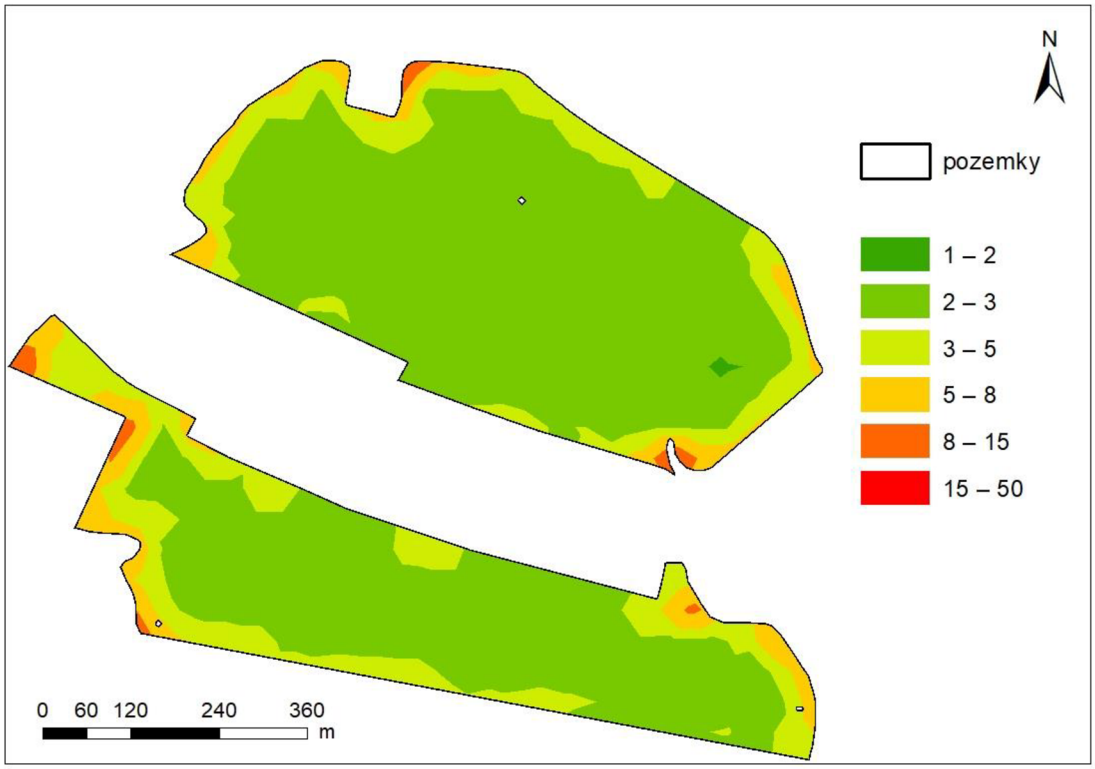
6.2.5 Vyhodnocení četnosti přejezdů na vybraných pozemcích

Ze záznamů jednotlivých pozic soupravy traktoru s podmítačem byla stanovena četnost přejezdů na jednotlivých částech pozemku. S četností přejezdů souvisí zhutnění půdy, kdy míra zhutnění je rovněž spojena s časovou expozicí zatížení pojezdovými ústrojími. Oba tyto faktory byly integrovány do mapy četnosti záznamů, která tuto intenzitu dokládá. Z obrázku 52 je patrné, že tradičně vysoké četnosti přejezdů a zatížení jsou vystaveny plochy souvratí. Na tyto plochy se v současné době často ubírá pozornost s ohledem na optimalizaci tras a využití pro mimoprodukční nebo ekosystémové služby. Dalšími částmi pozemku, které jsou vystaveny vyšší četnosti přejezdů, případně až extrémnímu zatížení, jsou zakřivené části okrajů pozemků, kde musí souprava opakovaně zajíždět a vyjíždět. Jak je patrné z detailu dvou pozemků na obrázku 53, jedná se především o ostré rohy, úzké části pozemku a tvarové složitosti hranic.Na obrázku 54 je znázorněn reálný záznam pohybu talířového podmítače, který potvrzuje, že největší intenzita pohybu nastala v oblasti souvratí a také v oblastech různých zúžení a zakřivených ploch. Důsledkem vysoké četnosti přejezdů v těchto oblastech jsou výrazně zhutnělá místa s nižším výnosem plodin a paradoxně i vyššími náklady na obhospodařování. To vyvolává otázku, zda těmto částem pozemků věnovat zvláštní pozornost. Nabízí se například možnost napřímení zakřivených částí pozemku a využití ploch vzniklých vyčleněním z intenzivního hospodaření pro různé ekosystémové služby.

