

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv změny hospodaření na půdě na kvalitu půdy

Bakalářská práce

Autor práce: Eliška Kerelová

Obor studia: Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů

Vedoucí práce: prof. Ing. Radka Kodešová, CSc.

Konzultanti práce: Ing. Miroslav Fér, Ph.D.

a Ing. Antonín Nikodem, Ph.D., DiS.

©2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 21.4.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Radce Kodešové, CSc. za odborné rady a čas, který mi věnovala. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Miroslavu Férovi, Ph.D., Ing. Antonínovi Nikodemovi, Ph.D., DiS. a Ing. Aleši Klementovi, Ph.D. za významnou pomoc při práci v terénu a v laboratoři.

Vliv změny hospodaření na půdě na kvalitu půdy

Souhrn

Tato bakalářská práce se věnuje způsobům, jakými se zpracovává půda a jaký vliv mají způsoby hospodaření na její vlastnosti. Nejprve se dozvíme krátké shrnutí vývoje zemědělství na území v České republice. Popíšeme si rozšířenější způsoby hospodaření, a to zejména ekologický způsob a konvenční způsob hospodaření. Následně se budeme věnovat pouze konvenčnímu systému, zde hlavní roli bude hrát orba v porovnání s bezorebným systémem a to, jestli má orba opravdu kvalitnější účinek na vlastnosti půdy pomocí studií, které se této problematice věnovaly. Na zpracování má vliv mechanizace, která doplňuje konvenční způsob. Také nastíním chemické ošetření půdy, které je nedílnou součástí konvenčního způsobu hospodaření. Dále se práce zabývá výčtem vybraných vlastností, jako jsou hydraulické vlastnosti, vodoodpudivost, půdní agregace, nebo emise CO₂ a tomu, jaký vliv na tyto vlastnosti má zejména úprava s orbou a bez orby. V metodické části je nejprve vymezeno území Hněvčevsi a popsány přírodní podmínky, na kterých probíhal výzkum. Následují postupy potřebné pro získání výsledků. Zejména se jednalo o měření hydraulické vodivosti pomocí infiltrometrických mini disků a kumulativní tok pomocí Guelphova permeometru. Dále měření emisí CO₂ díky systému LCI-SD v terénu a v laboratoři, zhodnocení fyzikálních vlastností a vodoodpudivost. Získání zrnitostních křivek a tabulky se zastoupením zrnitostních frakcí z odebrané půdy za využití aerometrické hustoměrné metody. Výsledky se porovnávaly s hodnotami, které byly zjištěny během předešlých studií v totožném prostředí. V té době se porovnávala mezi sebou pole s konvenční orbou a pole, které bylo přeměněno z konvenční orby na trvalý travní porost. V současné době pole s konvenční orbou je stále stejně obděláváno, ale pole s trvalým travním porostem je opět využíváno k produkci například obilovin. Zajímá nás tedy, jak se kvalita půdy zhoršila, či zlepšila a do jaké míry. Bylo zjištěno, že v naší studii trvalý travní porost působil jako zlepšovací stav pro půdu. Pole po trvalém travním porostu mělo vyšší kumulativní tok a vodoodpudivost než pole s trvalou orbou, a to během měření v letech 2011 i 2022. Emise CO₂ byly vyšší v poli po trvalém travním porostu, a to hlavně kvůli vyššímu obsahu organické hmoty, kterou trvalý travní porost obsahoval vyšší i v minulosti. Nenasycená hydraulická vodivost s tlakovou výškou -2 cm se oproti minulým rokům spíše snížila a to vzhledem k narušení stability půdní agregace v obou polích.

Klíčová slova: Hydraulické vlastnosti; infiltrace vody; vodoodpudivost; emise CO₂ z půdy; orná půda; travní porost

Impact of land management change on soil quality

Summary

This bachelor's thesis focuses on the methods of soil processing and the influence of farming methods on its properties. Firstly, we will learn a brief summary of the development of agriculture in the territory of the Czech Republic. We will describe more extensively the farming methods, especially the ecological and conventional farming methods. Subsequently, we will focus only on the conventional system, where tillage will play a major role in comparison with the no-tillage system, and whether tillage really has a better effect on soil properties through studies that have addressed this issue. Mechanization, which complements the conventional method, also affects soil processing. I will also outline the chemical treatment of the soil, which is an integral part of conventional farming. Furthermore, the thesis deals with the listing of selected properties, such as hydraulic properties, water repellency, soil aggregation, or CO₂ emissions, and how the treatment with or without tillage affects these properties. In the methodological part, the territory of Hněvčevsi is first defined, and the natural conditions on which the research was conducted are described. The necessary procedures for obtaining the results follow. In particular, measurements were taken of hydraulic conductivity using infiltrometer mini disks and cumulative flow using a Guelph permeameter. CO₂ emissions were also measured in the field and in the laboratory using the LCi-SD system, and physical properties and water repellency were evaluated. Grain size curves and tables were obtained by using the aerometric density method to represent grain size fractions from collected soil samples. The results were compared to values obtained during previous studies in the same environment. At that time, fields with conventional tillage were compared to fields that had been converted from conventional tillage to permanent grassland. Currently, the field with conventional tillage is still being cultivated, but the field with permanent grassland is being used again to produce crops such as cereals. We are interested in how soil quality has deteriorated or improved, and to what extent. It was found that in our study, permanent grassland acted as an improving condition for the soil. The field with permanent grassland had higher cumulative flow and water repellency than the field with permanent tillage, during measurements in both 2011 and 2022. CO₂ emissions were higher in the field with permanent grassland, mainly due to the higher organic matter content, which the permanent grassland had also contained higher in the past. Unsaturated hydraulic conductivity

at a pressure head of -2 cm decreased rather than increased compared to previous years due to the disruption of soil aggregation stability in both fields.

Keywords: Hydraulic properties; water infiltration; water repellency; soil CO₂ emissions; arable land; grassland

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce	12
3 Literární rešerše	13
3.1 Krátké shrnutí hospodaření v České republice	13
3.2 Způsoby hospodaření na půdě	14
3.2.1 Ekologický způsob hospodaření	14
3.2.2 <i>Bezorebný systém</i>	18
3.2.3 <i>Konvenční způsob hospodaření</i>	18
4 Vybrané vlastnosti půdy	25
4.1. Pórovitost.....	25
4.2 Půdní agregace.....	25
4.3 Infiltrace	27
4.4 Hydraulická vodivost.....	27
4.5 Vodoodpudivost	29
4.6 Emise CO ₂	29
5 Metodická část - Seznámení s prostředím	31
5.1 Obec Hněvčeves	31
5.2 Půdní poměry sledovaných pozemků	31
5.3 Klimatické poměry	32
5.4 Zemědělské podmínky.....	32
5.5 Vlastnosti půdy v Hněvčevsi zjištěné během studií v roce 2011.....	32
6 Metodická část – postupy při zpracování hodnot	34
6.1 Měření nenasyčené hydraulické vodivosti	34
6.2 Vodoodpudivost	35
6.3 Měření kumulativního toku vody za podmínek povrchového rybníku.....	36
6.4 Zjištění fyzikální kvality půdy.....	37
6.5 Měření zrnitosti	38
6.6 Postup při zjišťování Emisí CO ₂	39
7 Výsledky	41
7.1 Výsledky zjištěné infiltrimetrickými mini disky.	41
7.2 Výsledky kumulativní toku	42
7.3 Výsledky vodoodpudivosti.....	43
7.4 Výsledky fyzikální kvality půdy.....	44

7.5 Výsledky emisí oxidu uhličitého zjištěné systémem LCi-SD a v laboratoři	45
7.6 Výsledky zrnitosti.....	46
8 Diskuze	47
9 Závěr	48
10 Literatura.....	49
11 Seznam použitých obrázků.....	52
12 seznam použitých tabulek.....	53
13 Seznam použitých zkratk a symbolů	53
14 Samostatné přílohy	54
14.1 Zrnitostní křivky.....	54

1 Úvod

Z hlediska kvality půdy a její vlastnosti je velmi důležité, jak půdu obhospodařujeme. Od počátku hospodaření lidé usilovali o co nejvyšší výnosy a snažili se těchto výnosů docílit zejména střídavými osevními postupy. Během vylepšování střídavých postupů hospodaření doplnila vývoj mechanizace a následně i chemické přípravky. Všechny tyto postupy dokázaly zvýšit produktivitu. Ale na druhou stranu tyto postupy byly nejen pro přírodní systém nepřirozené, ale také negativně ovlivňovaly kvalitu půdy. Během následujících let si populace začala všimnout, že se snižuje nejen kvalita půdy, ale také kvalita výrobků, které vznikaly. V 20. století se tak začaly vyvíjet systémy, jejichž cílem byla udržitelnost a přiblížení k přírodě. V současné době se za jeden z neudržitelnějších způsobů považuje ekologické zemědělství. Dále se současné studie snaží dokázat, že alternativnější způsob úpravy půdy, může pozitivně ovlivnit vlastnosti půdy.

Vzhledem ke globálnímu oteplování a celkovým zhoršujícím se přírodním podmínkám bude hospodaření na půdě stále náročnější. Je důležité regulovat látky, které se zapravují do půdy a zároveň je třeba najít rovnováhu mezi dostatečnou a přebytečnou mechanizací. Půdu lze považovat i z ekonomického hlediska za jeden ze základních výrobních faktorů. Je třeba si jí vážit a zacházet s ní co nejšetrněji tak, aby byla zachována maximální kvalita a dlouhodobá udržitelnost. Díky které se užívá i nastávající světová populace.

2 Cíl práce

Půdní vlastnosti a následně režimy, které probíhají v půdách jsou významně ovlivněny hospodařením na půdě. Půdní vlastnosti jsou ovlivněny jak využitím půdy, tj. například jako orná půda nebo trvalý porost, tak způsobem zpracování orné půdy. Rozhodující je také doba, po kterou je daným způsobem na půdě hospodařeno. V naší dřívější studii bylo ukázáno, že změna původně oraného pozemku na trvalý porost vedla ke zlepšení kvality půdy. Po našich analýzách však došlo opět ke změně a pozemek je opět využíván pro pěstování zemědělských plodin. Cílem této práce je zjistit, zda opět došlo ke zhoršení půdní kvality a do jaké míry.

3 Literární rešerše

3.1 Krátké shrnutí hospodaření v České republice

Na území České republiky se první znaky zemědělství dostaly zhruba v 5. tisíciletí před n. l. a to v období neolitu. Pěstovala se hlavně pšenice, ječmen, proso a luštěniny. Zprvu se využívalo jednoduchých nástrojů ze dřeva, jako byl hák na kypření půdy, nebo srp na sklizeň. Mezi první formy zemědělství patřilo přílohové zemědělství, při kterém se pole členila na více dílů, ze kterých část byla oseta a část nechána ladem pro obnovení živin. Dále žárové zemědělství, při kterém se kácely a vypalovaly lesy pro získání nové půdy. Při této formě také vznikla první podoba hnojiva. Jednalo se o popel z vypalování dřeva, drnu a slámy, který zůstal po procesu na půdě. Žár také vypálil plevel. Od 12. století přichází nový způsob hospodaření. Jednalo se o trojpolní systém, který fungoval na principu rozměrného rozdělení půdy na tři části. První rok byl na pole zaset ozim, druhý rok jař a třetím rokem se nechalo pole ladem a stala se z něj pastvina pro dobytek, následující rok se proces opakoval. (Kubačák 2020)

V 1. polovině 16. století došlo v českých zemích k oživení zemědělské výroby díky zvyšující se poptávce po zemědělských výrobcích. Rozšířil se půdní fond, především kultivací lesů a začalo se hospodařit způsobem šlechtického velkostatku. Postupně se také zaváděly zlepšené trojhonné osevnické postupy a umožnily tak omezovat každoroční plochy úhoru a vystřídalý klasický tříletý osevnický postup víceletou rotací. (Kubačák 2020)

Významnější změny nastaly po zrušení nevolnictví po roce 1781. Zdokonalil se secí stroj na obilí. Vynalezlo se rouchadlo, pluh s válcovitou radlicí, který zjednodušil práci na poli. Po zrušení roboty v roce 1848 se velkostatky začaly měnit na kapitalistické a přišel jeden z největších převratů v podobě zlepšení trojpolního systému a to v tzv. racionální soustava střídavého hospodářství neboli střídavé hospodaření s norfolkským osevnickým postupem. Tento systém spočíval ve střídání plodin jetele, ozimu, okopaniny a jařiny. Dále se v 19. století rozšiřovalo používání a vývoj mechanických strojů a průmyslových hnojiv. Rozmohl se také způsob hektarových výnosů, které spočívaly ve šlechtění odrůd, použití hnojiv a zdokonalenou péčí o půdu (Kubačák 2020 ; Škoda 1998)

Po 2. světové válce nastal v tehdejším Československu komunistický režim a s ním i výraznější změny v zemědělství. Vznikala tzv. jednotná zemědělská družstva, což byly státní podniky, které hospodařily většinou nejen na svých pozemcích, ale také na pozemcích zabavených soukromým statkářům. (Součková 2010)

V tomto období se zaváděla Viljamsova trávopolní soustava, která spočívala v přidávání travní směsi s jetelovinami. Tato soustava ale nebyla příliš úspěšná, protože snížila výnosy pro krmivové základy. (Škoda 1998)

V roce 1989 na území dnešní České republiky došlo k pádu komunistického režimu. Jednotná zemědělská družstva se rozpadla a pozemky byly vráceny v restitucích zpět původním vlastníkům. Až do dnešní doby můžeme potkávat stále zemědělská družstva, akciové společnosti, nebo soukromé farmy, jejichž základy tvořily jednotná zemědělská družstva. (Součková 2010)

3.2 Způsoby hospodaření na půdě

V současné době je nejrozvinutější hlavně konvenční způsob hospodaření a ekologický způsob. V následující kapitole popíšu krátce vývoj ekologického zemědělství obecně a jak přišel do České republiky a následně se budu věnovat konvenčnímu způsobu a také jeho vlivu na půdu. Podrobněji se zaměřím zejména na orbu a porovnáám ji s úpravou půdy bez orby.

