

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



Bakalářská práce

**Význam ekologických funkcí zemědělské půdy v
krajíně**

Věra Ůrge

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Věra Ürge

Environmentální vědy
Applikovaná ekologie

Název práce

Význam ekologických funkcí zemědělské půdy v krajině

Název anglicky

Agricultural soil ecological functions and its importance in the landscape

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je zpracování literární rešerše na problematiku hodnocení ekologických funkcí půdy ve vztahu k funkci produkční. Bude popsán význam ekologických funkcí půdy pro společnost a dosavadní praxe ochrany těchto funkcí v národní legislativě (Třídách ochrany, DZES apod.). Modelově bude vyhodnocené pilotní území s primárním zaměřením na hydrologické a stanovištní funkce půdy.

Metodika

Metodicky bude provedena podrobná literární rešerše. Na modelové lokalitě budou realizovány odběry půdních vzorků, popis vlastností půdy a stanoviště, následně bude provedeno zhodnocení vlivu ekologických funkcí zemědělské půdy na krajinu. Závěrem práce bude srovnání dosažených výsledků s vazbou na stávající legislativu k ochraně půdy.

Doporučený rozsah práce

45 stran

Klíčová slova

Půda, krajina, voda, ekologické funkce půdy, Třídy ochrany půdy.

Doporučené zdroje informací

KUMBLE, P. A. – SKLENIČKA, P. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO

PROSTŘEDÍ. *Impacts of ecotourism on cultural and natural landscapes = dopady ekoturistiky na kulturní a přírodní krajiny [rukopis]*. Disertační práce. Praha: 2009.

PEJCHA, J. – ŠIŠÁK, L. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA.

Analýza udržitelného rozvoje společenské poptávky pro zdravotně-hygienických funkcí lesa v České republice : = Analysis of sustainable development of social demand for health-hygienic forest functions in the Czech Republic : doktorská disertační práce = doctoral thesis. Disertační práce. Praha: 2014.

SEJÁK, J. *Syntéza ekonomik přírodních zdrojů a životního prostředí : ekonomické hodnocení životního*

prostředí. Ústí nad Labem: Universita J.E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2001. ISBN 80-7044-343-

SEKÁČ, P. – SKLENIČKA, P. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.

Ochrana zemědělské půdy ve vztahu k nástrojům dotační a plánovací politiky České republiky : dizertační práce typu "Soubor prací". Disertační práce. Praha: 2017.

SKLENIČKA, P. – URBANOVÁ, M. *Zonace orné půdy z hlediska vhodnosti pro její intenzivní využívání :*

kandidátská disertační práce. Praha: ČZU-FLE, 1992.

STÝBLO, J. – ŠIŠÁK, L. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA.

Oceňování funkcí lesa z hlediska společenského – sociálně-ekonomická významnost funkcí lesa na příkladech velkých území v ČR [rukopis] Jindřich Stýblo ; školitel Luděk Šišák. Disertační práce. Praha: 2012.

ŠIŠÁK, L. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. *Metodika*

hodnocení společenské sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa : [recenzovaná metodika]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. ISBN 978-80-213-2093-2.

VOLTR, V. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky

a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl II./ Jan Vopravil a kol.* Praha: Výzkumný ústav meliorací

a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-08-5.

VOPRAVIL, J. *Půda a její hodnocení v ČR. Díl. I.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010.

ISBN 978-80-87361-05-4.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

Ing. Daniel Engel

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 02. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Význam ekologických funkcí zemědělské půdy v krajině" 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 použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 3. 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D., za odborné vedení, konzultace a rady při zpracování práce a za poskytnutá data. Dále děkuji Ing. Darině Heřmanovské, Ph.D., za cenné rady, neúnavnou podporu při konzultacích a předané odborné zkušenosti. V neposlední řadě patří díky mé rodině za trpělivost během mého studia.

Význam ekologických funkcí zemědělské půdy v krajině

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na ekologické funkce půdy, na jejich význam a provázanost s funkcí produkční. Dále se zabývá hodnocením produkční i mimoprodukční funkce a uvádí degradační faktory, které tyto funkce poškozují. Statistickými metodami jsou porovnávána dvě experimentální stanoviště s rozdílným vegetačním krytem, konkrétně průběh a hodnoty půdní vlhkosti. Dlouhodobě je upřena pozornost zejména na produkční funkce půd, jsou sledovány, hodnoceny a ovlivňovány k maximalizaci hospodářského užitku. Antropogenní činnost a další faktory mohou ale ovlivňovat půdní mimoprodukční funkce, které jsou ke správnému fungování půdy jako celku základním předpokladem. Výsledky práce naznačují, že produkční funkce může přímo ovlivňovat funkci ekologickou. Při srovnání hodnot a průběhu půdní vlhkosti na modelovém území byl experimentálně dokázán vliv vegetačního krytu a způsobu využití půdy na ekologické funkce zemědělské půdy. Práce poskytla ucelený přehled produkčních a mimoprodukčních funkcí zemědělské půdy a jejich provázanost. Uvedla degradační faktory, se kterými se zemědělská půda dlouhodobě potýká. Byl popsán způsob hodnocení produkční funkce a možnosti hodnocení funkcí ekologických. Experimentálně byla dokázána provázanost produkční a ekologické funkce a byly navrženy další postupy, které by mohly vést ke zlepšení stavu zemědělského půdního fondu v České republice.