Obr. 52 Četnost přejezdů talířového podmítače na vybraných pozemcích

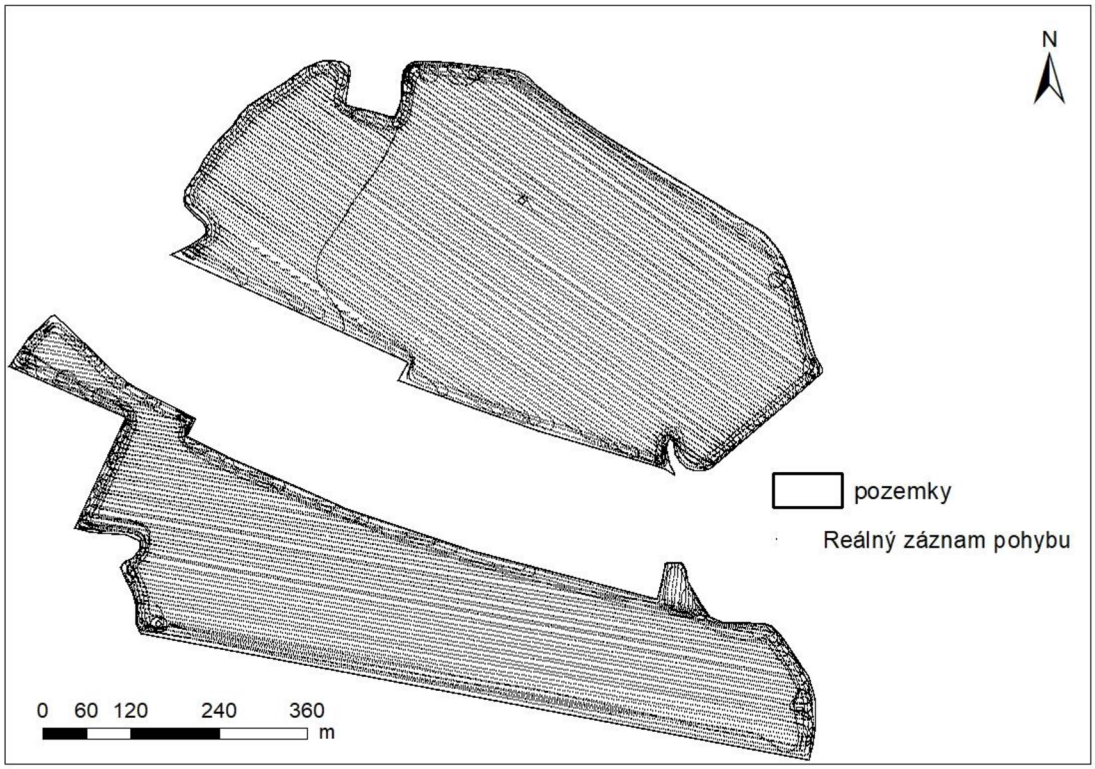
Zdroj: Vlastní

Obr. 53 Detail četnosti přejezdů talířového podmítače u dvou vybraných pozemků



Zdroj: Vlastní

Obr. 54 Reálný záznam pohybu talířového podmítače na vybraných pozemcích



Zdroj: Vlastní

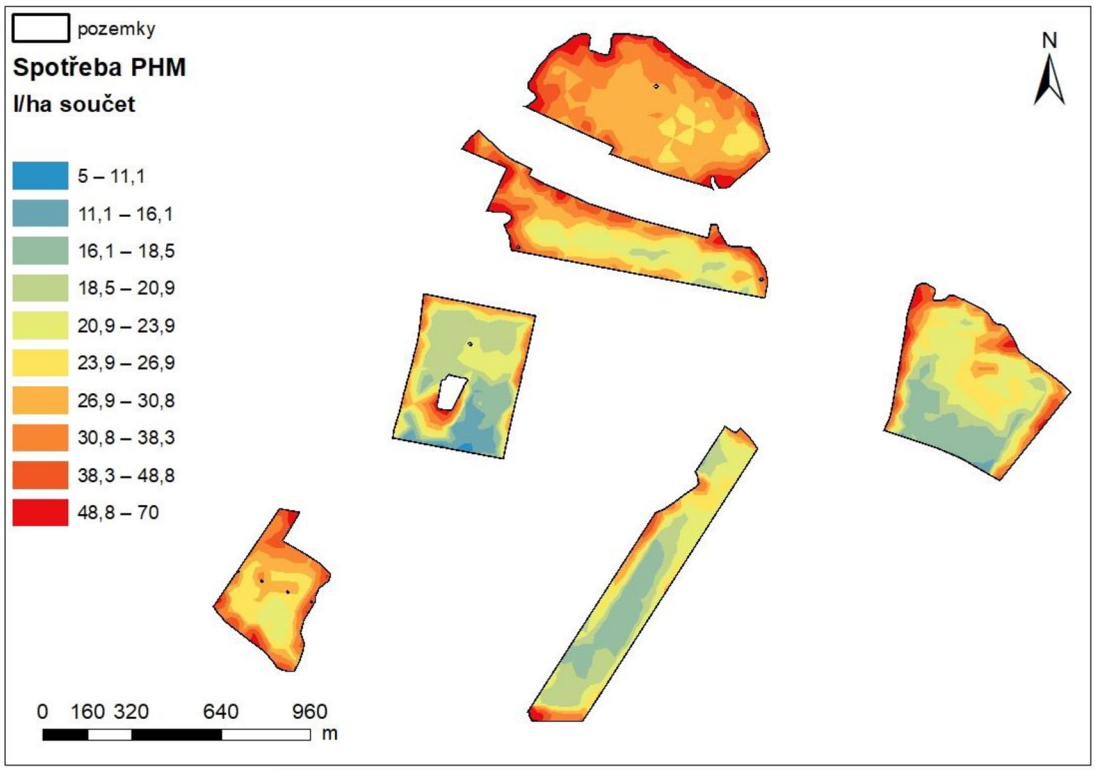
6.2.6 Vyhodnocení spotřeby pohonných hmot na vybraných pozemcích

Obrázek 55 zobrazuje graf celkové spotřeby pohonných hmot na analyzovaných pozemcích. Nejvyšší spotřebu lze pozorovat na souvratích, v úzkých místech a v oblastech s nepravidelnými a ostrými hranami, kam stroj opakovaně najíždí. Ke zvýšení spotřeby může docházet i na pozemcích s překážkami, jako jsou například sloupy elektrického vedení, jak je patrné na pozemku 3.

Při porovnání všech pozemků je zřejmé, že celková spotřeba je příznivější na pozemcích s dlouhými rovnými okraji, jako jsou pozemky 3, 4 a 5. Důvodem je, že traktor na takovýchto pozemcích může provádět dlouhé rovné přejezdy bez nutnosti opakovaných nájezdů na složitá místa. Z ekonomického hlediska je proto vhodné zvážit, zda se vyplatí obdělávat tvarově složité okraje pozemků. Řešením by mohlo být, jak bylo zmíněno u vyhodnocení četnosti přejezdů, jejich napřímení a využití vyčleněných ploch pro ekosystémové služby.

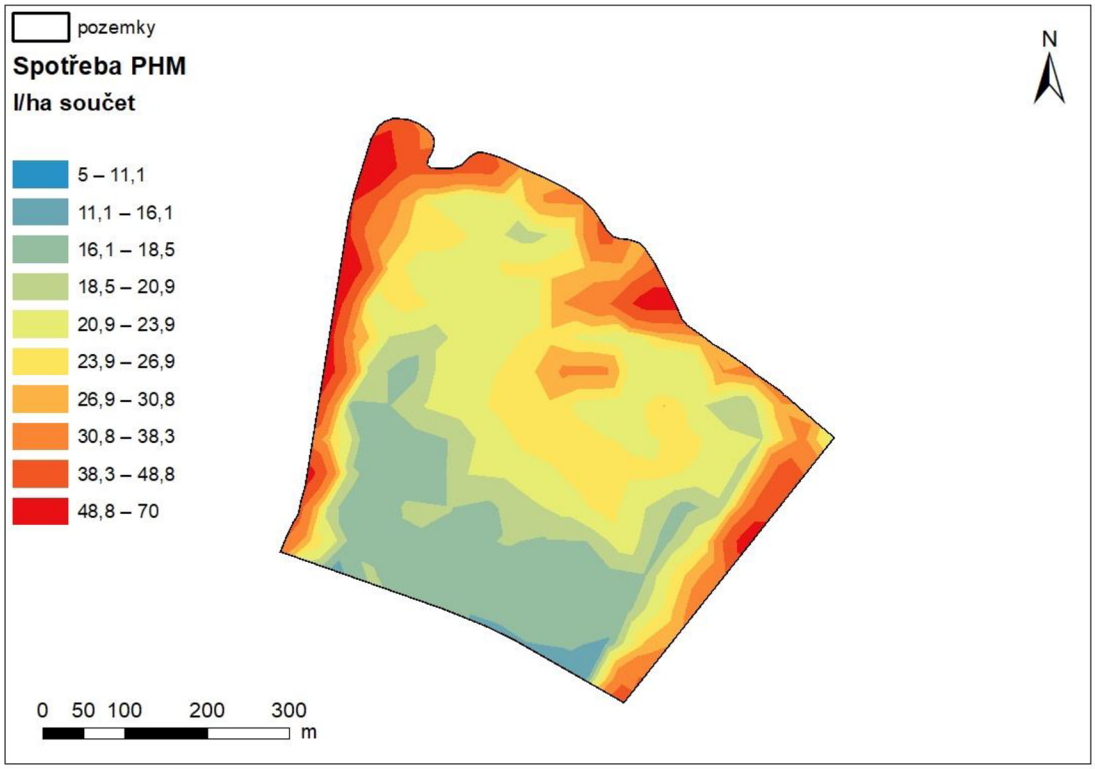
Spotřebu pohonných hmot dále ovlivňuje zrnitostní složení půdy a vlastnosti jako vlhkost a zhutnění, s jejichž nárůstem celková spotřeba stoupá. Důležitá je také svažitost pozemku a z hlediska pracovních podmínek pojezdová rychlost a pracovní hloubka.