3.2.1 Ekologický způsob hospodaření

Tento styl zemědělství se více věnuje životnímu prostředí a jeho složkám. Snaží se být šetrnější, respektuje přírodní systémy a je vnímán jako udržitelnější pro budoucí generace. I to je jeden z důvodů, proč zemědělci v tomto odvětví dostávají dotace, dalším důvodem je např. kompenzace ztrát. Výrobky z ekologických farem poznáme podle označení EKO a BIO. (Šarapatka & Urban 2006)

3.2.1.1 Historie ekologického zemědělství

Podle Bořivoje Šarapatky, Jiřího Urbana a kol. v literatuře o Ekologickém zemědělství v praxi se tento alternativnější způsob do střední Evropy dostal až po první světové válce. V tomto období se velmi zvýšila urbanizace a s tím souviselo i zhoršení přírodních podmínek. Začaly se objevovat i problémy s kvalitou půdy. Jednalo se o acidifikaci, změně půdní

struktury a zvýšený výskyt škůdců a chorob. Půda byla jednoduše velmi unavená. To nutilo lidstvo hledat ohleduplnější postupy vůči přírodě. S tím souvisel první ekologický systém, který se nazýval přírodní zemědělství. Součástí tohoto systému nebylo jen obhospodařování půdy, ale také životní styl. Teorie říkala, že život by měl být ve venkovském prostředí s pravidelným pohybem, vlastním pěstováním ovoce a zeleniny a vegetariánstvím. Tato složka vylučovala chov zvířat, a tedy i využívání statkových hnojiv. To ale v praxi nezískalo velkou popularitu a zemědělci se v omezeném množství živočišné produkci věnovali dále. Zejména mléčné výrobě, výrobě vlny a využití zvířat jako tažné síly. Rozvoji zemědělství pomohl výzkum mikrobiologie na přelomu 19. a 20. století. Ten totiž přiblížil život mikroorganismů v půdě a rozvinul tak představu o procesech probíhajících v půdě. Klád důraz na organické hnojení. V důsledku toho, se přírodní zemědělství zaměřilo na snížení množství hnoje, kontrolování kvality městských kompostů a výběr nejpříznivějších osevních postupů se zeleným hnojením. (Šarapatka & Urban 2006)

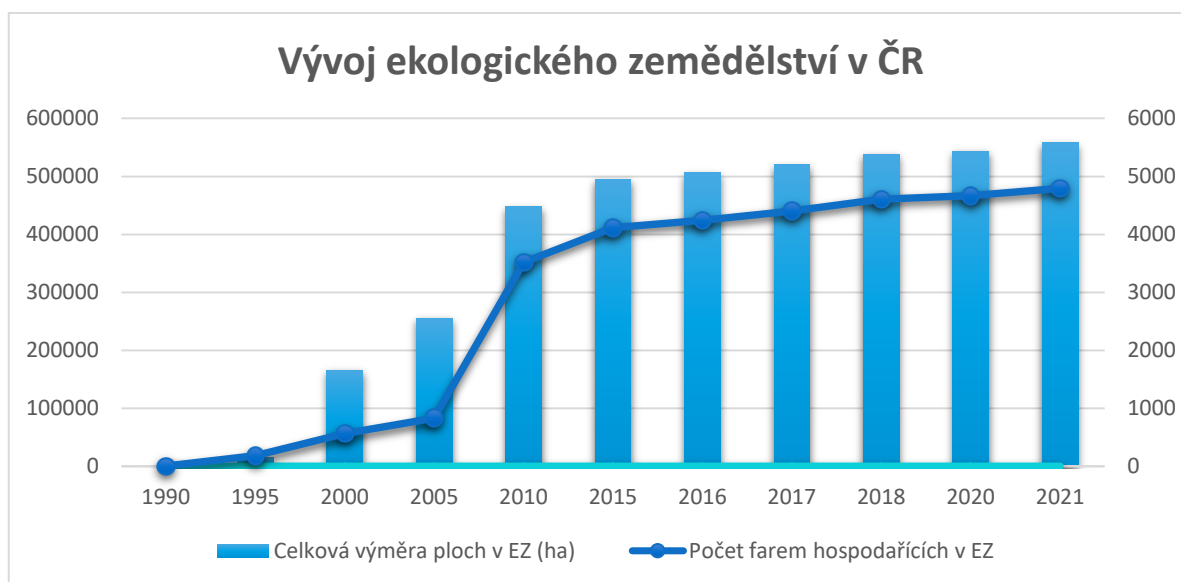
Po druhé světové válce přichází další významnější způsob, který se nazýval organicko – biologický. Ten se zaměřoval např. na vliv společenstev půdních mikroorganismů na zdravotní stav rostlin, teorie colibakterií a laktoabektií a koloběh mezi rostlinou, potravou zvířat, jejich výkaly a půdou. Samotná metoda organicko – biologického zemědělství vychází z podstaty, že kvalitní suroviny pochází jen ze zdravé půdy, jejíž fungování je dokonalé a není třeba do něho zasahovat. Německý lékař H. P. Rusch následně vyvinul požadavky, díky kterým péče o půdu byla podstatně kvalitnější. Zásady se týkaly hlavně zákazu používání minerálních hnojiv a pesticidů a podpořilo se kompostování. Omezilo se také obracení půdy a zapravování organických hnojiv. Tento základ rozvinul švýcarský biolog Dr. Müller, který doporučoval používání zeleného hnojení, rozšíření spektra plodin v osevním postupu a udržení zeleného porostu na půdě co nejdéle. Tak vyšel jeden z konečných konceptů, který se podobá současnému ekologickému zemědělství. (Šarapatka & Urban 2006)

V druhé polovině 20. století byla vytvořena hlavními průkopníky pro Evropu mezinárodní federace International Federation of Organic Agriculture Movements. Organizace sídlila v Německu a díky ní byla vytvořena první zákonná norma o ekologickém zemědělství a označování zemědělských produktů a potravin, a to podle Nařízení Rady EHS č. 2092/91 v roce 1991. Tato norma určovala hlavní mechanismy kontroly, označování, certifikaci a také produkční postupy. Postupem času Evropská Unie započala velké množství programů, díky kterým se tento způsob zemědělství rozšířil. Jedná se zejména o Program rozvoje venkova, který dodává dotace zemědělcům a podporuje výzkum, vzdělávání a poradenství. (Šarapatka & Urban 2006)

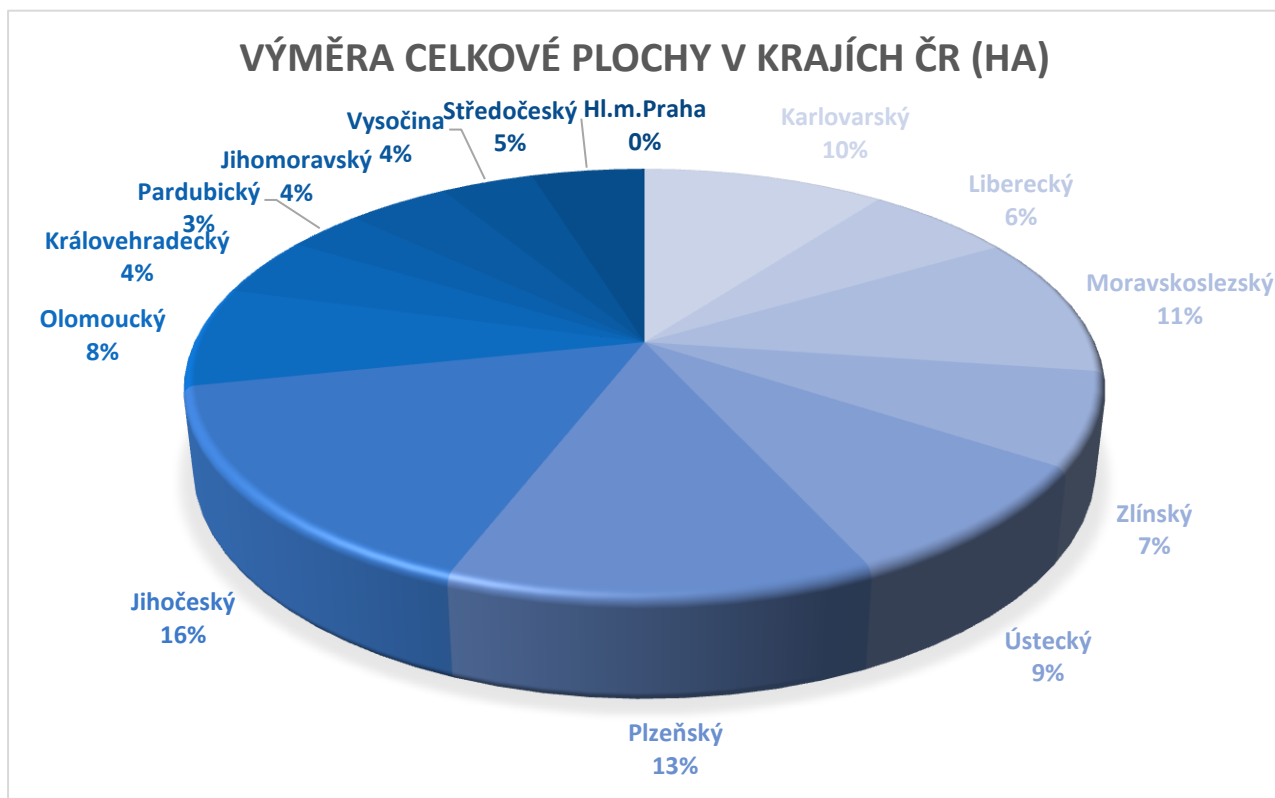
3.2.1.2 Rozvoj ekologického zemědělství v České republice

První zmínky přichází už okolo roku 1985. V té době se ale tento způsob nesetkal s pochopením a úspěch získával spíše individuálně. Nejprve vznikaly aktivistické skupiny, které se věnovaly veganství a BIO potravinám. Zdravější typ potravin ale v této době i vzhledem k režimu nebyl v naší zemi k dispozici. Proto vznikaly postupy, které ukazovaly domácí výrobu a díky tomu se začalo objevovat eko zemědělství. Vzhledem ke zvyšující se poptávce už okolo roku 1989 vznikaly první farmy, které se věnovaly tomuto alternativnímu způsobu. Po roce 1990 díky změně politického režimu dostalo ekologické zemědělství nový směr. Byly přijaty podmínky a směrnice již zmíněné federace IFOAM a díky tomu i přicházely k českým zemědělcům první dotace. V roce 2006 se celková výměra pro eko farmy začala aktivněji zvyšovat. Začala se rozšiřovat hlavně v horských oblastech, na trvalých travních porostech pro skot. I přes počáteční potíže, které se týkaly hlavně administrativních problémů a vysoké náročnosti na splnění podmínek se postupně výměra zvyšovala. (Šarapatka & Urban 2006)

Podle dat Ministerstva zemědělství ČR v roce 2021 zabíralo ekologické zemědělství celkovou plochu 558 124 ha, to představuje zhruba 15,71% z celkové výměry orné půdy v ČR.



Obrázek 1 znázorňuje vývoj ekologických farem, co se týče počtu a celkové výměry jejich plochy. (Ministerstvo zemědělství, ročenka 2021 Ekologické zemědělství v České republice)



V současné době se stále největší plochy rozléhají v pohraničních hornatých oblastech. Zejména v okresech Ústeckého kraje, Karlovarského, Plzeňského Jihočeského a Moravskoslezského (Obrázek 2). (Ministerstvo zemědělství, ročenka 2021 Ekologické zemědělství v České republice)

Jaký má vliv činnost v ekologickém zemědělství na vybrané vlastnosti půdy v porovnání s konvenčním zemědělstvím se věnovaly studie v článku „The effect of 12-year ecological farming on the soil hydraulic properties and repellency index“. Zde se porovnávala půda, která se původně dlouhodobě obdělávala konvenčním způsobem a před dvanácti lety byla převedena na ekologický zemědělský systém s bezorební praxí s půdou obdělávanou konvenčně. Vlastnosti ukázaly, že ekologické zemědělství má pozitivní vliv na fyzikální kvalitu půdy, což prezentoval sklon křivky zadržení vody v půdě v bodě inflexe 0,047 oproti tomu křivka v konvenčním zpracování byla v bodě 0,033. Na poli s ekologickým způsobem využití byla vyšší retenční schopnost půdy, kterou prezentoval nasycený obsah vody v půdě 0,32 a 0,40 cm³ cm⁻³ a reciproční hodnota tlaku vzduchu v půdě 0,0227 a 0,0187 cm pro konvenční a ekologický systém. Hydraulická vodivost při tlaku -2 cm byla vyšší v ekologickém systému (0,97 cm za hodinu) než na poli s konvenčním zpracováním (0,17 cm za hodinu). V ekologickém zemědělství se ale zvýšila odpudivost vody. (Fér et al. 2020)

Porovnání ukazuje, že ekologický bezorebný systém zlepšuje kvalitu půdy, což bylo cílem při vývoji tohoto systému. Potvrzuje i to, že tento způsob můžeme považovat za udržitelnější a výhodnější, a to i v případě, že bychom pozemek s konvenčním způsobem přeměnili na bezorebný a ekologický.

3.2.2 Bezorebný systém

Bezorebný systém se zaměřuje na minimální mechanické zpracování půdy, kdy se pole setká se strojem pouze při setí na základě ukládání semen přímo do zpracované půdy pomocí otevření úzkého pásu nebo štěrbin. Při tomto způsobu zpracování dochází tedy k velmi mírnému narušení půdy, dále minimalizuje erozi vody v půdě a také snižuje ekonomické nároky. V některých případech může být bezorebný systém doplňován chemickým ošetřením. (Gattinger et al. 2011; Lal et al. 2007) Podle Phillipse (1980) můžeme bezorebným systémem dosáhnout i stejně vysokých výnosů jako při tradičních postupech a také snížit znečištění přírody, protože látky z pole se pomocí eroze dostávají do okolního prostředí, čemuž by bezorebný způsob mohl zabránit. (Phillips et al. 1980)

3.2.3 Konvenční způsob hospodaření

Jedná se o způsob hospodaření, ve kterém se využívá velké množství mechanizace při samotném zpracování. Často se pěstují hlavně monokultury, které jsou ošetřovány hnojivy a pesticidy. Snaží se o maximální produktivitu a vysoký zisk. (Pulkrábek & Šnobl 2002) V mechanizaci se jedná hlavně o orbu. V následujícím textu se chci zaměřit na to, jak orba ovlivňuje vlastnosti půdy a zda v porovnání s úpravou bez orby kondici půdy zlepšuje, či zhoršuje. Následně popíšu další postupy při mechanizaci a chemické postupy, které jsou součástí konvenčního hospodaření.