Klíčová slova: půda, krajina, voda, ekologické funkce půdy, produkční funkce půdy, degradace půdy, hodnocení funkcí půdy,

Agricultural soil ecological functions and its importance in the landscape

Abstract

This bachelor's thesis is focused on ecological soil functions and their importance and interconnection with production function. The first part of the thesis is about evaluation of production function and evaluation of ecological functions. Degrading factors of soil are mentioned as well, because of their influence on above mentioned functions of soil. Statistical methods in the practical part of the paper were used to compare two different experimental habitats while these are characterized by a different vegetation cover. Comparison was about progress and values of soil moisture. The focus is particularly given to production function of soil. This function is measured, evaluated and improved to maximize economic benefits. Anthropogenic activities and also another factors could influence soil ecological functions, which are essentials for health and proper performance of soil. The results of the practical part of the thesis show influence of production function on ecological functions of soil. Statistical comparisons of values and progress of volumetric moisture of soil in the field proves that land use influences ecological functions of soil. The thesis provided comprehensive overview of production and ecological soil function and their interconnection. There were mentioned also the degradation factors of agricultural land which has been struggling with it for a long time. The methods of evaluation of production function and possible evaluation of ecological function were described as well. The relationship between the production and ecological functions were experimentally and statistically proved. In the end another possible steps were proposed which could lead to an improvement of agricultural land condition in the Czech republic.

Keywords: soil, landscape, water, soil ecological function, soil production function, soil degradation, soil function evaluation

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce a metodika	2
3 Literární rešerše	3
3.1 Využití půdy	3
3.2 Evidence půdy	3
3.3 Legislativní rámec ochrany půdy	4
3.4 Funkce zemědělské půdy.....	5
3.4.1 Úvod.....	5
3.4.2 Produkční funkce	6
3.5 Mimoprodukční funkce	6
3.5.1 Infiltrační funkce	7
3.5.2 Retenční.....	9
3.5.3 Transportní a perkolační	11
3.5.4 Pufrační	11
3.5.5 Transformační	11
3.5.6 Asanační.....	11
3.5.7 Genová rezerva, prostředí pro organismy	12
3.6 Degradace	12
3.6.1 Vodní eroze	12
3.6.2 Větrná eroze	12
3.6.3 Utužení	13
3.6.4 Acidifikace	13
3.6.5 Úbytek organické hmoty	14
3.6.6 Kontaminace	14
3.6.7 Zábory – průmyslové, občanské	15
3.7 Hodnocení produkční funkce	15
3.7.1 Systém BPEJ – co to je, historie, vznik, KPP, struktura kódu.....	15
3.7.2 Bodové hodnocení.....	17
3.7.3 Úřední a tržní ceny	18
3.8 Hodnocení ekologické funkce	18
3.8.1 Ekologické funkce – úvod.....	18
3.8.2 Možnosti hodnocení ekologických funkcí	19
3.8.3 Preferenční metody	19
3.8.4 Nepreferenční metody – expertní.....	20
4 Metodika	22
4.1 Úvod	22

4.2	Technické řešení	22
4.3	Popis zájmového území	24
4.4	Průběh monitoringu	25
5	Vyhodnocení výsledků	27
6	Diskuse.....	32
7	Závěr.....	34
8	Seznam použitých zdrojů.....	35
9	Přílohy	39
9.1	Příloha č. 1.: Chemické charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost	40
9.2	Příloha č. 2.: Fyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost	41
9.3	Příloha č. 3.: Hydrofyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost.....	42
9.4	Příloha č. 4.: Pórovitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost..	43
9.5	Příloha č. 5.: Zrnitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost	44

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Vsakovací křivka, zdroj: www.gisak.vsb.cz	8
Obrázek 2:	Struktura kódu BPEJ, zdroj: www.bpej.vumop.cz	16
Obrázek 3:	Vlhkostní čidlo TOMST TMS-4 (zdroj: www.tomst.com).....	23
Obrázek 4:	Srážkoměr a datalogger na stanovišti F1	24
Obrázek 5:	Výzkumná plocha a rozmístění čidel	25
Obrázek 6:	Stanoviště F1	26
Obrázek 7:	Stanoviště F2	26
Obrázek 8:	Krabicový graf s rozložením hustoty dat.....	27
Obrázek 9:	Kvantilové grafy rozdělení reziduí	28
Obrázek 10:	Průběh srážek.....	29
Obrázek 11:	Průběh objemové vlhkosti v hloubce 20 cm.....	29
Obrázek 12:	Průběh srážek.....	30
Obrázek 13:	Průběh objemové vlhkosti v hloubce 40 cm.....	30
Obrázek 14:	Průběh srážek.....	31
Obrázek 15:	Průběh objemové vlhkosti v hloubce 60 cm.....	31