Obr. 55 Celková spotřeba PHM na vybraných pozemcích



Zdroj: Vlastní

Obr. 56 Celková spotřeba PHM na pozemku 4

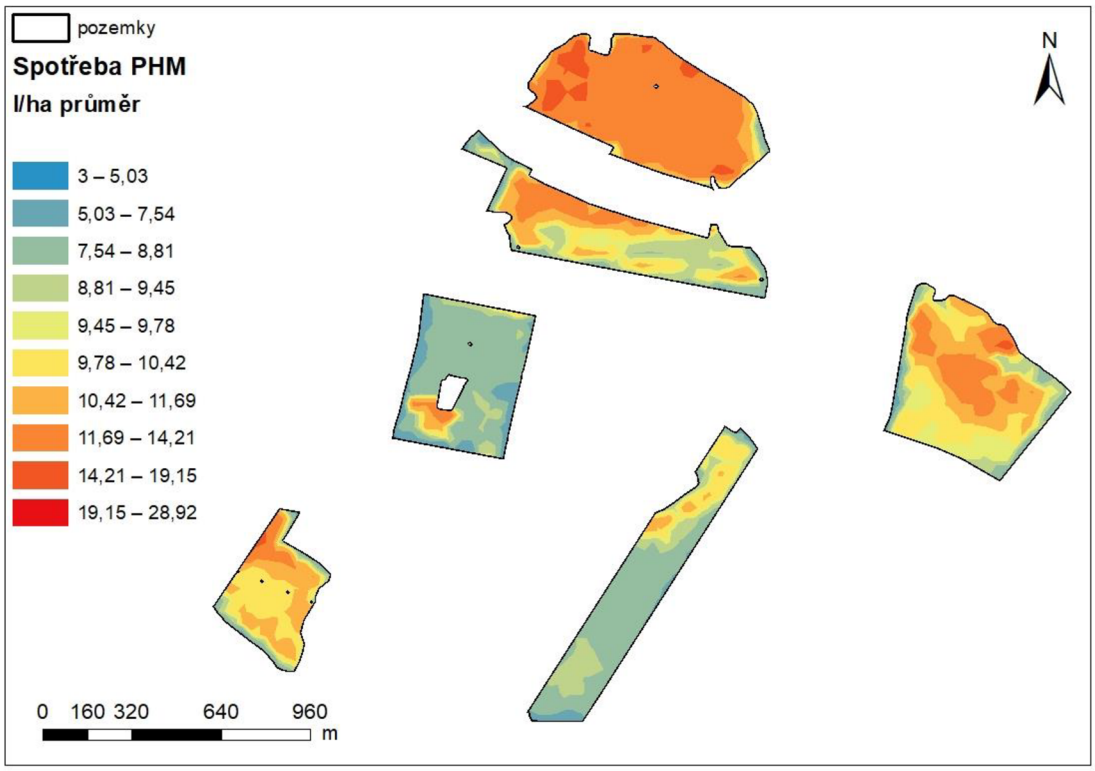


Zdroj: Vlastní

Obrázek 57 ukazuje graf průměrné spotřeby pohonných hmot na analyzovaných pozemcích. Průměrná hodnota spotřeby však nemusí vždy přesně odpovídat průběhu spotřeby v rámci pozemku. Jedním z důvodů je nižší spotřeba na souvratích při otáčení, která snižuje průměrnou hodnotu i když je v těchto místech reálná spotřeba nejvyšší. Důvodem je, že stroj při otáčení není v tahu.

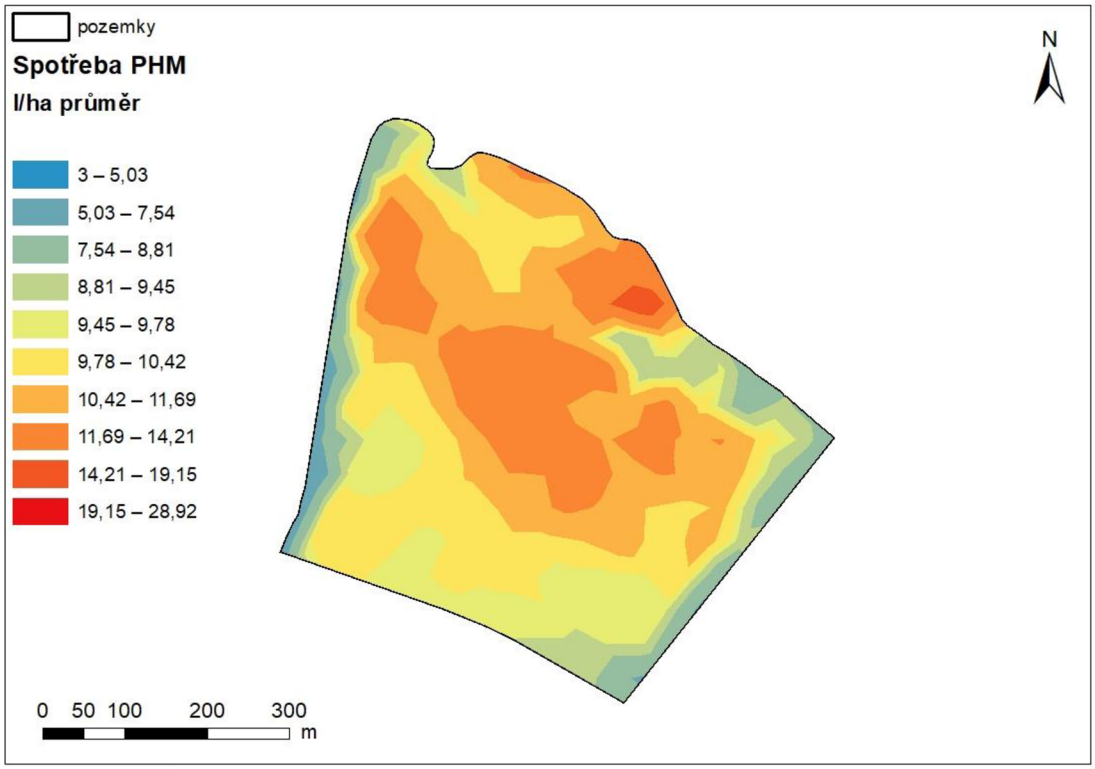
Tento efekt je patrný především na pozemku 4, jehož průměrnou spotřebu zobrazuje obrázek 58 a celkovou spotřebu obrázek 56. Z obrázků je zřejmé, že průměrná spotřeba je nejvyšší ve střední části pozemku, zatímco celková spotřeba je nejvyšší na souvratích.