3.2.3.1 Mechanizace

3.2.3.1.1 Orba

Cílem orby je půdu prokypřit, díky čemuž zvyšujeme její provzdušnění a zlepšujeme tak její aerobní mikroflóru, která je důležitá pro mineralizaci organické hmoty a rozklad reziduí po pesticidech. Orbu můžeme rozdělit podle období, ve kterém ji provádíme. Tedy na letní, podzimní, zimní a jarní. Letní orba je mělká a je důležitá pro přípravu půdy pro strniskové meziplodiny. Podzimní orba je nejdůležitější a provádí se hlavně kvůli zásobě vláhy v půdě na zimu. Vytváří se hluboká (25-30 cm,

ve výjimečných případech nad 30 cm) hřebenitá ornice, která usnadňuje vsakování vody ze srážek. Zimní orba funguje na stejném způsobu, jako podzimní a aplikuje se pouze pokud podzimní orba nebyla možná. To ovlivňují klimatické podmínky. Jarní orba je velmi mělká (do 18 cm) a příliš se nedoporučuje, a to hlavně z toho důvodu, že při ní půda ztrácí zimní vláhu. (Pulkrábek & Šnobl 2002)

Jaké jsou rozdíly mezi systémem s konvenčním zpracováním a bezorebným způsobem se věnují vědci napříč celým světem. Na poli v Bernburgu v Německu je dlouhodobě zkoumáno, jaké mají účinky zemědělských postupů vliv na strukturu půdy a ekosystémové vlastnosti, jako je například hydraulická vodivost a výnosy plodin. Informace se získávají rentgenovou mikrotomografií s objemovými vlastnostmi, jako je kapacita vzduchu, nasycená hydraulická vodivost a kapacita vzduchu a integrační ekologické vlastnosti, kde se jedná o výnos plodin a populaci žížal. Na výnos plodin orba neměla konzistentní účinek. Výrazné rozdíly mezi orebními technikami byly zaznamenány v počtu žížal, kdy v počtu na m² v poli s konvenční orbou je jejich množství nižší než polovina v poli s redukovanou orbou. V předchozích letech 2010 až 2014 pro plodiny, jako je řepka olejka a ozimá pšenice po řepce na stejném dlouhodobém pokusu ukazují konzistentně nižší počet žížal v polích s orbou konvenční. (Schlüter et al. 2018)

V polích, kde se aplikovala redukovaná orba, má tato orba pod hloubkou 13-23 cm nižší objemovou hustotu, vyšší nasycenou hydraulickou vodivost, vyšší kapacitu vzduchu a vyšší propustnost pórů a makroporozitu. Nasycená hydraulická vodivost se po 25 letech redukované orby v 28-38 cm jen mírně zotavila. Propojením makropórů a hustoty se při porovnání se současným orebním patem výrazně nezměnila. Porozita a propojení pórů ve vrchní vrstvě půdy byly menší, než v hlubších vrstvách. (Schlüter et al. 2018)

V subhumidní jihovýchodní části USA na písčité hlíně probíhal dlouhodobý výzkum účinku dvou druhů krycí plodiny (ovsu setého a ozimé pšenice) a bez krycí plodiny, která byla aplikována na konvenční orbu a bez orby na hydrofyzikální vlastnosti půdy a výnos bavlny. Rychlý rozklad původních nízkých zbytků bavlníku totiž omezuje výhody, které by přinášel systém bezorby a to hlavně z hlediska kvality půdy. Pokud by byly dlouhodobě přidávány krycí plodiny, mohl by být tento nedostatek snížen a byla by tak zlepšena fyzikální kvalita půdy. Výsledky ukázaly, že zahrnutí krycích plodin a bezorební zpracování přineslo zvýšení stability mokřích agregátů o 13 % v hloubce 0-15 cm, dále zlepšení počáteční rychlosti infiltrace, plnění

nasyčenou hydraulickou vodivost a kumulativní infiltraci. To potvrdilo zlepšení fyzikálních vlastností a tím zvýšení výnosu bavlníkového vlákna. (Nouri et al. 2019)

Pro pozitivní a dlouhodobé účinky na několik fyzikálních a hydraulických vlastností je často doporučován přechod z konvenční orby na setí bez orby. K potvrzení této teorie byl proveden pokus, ve kterém se posuzoval stav jílovitých půd na dvou farmách - Gravina a Candela, kde se pěstovala pšenice. Prokázalo se, že na obou zkoumaných území byly hydrodynamické vlastnosti ekvivalentní, a to i přes odlišnou dobu konverze. I přes sporadické rozdíly mezi strategiemi, u systému bez orby na farmě Gravina byly pozorovány významné rozdíly v počtu hydraulicky aktivních pórů, takže se skládala z mnoha relativně menších, ale lépe propojených pórů. To znamená, že tato půda může být prezentována jako podobná v konvenční orbě co se týče hydrodynamických vlastností, ale s převahou vyššího počtu malých pórů. Neorání tedy nemá negativní vliv na hydraulické vlastnosti ani na fyzikální, ale na základě měřených indikátorů kapacity, jako je objem vzduchu, kapacita vody dostupná pro rostliny, nebo makroporozita bylo zjištěno, že v bezorebním systému se vyskytoval vždy vhodnější poměr vody a vzduchu v půdě. (Castellini et al. 2019)

Test, který potvrzuje, že bezorebný systém lze zařadit mezi udržitelné způsoby obdělávání půdy byl proveden v jihovýchodní Brazílii na poli cukrové třtiny. Zde se hodnotily účinky vápnění a systému obdělávání na hydrofyzikální vlastnosti půdy. Porovnával se systém bez orby s 0 a 4 Mg ha⁻¹ vápna a systém s konvenční orbou s 0 a 4 Mg ha⁻¹ vápna. Nejvyšší hustota se naměřila v bezorebném systému se 0 Mg ha⁻¹ vápna a v systému s konvenční orbou a 4 Mg ha⁻¹ což znamená, že mohou vyžadovat zlepšení půdy. Výsledným doporučením pro nejvhodnější udržitelné zemědělství byl systém bez orby se 4 mg ha⁻¹ vápna. Kombinuje totiž výhody korekce půdní plodnosti díky vápnění a hydrofyzikální vlastnosti a strukturu půdy pomocí systému bez orby. Zároveň tento způsob ukazoval na střední hodnoty nasycené hydraulické vodivosti, celkové porozity, hustoty půdy, makroporozity a mikroporozity a odolnosti půdy vůči penetraci, která přináší lepší prostředí pro hydrofyzikální funkci půdy. Tyto výsledky byly porovnávány s oblastí k přilehlému lesu, byly nalezeny nejnižší hodnoty hustoty a nejvyšší celkové pórovitosti, nasycené hydraulické vodivosti a makropórovitosti. (Martíni et al. 2021)

Jedním z nejintenzivněji obdělávaných regionů v Kanadě je dolní údolí Fraser. Proto zde byla provedena vyhodnocení ohledně zdraví půdy po 21 letech nepřetržitého pěstování silážní kukuřice na pozemcích bez orby a s konvenční orbou. Mokrý

stabilita agregátů, dostupná kapacita vody, výtažný kyslík a hořčík a aktivní uhlí byli výrazně vyšší u bezorebného systému než v konvenční orbě. Dokázalo se, že dlouhodobá orba měla negativní vliv na mokrou stabilitu agregátů a dostupnou kapacitu vody. Pokud by bylo přijato bezorebné pěstování, mohlo by dojít ke zlepšení odolnosti vůči erozi a využití vody. (Thomas et al. 2019)

Dynamiku sekvestrace a stabilizace půdního uhlíku ovlivňuje interakce mezi humusovými látkami a půdními agregáty. Studie se věnovaly výzkumu vlivu způsobu zpracování půdy na strukturální charakteristiky huminových kyselin ve vodou stálých půdách v hloubkách 0-20 cm a 20-40 cm a složení půdního humusu. Do způsobů obdělávání patřila konvenční orba s návratem kukuřičné slámy, konvenční orba bez návratu kukuřičné slámy a systém bez orby. Vyšší množství humusu je obsaženo v makroagregátech a v jílovité frakci půdy. Pro příznivější zvýšení obsahu humusu v hloubce 0-20 cm a zvýšení makroagregátů je vyhovující systém bez orby s navrácenými kukuřičnými stébly. Tento způsob také pozitivně ovlivňuje tvorbu stabilních huminových kyselin, které obsahují vyšší podíl alifatického a hydrofobického uhlíku. Konvenční orba s odstraněnými zbytky naopak snižuje obsah makroagregátů i humusu. Při konvenční orbě s ponecháním kukuřičných stébel se zlepšil obsah humusu, karboxylového, hydrofobického, alifatického a methoxyl uhlíku v hloubce 20-40 cm. Ve výsledku bylo shledáno, že nejpříznivější úpravou pro dlouhodobou stabilizaci a zvýšení obsahu humusu je systém bez orby. (Ndzelu et al. 2021)

3.2.3.1.2 Smykování

Smykování je první jarní úprava po orbě. Jejím cílem je hlavně urovnání povrchu, dále drobení povrchu hrud a zastavení prvotního klíčení plevelů. Důležité je načasování, kdy musí být oschlá aspoň 1/3 hřebenu brázd po orbě. Jinak hrozí tvorba půdního škraloupu, a tak zvýšení výparu vody z půdy. (Pulkrábek & Šnobl 2002)

3.2.3.1.3 Vlácení

Vlácení má podobné účinky jako smykování. Jemně kypří a urovnává povrch a rozrušuje hroudy. Mezi nejdůležitější účinky patří ničení vyklíčeného plevelu a

zapravování hnojiv a pesticidů. Vláčení můžeme provádět i během vegetace na prořidnutí hustého porostu, a to hlavně z důvodu, že by jinak mohlo hrozit napadení houbovými chorobami, poléhání obilí a následně nežádoucí snížené výnosy. (Pulkrábek & Šnobl 2002)

3.2.3.1.4 Hlubší kypření

Hlubší kypření aplikujeme např. před sázením brambor, cukrovky nebo předpěstované zeleniny, které je hluboké zhruba 8-20 cm nebo před výsevem kukuřice, kde je hluboké 10–15 cm. Cílem je hlubší provzdušnění a mechanické odplevelení. (Pulkrábek & Šnobl 2002)

3.2.3.1.5 Podmítka

Podmítka je úprava udusané půdy se strništními zbytky po letní sklizni a zkvalitňuje následnou orbu. Jedná se o mělké zpracování, které má ale mnoho pozitiv. Šetří půdní vláhu vznikem izolační vrstvy nakypřené půdy, která zastaví kapilární vzestup vody a sníží tím půdní výpar, urychluje mineralizaci organických látek, podporuje půdní samočištění, snižuje množství plevelů a tlumí vznik chorob a napadení škůdci. Aby tyto benefity byly maximální, je důležité načasování. Podmítka by měla proběhnout co nejdříve po sklizni, dále je důležitá hloubka 8-12 cm a kvalita, kterou ovlivňuje správné zvolení podmítače a následné ošetření samotné podmítky. (Pulkrábek & Šnobl 2002)

3.2.3.2 Chemické ošetření půdy

Chemické ošetření provádíme v podobě zapravování pesticidů a umělých hnojiv do půdy. Touto formou se snažíme zbavit, nebo omezit množství plevelů. Plevel může být jakákoliv rostlina, která je nežádoucí pro pole, na kterém se pěstuje jiná rostlina. Tedy pokud budeme nejprve pěstovat ječmen jarní jako hlavní plodinu a poté na stejné pole zasejeme řepku olejku, ale po předešlé sklizni zde zůstanou zbytky předešlé plodiny, tedy ječmene, stává se tato plodina plevelem. Dále ale do této

skupiny patří rostliny, kterým vyhovují stejné podmínky, jako plodině pěstované. Rozlišujeme jednoleté, mezi které patří např. drchnička rolní, bažanka roční, bér, lebeda lesklá, laskavec ohnutý, ježatka kuří noha nebo různé druhy pryšců a rdesna a dvouleté až vytrvalé plevely, do kterých řadíme různé druhy mochny, pýr plazivý, pryskyřník plazivý, mléč rolní nebo pcháč oset. Dále chemických prostředků využíváme pro doplnění některých látek, které půda potřebuje pro živiny. Nejčastěji je třeba fosforu a dusíku. (Škoda 1998)

3.2.3.2.1 Pesticidy

„Pod pojmem pesticidy označujeme všechny látky nebo jejich směsi používané proti škodlivým živočichům, rostlinám a parazitickým houbám, které poškozují kulturní rostliny, zásoby zemědělských produktů, potraviny, průmyslové materiály, nebo snižují užitkovost hospodářských zvířat, popř. ohrožují zdraví samotného člověka.“ (Citace modul 1: ochrana životního prostředí, M. Herčík et al. 2010, strana 66-67)

Jsou tvořeny ze složitých organických sloučenin, jako jsou organické kyseliny, organofosfáty a chlorované uhlovodíky. (Modul 1: ochrana životního prostředí, M. Herčík et al. 2010)

Pesticidy, které využíváme se jmenují herbicidy. V zemědělství jsou důležité hlavně pro zvýšení výnosů, protože díky omezení růstu plevelů, má pěstovaná plodina větší šance na kvalitní růst. Dále mají některé rostliny jako je např. stonek lnu lepší kvalitu. A také použití umožňuje velkovýrobní způsob hospodaření bez nutnosti ruční práce. Rozlišujeme dvě základní skupiny herbicidů, a to selektivní a neselektivní. (Škoda 1998)

3.2.3.2.2 Selektivní herbicidy

Selektivní neboli výběrové herbicidy působí na konkrétní nežádoucí rostlinu. Můžeme je aplikovat přímo do půdy před setím a poté zavláčet. Nebo ihned po setí, herbicid tak vytvoří tenkou vrstvu na povrchu a plevel, který vzejde je tak spálen.