1 Úvod

Půda je nejsvrchnější část zemské kůry, která vzniká procesem zvaným pedogeneze. Zvětrávání matečné horniny, které je způsobeno kombinací abiotických a biotických faktorů dává vzniknout půdotvornému substrátu. Rozpuštěné látky jsou pak zdrojem živin pro první organismy a startem pro rozvoj organické půdní hmoty a následnou kolonizaci vyššími rostlinami. (Šantrůčková et al., 2018)

Důležitost půdy je možné popsat v různých rovinách. V rovině ekologické je třeba zdůraznit její důležitost pro různé ekosystémy, ať už v půdě jako takové, či vznikající na jejím povrchu. Dalším pohledem na půdu je pohled ekonomický, kdy je půda zásadním faktorem pro zemědělskou a lesnickou výrobu, a tudíž pro obživu člověka. Neméně zásadní je její sociální funkce, ať už na ni budeme nahlížet jako krajínotvorný prvek, či zásobárnu historických dat. Člověk skrze půdu formuje krajinu od počátku zemědělství. (Vopravil, 2010)

Zemědělský půdní fond tvoří pozemky zemědělsky obhospodařované a tato zemědělská půda v krajině tvoří zásadní ekosystémový, sociální a krajínotvorný prvek. Využitím nejen její produkční funkce, ale i funkce ekologické je možné ovlivňovat skrze zemědělskou půdu krajinu, ekosystémy a přírodní pochody v nich.

Tato práce se věnuje důležitosti ekologických funkcí zemědělské půdy, poskytuje jejich přehled a možnosti hodnocení pokládá do roviny s hodnocením jejich produkčních funkcí. Snaží se zdůraznit jejich provázanost nejen mezi sebou, ale i s produkční funkcí, která je pro člověka základním výrobním prostředkem.

2 Cíl práce a metodika

Hlavním cílem práce bylo zpracování komplexního přehledu ekologických funkcí zemědělské půdy v krajině a popsání jejich významu. Vedle toho bylo dalším cílem zdůraznění důležitosti ekologických funkcí včetně funkce produkční.

Práce se zakládá zejména na českých a středoevropských reáliích z důvodu podobnosti klimatických, stanovištních a ekosystémových podmínek. Z toho také vychází ve své rešeršní části.

Úvodem byly popsány základní charakteristiky využití půdy, její legislativní rámec ochrany a jak je evidována. Dále byla pozornost věnována produkční funkci, která je pro člověka životně důležitá, neboť z ní pramení jeho obživa a ekonomické zisky. V návaznosti na funkci produkční byly popsány jednotlivé mimoprodukční, ekologické funkce s důrazem na funkci infiltrační a retenční, které jsou nejnáze kvantifikovatelné.

V kapitole o degradaci byl zpracován stručný přehled o degračních faktorech půdy. Byly popsány jejich příčiny a dopady na zemědělskou půdu a zároveň uvedeno, kolik procent zemědělského půdního fondu v České republice je danou degradací ohroženo.

Dále byl předložen přehled hodnocení produkční funkce v České republice a v návaznosti na něj hodnocení ekologických funkcí. Vzhledem ke komplexnosti a provázanosti ekologických funkcí a vzhledem ke značnému množství možností přístupů k nim z hlediska oceňování, není v České republice zatím zpracován efektivní a používaný systém hodnocení. Práce proto nastínila možnosti, které v tomto ohledu panují, opět s ohledem na české a středoevropské podmínky.

Praktická část se zabývala popisem a porovnáním dvou stanovišť na základě ročního měření hodnot půdní vlhkosti. Data byla statisticky porovnána a vyhodnocena a graficky zpracována. Výsledkem je srovnání zjištěných výsledků a zasazení do kontextu ekologických funkcí, jejichž význam bude zhodnocen v návaznosti na význam produkční funkce zemědělské půdy.

3 Literární rešerše

3.1 Využití půdy

Půda se od počátku zemědělství používá v zásadě pro zemědělskou výrobu, zajištění obživy, získávání surovin. Je to základní výrobní prostředek. (Morgan, 2009)

Využíváním půdy byla transformována krajina, ekosystémy a životní prostředí. Lidská činnost se neomezuje jen na zemědělské využití půdy, ale zahrnuje i získávání nerostného bohatství, lesní hospodaření, potřeby plochy k bydlení, průmyslovou činnost, dopravu, rekreaci atd. V důsledku těchto činností se mění přirozený stav půdy, jsou ovlivňovány její funkce a vzniká řada ekologických problémů. (EEA, 2016)

3.2 Evidence půdy

Počátky evidence půdy v českých zemích byly historicky doloženy z roku 1022, kdy došlo ke sjednocení daňové politiky a vytvoření předchůdce pozdějšího katastru. Motivace evidovat půdu byla ekonomického charakteru a šlo zejména o nutnost správného výběru daní. V průběhu staletí se evidence půdy, výběr daní a katastry zefektivňovaly.