Obr. 58 Průměrná spotřeba PHM na vybraných pozemcích



Zdroj: Vlastní

Obr. 57 Průměrná spotřeba PHM na pozemku 4



Zdroj: Vlastní

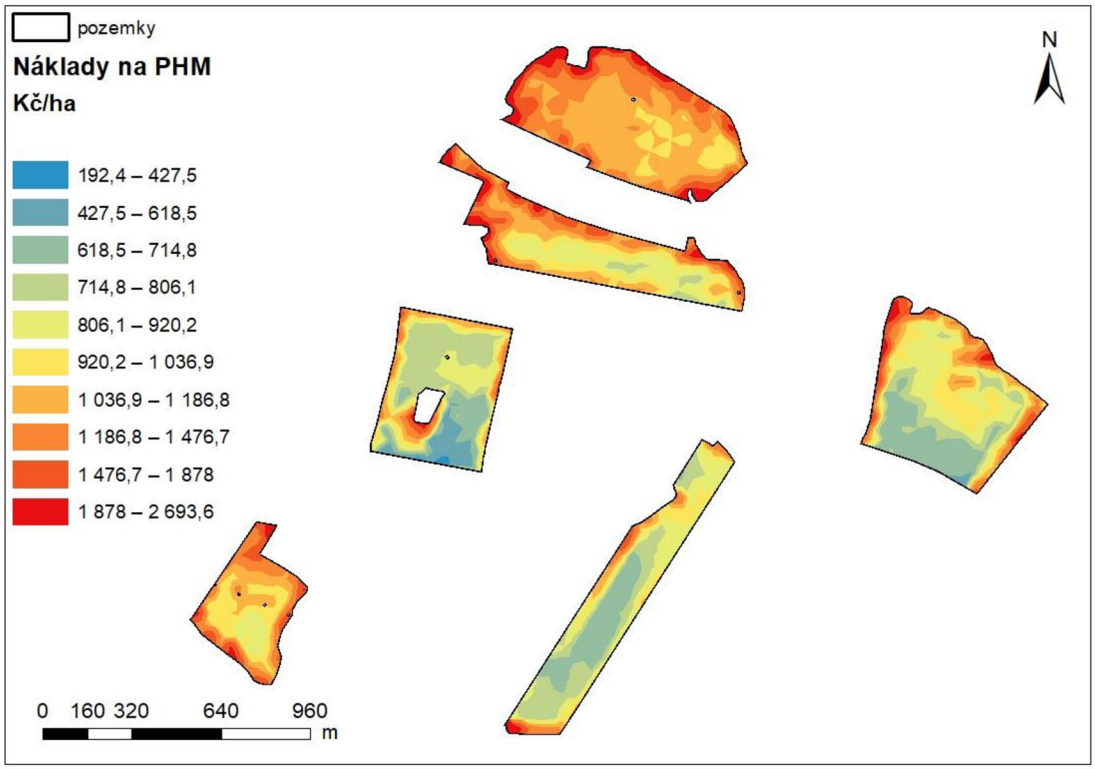
6.2.7 Vyhodnocení nákladů na pohonné hmoty na vybraných pozemcích

Obrázek 59 zobrazuje graf znázorňující náklady na pohonné hmoty v jednotlivých částech vybraných pozemků. Náklady na pohonné hmoty se logicky odvíjejí od celkové spotřeby, kdy se jedná pouze o přepočet hodnot, a proto jsou mapy znázorňující celkové náklady shodné s mapami celkové spotřeby.

Zobrazení celkových nákladů na pohonné hmoty slouží k definování ekonomicky náročných částí v rámci jednotlivých pozemků. Podrobněji budou rozebrány v kapitole níže.

Pro výpočet byla použita cena nafty ze dne 12. března 2024, která činila 38,48 Kč.

Obr. 59 Náklady na PHM v jednotlivých částech vybraných pozemků



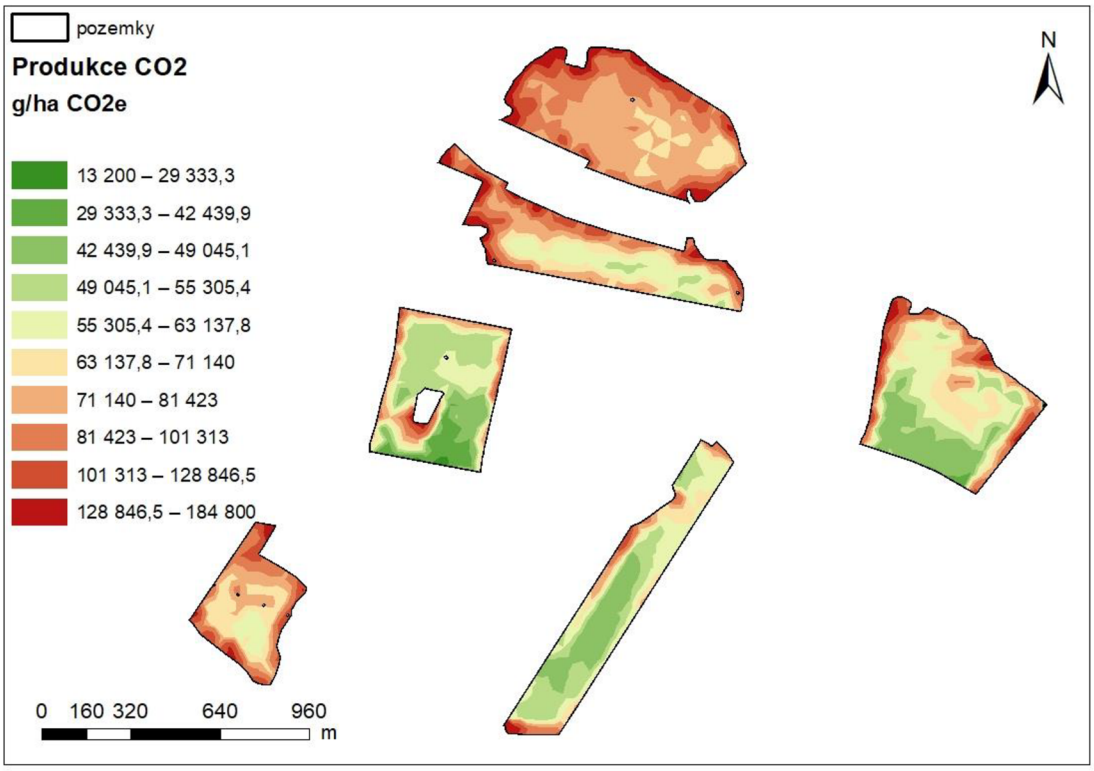
Zdroj: Vlastní

6.2.8 Vyhodnocení emisí CO_2 na vybraných pozemcích

Obrázek 60 zobrazuje graf emisí oxidu uhličitého (CO_2) vzniklých spalováním pohonných hmot v jednotlivých částech pozemku. Celková výše emisí se také logicky odvíjí od celkové spotřeby, jelikož se jedná o pouhý přepočet. Proto jsou mapy celkových emisí CO_2 shodné s mapami celkové spotřeby.

Pro výpočet emisí byl použit přepočet, kdy se jednotka spotřeby (l/ha) vynásobila 2700 g, čímž se získala celková výše emisí CO_2 ekvivalentu. Velikost emisního faktoru byla zjištěna z certifikované metodiky VÚZT. [42]

Obr. 60 Emise C02 ekvivalentu v různých částech vybraných pozemků



Zdroj: Vlastní

6.2.9 Ekonomické zhodnocení z hlediska variability pozemků

Variabilita půdních podmínek či režim práce stroje má značný vliv na spotřebu pohonných hmot. Zatímco běžné ekonomické hodnocení se zaměřuje na půdní blok jako celek, data získaná v tomto projektu umožňují analýzu jednotlivých částí pozemku, která může vést k optimalizaci nákladů.

Ekonomické zhodnocení bylo provedeno na základě získaných dat o spotřebě. Pro každý pozemek byly dle postupu znázorněném na obrázku 61 vypočítány přibližné celkové náklady na pohonné hmoty (viz obr.62) a přibližné náklady na pohonné hmoty připadající na jeden hektar (viz obr.63).