Aplikovat herbicid je možné i po setí na vzešlý plevel, to je výhodné z hlediska druhového spektra, protože díky tomu je možné zvolit nejvhodnější herbicid a omezit tak zbytečné zapravení látky, která by nebyla potřeba. Herbicid většinou aplikujeme plošně příslušným zařízením. Existují však i další způsoby aplikace jako je řádkování, dělená aplikace, podlistová nebo ohnisková. Do selektivních herbicidů řadíme herbicidy kontaktní. Ty mají za úkol zničit nebo alespoň poškodit určitou část vzešlé rostliny, která byla zasažena. (Škoda 1998)

3.2.3.2.3 Neselektivní herbicidy

Tento druh herbicidů dokáže zahubit prakticky veškerou vegetaci, na kterou je aplikován. Využívá se proto hlavně na hřištích, polních cestách nebo chodnících. Má trvalejší účinek, což je pozitivum pro uživatele, ale naprosto destruktivní pro půdu. Herbicidy tohoto typu mají dlouhodobé reziduální účinky a látky se dostávají i do hlubších vrstev v půdě. (Škoda 1998)

3.2.3.2.4 Negativa vztahující se k využívání herbicidů

Vzhledem k vysoké účinnosti jsou herbicidy upřednostňovány před mechanickými, nebo ostatními způsoby ošetření půdy. Nejenom, že jejich častá aplikace ovlivňuje složení půdy, ale také zvyšuje obsah některých látek v plodinách, které negativně ovlivňují zdraví lidské i živočišné populace. Proto je velmi důležitá nejen doba a množství aplikace, ale také četnost jeho využívání. (Škoda 1998)

Problém také způsobují rezidua herbicidů. To jsou zbytky herbicidních látek v půdě a na rostlinách, které mohou mít velmi negativní dopad na rostliny (narušení fotosyntézy) a živočichy (poškození nervového systému, ledvin, jater atd.). Využívá se i reziduálních herbicidů, které vzhledem k jejich perzistenci v půdě mohou celoročně působit. Problémem je, že mohou poškodit citlivé osevní plodiny a tím zvýšit riziko přenosu herbicidů do povrchových a podpovrchových vod. Výška rizika je ovlivněna zejména složením herbicidů, vnitřními a vnějšími vlastnostmi půdy a meteorologickými podmínkami. Mezi další ovlivňující faktory patří např. způsob a rychlost aplikace, druh rostliny a historie používání

herbicidů. Obecně platí, že koncentraci snižuje degradace a transport v půdě. (HELLING et al. 2005)

4 Vybrané vlastnosti půdy

4.1. Pórovitost

Pórovitost je veličina, která ukazuje poměr objemu pórů z celkového objemu zeminy. Udává se v procentech. Čím je půda kypřejší, tím vyšší jsou procenta, hodnota se snižuje podle toho, jak je půda udusanější. V půdě rozdělujeme póry kapilární, které jsou ovlivňovány kapilární silou, díky které dokážou udržet vodu a vyskytují se nejčastěji v půdních agregátech a jemnozrnných půdách a nekapilární póry, které jsou průměrem větší, a proto nejsou schopny udržet vodu a jejich pohyb je závislý na gravitační síle. (Pavlů 2019)

4.2 Půdní agregace

Půdní agregáty jsou půdní částice, které se pomocí fyzikálních a chemických sil shlukly do jednotlivých útvarů. Díky této schopnosti tvoří půdní strukturu. Mají různý tvar, velikost a také různou odolnost vůči vnějším vlivům. Agregáty v závislosti na svém tvaru dělíme na čtyři základní typy. Kupovité, polyedrické, prismatické (nebo sloupkovité) a deskovité. Podle způsobu uspořádání na volné a kulovité, těsné polyedrické, deskovité, volné polyedrické, těsné prismatické a slité. Uspořádání ovlivňuje zejména průtok vody a půdní vzduch. Tvar agregátu určuje zrnitostní složení, porézní prostředí a celkový objem pórů. (Pavlů 2019)

Velikost půdních agregátů má vliv na rozložení kvality organického uhlíku a na vodoodpudivost. Vysoké rozdíly se dají sledovat mezi půdními horizonty. Např. v horních horizontech bylo zjištěno, že vyšší obsah organického uhlíku se nacházel v menších agregátech, a to jak v travnatých porostech, tak i v konvenčním zpracování půdy, zatímco v nižších horizontech nebyl sledován vliv velikosti agregátů. (Urbanek et al. 2007)

Pro dostatečné fungování půdy je také důležitá formace a stabilizace půdních agregátů. Tuto vlastnost značně ovlivňuje využití půdy. V kalciových půdách využívaných pro

konvenční hospodaření ve středomořské oblasti bylo zjištěno, že stabilita agregátů je velmi nízká v porovnání s lesními pozemky. Pohybovala se okolo 46 % a 82 % v lesních pozemcích, přičemž nejnižší hodnoty byly zjištěny v nasákavých písčitých půdách. Proti tomu na zemědělských pozemcích byla půdní agregace okolo 14 % až 45 %. (Chrenková et al. 2014)

Vlastnosti půdních agregátů ovlivňují také erozi půdy. Regionální studie v oblastech Hays a Tribune, Akron v Coloradu a Sidney v Nebrasce posuzovaly změny odolnosti agregátů vůči mokrosti suchých agregátů, dešťovým kapičkám, stabilitě suchých agregátů a vztah ke změnám obsahu organického uhlíku v půdě. Pro sledování bylo využito čtyř dlouhodobých zemědělských postupů. Jednalo se o zpracování pluhem, konvenční orbu, redukovanou orbu a systém bez orby. Kinetická energie dešťových kapek potřebná k rozpadu agregátů o velikosti 4,75 až 8 mm z půd bez orby ustálených na matricovém potencionálu -0,03 a -155 MPa byla mezi dva až sedmkrát větší, než u půd se zpracováním pluhem a konvenční orbou v hloubce 0 až 2 cm ve všech půdách. Ve stejných hloubkách u půd bez orby v Akronu a Hays byl čas pronikání vody do agregátů čtyřikrát větší a v Sidney a Tribune sedmkrát větší než u oraných půd. Stabilnější na déšť a méně mokré byly agregáty z půd bez orby, než s orbou. Tento rozdíl se nejlépe pozoroval v povrchové vrstvě 0 až 5 cm. Redukovaná orba měla menší přínosy než půdy bez orby. Obsah organického uhlíku se v porovnání se zpracováním pluhem a v konvenční orbě zvyšoval v půdách bez orby. Zvýšení obsahu organického uhlíku z části ovlivňuje vyšší vodoodpudivost agregátů, odolnost a stabilitu proti dešťovým kapkám. V půdách bez orby se nacházely tedy agregáty, které byly stabilnější při vyšší vlhkosti a při suchu byly méně nebo stejně stabilnější než agregáty nacházející se v orbě. Vzhledem k častému narušování půdy vlivem orby se vytvářely slabé agregáty, které měly významně nižší odolnost vůči dešťovým kapkám a následně probíhala i rychlejší oxidace organické hmoty v půdě. Redukovaná orba měla menší příznivé účinky na zlepšení vlastností půdních agregátů než bezorebný systém, který v tomto pokusu nezlepšoval vlastnosti agregátů ovlivňující erozi větrem, ale celkově obsahoval pozitivní účinky na odolnost proti mokru a dešťovým kapkám, a tak snižoval eroze vody. (Blanco-canqui et al. 2009)

4.3 Infiltrace

Jinými slovy vsakování vody např. ze srážek nebo závlahy, je neustálé proudění v nenasyčeném prostředí. Množství infiltrované vody je závislé hlavně na počáteční vlhkosti, vlastnostech půdy, a to zejména na hydraulické vodivosti a také na intenzitě a délce trvání srážek. Nejpriznivější je pro půdu, když je na počátku srážek nakypřená, vlhká a neobsahuje vrstvy, které by mohly proudění narušit. Dále by srážky měly být spíše slabší. Při přívalových deštích půda kvůli silné intenzitě není schopna vodu vsakovat a může docházet k erozi. (Pavlu 2019)

4.4 Hydraulická vodivost

Jedná se o vlastnost půdy, která popisuje, jak se voda dostává skrz pórovitý prostor. Ovlivňuje značně hydrologické procesy v půdě. (Soracco et al. 2019)

V hlinitých, jílovitých a písčítých půdách v oblasti argentinské pampy, bylo sledováno, jaký má vliv konvenční způsob orby a bezorebný systém na hodnoty hydraulické vodivosti a pórovitou síť. Součástí bylo i zhodnocení efektivnosti měření pomocí laboratorního napěťového mini-infiltrometru a napěťového disku infiltrometru v terénu. Závěrem bylo, že bezorebný systém snižuje hydraulickou vodivost půdy a zejména u jemně texturovaných půd ovlivňuje pórovitou konektivitu. Konvenční orba poukazovala na celkově vyšší pórovitou konektivitu, a to ve všech sledovaných půdách. Obě zmíněné metody pro měření nenaznačovaly rozdíly, které by mohly vzniknout při volbě způsobu. (Soracco et al. 2019)

Výzkum na pararule v haplických kambisolech pod konvenční orbou a trvalým travním porostem sledoval, jaký má vliv obdělávání na strukturu půdy a hydraulické vlastnosti. Vzorke byly odebrány ve všech diagnostických horizontech (A, BW a C). Ukázalo se, že na ornici ve všech horizontech byla naměřena nenasyčená a nasycená hydraulická vodivost nižší než v trvalém travním porostu. To je prisuzováno destrukci částic v důsledku pravidelné orby a tím pravděpodobně intenzivnějším procesům zvětrávání. Půda s trávou pod horizonty A a Bw obsahovala větší podíl velkých kapilárních pórů, což naznačoval tvar křivky retence vody. V trvalém travním porostu byl také zvýšený obsah organické hmoty a lepší agregace půdy. Křivky zadržení vody u obou půdních profilů byly v C horizontech relativně podobné. Ve výsledku ale získané hodnoty obsahovaly vyšší hydraulické vodivosti

půdy na trávníku než v orné půdě. (Fér et al. 2016)

Na povrchových vrstvách naplavenin v povodí potoka Paríž, který leží v jihozápadní části Slovenska, se zkoumal vliv různých typů vegetace na vybrané vlastnosti půdy. Konkrétně probíhala analýza vlivu nasycené hydraulické vodivosti, která působila jako ukazatel transportního procesu vody a vlivu objemové hmotnosti půdy, jako ukazatele struktury. Zároveň vzhledem k vzájemnému vlivu kořenů a rostlin na vlastnosti půdy byla odhadnuta biomasa kořenů a její vztah k vlastnostem půdy. Mezi studované typy vegetace se zahrnují rákosiny, aluviální mokřady, vysoko stéblové ostřicové louky a pro srovnání orná půda s kukuřicí přeměněná z trvalého travního porostu. Měření ukázala na výrazně vyšší hodnoty nasycené hydraulické vodivosti v povrchových vrstvách mokřadů než v povrchu pokrytém polními plodinami. Vyšší hodnoty saturické hydraulické vodivosti vykazovala i povrchová vrstva travnatých porostů. V porovnání těchto pozemků s polními ale nebyly nalezeny příliš velké rozdíly. To může být kvůli tomu, že v polních pozemcích po transformaci z trvalého travního porostu doznívá pozitivní půdní struktura. Tento fakt by mohl zároveň vysvětlovat, proč nebyl výrazný rozdíl v průměrné vlhkosti půdy mezi ornou plochou a vlhkými loukami. V půdách zpracovávaných orbou byla také identifikována signifikantní korelace mezi biomasou kořenů a nasycenou hydraulickou vodivostí. To dokazuje, že hydraulická vodivost je z velké části funkcí biomasy jemných kořenů. Vzorky v rákosinách signifikantní vztah mezi biomasou a hydraulickou vodivostí a mezi objemovou hmotností půdy a hydraulickou vodivostí nevykazovaly. Závěry této studie naznačují, že mokřady mají specifický význam pro procesy vodního transportu v aluviálních ornících. (Halabuk 2006)

V důsledku periodické orby, růstu rostlin a kořenů, hnojení, vlivu klimatu atd. se v průběhu roku hydraulické vlastnosti ornice a struktura půdy značně liší. Tyto vlastnosti nejen že ovlivňují vodní režim půdy, ale také transport rozpuštěných látek. V letech 2007–2010 byla sledována dočasná variabilita vlastností půdy na třech typech půdy (haplická kambizem, šedozem, haplická luvizem). Každý měsíc se odebral nedotčený vzorek, na kterém se sledoval obsah vody, pórovitost, hydraulické vlastnosti a objemové vlastnosti. Dále byla sledovaná stabilita půdních agregátů, pH_{KCl} a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ a kvalita a obsah organické hmoty. Zajímavé výsledky byly pozorovány mezi haplickou kambizemí a šedozemí. I přes rozdílné typy půd a druh pěstované plodiny se pozorovaly velmi podobné hodnoty. Rozdíly se pozorovaly mezi haplickou luvizemí a šedozemí, což pravděpodobně zavinila vysoká náchylnost haplické luvizemě k degradaci půdy. Velmi proměnlivé byly parametry hydraulických vlastností a pro různé typy půd se neukazovaly podobné trendy (kromě sytého

obsahu vody a sklonu retence v bodě inflexe u haplické kambizemě a šedozemě). Půdní struktura, hydraulické vlastnosti a stabilita agregátů závisely na růstu rostlin, zhutnění, orbě a srážkách. V suchých podmínkách některých půd se stabilita půdních agregátů, sklon a retence v bodě inflexe a hydraulická vodivost projevovala pozitivně. Pravděpodobně, kvůli vysoké variabilitě hydraulických vlastností půd, se nenalezla bližší korelace mezi nimi a jinými vlastnostmi. I přesto, že se sklon retence v bodě inflexe, který indikuje fyzikální kvalitu půdy, jako je stabilita půdních agregátů, nebyla nalezena bližší korelace při analýze celého období. Velmi důležitý vliv na vývoj měly srážky, růst rostlin a také orba. (Jirků et al. 2013)

4.5 Vodoodpudivost

Vodoodpudivost půdy ukazuje na hydrofobní potahy na povrchu částic, které snižují smáčivost půdy. Bylo dokázáno, že nízká dostupnost živin a vlhčí klima mění strukturu rostlinných komunit a zvyšuje tak vodoodpudivost půdy. (Seaton et al. 2019)

Největší rozdíly mohou být viditelné na půdách, které byly rozlišně obdělávány a které měly různou velikost agregátů. Například na půdách pod kukuřičnou vegetací byly nalezeny vysoké hodnoty vodoodpudivosti, naproti tomu, na trvalém travním porostu byly hodnoty nižší. (Urbanek et al. 2007)