V současné době je zřízena ucelená evidence všech nemovitostí a s nimi souvisejícími právními vztahy a je realizována na základě zákona č. 256/2013 Sb. Katastrů nemovitostí České republiky. Jedná se o veřejný seznam obsahující soubor údajů o nemovitých věcech zahrnující jejich soupis, popis, geometrické a polohové určení a zápis práv k těmto nemovitostem.

Jako evidence využití zemědělské půdy vznikl LPIS (Land Parcel Identification System) na základě zákona č. 252/1997 Sb. V LPIS jsou evidovány kromě půdy i ekologicky významné prvky a hospodářství podle objektů určených k chovu evidovaných zvířat. Slouží jako podklad pro kontrolu podmínek poskytnutí dotace, pro evidenci ekologického zemědělství, sadů, pěstování geneticky modifikovaných odrůd, pro uplatnění nároku na vrácení spotřební daně, evidenci pěstování máku setého a konopí a pro evidenci území určeného k řízeným rozlivům povodní. (§3a zák. č. 252/1997 Sb.). LPIS provozuje Ministerstvo zemědělství České republiky.

Mezi další registry, zřizovanými Ministerstvem zemědělství patří např. registr vinic, registr chmelnic, registr sadů, registr množitelských porostů a další.

3.3 Legislativní rámec ochrany půdy

Legislativní úprava ochrany půdy v České republice není ucelená. Půdním fondem se zabývá mnoho právních předpisů a je to z důvodu provázanosti půdy s téměř veškerou lidskou činností. Ucelený přehled legislativy by vydal na celou samostatnou práci, proto jsou zde zmíněny jen nejdůležitější předpisy, které se týkají ochrany půdy a mají souvislost s touto prací.

Zákon o ochraně přírody a krajiny 114/1992 Sb. je zaměřen na ochranu a vytváření územního systému ekologické stability krajiny (ÚSES), obecnou ochranu druhů, ochranu vybraných nalezišť nerostů, paleontologických nálezů, ochranu dřevin rostoucích mimo les, na vytváření sítě zvláště chráněných území a péči o ně, účast na tvorbě a schvalování lesních hospodářských plánů, spoluúčast v procesu územního plánování a stavebního řízení, účast na ochraně půdního fondu, ovlivňování vodního hospodaření v krajině, obnovu a vytváření nových přírodně hodnotných ekosystémů, ochranu krajiny pro ekologicky vhodné formy hospodářského využívání, turistiky a rekreace. (odst. 2 § 2, zákona 114/1992)

Půdou jako takovou se Zákon o ochraně přírody a krajiny příliš nezaobírá, dotýká se jí v několika ustanoveních nepřímo. Zákon mimo jiné stanovuje náhrady za ztížení zemědělského nebo lesního hospodaření (§58), zajištění pozemků k tvorbě systému ekologické stability (§59), stanoví příslušné orgány ochrany přírody (§ 75) a vymezuje jejich působnost v oblasti ochrany přírody a krajiny.

Zákonem se dále upravuje nakládání se zemědělskými pozemky v národních parcích §22b, chráněných krajinných oblastech (odst. 3§26), národních přírodních rezervací (§29), přírodních rezervací (§34), národních přírodních památek (§35), v ochranných pásmech zvláště chráněných územích (§ 37). Je zde vymezován i přístup do krajiny včetně přístupu na pozemky.

Jeden z nejdůležitějších zákonů v ochraně půdy je zákon o ochraně zemědělského půdního fondu č. 334/ 1992 Sb. Tímto zákonem je vymezeno, co je zemědělský fond, jakým způsobem může být využíván, případně jak může být jeho využití měněno, dále vymezuje zásady ochrany zemědělské půdy, používání

sedimentů na zemědělské půdě, postupy pro znečištění nebo ohrožení a upravuje pořizování a evidenci informací o kvalitě zemědělské půdy a evidenci odnětí zemědělské půdy. Zákonem jsou dále stanoveny orgány ochrany ZPF a přestupky, kterých se může fyzická či právnická osoba dopustit.

Prováděcí vyhláška k zákonu o ochraně ZPF byla vydána ministerstvem životního prostředí pod číslem 271/2019 Sb. Touto vyhláškou byl stanoven způsob vyhodnocení předpokládaných důsledků navrhovaného řešení na ZPF při pořizování a zpracování územně plánovací dokumentace a způsob jejího posuzování, obsah a způsob vyhodnocení důsledků u návrhů na stanovení dobývacích prostorů, postupy k zajištění ochrany ZPF a způsob provádění rekultivace.

Důležitým legislativním dokumentem je vyhláška č. 48/2011 Sb., která stanovuje třídy ochrany. Třídy ochrany jsou stanovovány pomocí BPEJ, jejichž charakteristiku podrobně upravuje vyhláška 227/2018 Sb. Dále je důležitá vyhláška č. 153/2016 Sb., kterou jsou upravovány podrobnosti ochrany kvality zemědělské půdy.