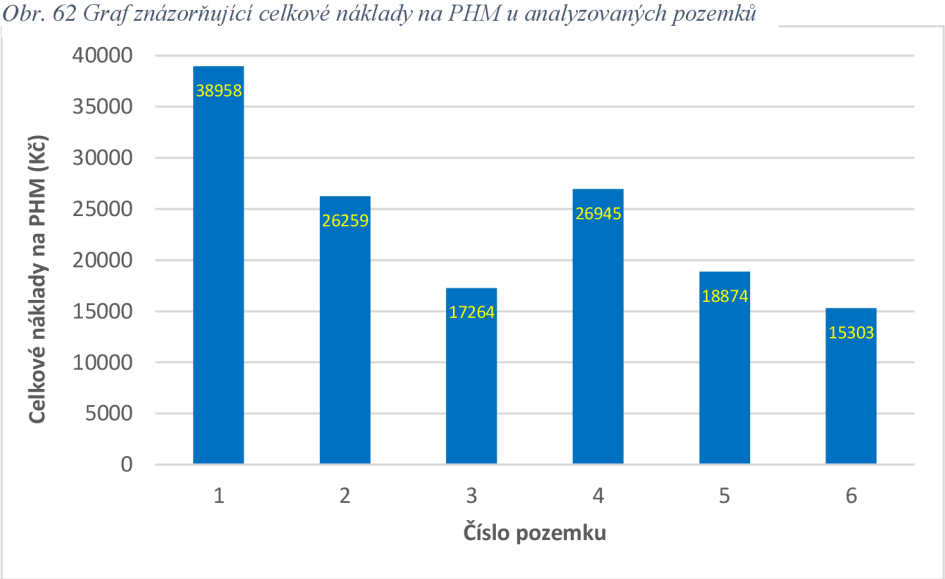
Obr. 61 Vzorový postup výpočtu přibližných nákladů na PHM u pozemku 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2					=PRŮMĚR(C6:D6)		=F6*100/F15	=F6*E6			
3											
4											
5		Třída	Min. spotřeba (Kč/ha)	Max. spotřeba (Kč/ha)	Stř. spotřeba (Kč/ha)	Plocha (ha)	Podíl plochy (%)	Celkové náklady na PHM (Kč)			
6		1	428	619	523	0,23	1	122			
7		2	619	715	667	6,00	22	3 998			
8		3	715	806	760	4,29	16	3 263			
9		4	806	920	863	5,53	20	4 772			
10		5	920	1 037	979	4,29	16	4 195			
11		6	1 037	1 187	1 112	1,83	7	2 030			
12		7	1 187	1 477	1 332	2,42	9	3 217			
13		8	1 477	1 878	1 677	1,65	6	2 761			
14		9	1 878	2 694	2 286	1,14	4	2 596			
15	Suma					27,36			=SUMA(H6:H14)		
16											
17					=SUMA(F6:F14)		Celková spotřeba Kč	26 954			
18							Spotřeba na 1 ha (Kč/ha)	985			
19											
20									=H17/F15		
21											

Zdroj: Vlastní

Přepočet celkových nákladů na náklady připadající na 1 hektar umožňuje vzájemné porovnání pozemků, jelikož celkové náklady na PHM u daného pozemku jsou logicky ovlivněny jeho výměrou. Například pozemky 2 a 4 se v celkových nákladech na PHM liší jen nepatrně, ačkoliv je mezi jejich výměrami rozdíl 5,5 ha.

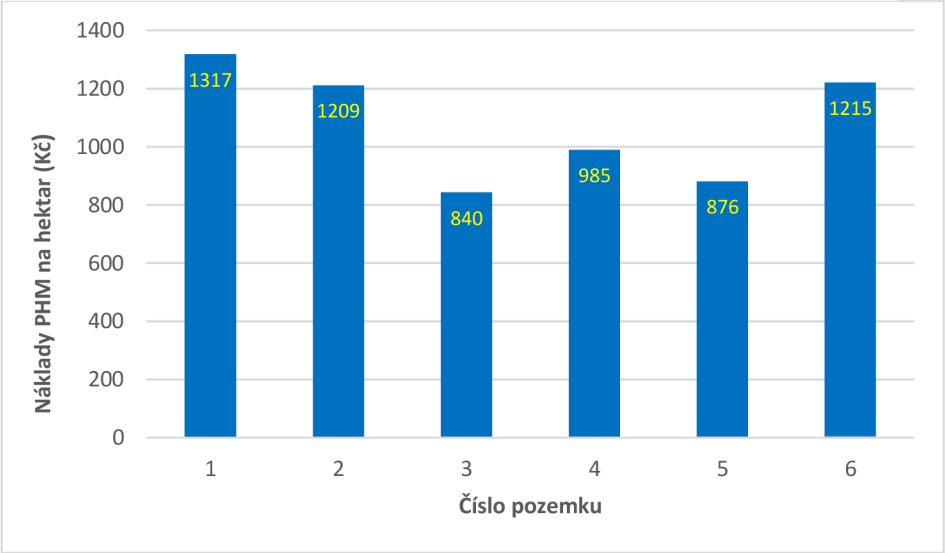
Obr. 62 Graf znázorňující celkové náklady na PHM u analyzovaných pozemků



Zdroj: Vlastní

Na obrázku 63 je vyobrazen graf znázorňující přibližné náklady na pohonné hmoty (PHM) na jeden hektar na jednotlivých pozemcích ukazuje výrazné rozdíly. Největší rozdíl, 477 Kč/ha, je patrný mezi pozemky 1 a 3. Tento rozdíl je způsoben především tvarem pozemků. Zatímco hranice pozemku 3 jsou tvořeny ze všech stran téměř přímkami, hranice pozemku 1 jsou velmi členité s různě nepravidelnými a úzkými plochami. Do těchto ploch musí stroj opakovaně najíždět, což značně zvyšuje spotřebu a tím i náklady na PHM. Podobně nízké náklady na PHM jako pozemek 3 vykazují i pozemky 2 a 4, jejichž hranice jsou docela pravidelné bez výraznějších nepravidelných ploch. Naopak vysoké náklady na PHM jsou patrné kromě 1 ještě u pozemků 2 a 6, jejichž hranice jsou taktéž velice nepravidelné.

Obr. 63 Graf znázorňující náklady na PHM připadající na 1 ha u analyzovaných pozemků

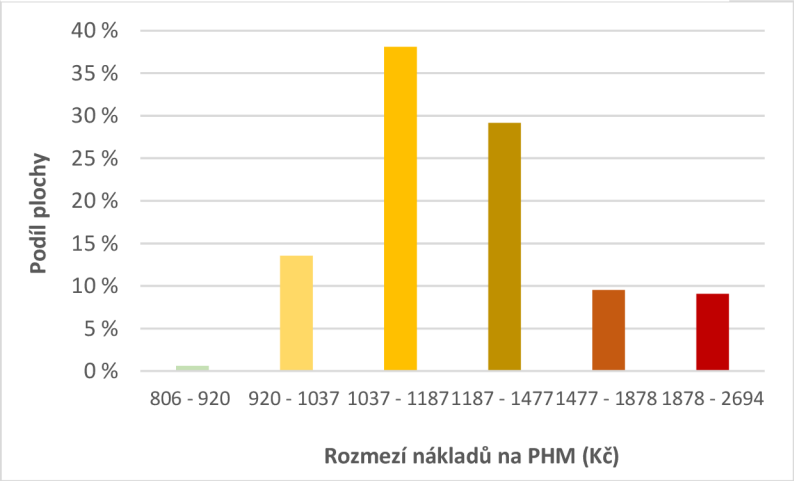


Zdroj: Vlastní

U pozemku 3 je nutno ještě podotknout, že je u něj nejnižší spotřeba i přes překážku nacházející se v jeho střední části. To je způsobeno jeho výše zmíněnými velice pravidelnými okraji, které nejsou takto přímé u žádného jiného zkoumaného pozemku.