4.6 Emise CO₂

Hlavním zdrojem emisí CO₂ je anorganický uhlíkový zásobník v půdě s půdními dýchacími emisemi CO₂, což obsahuje více než 48 % rozlohy Země. Anorganický uhlík se nejčastěji nachází v polosuchých a suchých oblastech. Velké množství studií odhaduje, že toto dýchání půdy je po emisích ze spalování fosilních paliv druhý nejvyšší původce. Dále většina studií naznačuje, že CO₂ se uvolňuje hlavně z mikrobiálního dýchání. Tento proces probíhá tak, že organická hmota, která se nachází v půdě, se díky mikrobiálnímu působení přemění na CO₂. Takto vzniklý plyn se může následovně rozpouštět v půdní vodě a vytvářet tak kyselinu uhličitou. Tato kyselina reaguje s půdními uhličitany a následkem je tvorba hydrogenuhličitanů a opětovného uvolnění CO₂ z půdy. (Mehra et al. 2019)

Stejná studie se zabývala tím, jak ovlivňují karbonáty dostupné v půdě dynamiku uhlíku. Inkubační experiment byl proveden na konvenční orbě a v polním porostu s a bez

mulčování bez orby v různých teplotních režimech. Z obou zmíněných zpracování půdy byl odebrán vzorek a následně do něj po dobu 90 dnů byly přidány kalcitové minerály a sledovaly se morfologické změny. Skenovací elektronový mikroskop ukázal, že inkubované půdní vzorky s vápencem zaznamenaly o 6,3 % vyšší evoluci CO₂, než, podmínky nezmulčované. Větší morfologické změny se nacházely v konvenční orbě. V systému s konvenční orbou emise CO₂ vykazovaly vyšší hodnoty v kontrolním ošetření při zvyšování teploty z 22 °C na 37 °C. Dále výsledky pro mikrobiální biomasy uhlíku potvrdily, že narušené podmínky půdy a vysoké teploty v systémech konvenční orby omezují dostupnost mikrobiální biomasy, to naznačuje zvýšenou rychlost rozkladu. (Mehra et al. 2019)

5 Metodická část - Seznámení s prostředím

5.1 Obec Hněvčeves

Obec se nachází severozápadně od Hradce Králové v královehradeckém kraji (obrázek 3) v nadmořské výšce 265 m. Její výměra je 268 ha a bydlí zde 171 obyvatel. Pole se nacházela blízko vlakové stanice obce. Označení na obrázku 4. (Hněvčeves oficiální stránky obce 2022)



Obrázek 3 lokace obce Hněvčeves



Obrázek 4 lokace polí

5.2 Půdní poměry sledovaných pozemků

Na sledovaném území se nachází modální hnědozem na spraši. (Kodešová et al. 2011)
V tabulce 1 vidíme informace k pozemku vedené v internetovém katalogu BPEJ

sklonitost	Rovina až úplná rovina
Obsah skeletu	10%
Třída ochrany dle Vyhlášky o stanovení tříd ochrany č. 48/2011 sb.	II. třída ochrany zemědělského půdního fondu
Základní cena podle Vyhlášky k provedení zákona o oceňování majetku (oceňovací vyhlášky) č. 441/2013 sb.	15.60 Kč za m ²
Bodová výnosnost	85 (velmi produkční půda)

(internetový zdroj [ekatalog BPEJ 2022](#))

5.3 Klimatické poměry

Území patří do teplého a mírně vlhkého klimatického regionu. Průměrná roční teplota je 8-9 °C. Průměrný úhrn srážek je 550-650 mm. (internetový zdroj ekatalog BPEJ 2022)

5.4 Zemědělské podmínky

Půda v Hněvčevsi patří do řepařské výrobní oblasti. Pěstuje se zde hlavně sladovnický ječmen, pšenice, kořenová zelenina a v menším množství chmel a rané brambory (Čerba 2003-2004).

5.5 Vlastnosti půdy v Hněvčevsi zjištěné během studií v roce 2011

Průzkum byl proveden na dvou půdních profilech. Na orné půdě, která byla obhospodařována konvenčním způsobem v pětiletém rotačním systému a na trvalém travním porostu. Půda s travním porostem byla v minulosti taky ornou půdou. To se ale zhruba před třiceti lety změnilo. Studie probíhaly ihned po sklizni pšenice. Vzorky byly odebírány náhodně na parcele o ploše 10 m². Podmínkou bylo vyhnout se místům, která byla udusaná např. od kol těžkých strojů. Před každým měřením bylo třeba očistit a dostatečně ošetřit vybranou plochu. (Kodešová et al. 2011) Podobné podmínky platily i během novějšího měření v roce 2022.

V obou půdních profilech bylo nalezeno pět půdních diagnostických horizontů. Půda obecně obsahovala velmi dobře vyvinutou půdní agregaci, její stabilita byla slabší v horizontu A. naopak vysokou stabilitu obsahovala v horizontu Bt1 a Bt2. V horizontech Bt2 a C byly vlastnosti relativně podobné, ale v horizontech A1, A2 a Bt1 se lišily. Půda pod trávou obsahovala dobře vyvinutý kapilární pórovitý systém, díky tomu byla retenční schopnost vody vyšší, než v orné půdě. V orné půdě se zjistil větší podíl gravitačních pórů a vyšší propojitelnost pórů, ale v důsledku transportu částic a rozkladu půdní struktury menší podíl velkých kapilárních a matrixových pórů. Dále bylo prokázáno, že transport vody a rozpouštění látek ovlivňují organické a jílové povlaky. (Kodešová et al. 2011)

Podle zjištěných parametrů můžeme usoudit, že hydraulická vodivost je v horizontech Bt2 a C velmi podobná. Za to v horizontech A1, A2 a B1 se hodnoty výrazně lišily.

Hydraulická vodivost pod půdou s konvenčním hospodařením byla vyšší, než pod travním porostem. Hodnoty K_s a rozdíly mezi K a K_s ukazují, že v horizontech A1 a Bt1 půdního profilu v konvenčním zemědělství byly podíly gravitačních pórů větší a proměnlivější, než v horizontech A1 + A2 a v trvalém travním porostu půdního profilu Bt1. Vliv srážkových dopadů a nižší stabilita půdních agregátů v A horizontech orné půdy vedli nejprve ke snadnému rozpadu půdních agregátů a následně ke vzniku půdní kůry na povrchu půdy. Když nastala suchá období, povrchové vrstvy půdy rozpraskaly a vytvořily tak gravitační cesty, které umožňovaly následný přenos vysokého množství vody a látek do hlubších vrstev. Pomocí infiltrace barvy bylo také dokázáno, že kořeny ozimého ječmene vytvořily zóny velkých pórů. Díky rovnoměrnému rozložení mělkých kořenů trávou byla struktura půdy dobře vyvinutá a nedocházelo zde tak k praskání. Proto se v A horizontech trvalého travního porostu vyskytovaly póry s menším průměrem s omezenou vertikální kontinuitou, které zadržovaly vodu, ale nezpůsobovaly vyšší infiltrační rychlosti za nasycených podmínek. (Kodešová et al. 2011)

Vzhledem k tomu, že nejvýraznější rozdíly byly sledovány pouze v A horizontech, měření v roce 2022 probíhalo právě v těchto horizontech.

Tato tabulka 2 ukazuje základní fyzikální a chemické vlastnosti z roku 2011 . (Kodešová et al. 2011)

půdní profil	horizont	hloubka (cm)	ρ_s ($g\,cm^{-3}$)	obsah jílu (%)	obsah prachu (%)	obsah písku (%)	C_{ox} (%)	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	CEC ($mmol^+(100g)^{-1}$)	salinita ($mScm^{-1}$)
orná půda	A1	0-25	2,56	18,24	66,52	15,24	1,05	6,61	26,75	26,75	18,40
	A2	25-34	2,61	21,49	39,61	38,90	0,66	6,52	28,25	28,25	11,80
	Bt1	34-57	2,59	29,43	61,40	9,17	0,48	7,09	22,75	22,75	9,90
	Bt2	57-93	2,60	23,03	63,53	13,44	0,28	7,11	29,00	29,00	10,70
	C	93-130	2,64	17,98	70,08	11,94	0,20	7,92	17,50	17,50	8,90
trvalý travní porost	A1	0-10	2,31	15,66	72,06	12,28	1,74	5,10	27,75	27,75	10,70
	A2	10-23	2,53	17,48	72,59	9,93	1,57	5,14	29,25	29,25	10,10
	Bt1	23-68	2,59	26,36	51,58	22,06	0,41	6,16	20,25	20,25	11,90
	Bt2	68-105	2,64	30,97	62,14	6,59	0,30	6,41	19,75	19,75	8,10
	C	105-130	2,63	21,27	74,07	4,66	0,14	7,77	29,50	29,50	9,60

6 Metodická část – postupy při zpracování hodnot

6.1 Měření nenasyčené hydraulické vodivosti

Toto měření probíhalo přímo v terénu pomocí infiltrimetrického mini disku - zařízení, které se skládá ze dvou komor nacházejících se v jedné trubici nad sebou. Vrchní komora ovládá tlakovou výšku, ve které je voda infiltrována. Spodní komora obsahuje tekutinu, která bude vsakována do půdy. Tato komora je kalibrovaná a označuje objem v ml. Nejspodnější část mini disku obsahuje porézní vrstvu ze spékané nerezové oceli. Vrstva je velmi důležitá, protože skrz ni při umístění začne prokapávat voda ze spodní komory do půdy. (METER Group 2018)

Před umístěním mini disku bylo třeba urovnat a očistit povrch půdy. Následně byla vytvořena vrstva 1 mm z totožné proseté půdy o velikosti menší, než 2 mm, aby byl dotyk mezi diskem a půdou dostatečně těsný. Po doplnění tekutin a upravení tlakové výšky na -2 cm, což se považuje za limit mezi kapilárními a gravitačními póry, byl infiltrometr vložen na připravenou plochu. Následně jsem v průběhu 30 minut zapisovala, kolik se infiltrovalo tekutiny za každých 30 sekund. (Kodešová et al. 2011)

Měření probíhalo mezi řádky pšenice a na každém poli se měřilo ve 3 místech po 25 opakování. Při měření bylo využito dvou tekutin, a to vody a ethanolu. Výsledná nenasyčená hydraulická vodivost $K(h_0)$, kde pro h_0 platí -2 cm) bylo vypočtena podle Zhanga (1997) a podle Woodinga (1968).

Kumulativní infiltrace I [L] v čase t [T] byla promíchána pomocí rovnice 1.

$$I = C_1 t + C_2 t^{1/2} \quad (1)$$

Kde C_1 [LT^{-1}] a C_2 [$LT^{-1/2}$] jsou parametry, které úzce souvisí s hydraulickou vodivostí $K(h_0)$ a sorptivitou $S(h_0)$

$$C_1(h_0) = A_1 K(h_0) \text{ a } C_2(h_0) = A_2 S(h_0) \quad (2)$$

Kde A_1 [LT^{-1}] a A_2 [$LT^{-1/2}$] jsou konstanty, které jsou bezrozměrné. Díky rovnici 2 byla zjištěna hodnota pro $K(h_0)$. Pro výraz A platily konstanty.

$$A_1 = \frac{11,65(n^{0,1}-1)\exp[2,92(n-1,9)\alpha h_0]}{(\alpha r_0)^{0,91}} \quad \text{kde pro } n \text{ platí } \geq 1,9 \quad (3)$$

$$A1 = \frac{11,65(n^{0,1}-1)\exp[7,5(n-1,9)\alpha h_0]}{(\alpha r_0)^{0,91}} \quad \text{kde pro } n \text{ platí } < 1,9 \quad (4)$$

Zde platí, že α a n jsou van Genuchtenovy parametry, r_0 je průměr disků a h_0 je aplikovaná již zmíněná tlaková výška. (Kodešová et al. 2011)

Stejně hodnoty byly zpracovány i podle Woodinga (1968). Ten navrhl následující rovnici 5, která je založena na ustálených neomezených rychlostech infiltrace do půdy z kruhového zdroje o poloměru r [L].

$$Q = \pi r_0^2 K (h_0) \left(1 + \frac{4}{\pi r_0 \alpha_G}\right) \quad (5)$$

Q je objem vody, která vstupuje do půdy za jednotku času [$L^3 T^{-1}$], r_0 je průměr disku (2,22 cm), h_0 je aplikovaná tlaková výška (-2 cm) a α_G [L^{-1}] je konstanta v Gardnerovi rovnici, která popisuje vztah mezi nenasyčenou hydraulickou vodivostí a tlakovou výškou.

$$K(h) = K_s \exp(\alpha_G h) \quad (6)$$

Kde hodnota α_G charakterizuje strukturu půdy Reynoldsem a Elrickem (1991). Ukazuje pro písek 0.36 cm^{-1} , pro hlínu 0.12 cm^{-1} a pro jíl 0.04 cm^{-1} . Ve výpočtu $K(h_0)$ byla použita hodnota pro hlínu. (Kodešová et al. 2011)

6.2 Vodoodpudivost

Následně se vyhodnotila sorptivita vody (S_w) a sorptivita etanolu (S_E) a vypočítal se index repelence (RI), který popisuje vodoodpudivost vody. Bylo využito následujících rovnic 7 a 8:

$$S_w (-2\text{cm}) = 1 / t^{1/2} \quad (7)$$

$$S_E (-2\text{cm}) = 1/t^{1/2} \quad (8)$$

Dřívější postupy navrhovaly výpočet v párovém uspořádání. Pekárová et al. (2015) navrhla novější postup, kdy se využijí kombinace všech sorptivit etanolu i všech sorptivit vod pro každou variantu, která byla změřena. Index repelence RI se vypočítal rovnicí 9. (Pekárová et. al. 2015)

$$RI = 1,95 S_E/S_W \quad (9)$$

Vyhodnocení pak probíhalo zařazením podle indexu do kategorie z tabulky 3. (Iovino et al. 2018)

Kategorie	Hodnota indexu repelence	Zařazení půdy
1	$RI < 1,95$	Smáčivé půdy
2	$1,95 \leq RI < 10$	Mírně vodoodpudivé půdy
3	$10 \leq RI < 50$	Středně vodoodpudivé půdy
4	$50 \leq RI < 110$	Silně vodoodpudivé půdy
5	$RI \leq 110$	Extrémně vodoodpudivé půdy

6.3 Měření kumulativního toku vody za podmínek povrchového rybníku

Pro tento způsob měření se využil Guelphův permeometr. Pomocí půdního šneka byla vykopána jamka o hloubce 5 cm a poloměru 3 cm. Následně pro konečné tvarování a odstranění mazací vrstvy na stranách jamky bylo využito kalibrovaného šneka a kartáče. Celkové měření trvalo 30 minut a v každém opakování jich bylo provedeno pět. (Kodešová et al. 2011)

Hydraulická vodivost K byla vypočtena následnou rovnicí 10:

$$K_S = \frac{CQ}{2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2\pi H/\alpha_G} \quad (10)$$

Kde Q je ustálený tok vody [L^3T^{-1}], H je hloubka jamky [L] (5cm) a je poloměr jamky [L] (3cm), α_G je konstanta, která charakterizuje půdní strukturu [L^{-1}] a C je bezrozměrná konstanta vypočtená pro $\alpha_G = 0,12$ cm podle rovnice 11 (Kodešová et al. 2011)

$$C = \left(\frac{\frac{H}{a}}{2.074 + 0.093 \left(\frac{H}{a} \right)} \right)^{0.754} \quad (11)$$

6.4 Zjištění fyzikální kvality půdy

Do Kopeckého válečku (o objemu 100 cm^3) byly odebrány neporušené půdní vzorky. V laboratoři byly následně nasyceny vodou do celkového nasycení a umístěny na polopropustnou keramickou membránou, která byla v přetlakovém hrnci a poté se vzorky drénovaly v devíti postupných tlakových krocích (-1, -40, -100, -300, -700, -2000, -5000, -8000, -15000 cm). Následně se z výsledků pomocí rovnice van Genuchtena s kombinací modelu Mualema vytvořila retenční čára v programu RETC. (van Genuchten et al. 1991)

$$\theta_e = \frac{\theta - \theta_R}{\theta_s - \theta_R} \quad (12)$$

$$\theta_e = \frac{1}{(1 + \alpha|h|^n)^m}, \text{ pro } h < 0 \quad \theta_e = 1, \text{ pro } h \geq 0 \quad (13)$$

$$K(h) = K_s \theta_e^1 [1 - (1 - \theta_e^{1/m})^m]^2 \quad (14)$$

Kde θ_e [$L^3 L^{-3}$] je efektivní vlhkost, reziduální vlhkost je θ_R [$L^3 L^{-3}$], θ_e [$L^3 L^{-3}$] je nasycená vlhkost, K_s je nasycená hydraulická vodivost a α [L^{-1}], n [-], m [-], a l [-] jsou parametry. Parametr l se nejčastěji rovná 0,5 a parametr m je funkcí parametru n ($m=1-l/n$) (Mualemy 1976).