3.4 Funkce zemědělské půdy

3.4.1 Úvod

Funkce půdy jsou primárně rozlišovány jako produkční a mimoprodukční neboli environmentální. Tématu produkční funkce a jejich zlepšování byla věnována lidská pozornost od začátku zemědělství, neboť na ní závisí jeho blahobyt. V posledních letech se do popředí dostává ale i otázka funkcí ekologických. Degradace, úbytek půdy a další přímo ohrožují nejen produkční funkci půdy, ale způsobují řadu dalších problémů. Produkční funkce je totiž vázána na funkce mimoprodukční a jejich vzájemné velmi úzké vztahy nesmějí být zásadním způsobem narušeny, aby byla zachovány všechny schopnosti půdy.

Gram půdy může obsahovat až miliardu bakteriálních buněk z deseti tisíc druhů. (Fierer, 2017) Právě stav půdní bioty je považován za nejcitlivější ukazatel kvality půdy díky vysoké citlivosti na změny podmínek prostředí. (Bastida et al., 2008)

Nevhodné zacházení s půdou dlouhodobě narušuje její rovnováhu a ovlivňuje ji fyzikálně, chemicky i biologicky a tím často nenávratně mění její vlastnosti.

Existuje též funkce půdy sociální, kulturní a historická. Půda zakonzervovala nejen dějiny historie lidstva ale i celé přírody. Je to významné archeologické a paleontologické naleziště, nejen ve významu kulturním, ale i biologickém a ekologickém.

Různorodé funkce půdy jsou zásadní pro životní prostředí. Její úloha pro vodní režim krajiny, prostoru pro život rostlin i živočichů, pro látkový koloběh a transformaci látek je nezastupitelná. Funkce mezi sebou interagují a jsou ovlivňovány nejen zvenčí, ale i mezi sebou. V případě narušení jedné funkce jsou zhoršeny podmínky pro plnění funkcí ostatních. (Bičík et al., 2009)

3.4.2 Produkční funkce

Produkční funkce půdy je dlouhodobě definována jako zdroj rostlinné a živočišné produkce. Půda je v tomto kontextu vnímána pouze jako základní výrobní prostředek a od toho se odvíjí její produkční a ekonomické hodnocení. Základním faktorem pro hodnocení je schopnost půdy produkovat zemědělské produkty, biomasu, její produkční potenciál. (Vopravil, 2010)

Voltr uvádí ve své publikaci, že hodnota zemědělského půdního fondu je dána ekonomickým efektem pěstování plodin. Dále uvádí, že tento efekt není závislý jen na kvalitě půdy, ale rovněž na technologii pěstování plodin, a to především hnojení. Intenzifikace zemědělské výroby a výživa rostlin jsou limitovány půdně klimatickými podmínkami, omezením z důvodu ochrany přírodních zdrojů a prevencí degradace půdy. (Voltr, 2011)

Při využívání produkční funkce půdy je zásadní zároveň chránit a podporovat její mimoprodukční funkce, které přímo ovlivňují kvalitu půdy a dlouhodobou schopnost plnit funkci produkční, která je pro člověka zásadní. (Vopravil, 2010)

3.5 Mimoprodukční funkce

Mimoprodukčními funkcemi půdy rozumíme funkce ekologické a funkce kulturní. Kulturní funkce z důvodu zakonzervovaných dějin přírody a lidské činnosti v půdě. Ekologické funkce udržují stabilitu globálních ekosystémů. Půda je definována jako nenahraditelný přírodní zdroj, který ovlivňuje přírodní cykly oběhu

vody, látek a energie, její stav rozhoduje o vývoji krajiny a uspokojování potřeb společnosti. (Vopravil, 2010)

Půda je prostředí, které dává vzniknout suchozemskému životu a jeho rostlinné i živočišné složce. Koloběh živin, vody a látková výměna v přírodě by nebyly možné bez existence půdy, která má zásadní význam i jako prostředí pro výměnu tepelné energie mezi zemí a ovzduším. – (Bičík et al., 2009)

Na mimoprodukční funkce jsou navázány funkce produkční a navzájem jsou zranitelné různými formami degradace. Hospodaření na půdě se zaměřuje primárně na využívání produkční funkce, ale ovlivňuje též všechny funkce ekologické. (Vopravil, 2010)

3.5.1 Infiltrační funkce

Půda je heterogenní prostředí, obsahující množství pórů různé velikosti. Skrze tyto póry je umožněno pronikání vody hlouběji do půdy a následně do podloží. Tento proces se nazývá infiltrací a je součástí přirozeného koloběhu vody v přírodě. Infiltrace zásadně ovlivňuje dotaci, složení a jakost podzemních vod, pramenů, vodních toků a nádrží. (Vopravil, 2010)

Mezi základní faktory ovlivňující infiltraci patří fyzikální vlastnosti a stav půdy, vegetační kryt půdního povrchu, vlhkost půdy, intenzita a trvání srážek a chemické látky přidané do půdy.