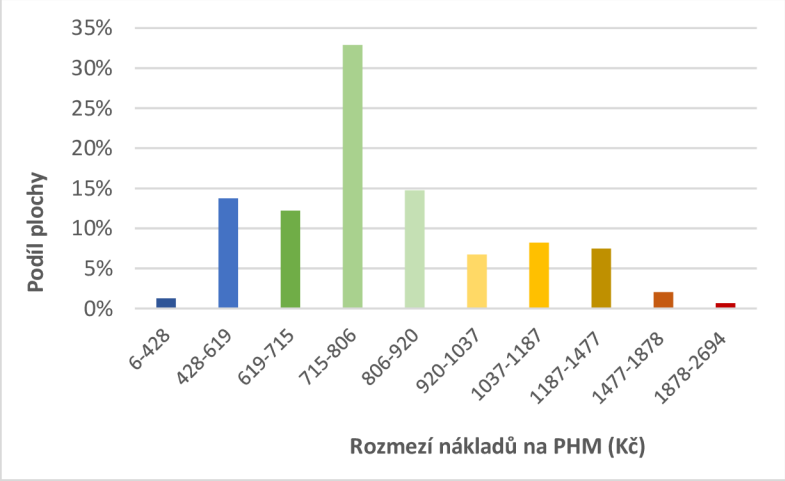
Obrázek 64 zobrazuje procentuální zastoupení nákladových tříd na PHM pro pozemek 1 a obrázek 65 pro pozemek 3. Mezi těmito pozemky je patrný výrazný rozdíl v podílu finančně náročných částí. Na pozemku 1 tvoří náročné části dohromady téměř 20 %, zatímco na pozemku 3 pouze 3 %. Vyvstává tak otázka, zda je obdělávání nepravidelných ploch na krajích pozemků ekonomicky výhodné. Náklady na spotřebu na těchto plochách jsou násobně vyšší oproti dalším částem pozemku a tím pádem značně ovlivňují celkové náklady na PHM, které se promítají do výše variabilních nákladů.

Obr. 64 procentuální zastoupení nákladových tříd na PHM pro pozemek 1



Zdroj: Vlastní

Obr. 65 Procentuální zastoupení nákladových tříd na PHM pro pozemek 3



Zdroj: Vlastní

7 Závěr

Cílem této práce bylo komplexní hodnocení práce diskových podmítačů, které zahrnovalo jak analýzu míry opotřebení talířů, tak i vliv variability pozemku na jejich práci.

Teoretická část práce se komplexně zabývá problematikou diskových podmítačů a jejich efektivního využití. V první kapitole je detailně popsána charakteristika půdy, včetně jejího složení, prostorového uspořádání a nejdůležitějších vlastností, které ovlivňují kvalitu a náročnost zpracování. Druhá kapitola se věnuje technologiím zpracování půdy s důrazem na minimalizační a půdoochranné postupy, které jsou důležité pro zachování úrodnosti půdy a minimalizaci ekonomických nákladů a negativních dopadů na životní prostředí. V závěrečné kapitole literární rešerše jsou popsány diskové podmítače, jejich pracovní nástroje, geometrie práce a konstrukční řešení. Dále jsou analyzovány faktory ovlivňující opotřebení pracovních nástrojů, energetickou náročnost práce a emise oxidu uhličitého. V závěru kapitoly je provedeno ekonomické zhodnocení diskových podmítačů v porovnání s radličkovými podmítači a orebními pluhy.

Praktická část je zaměřena nejprve na hodnocení životnosti a míry opotřebení talířů a poté na hodnocení práce diskového podmítače s ohledem na variabilitu pozemku.

V rámci první části vlastní práce byly posuzovány a porovnány talíře dodané společností Bednar z hlediska jejich životnosti a míry opotřebení. Jednalo se o originální náhradní díly společnosti Bednar od různých dodavatelů. Nejprve byla zhodnocena zjevná poškození, která byla objevena u dvou talířů. Talíř od výrobce Niaux byl během práce zcela zničen (vylomila se jeho část), zatímco na talíři od výrobce Grewis se vytvořila výrazná prasklina v jeho středu. Jediný talíř bez zjevného poškození byl od výrobce Bellota. Následně byly u zkoumaných talířů zjišťovány hmotnostní úbytky. U talíře od výrobce Niaux to však nebylo vzhledem k jeho zničení možné, jelikož nemohlo dojít k jeho zvážení po opotřebení. Zbylé dva talíře měřením prošly, kdy menší procentuální úbytek hmotnosti (16,5 %) vykazoval talíř od výrobce Grewis v porovnání s talířem od výrobce Bellota (30 %). Závěrem lze konstatovat, že pořizovací ceny talířů odpovídaly jejich kvalitě pouze v případě talířů od výrobců Bellota a Grewis. Talíř od výrobce Grewis je cenově dostupnější (480,4 Kč), a i když v porovnání s talířem Bellota (863,29 Kč) vykazoval menší procentuální úbytek hmotnosti, jeho nižší cena je opodstatněná prasklinou ve středu talíře, která výrazně snižuje jeho životnost. Talíř od výrobce Bellota žádné

zjevné vady nevykazoval, a proto i přes vyšší procentuální úbytek hmotnosti lze říci, že jeho cena je adekvátní. Naopak talíř od výrobce Niaux byl ze zkoumaných talířů nejdražší (945,7 Kč), a i přesto došlo při práci k jeho zničení. Lze tedy konstatovat, že cena neodpovídá jeho kvalitě.

V druhé části práce byla pomocí záznamové jednotky Itineris na sběrnici CAN traktoru s GPS přijímačem získána data o chodu motoru, pracovní rychlosti a poloze soupravy traktoru s diskovým podmítačem na vybraných pozemcích. Data byla následně zpracována v programech GIS, ArcMap a Excel.

Na základě sledování reálného směru jízdy soupravy na pozemcích byly v softwaru OptiTrail (Leading Farmers a.s., ČR) vymodelovány modely trajektorií pro každý analyzovaný pozemek. Model zahrnoval 180 variant jízdy s odstupem 1 stupně mezi nimi. Pro každou variantu byly vypočítány délky pracovních a nepracovních jízd, počet otáček a délky jízd po souvrati. Na základě délky celkových jízd byla poté optimální varianta porovnána s variantou odpovídající reálnému směru jízdy. Porovnání reálných a modelových trajektorií ukázalo, že směr jízdy v praxi se na všech analyzovaných pozemcích blížil modelové situaci. V jednom případě se dokonce přesně shodoval s optimálním směrem. Na základě těchto zjištění lze konstatovat, že na daných pozemcích nedošlo k výraznému prodloužení jízdy. Z tohoto hlediska tak bylo dosaženo příznivých ekonomických parametrů podmítky.

Následně byla na základě záznamu a znalosti polohy soupravy provedena klasifikace míst s různou četností přejezdů po vybraných pozemcích během podmítky. Hodnocení vycházelo ze znalosti polohy, kdy pro každý pozemek byla sestavena čtvercová síť s velikostí oka 6x6 metrů. Poté byl pro každé oko spočítán počet přejezdů. Z analýzy vyplynulo, že tradičně nejvíce byly zasaženy plochy souvratí. Dalšími oblastmi s extrémním zatížením byly zakřivené části okrajů pozemků, na které musela souprava opakovaně najíždět. Vysoká četnost přejezdů v těchto oblastech vede ke zhutnění půdy, které má za následek nižší výnos plodin a paradoxně i vyšší náklady na obhospodařování.

V rámci dalšího kroku byly ze záznamu spotřeby pohonných hmot sestaveny mapy aktuální spotřeby ve dvou režimech. První režim zobrazoval průměrné hodnoty spotřeby pro jednotlivá oka sítě, zatímco druhý režim pracoval se součty jednotlivých hodnot. Na detailu vzorového pozemku byla prokázána výrazná odlišnost mezi těmito dvěma vyjádřeními spotřeby, jelikož spotřeba vyjádřená průměrnou hodnotou nemusí vždy přesně odpovídat průběhu spotřeby

v rámci pozemku. Důvodem je zejména nižší spotřeba na souvratích při otáčení, kdy stroj není v tahu. Na vzorovém pozemku se tento fakt výrazně projevil, kdy nejvyšší celková spotřeba byla zaznamenána především na souvratích a v oblastech s různými zakřiveními a zúženími, zatímco nejvyšší průměrná spotřeba byla zaznamenána v jeho střední části.