Parametry inflexních bodů dále byly vypočteny z tvaru retenčních čar. Kde byla tlaková výška (h_{INF}), sklon retenční čáry (S_{INF}) a objemová vlhkost (θ_{INF}).

$$h_{INF} = 1/\alpha (1/m)^{1/n} \quad (15)$$

$$\theta_{INF} = (\theta_s - \theta_r) (1 + 1/m)^{-m} + \theta_r \quad (16)$$

$$S_{INF} = -n(\theta_s - \theta_r) (1 + 1/m)^{-(1+m)} \quad (17)$$

Inflexní bod je bod, kde se tvar retenční čáry změní v půdní vlhkosti z konkávní na konvexní. (Váchová 2021)

Podle inflexního bodu můžeme určit dle tabulky 4 fyzikální kvalitu půdy. (Váchová 2021)

Hodnota S_{INF}	Úroveň kvality půdy
Větší než 0,05	Velmi dobrá
0,05 – 0,035	dobrá
0,035 – 0,02	špatná
Menší než 0,02	Velmi špatná

6.5 Měření zrnitosti

Pro získání hodnot zrnitosti se využila aerometrická hustoměrná metoda podle A. Cassagrandeho. Tento způsob využívá toho, že s rostoucí délkou měření klesá hustota hydrosuspenze. Jinými slovy monitoruje postupné usazování půdních částic v čase.

Do porcelánové misky se navážila zemina a spolu s destilovanou vodou a dispergačním činidlem byla povařena. Následně se vzniklá tekutina rozetřela po dně misky a zakalený podíl se odlil přímo do odměrného válce o objemu 1000 ml. Minutu před začátkem měření se vzniklá suspenze promíchala skleněnou tyčinkou. V momentě, kdy se vyjmula tyčinka z válce, byl vložen zpět hustoměr a po 30 sekundách začalo první odečtení hodnoty. Až do konce procesu se v odměrném válci suspenzí nemíchalo, ale v časových intervalech se vkládal hustoměr. Pro nejlepší přesnost se doporučovalo měření provádět po dobu 24 hodin. Výsledné hodnoty se zanášely do nomogramu, kde vznikla zrnitostní křivka, která ukázala procentuální zastoupení jednotlivých frakcí.

Podle klasifikace Nováka (tabulka 5) se následně dal určit půdní druh. Tento postup je založen na určení procentuálního zastoupení I. Kategorie, která ukazuje obsah jílu a jemného prachu (Pavlů 2019)

Tabulka 5 znázorňuje půdní druhy klasifikační stupnice podle Nováka (Pavlu, 2019)

Půdní druh	Obsah I. kategorie
Písčitá	< 10 %
Hlinitopísčitá	10–20 %
Písčitohlinitá	20–30 %
Hlinitá	30–45 %
Jílovitohlinitá	45–70 %
Jílovitá	60–75 %
Jíl	> 75 %

6.6 Postup při zjišťování Emisí CO₂

Pro analýzu emisí oxidu uhličitého (CO₂) v půdě se využívá systému LCi-SD (Licor Soil CO₂ Flux Systém), tento přístroj je sestaven pro práci v terénu i v laboratoři a zakládá se na principu stanovení rychlosti difuze CO₂ z půdy do vzduchu, což je následná míra emisí CO₂. Při měření v půdě se využilo půdní nádoby z akrylu. To je komora, která obsahuje uzavřený objem. Před použitím bylo třeba zařízení konfigurovat pro prostředí a následně se celá nádoba v závislosti na stavu půdy umístí přikrytá nad povrchem. Vnitřek nádoby obsahoval snímač teploty, vlhkosti a oxidu uhličitého. Nádoba přijala referenční vzduch a předala analytický vzduch do buňky. Tento způsob fungoval díky infračervené analýze. (ADC BioScientific 2015)

V terénu se měření opakovalo na každém stanovišti (A, B, C, D, E, F) třikrát po padesáti minutách. Při měření v terénu je problémem různost podmínek, kdy se v průběhu dne mění půdní teplota i vlhkost. Proto se půda odebrala a měření na ni probíhalo pomocí systému LCi-SD i v laboratoři z důvodu přesnějších hodnot díky stejným podmínkám. V laboratoři se nejprve vzorky změřily při různých hmotnostních vlhkostech a poté probíhalo měření za konstantní teploty 20 °C v klimatizovaném boxu. Po vyjmutí z boxu se vzorek zvažil a následně se zjistilo, kolik ml H₂O je třeba přidat, aby se zvýšila na předem určenou a požadovanou hodnotu. Následně byl vzorek vysypán a rovnoměrně rozprostřen a ovlhčen na

umělohmotném tácu a zamíchán lžičkou. Takto upravený vzorek byl nasypán a zhutněn postupně zpětně do ocelového límce a zde se opět zvažil. (Ptáčnicková 2020)

Čistý molární průtok CO₂ z nebo do půdy je vyjádřen následující rovnicí:

$$C = u \times (-\Delta c) \quad (18)$$

Kde C je půdní respirace (p.mol.s⁻¹), u molární průtok (μmol.mol⁻¹) a Δc je rozdíl koncentrací CO₂.

Pokračuje výpočet podle rovnice:

$$\Delta c = C_{\text{ref}} - C_{\text{an}} \quad (19)$$

Kde C_{ref} je označení pro koncentraci CO₂, který proudí do půdní komory a C_{an} značí koncentraci CO₂ proudícího z půdní komory.

Výsledná čistá výměna CO₂ je vyjádřena pomocí rovnice:

$$\text{NCER} = U_s (-\Delta c) \quad (20)$$

Kde U_s je molární tok vzduchu na 1 m² (mol.s⁻¹.m⁻²) (ADC BioScientific 2015)

Z každého měření byly zjištěny tyto charakteristiky: průměrné hodnoty emise CO₂ z půdy, kumulativní emise CO₂ a maximální emise CO₂

7 Výsledky

Označení A,B,C je pro opakování pole s dlouhodobou konvenční orbou

Označení D,E,F je pro pole, které bylo přeměněno z trvalého travního porostu na pole s konvenční orbou

7.1 Výsledky zjištěné infiltrmetrickými mini disky

Tabulka 6 ukazuje hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti naměřené pomocí infiltrmetrických mini disků v roce 2022

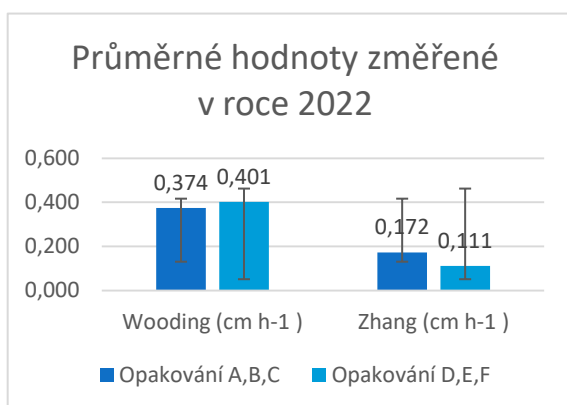
opakování	Wooding (cm h ⁻¹)	Směrodatná odchylka	Zhang (cm h ⁻¹)	Směrodatná odchylka
A	0,419	0,212	0,14	0,065
B	0,373	0,121	0,26	0,844
C	0,331	0,130	0,12	0,152
D	0,416	0,205	0,05	0,022
E	0,455	0,259	0,18	0,082
F	0,333	0,082	0,11	0,035

Tabulka 7 vykazuje průměrné hodnoty vycházející z tabulky 6

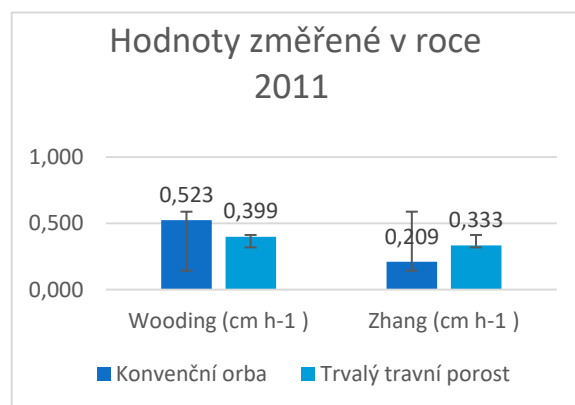
Pole	Wooding (cm h ⁻¹)	Zhang (cm h ⁻¹)	Směrodatná odchylka
Opakování A,B,C	0,374	0,172	0,101
Opakování D,E,F	0,401	0,111	0,145

Výsledky v tabulce 7 porovnááme s následující tabulkou 8 z měření v roce 2011 (Kodešová et al. 2011)

Pole	Wooding (cm h ⁻¹)	Zhang (cm h ⁻¹)	Směrodatná odchylka
Konvenční orba	0,523	0,209	0,157
Trvalý travní porost	0,399	0,333	0,033



Obrázek 5 vychází z tabulky 7



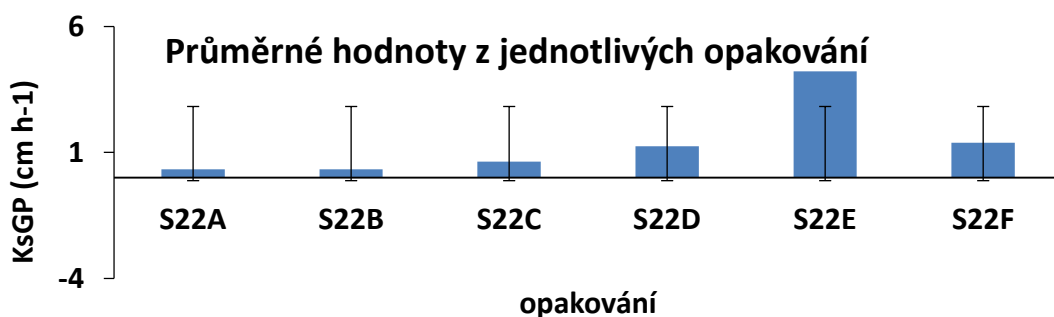
Obrázek 6 vychází z tabulky 8

V porovnání vidíme, že nenasyčená hydraulická vodivost v tlakové výšce -2 cm se podle Woodinga oproti původnímu měření značně snížila v poli s konvenční orbou a v poli po trvalém travním porostu zůstala spíše stejná. Podle Zhanga proběhlo v poli s trvalou konvenční orbou mírné snížení a v trvalém travním porostu došlo k výraznějšímu snížení.