Propustnost půdy se zkoumá jako fyzikální vlastnost a je závislá především na velikosti půdních částic, stupni agregace mezi jednotlivými půdními částicemi a uspořádání půdních částic a agregátů. Póry v půdě a jejich velikost přímo ovlivňuje rychlost infiltrace. (Hrádek et al., 2002)

Efektivní pórovitost:

$$n_e = \frac{V_{void,connected}}{V_{total}}$$

$V_{void,connected}$ = objem pórů

V_{total} = celkový objem v prostoru

N_e = celková pórovitost

Darcyho zákon je výchozí bod pro teoretické řešení ustálené infiltrace. Definuje rychlost průtoku kapaliny nasycenou zónou pevného porézního tělesa.

$$v_f = \frac{Q}{A} = k * I$$

v_f = filtrační rychlost

Q = objemový průtok filtrem

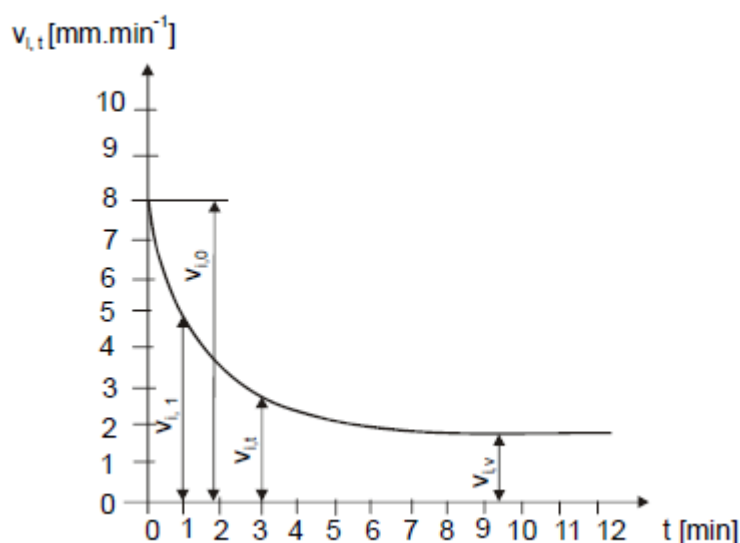
A = plocha v m²

k = koeficient filtrace

I = piezometrický gradient $(h_1-h_2)/L$, výškový rozdíl mezi úrovní hladiny h_1 a h_2 dělený výškou filtru L

Upravená Darcy-Buckinghamova rovnice je základem teoretického řešení neustálené infiltrace.

Zohlednění různorodých charakteristik půdy při teoretickém řešení infiltrace bývají složitá. Z tohoto důvodu se využívají též empirická řešení, které vyjadřují průběh infiltrace v konkrétních přírodních podmínkách. Cílem infiltračních pokusů je určení parametrů vsakovací křivky půdy. (Hrádek et Kuřík, 2002)



Obrázek 1: Vsakovací křivka, zdroj: www.gisak.vsb.cz

3.5.2 Retenční

Retence znamená přirozené nebo umělé dočasné (někdy i dlouhodobé) zadržení vody v půdě.

Schopnost retence vody v půdě úzce souvisí s funkcí infiltrační. Kromě vody je zadržována v půdě celá řada dalších látek, ať už se jedná o živiny v organické hmotě nebo v minerálním sorpčním komplexu. Půda zároveň může zadržovat i různé znečišťující látky. (Vopravil, 2010)

Půdní voda se vyskytuje v půdě ve všech třech skupenstvích a bez působení vody v půdě by probíhal fyzikální rozpad. Díky působení kapalně vody je možná řada fyzikálních, chemických a biologických procesů. Většina půdní vody pochází z atmosférických srážek. (Smolíková, 1988)

Voda v půdě se může vyskytovat ve vázané nebo pohyblivé podobě v plynném, kapalném i pevném skupenství, která mezi sebou mají vzájemné vazby. Voda vyskytující se v půdních pórech je obohacena o chemické látky organické i anorganické. Na povrchu půdních částic se nachází voda hygroskopická, kterou půdní částice absorbují z půdního vzduchu. Při nárůstu půdní vlhkosti se vyskytuje voda obalová, která je vázána menšími silami. V kapilárních půdních pórech se nachází kapilární voda držena kapilárními silami. Mezi složky půdní vody nepatří chemický vázaná voda, která je součástí různých sloučenin a molekul. (Šarapatka, 2014)

Souhrnem všech příjmů, akumulací a výdajů vody z půdy je vodní režim. Z kvantitativního hlediska ho za přesné časové období charakterizuje vodní bilance.