Následně byly na základě hodnot spotřeby vypočítány náklady na pohonné hmoty a množství emisí ekvivalentu oxidu uhličitého.

Přepočet spotřeby na náklady PHM umožnil provést ekonomického zhodnocení z hlediska ekonomické náročnosti jednotlivých části vybraných pozemků. Pro porovnání pozemků byly nejprve vypočítány celkové náklady na PHM na každém z nich, které byly následně vyděleny jejich výměrou. Tímto způsobem byly získány náklady na PHM na jeden hektar pozemku, které umožnily porovnání analyzovaných pozemků. Jako ekonomicky nejnáročnější se ukázaly pozemky s nepravidelnými hranicemi, které vedou k vytváření úzkých a špatně zpracovatelných míst. Na tato místa musí strojní souprava opakovaně najíždět, což zvyšuje spotřebu paliva na dané ploše. Naopak nejnižší celkové náklady byly zjištěny na pozemcích s pravidelnými hranicemi, tvořenými ze všech stran téměř přímkami. Na nich může traktor provádět dlouhé, rovné přejezdy bez nutnosti opakovaných nájezdů na složitá místa.

Na závěr ekonomického zhodnocení byl pro pozemky s nejnižšími a nejvyššími náklady na PHM vytvořen graf zobrazující zastoupení nákladových tříd na PHM. Mezi těmito pozemky byl zjištěn markantní rozdíl především v procentuálním zastoupení ploch spadajících do nejvyšších nákladových tříd, kdy u pozemku s nejnižšími náklady na PHM byl podíl těchto ploch pouze 3 %, zatímco u nejnáročnějšího pozemku dosahoval téměř 20 %.

Vzhledem k násobně vyšším nákladům na spotřebu pohonných hmot na nepravidelných plochách oproti zbylým částem pozemku vyvstává otázka ekonomické výhodnosti obdělávání těchto ploch. Vysoké náklady na PHM se promítají do variabilních nákladů a značně ovlivňují celkovou ekonomiku hospodaření. Řešením by mohlo být napřimování hranic pozemků. Vyčleněné plochy by pak mohly být využity pro různé ekosystémové služby, čímž by se kompenzovala případná ztráta zemědělské půdy.

8 Seznam použitých zdrojů

[1] HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

[2] KROULÍK, Milan. *Implementace navigačních technologií*. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-04-7.

[3] PRAX, Alois, Jiří JANDÁK a Eduard POKORNÝ. *Půdoznalství*. 3. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010. ISBN 978-80-7375-445-7.

[4] ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého Olomouc, 2002. ISBN 8024405849.

[5] *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2023 [cit. 2023-10-17]. ISSN 1804-2422. Dostupné z: https://www.cuzk.cz/

[6] MALVAJERDI, Ahmad Sharifi. *Wear and coating of tillage tools: A review* [online]. Iran: Heliyon, 2023 [cit. 2023-10-25]. ISSN 2405-8440. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023038768

[7] WHITE, Robert. *Principles and practise of soil science*. 4. Padstow: Blackwell, 2006. ISBN 978-0-632-06455-7.

[8] FULAJTÁR, Emil. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2006. ISBN 80-89128-20-3.

[9] RAHEMAN, Hifjur a Rohit SAHU. *Draught Prediction of Agricultural Implements using Reference Tillage Tools in Sandy Clay Loam Soil* [online]. Indie: Indian Institute of Technology, 2006, 284 s. [cit. 2023-10-25]. ISSN 1537-5110. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511006000328

[10] BRTNICKÝ, Martin. *Půdoznalství v kostce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-283-0.

[11] ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

[12] MILEUSNIČ, Zoran, Elmira SALJNIKOV a Dragan PETROVIČ. *Soil compaction due to agricultural machinery impact* [online]. Srbsko: Journal of Terramechanics, 2022 [cit. 2023-10-28]. ISSN 0022-4898. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0022489821001038

[13] HŮLA, Josef, Zdeněk ABRHÁM a František BAUER. *Zpracování půdy*. Praha: Nakladatelství Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.

[14] NOVOTNÝ, Filip. AGROPORTAL24H. *Technologie zpracování půdy, talířové pluhy, talířové podmítače a talířové brány* [online]. 2019, 26.9.2019 [cit. 2023-11-01]. Dostupné z: https://www.agroportal24h.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-talirove-pluhy-talirove-podmitace-a-talirove-brany

[15] LHOTSKÝ, Šimon. *Zpracování a zúrodňování půd*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0048-9.

[16] JANDÁK, Jiří. *Vliv půdních pomocných látek na fyzikální a chemické vlastnosti půdy*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7375-986-5.

[17] KUMHÁLA, František, Petr HEŘMÁNEK, Jiří MAŠEK a Ivo HONZÍK. *Zemědělská technika*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

[18] TAGAR, Ahmed, Jan ADAMOWSKI a Abdul SOOMRO. *Assessment of implement efficiency and soil structure under different conventional tillage implements and soil moisture contents in a silty loam soil* [online]. Pakistan: CATENA, 2017 [cit. 2023-11-06]. ISSN 0341-8162. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0341816217302503

[19] KVĚCH, Otomar, Vladimír COUFAL a Vítězslav ŠKODA. *Biologické základy zemědělské výroby*. 3. Jinočany: VN MON, 1987.

[20] HŮLA, Josef, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Pavel KOVAŘÍČEK. *Minimalizační a půdoochranné technologie*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2004. ISBN 80-86884-01-5.

[21] HŮLA, Josef a Václav MAYER. *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1999. ISBN 80-7105-187-X.

[22] NEUDERT, Lubomír. ODBORNÝ A STAVOVSKÝ TÝDENÍK ZEMĚDĚLEC. *Orba a minimalizační technologie* [online]. 2009 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: https://zemedelec.cz/orba-a-minimalizacni-technologie/

[23] MAŠEK, Jiří, Petr NOVÁK a Jan CHOLENSKÝ. AGROJOURNAL. *Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti* [online]. 2015 [cit. 2023-11-17]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/

[24] MCKYES, Edward. *Soil cutting and tillage*. Amsterdam: Elsevier, 1985. ISBN 0-444-42548-9.

[25] KÖLLER, Karlheinz a Christian LINKE. *Úspěch bez pluhu*. Praha: Zemědělský týdeník, 2006. ISBN 80-87002-00-8.

[26] EDWARDS, Clive. *Soil tillage in agroecosystems*. Washington: CRC Press, 2003. ISBN 0-8493-1228-0.

[27] BRANT, Václav. AGROMANUAL. *Základy zpracování půdy (4): Mechanizační prostředky pro provedení podmítky a mělkého zpracování půdy* [online]. 2021 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-4-mechanizacni-prostredky-pro-provedeni-podmitky-a-melkeho-zpracovani-pudy?

[28] MAŠEK, Jiří. AGROJOURNAL. *Technologie zpracování půdy* [online]. 2016 [cit. 2024-01-07]. Dostupné z: https://www.agrojournal.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy

[29] ŠNOBL, Josef a Josef PULKRÁBEK. *Základy rostlinné produkce*. 2. Praha: Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU, 2007. ISBN 978-80-213-1340-8.

[30] POSPÍŠIL, Jiří. AGROMANUAL. *Podmítka a podmítače* [online]. 2020 [cit. 2024-01-09]. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace

[31] BEDNAR. *Konfigurátor náhradních dílů* [online]. 2024 [cit. 2024-01-23]. Dostupné z: https://www.bednar.com/konfigurator-nahradnich-dilu/

[32] GOLASOVSKÝ, Karel. *Zemědělské stroje*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986.