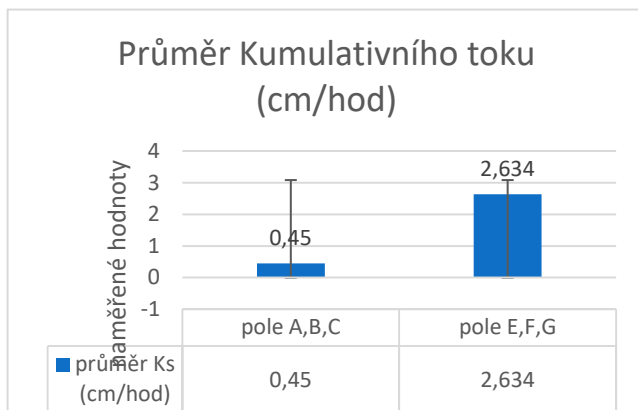
7.2 Výsledky kumulativní toku

Tabulka 9 ukazuje hodnoty kumulativního toku naměřené pomocí Guelphova permeamtru

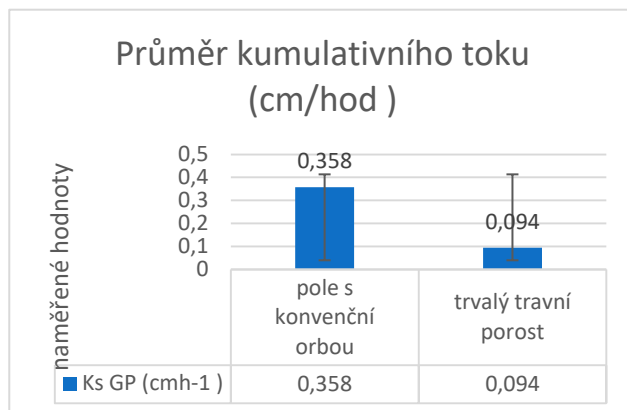
opakování	Kumulativní tok (cm/hod) v poli se stálou orbou			Kumulativní tok (cm/hod) v přeměněném poli z travního porostu		
	A	B	C	D	E	F
1	0,245	0,209	1,070	0,240	17,926	2,980
2	0,325	0,214	0,574	0,346	1,923	0,385
3	0,718	0,382	0,132	0,538	1,615	0,769
4	0,255	0,571	0,180	1,692	5,230	2,846
5	0,538	0,413	0,385	1,231	4,538	0,385
6	0,288	0,162	1,442	3,461	0,385	0,923
směrodatná odchylka	0,175	0,144	0,477	1,113	5,904	1,101



Obrázek 7 znázorňuje hodnoty z tabulky 9



Obrázek 8 pole sledovaná v roce 2022



Obrázek 9 pole sledovaná v roce 2011 (Kodešová et al. 2011)

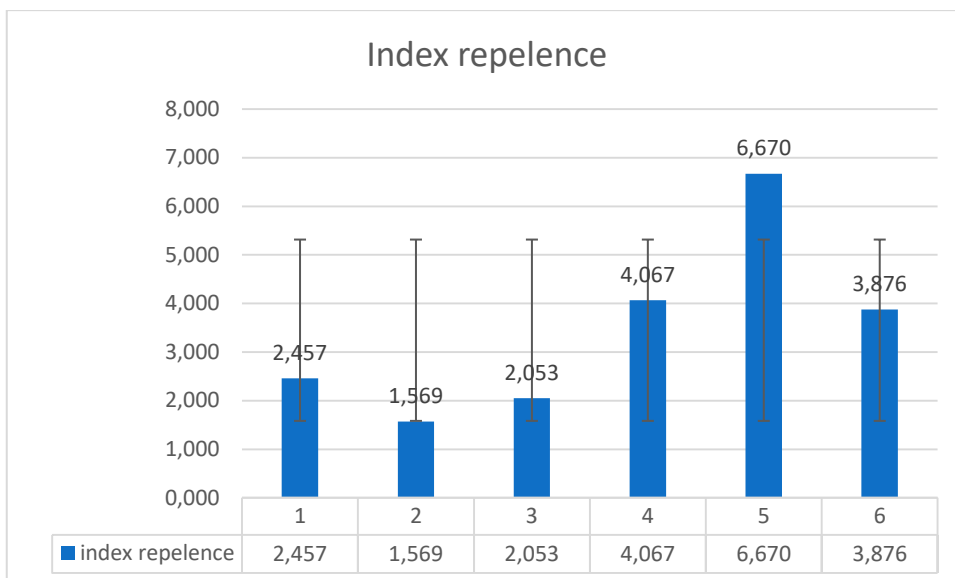
Obrázky 8 a 9 znázorňují rozdíl stavu kumulativního toku mezi lety. V poli se stálou konvenční orbou pozorujeme mírné zvýšení a v poli přeměněném z trvalého travního porostu výrazné zvýšení kumulativního toku.

7.3 Výsledky vodoodpudivosti

Tabulka 10 ukazuje index repelence

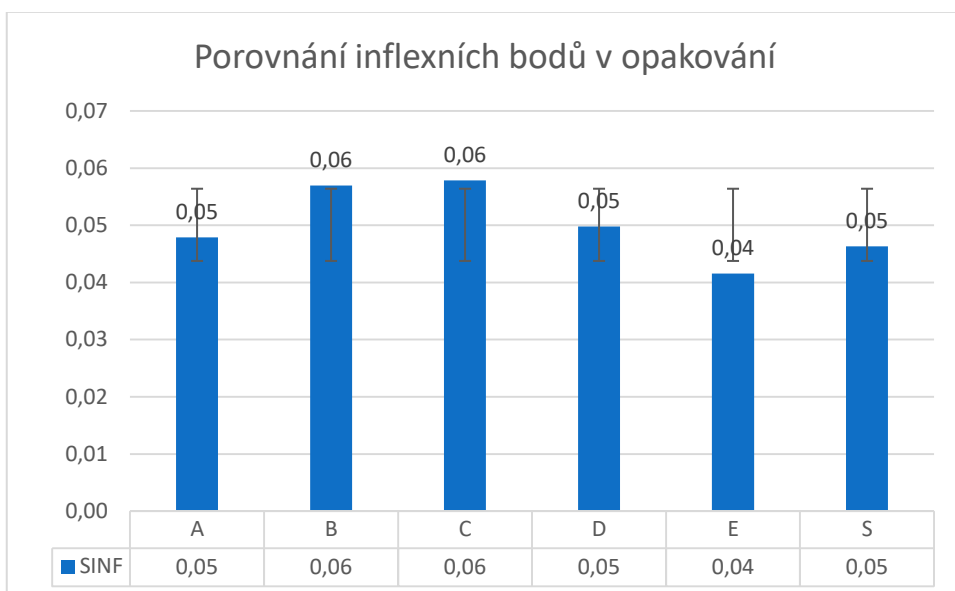
Opakování pole	A	B	C	D	E	F
Hodnoty indexu repelence	2,457	1,569	2,053	4,067	6,670	3,876
Směrodatná odchylka	3,179	1,996	1,559	6,305	7,292	3,309

Podle tabulky 3 (Iovino et al.2018) se půda v trvalé konvenční orbě i v orbě v poli po trvalém travním porostu řadí do půd mírně vodoodpudivých. Vyšší vodoodpudivost vykazovaly hodnoty v přeměněném poli z trvalého travního porostu.



Obrázek 10 znázorňuje hodnoty indexu repence.

7.4 Výsledky fyzikální kvality půdy



Obrázek 11 znázorňuje hodnoty inflexních bodů v opakování.

Pomocí tabulky 4 pro hodnocení kvality půdy podle inflexního bodu můžeme určit, že fyzikální kvalita půdy je lepší v poli se stálou konvenční orbou. Toto zhodnocení vidíme na obrázku 11

7.5 Výsledky emisí oxidu uhličitého zjištěné systémem LCi-SD a v laboratoři

Jak bylo popsáno v kapitole o metodickém postupu a výpočtu emisí CO₂, došlo se k následujícím hodnotám: průměrné hodnoty emise CO₂ z půdy, kumulativní emise CO₂ a maximální emise CO₂. To znázorňuje následující tabulka 11 kde vidíme vypočítaný průměr z každého opakování.

Tabulka 11 znázorňuje hodnoty emise CO₂ změřených v terénu

LCi-SD	průměrná emise CO ₂	nejvyšší CO ₂	kumulativní CO ₂
A	0,91	1,09	27,21
B	1,44	1,55	43,06
C	1,47	1,62	44,16
D	1,42	1,55	44,00
E	1,91	2,03	59,24
F	2,61	8,82	80,97

Tabulka 12 ukazuje hodnoty emisí CO₂ změřených v laboratoři.

laboratoř	průměrná emise co2	nejvyšší CO2	kumulativní CO2
A	0,33	0,37	9,94
B	0,20	0,23	5,87
C	0,31	0,32	9,17
D	0,77	0,90	24,09
E	0,60	0,66	18,53
F	0,68	0,70	21,01

Průměrná emise CO₂ je ve všech polích téměř podobná. Výsledně byly nalezeny vyšší hodnoty v poli přeměněném z trvalého travního porostu a to při měření v terénu i v laboratoři.

7.6 Výsledky zrnitosti

Tabulka 13 znázorňuje procentuální zastoupení frakcí zvlášť pro každé opakování a zařazení do půdního druhu podle Nováka v tabulce 5 (Pavlů 2019)

opakování	Půdní druh	I. Z.k. (< 0,01 mm)	II. Z.k. (0,01 - 0,05 mm)	III. Z.k. (0,05 - 0,1 mm)	IV. Z.k. (0,1 - 2 mm)
A	hlinitý	36,34	55,59	3,6	4,45
B	hlinitý	41,72	55,37	1,57	1,32
C	hlinitý	44,27	54,21	0,65	0,85
D	hlinitý	39,57	53,81	2,94	3,67
E	hlinitý	42,22	51,65	3,61	2,49
F	hlinitý	42,71	51,05	1,82	4,41

8 Diskuze

V průběhu literární rešerše jsme zjistili, že intenzivní mechanický zásah do půd může být v některých případech přínosný, ale většina studií doporučovala buď bezorebný systém, ekologický, nebo přeměnu pole na trvalý travní porost. Podle Thomase (2019) byla naměřena například vyšší stabilita mokřých agregátů, nebo dostupná kapacita vody v bezorebném způsobu. (Thomas 2019). Tyto dva zmíněné způsoby mohou mít pozitivní vliv i na velikost půdních agregátů, které jak jsme se dozvěděli, ovlivňují množství půdní biomasy. Zjistili jsme také, že bezorebný systém může snížit vodní erozi půdy, pozitivně ovlivnit stabilizaci a obsah humusu. (Fér et al. 2016) V poli bez orby se také může vyskytovat vyšší populace žížal, než v konvenční orbě. (Schlüter et al. 2018) Mehra ale ve své studii uvádí, že bezorebný systém vykazuje nedostatky, co se týče zhutňování půdy a vzniku chorob ze strniště nebo z odolných plevelů proti herbicidům (Mehra 2019). Již v historii naši předci využívali určitý způsob bezorebného systému, ale díky vývoji a snažení se o co nejvyšší výnosy zvyšovali mechanizaci, v jejímž důsledku docházelo k degradaci půdy. Až během 20. století přišel do Evropy a České republiky ekologický způsob, který se snažil o zlepšení podmínek. V obrázku 1 a 2 jsme mohli vidět, že tento způsob hospodaření se na území České republiky poměrně rozšiřuje. Naše studie ukázala, že při porovnání výsledků z roku 2022 nenasycená hydraulická vodivost v tlakové výšce -2 cm v půdách s konvenční orbou byla nižší (výpočet podle Woodinga), než v poli po trvalém travním porostu. Je to pravděpodobně kvůli tomu, že půdní částice v poli po travním porostu nebyly tolik narušené, jako v poli s konvenční orbou. Tento proces ale může velmi ovlivňovat půdní typ. Výsledně se nenasycená hydraulická vodivost o tlakové výšce - 2 cm v polích spíše snížila oproti měření během roku 2011 (tabulka 7 a 8). V minulých letech byla naměřena vyšší retence vody v půdě pod trvalým travním porostem. V současné době byly vyšší hodnoty naměřeny ve stejném poli. Z toho vyplývá, že retence byla opět vyšší v poli po trvalém travním porostu než v poli s trvalou konvenční orbou. To potvrzuje i měření kumulativního průtoku, kdy tento průtok byl vyšší v poli po trvalém travním porostu (obrázek 7). Kumulativní tok ve stálé orbě se zvýšil mírně (porovnání obrázků 8 a 9). V trvalém travním porostu, byly naměřeny vyšší emise CO₂ (tabulka 11) je to pravděpodobně tím, že zde byl i v minulosti naměřen vyšší obsah organické hmoty (tabulka 2), která stále zůstává v poli. Hodnota inflexních bodů ale vykazovala fyzikálně nepatrně nižší kvalitu půdy v poli po trvalém travním porostu (obrázek 11). Tabulka 13 neukazovala na výrazné rozdíly v procentuálním zastoupení jednotlivých frakcí půdy. V obou polích došlo ke

zhoršení kvality, ale v poli po trvalém travním porostu bylo znát, že je pole v lepší kondici oproti trvalé orbě.

9 Závěr

Cílem práce bylo zjistit, jaký má vliv způsob hospodaření na vlastnosti půdy. Bezorebný způsob má, jak jsme zjistili mnoho benefitů, jako je např. snížení eroze vody v půdě, ale také během tohoto způsobu hrozí např. choroby. Postupy v ekologickém zemědělství s omezenou mechanizací mohou také z dlouhodobého hlediska vylepšit kvalitu půdy a to i při přechodu z konvenční orby na omezenou. Konvenční orba naopak poukázovala na lepší pórovitou konektivitu. Naznačovala ale zvýšený únik emisí CO₂ při zvyšující se teplotě. Podle této studie můžeme usoudit, že v souvislosti s globálním oteplováním se při stále konvenční orbě budou emise CO₂ neustále zvyšovat. To ale neovlivňuje pouze teplota, ale i obsah biomasy. Dále bylo porovnáváno, jak se vlastnosti půdy změnily během stále konvenční orby a v poli přeměněném po trvalém travním porostu. V naší studii byly naměřeny vyšší hodnoty emisí CO₂ v půdě po trvalém travním porostu. Dále vyšší kumulativní průtok a i vyšší vodoodpudivost. Myslím si, že by tomuto tématu mělo být věnováno mnoho pozornosti a postupně najít postupy, které budou zajišťovat dostatečnou rovnováhu a přirozenou obnovu v půdě. Tato práce potvrzuje, že trvalý travní porost stav půdy zlepšil a následně došlo ke zhoršení, ale díky travnímu porostu nebylo zhoršení tak výrazné v konvenční orbě došlo k mírnému zhoršení.