Vodní bilanci lze vyjádřit rovnicí:

$$Z_z + S + P_{PV} + P_{PZ} + K = E + T + O_{PV} + O_{PZ} + Z_K$$

Z_z = zásoba vody v půdě na počátku bilančního období

S = srážkový úhrn

P_{PV} = povrchový přítok

P_{PZ} = podzemní přítok

K = kondenzace

E = evaporace

T = transpirace

O_{PV} = odtok povrchových vod

O_{PZ} = odtok podzemních vod

Z_K = zásoba vody na konci bilančního období

Podle Kutílka jsou za základní pojmy určení půdní vlhkosti považovány hmotnostní a objemová vlhkost. (Kutílek et al., 2004)

Hmotnostní vlhkost půdy je poměr mezi hmotností vody a tuhé složky půdy.

$$w = \frac{m_w}{m_z}$$

m_w = hmotnost vody

m_z = hmotnost zcela vysušené půdy

V procesu sušení půdního vzorku musí být odstraněna pouze voda. Nesmí být odstraněny součásti tvořící půdní hmotu. (Pavlásek et Jačka, 2014)

Objemová vlhkost půdy je potom poměrem objemu vody a objemu vody neporušeného vzorku půdy.

$$\theta = \frac{V_w}{V_s}$$

V_w = objem vody

V_s = objem vzorku půdy

Přesnější vyjádření objemu vody v půdě z fyzikálního pohledu je pomocí hmotnostní vlhkosti. U objemové hraje totiž roli objemová nestálost půdy.

Zásoba vody v půdním profilu se přepočítává pomocí objemové vlhkosti:

$$w = \int_0^z \theta * dz$$

dz = hloubka půdního profilu uvedená v mm nebo cm

(Kutílek et al., 2004)

Grafickým znázorněním mezi vlhkostním potenciálem a objemovou vlhkostí půdy je retenční čára půdní vlhkosti. Její průběh je závislý na objemové hmotnosti, struktuře, zrnitostním a mineralogickém složení, obsahu organické hmoty a výměnných kationtech. (Kutílek et al., 2000) Tento výčet ještě Hillel doplňuje o poměr kapilárních pórů. (Hillel, 2004) Je nutné ji stanovit pro každou půdu individuálně, nelze její průběh odhadovat. Setkáváme se zde s hysterezí, kdy průběh pro odvodňování původně vlhké půdy je odlišný od průběhu retenční čáry pro zvlhčování půdy ze suchého stavu. Hysterezi způsobuje především vliv uzavíraného vzduchu nebo vody ve slepých pórech, proměnlivost průřezu pórů a rozdílná hodnota smáčecího úhlu. (Kutílek et al., 2000)

3.5.3 Transportní a perkolační

Přenos látek probíhá v půdě vertikálně i horizontálně. Látky migrují v půdním prostředí a přenášejí se mezi pedosférou, hydrosférou a atmosférou. Velmi důležitou roli hraje opět voda, která je nejčastějším transportním médiem. (Vopravil, 2010)

3.5.4 Pufrační

Pufrační funkce půdy tlumí změny půdní reakce. Jedná se o schopnost půdy tlumit reakci na okyselování, acidifikaci, rychlé teplotní změny apod. Při výrazném poklesu půdní reakce vyvolané zvenčí, ztrácí půda svou pufrační schopnost a změny jsou nevratné. (Vopravil, 2010)

3.5.5 Transformační

Funkce půdy transformovat látky v jejich cyklu, umožňovat procesy rozkladu, mineralizace a syntézy. Při narušení této schopnosti půdy mohou vzniknout problémy se znečištěním půdy či vody v ní obsažené, případně problémy s výživou rostlin. (Vopravil, 2010)

3.5.6 Asanační

Úzce souvisí s transformační funkcí. Zahrnuje procesy rozkladu a mineralizace živočišných organismů. (Vopravil, 2010)

3.5.7 Genová rezerva, prostředí pro organismy

Půda je prostředkem umožňujícím vznik života na souši. Organismy žijí nejen na jejím povrchu, ale i uvnitř půdy a jsou zásadním pro dosažení optimálních půdních podmínek. (Vopravil, 2010)

3.6 Degradace

Degradace půdy je narušení určité vlastnosti nebo funkce půdy. Degradaci se označují v současnosti všechny procesy, vedoucí ke znehodnocování půdy ve funkcích produkčních i environmentálních, mimoprodukčních. Mezi zásadní příčiny degradace patří negativní dopady intenzivního zemědělského hospodaření. Postupný degradační proces vede k omezení a následné destrukci produkčních i mimoprodukčních funkcí půd. (Voltr, 2011)

3.6.1 Vodní eroze

Vodní eroze je společně se zábory půdy největším současným degradačním faktorem půd. Šarapatka uvádí, že v ČR je vodní erozí ohroženo přibližně 50% rozlohy kultivovaných zemědělských ploch. Nelze jí zabránit, lze ji ale omezit. (Šarapatka, 2014)