[33] SERRANO, Joao, José PECA a Mário CARVALHO. *Tractor energy requirements in disc harrow systems* [online]. Portugal: Biosystems Engineering, 2007 [cit. 2024-01-29]. ISSN 1537-5110. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S1537511007001985

[34] FAKTA O KLIMATU. *Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů* [online]. 2024 [cit. 2024-02-10]. Dostupné z: https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr

[35] HŮLA, Josef, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Milan KROULÍK. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí* [online]. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010 [cit. 2024-02-12]. ISBN 978-80-86884-53-0. Dostupné z: https://www.ctpz.cz/vyzkum/dopad-netradicnich-technologii-zpracovani-pudy-na-pudni-prostredi-32

[36] BUCZKO, Uwe, Silvia BACHMANN a Markus GROPP. *Spatial variability at different scales and sampling requirements for in situ soil CO2 efflux measurements on an arable soil* [online]. Rakousko: CATENA, 2015 [cit. 2024-02-12]. ISSN 0341-8162. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0341816215000983

[37] VUZT. *Ekonomické normativy souprav* [online]. 2024 [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/soupnormzvol.php

[38] STAWICKI, Tomasz, Piotr KOSTENCKI a Beata BIALOBRZESKA. *Wear resistance of selected cultivator coulters reinforced with sintered-carbide plates* [online]. Polsko: Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2018 [cit. 2024-02-25]. ISSN 1644-9665. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/abs/pii/S1644966518300876

[39] TEKESTE, Mehari, Loran BALVANZ, Jerry HATFIELD a Sadaf GHORBANI. *Discrete element modeling of cultivator sweep-to-soil interaction: Worn and hardened edges effects on soil-tool forces and soil flow* [online]. USA: Journal of Terramechanics, 2019 [cit. 2024-02-25]. ISSN 0022-4898. Dostupné z: https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0022489818300259

[40] BEDNAR. *O společnosti* [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.bednar.com/o-spolecnosti/

[41] BEDNAR. *Diskové podmítače* [online]. 2024 [cit. 2024-02-25]. Dostupné z: https://www.bednar.com/swifterdisc-xo_f/

[42] DĚDINA, Martin, Petr JEVIČ a Zdeněk ABRHAM. *Výpočet typických měrných emisí skleníkových plynů z pěstovaní a zpracování zemědělských surovin pro stanovení hodnoty jejich emisních faktorů* [online]. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2023 [cit. 2024-03-13]. ISBN 978-80-7569-015-9. Dostupné z: https://agronavigator.cz/

9 Seznam obrázků

Obr. 1 Klesající podíl zemědělských pozemků a orné půdy v letech 1966-2022 5
Obr. 2 Složení půdy 5
Obr. 3 Tvary agregátů 10
Obr. 4 Faktory ovlivňující úrodnost půdy 12
Obr. 5 Vodní eroze 16
Obr. 6 Větrná eroze 16
Obr. 7 Smyv zeminy 17
Obr. 8 Účinky dopadajících kapek a postup vodní eroze 17
Obr. 9 Schéma profilu zpracování půdy diskovým podmítačem 22
Obr. 10 Talíře s vykrajovaným obvodovým břitem 22
Obr. 11 Talíř s hladkým břitem 22
Obr. 12 Schéma pohybu talíře 23
Obr. 13 Zubatý disk 23
Obr. 14 A-Disk 23
Obr. 15 Uspořádání talířů do "V" 24
Obr. 16 Uspořádání talířů do "X" 24
Obr. 17 Samostatné uložení talířů 25
Obr. 18 Celkové emise České republiky za rok 2021 29
Obr. 19 Emise CO2 z půdy a její vlhkost po různém zpracování k řepce 31
Obr. 20 Diskový podmítač SWIFTERDISC 6000 F 39
Obr. 21 Detail talíře č.27 41
Obr. 22 Detail talíře č.29 41
Obr. 23 Detail talíře č.28 41
Obr. 24 Talíř č.28 po opotřebení 42
Obr. 25 Detail prasklého středu talíře č.29 42
Obr. 26 Talíř č.29 po opotřebení 42
Obr. 27 Talíř č.27 po jeho poškození 42
Obr. 28 Detail poškození talíře č.27 42
Obr. 29 Hmotnostní úbytky u zkoumaných talířů v kg 43
Obr. 30 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.28 v kg 43
Obr. 31 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.28 v % 44
Obr. 32 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.29 v kg 44
Obr. 33 Graf znázorňující hmotnostní úbytek talíře č.29 v % 45
Obr. 34 Porovnání hmotnostních úbytků v kg u jednotlivých talířů 45
Obr. 35 Porovnání hmotnostních úbytků v % u jednotlivých talířů 46
Obr. 36 Přehled tvarů a výměr vybraných pozemků 49
Obr. 37 Detail pohybu souprav na jeden vybraný pozemek 50
Obr. 38 Záznam pohybu souprav po vybraných pozemcích 50
Obr. 39 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.1 52
Obr. 40 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.1 52
Obr. 41 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.4 53
Obr. 42 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.4 53
Obr. 43 Záznam reálné trajektorie během podmítání pozemku č.6 54
Obr. 44 Návrh optimalizované trajektorie pro podmítání pozemku č.6 54
Obr. 45 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 1 55
Obr. 46 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 1 56
Obr. 47 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 4 57

Obr. 48 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 4 57
Obr. 49 Délky jízd pro jednotlivé stupně směru jízdní trajektorie na pozemku 6 58
Obr. 50 Srovnání směru jízd reálné a modelové trajektorie na pozemku 6 59
Obr. 51 Shrnutí hodnot délek pracovních a nepracovních jízd 59
Obr. 52 Četnost přejezdů talířového podmítače na vybraných pozemcích 60
Obr. 53 Detail četnosti přejezdů talířového podmítače u dvou vybraných pozemků 61
Obr. 54 Reálný záznam pohybu talířového podmítače na vybraných pozemcích 61
Obr. 55 Celková spotřeba PHM na vybraných pozemcích 62
Obr. 56 Celková spotřeba PHM na pozemku 4 63
Obr. 58 Průměrná spotřeba PHM na pozemku 4 64
Obr. 57 Průměrná spotřeba PHM na vybraných pozemcích 64
Obr. 59 Náklady na PHM v jednotlivých částech vybraných pozemků 65
Obr. 60 Emise C02 ekvivalentu v různých částech vybraných pozemků 66
Obr. 61 Vzorový postup výpočtu přibližných nákladů na PHM u pozemku 4 67
Obr. 62 Graf znázorňující celkové náklady na PHM u analyzovaných pozemků 68
Obr. 63 Graf znázorňující náklady na PHM připadající na 1 ha u analyzovaných pozemků 68
Obr. 64 procentuální zastoupení nákladových tříd na PHM pro pozemek 1 69
Obr. 65 Procentuální zastoupení nákladových tříd na PHM pro pozemek 3 69

10 Seznam tabulek

Tab. 1 Hodnoty měrného odporu pro jednotlivé půdní druhy 7
Tab. 2 Druhy půd a jejich základní charakteristika 8
Tab. 3 Vliv zpracování půdy na rostlinné zbytky 8
Tab. 4 Vliv zpracování půdy na odtok vody a odnos půdy na svahu 12° 18
Tab. 5 Porovnání talířového a radličkového podmítače 33
Tab. 6 Porovnání diskového podmítače a jednostranného pluhu 34
Tab. 7 Technické parametry talířového podmítače SWIFTERDISC XO 6000 F 40
Tab. 8 Charakteristika zkoumaných talířů 40