10 Literatura

- ADC BioScientific Limited. UK, 2015. (manuál LCI-SD)
- BLANCO-CANQUI, Humberto, et al. Regional study of no-till impacts on near-surface aggregate properties that influence soil erodibility. *Soil Science Society of America Journal*, 2009, 73.4: 1361-1368.
- CASTELLINI, Mirko, et al. Effects of no-tillage and conventional tillage on physical and hydraulic properties of fine textured soils under winter wheat. *Water*, 2019, 11.3: 484.
- ČERBA, Otakar. Databázové systémy GIS: Kapitola 14. Geografie zemědělství [online]. 2003-2004 [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <http://old.gis.zcu.cz/studium/dbg2/Materialy/html/index.html>
- Ekatalog BPEJ [online]. 2022 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/31400>
- FÉR, Miroslav, et al. The impact of the permanent grass cover or conventional tillage on hydraulic properties of Haplic Cambisol developed on paragneiss substrate. *Biologia*, 2016, 71.10: 1144-1150.
- FÉR, M., Kodešová, R., Hroníková, S. et al. The effect of 12-year ecological farming on the soil hydraulic properties and repellency index. *Biologia* 75, 799–807 (2020). <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00373-1>
- GATTINGER, Andreas, et al. No-till agriculture—a climate smart solution?. 2011.
- HALABUK, Andrej. Influence of different vegetation types on saturated hydraulic conductivity in alluvial topsoils. *Biologia*, 2006, 61: S266-S269.
- HELLING, Charles S., et al. The science of soil residual herbicides. *Soil residual herbicides: science and management. Topics in Canadian Weed Science*, 2005, 3: 3-22. (file:///C:/Users/Eli%C5%A1ka/Downloads/Vol-3-Winnipeg_Full_book.pdf)
- HERČÍK, Miroslav; DIRNER, Vojtech; ROLČÍKOVÁ, Mgr Milada. Modul 1: Ochrana životního prostředí. *Ostrava*: [cit. 2010-04-14].. Dostupné z WWW: <<http://www.hgf.vsb.cz/shared/uploadedfiles/hgf/EV-modul1.pdf>.
- Hněvčeves oficiální stránky obce [online]. 2022 [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://www.hnevceves.cz/>

- CHRENKOVÁ, Katarína, et al. Long-term changes in soil aggregation comparing forest and agricultural land use in different Mediterranean soil types. *Geoderma*, 2014, 235: 290-299.
- IOVINO, Massimo, et al. Extent and persistence of soil water repellency induced by pines in different geographic regions. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2018, 66.4: 360-368.
- JIRKŮ, Veronika, et al. Temporal variability of structure and hydraulic properties of topsoil of three soil types. *Geoderma*, 2013, 204: 43-58.
- KODEŠOVÁ, Radka, et al. Soil structure and soil hydraulic properties of Haplic Luvisol used as arable land and grassland. *Soil and Tillage Research*, 2011, 111.2: 154-161.
- KUBAČÁK, Antonín. *Odkaz českého zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISBN 978-80-7434-600-2.
- LAL, Rattan; REICOSKY, Don C.; HANSON, Jonathan D. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and tillage research*, 2007, 93.1: 1-12.
- MARTÍNI, Aline Fachin, et al. Long-term trial of tillage systems for sugarcane: effect on topsoil hydrophysical attributes. *Sustainability*, 2021, 13.6: 3448.
- MEHRA, Promil, et al. Impact of carbonates on the mineralisation of surface soil organic carbon in response to shift in tillage practice. *Geoderma*, 2019, 339: 94-105.
- METER Group Inc. 2018. Mini Disk Infiltrimeter. METER Group Inc., Pullman, Washington
- Ministerstvo zemědělství ČR. Ročenka 2021 Ekologické zemědělství v České republice [online]. Eagri [cit. 2023-03-20] dostupné z <https://eagri.cz/public/web/file/721691/Rocenka_ekologickeho_zemedelstvi_2021_web.pdf>
- MUALEM Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research* 12:513-522.
- NOURI, Amin, et al. Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA. *Geoderma*, 2019, 337: 998-1008.

- NDZELU, Batande Sinovuyo, et al. Tillage effects on humus composition and humic acid structural characteristics in soil aggregate-size fractions. *Soil and Tillage Research*, 2021, 213: 105090.
- PAVLŮ, Lenka. *Základy pedologie a ochrany půdy*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2019. ISBN 978-80-213-2952-2.
- PEKÁROVÁ, Pavla; PEKÁR, Ján; LICHNER, Lubomír. A new method for estimating soil water repellency index. *Biologia*, 2015, 70.11: 1450-1455.
- PHILLIPS, Ronald E., et al. No-tillage agriculture. *Science*, 1980, 208.4448: 1108-1113.
- PTÁČNÍKOVÁ, A. Vliv aplikace roztoku léčiv při různých teplotách na emisi CO₂ z půdy. Praha, 2020. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- PULKRÁBEK, Josef a Josef ŠNOBL. *Základy rostlinné produkce*. Vyd. 2. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN 80-213-0924-5.
- SEATON, Fiona M., et al. Plant and soil communities are associated with the response of soil water repellency to environmental stress. *Science of the total environment*, 2019, 687: 929-938.
- SCHLÜTER, Steffen, et al. Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. *Geoderma*, 2018, 332: 10-19.
- SORACCO, C. Germán, et al. Hydraulic conductivity and pore connectivity. Effects of conventional and no-till systems determined using a simple laboratory device. *Geoderma*, 2019, 337: 1236-1244.
- SOUČKOVÁ, Martina. Vliv transformace zemědělských družstev na konkurenceschopnost českého zemědělství. České Budějovice, 2010. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- ŠARAPATKA, Bořivoj a Jiří URBAN. *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO, 2006. ISBN 80-87080-00-9.
- ŠKODA, Vítězslav. *Obecná produkce rostlinná*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998. ISBN 80-213-0450-2.
- THOMAS, Ben W., et al. Soil health indicators after 21 yr of no-tillage in south coastal British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science*, 2019, 99.2: 222-225.

- URBANEK, Emilia, et al. Water repellency and distribution of hydrophilic and hydrophobic compounds in soil aggregates from different tillage systems. *Geoderma*, 2007, 140.1-2: 147-155.
- VÁCHOVÁ, Kristýna. *Vliv kořenového systému různých plodin na hydraulické vlastnosti půdy*. Praha, 2021. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- VAN GENUCHTEN, MT van, et al. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. 1991.

11 Seznam použitých obrázků

- *Obrázek 1 vývoj ekologických farem, co se týče počtu a celkové výměry jejich plochy. (Ministerstvo zemědělství ČR. Ročenka 2021 Ekologické zemědělství v České republice)*
- *Obrázek 2 výměra celkové plochy v krajích ČR (Ministerstvo zemědělství ČR. Ročenka 2021 Ekologické zemědělství v České republice)*
- *Obrázek 3. lokace obce Hněvčeves*
(<https://mapy.cz/zakladni?l=1&source=muni&id=2166&ds=1&x=15.5753812&y=49.6367681&z=7>)
- *Obrázek 4. lokace polí*
(<https://mapy.cz/zakladni?l=1&source=muni&id=2166&ds=1&x=15.5753812&y=49.6367681&z=7>)
- *Obrázek 5 průměrné hodnoty změřené v roce 2022*
- *Obrázek 6 hodnoty změřené v roce 2011 (Kodešová et al. 2011)*
- *Obrázek 7 znázorňuje hodnoty z tabulky 9.*
- *Obrázek 8 pole sledovaná v roce 2022*
- *Obrázek 9 pole sledovaná v roce 2011 (Kodešová et al. 2011)*
- *Obrázek 10 hodnoty indexu repelence.*
- *Obrázek 11 hodnoty inflexních bodů v opakování*

12 seznam použitých tabulek

- *Tabulka 1 informace k pozemku vedené v internetovém katalogu BPEJ*
- *Tabulka 2 základní fyzikální a chemické vlastnosti z roku 2011 (Kodešová et al. 2011)*
- *Tabulka 3 zařazení podle indexu do kategorie . (Iovino et al.2018)*
- *Tabulka 4 určení fyzikální kvality půdy podle inflexního bodu (Váchová 2021)*
- *Tabulka 5 půdní druhy klasifikační stupnice podle Nováka (Pavlů 2019)*
- *Tabulka 6 hodnoty nenasycené hydraulické vodivosti naměřené pomocí infiltrimetrických mini disků v roce 2022*
- *Tabulka 7 průměrné hodnoty vycházející z tabulky 6*
- *Tabulka 8 výsledky z měření v roce 2011 (Kodešová et al. 2011)*
- *Tabulka 9 hodnoty kumulativního toku naměřené pomocí Guelphova permeamtru*
- *Tabulka 10 hodnoty indexu repelence*
- *Tabulka 11 hodnoty emise CO₂ změřených v terénu*
- *Tabulka 12 ukazuje hodnoty emisí CO₂ změřených v laboratoři*
- *Tabulka 13 procentuální zastoupení frakcí zvláště pro každé opakování a zařazení do půdního druhu podle Nováka (Pavlů 2019)*

13 Seznam použitých zkratk a symbolů

Např. - například

Popř.- popřípadě

EHS - Evropské hospodářské společenství

IFOAM - International Federation of Organic Agriculture Movements

Tzv. - takzvaný

EZ - Ekologické zemědělství

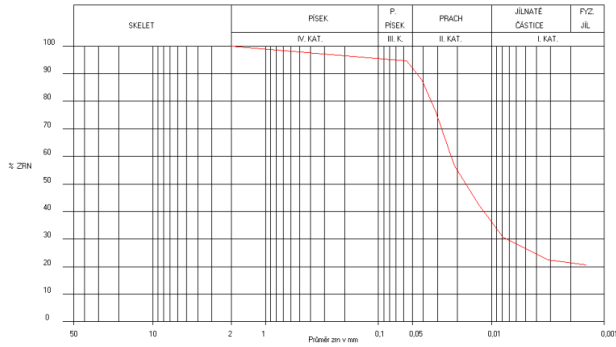
ČR - Česká republika

14 Samostatné přílohy

14.1 Zrnitostní křivky

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

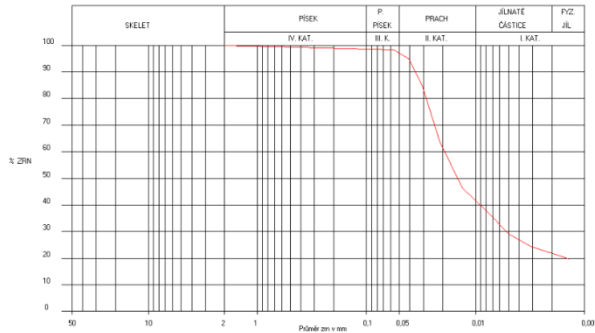
Přírodní druh:	Hlina	Zrnitostní kategorie:			
Lokalita:	S22A	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	21,41 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	3,6 %
Číslo sondy:		< 0,01 mm (I. Kat.)	36,34 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	4,45 %
Hrubka:		0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)	55,59 %		



Zrnitostní křivka pro A opakování v poli s konvenční orbou

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

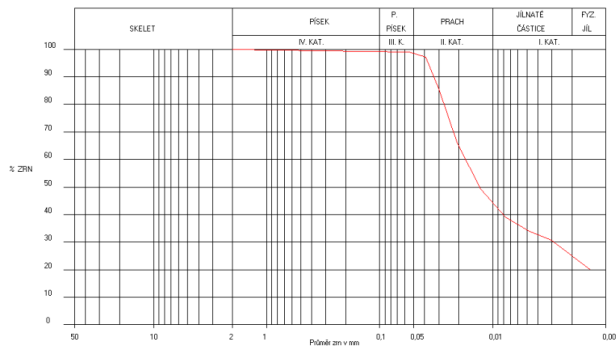
Přírodní druh:	Hlina	Zrnitostní kategorie:			
Lokalita:	S22B	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	21,83 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	1,37 %
Číslo sondy:		< 0,01 mm (I. Kat.)	41,22 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	1,32 %
Hrubka:		0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)	55,37 %		



Zrnitostní křivka pro B opakování v poli s konvenční orbou

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

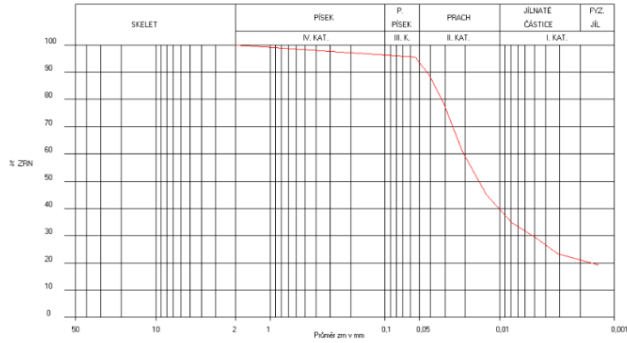
Přírodní druh:	Hlina	Zrnitostní kategorie:			
Lokalita:	S22C	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	25 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	0,65 %
Číslo sondy:		< 0,01 mm (I. Kat.)	44,27 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	0,85 %
Hrubka:		0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)	54,21 %		



Zrnitostní křivka pro C opakování v poli s konvenční orbou

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

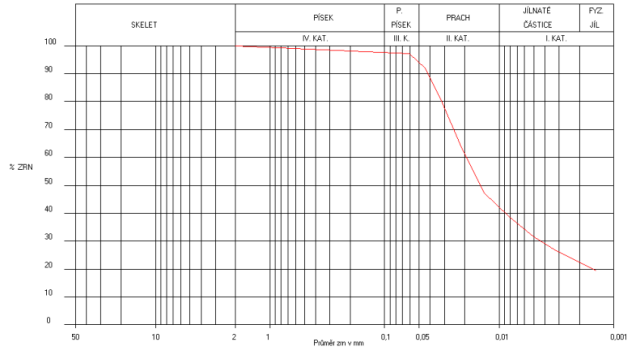
Půdní druh: Hlina	Zrnitostní kategorie:	21,04 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	2,94 %
Lokalita: S22D	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	42,22 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	3,67 %
Číslo sondy:	< 0,01 mm (I. Kat.)	39,57 %		
Houbka:	0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)	53,81 %		



Zrnitostní křivka pro D opakování v poli s konvenční orbou přeměněném z travního porostu.

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

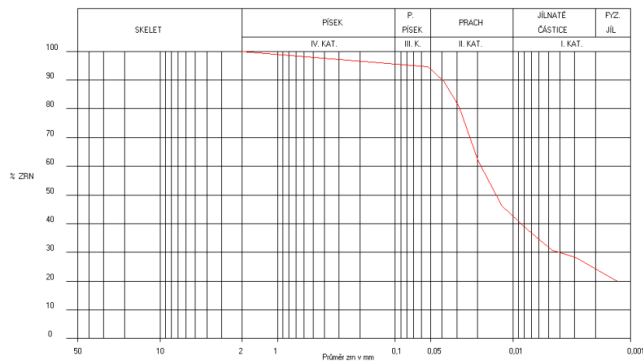
Půdní druh: Hlina	Zrnitostní kategorie:	22,37 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	3,61 %
Lokalita: S22E	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	42,22 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	2,49 %
Číslo sondy:	< 0,01 mm (I. Kat.)	51,65 %		
Houbka:	0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)			



Zrnitostní křivka pro E opakování v poli s konvenční orbou přeměněném z travního porostu.

ZRNITOSTNÍ ČÁRA:

Půdní druh: Hlina	Zrnitostní kategorie:	24,32 %	0,05 - 0,1 mm (III. Kat.)	1,82 %
Lokalita: S22F	< 0,002 mm (Fyz. jíł)	42,71 %	0,1 - 2 mm (IV. Kat.)	4,41 %
Číslo sondy:	< 0,01 mm (I. Kat.)	51,05 %		
Houbka:	0,01 - 0,05 mm (II. Kat.)			



Zrnitostní křivka pro F opakování v poli s konvenční orbou přeměněném z travního porostu.