Příčinou vodní eroze je kombinace řady faktorů, které jsou použity při výpočtu ztráty půdy bilanční rovnicí. (Janeček, 2012) Patří mezi ně hydrologické, klimatické, morfologické, geologické a půdní podmínky a zároveň podmínky vegetační a způsob obhospodařování půdy. Účinná protierozní opatření potom cílí na tyto faktory. K omezování eroze přispívá především zlepšení půdní struktury, osevní postupy, protierozní agrotechnika a protierozní technologie pěstování plodin, obdělávání orné půdy po vrstevnici, protierozní pásy a rozdělení půdních bloků. Protierozní ochrana je motivována dotační politikou, která standardy DZES5 (GAEC) stanovuje povinná opatření pro zemědělce, pobírající dotace. (Šarapatka, 2014)

3.6.2 Větrná eroze

Při větrné erozi působí vítr na povrch půdy mechanickou silou, rozrušuje půdní agregáty a uvolňuje půdní částice, které potom přenáší na různou vzdálenost. (Hruška et al., 2018)

Činitelé ovlivňující průběh větrné eroze jsou stav a povaha půdy, struktura a vlhkost půdy, drsnost půdního povrchu a vegetační pokryv, který je rozhodujícím faktorem při ochraně půdního povrchu (Hruška et al., 2018)

V ČR je větrnou erozí ohroženo 10,4 % zemědělských půd. (Pavlů, 2018)

Důsledkem větrné eroze je snížení mocnosti půdního profilu, poškození fyzikálních a chemických vlastností půdy a znečištění ovzduší. (Hruška et al., 2018)

3.6.3 Utužení

Utužení neboli pedokompakce, zhutnění je degradace fyzikálních vlastností půdy, při kterém dochází k rozpadu půdní struktury, změnám pórovitosti, objemové hmotnosti. Je negativně ovlivněna schopnost infiltrace a propustnosti, tím se urychluje povrchový odtok zvyšuje se eroze. Zároveň je snížena retenční kapacita a využitelná vodní kapacita, což způsobuje zhoršené podmínky pro vegetaci, probíhá potlačování biologické aktivity v důsledku zhoršení vodního, vzdušného a termického režimu půdy. Tyto faktory mají negativní vliv na produkční a mimoprodukční funkce půdy.

V ČR je utužením ohroženo asi 49 % půd. Nejvýznamnějším jevem je tzv. technogenní utužení podorničí, zvláště na těžších půdách, je mu vystaveno 70 % ohrožených půd. (Vopravil, 2010)/ (Hruška et al., 2018)

3.6.4 Acidifikace

Acidifikace neboli okyselení půdy je degradační proces, při kterém dochází ke snižování obsahu uhličitánů v půdě a půdním roztoku a vytěšňování bazických kationtů (Ca a Mg) ze sorpčního komplexu. Dochází k ní především působením lidské činnosti a její rychlost závisí na intenzitě kyselých vstupů a přítomnosti CaCO_3 v půdě. (Voltr, 2011)

Důsledkem je pokles hodnoty půdní reakce (pH), kdy hrozí nedostatek některých živin pro potřeby růstu rostlin a kdy se zvyšuje rozpustnost a mobilita rizikových prvků. Pokles pH je příčinou i destrukce půdní struktury a nárůstu náchylnosti půdy k erozi. Acidifikace dále způsobuje zhoršení kvality organické hmoty, zpomalování uvolňování minerálního dusíku nebo petrifikaci fosforu do sloučenin. (Hruška et al., 2018)

Acidifikací je ohroženo 43 % půd ČR. (Hruška et al., 2018)

3.6.5 Úbytek organické hmoty

Půdní organická hmota je nepostradatelná ke stabilizaci a udržení půdní struktury, k zadržování vody, je zásobárnou živin a pufrací činitel. Je nezbytná k zajištění biologické rovnováhy a životu v půdě. (Voltr, 2011) Jejím hlavním zdrojem je rostlinná biomasa vznikající aktivitou primárních producentů. Organický materiál vstupuje do půdy v nadzemním nebo podzemním rostlinném opadu, kdy podzemní se významně podílí na vzniku stabilní půdní organické hmoty. (Šantrůčková et al., 2018) Akumulace organických látek v půdě závisí na řadě faktorů – klimatu, půdotvorném substrátu, vegetaci, vodním režimu a zemědělském hospodaření. (Voltr, 2011)

Za příčiny úbytku organické hmoty (dehumifikace) je považována vodní a větrná eroze, zvýšená mineralizace, zvýšená aerace, nedodávání organické hmoty do půdy. Esenciální dopad na obsah organické hmoty má využití půdy. Její vyšší obsah mají zatravněné půdy než půdy orané. Způsob hospodaření na oraných půdách je zásadní pro udržení obsahu organické hmoty, kterou je nutno do půdy doplňovat formou kvalitních organických hnojiv. (MZe, 2021)

Úbytek organické hmoty v půdě má rozsáhlé dopady jako ztrátu stability půdních agregátů, větší vulnerabilitu vodní a větrnou erozí, snížení pufrací a filtrační schopnosti, retenční kapacity a omezení poutání živin. Zároveň se zvyšuje obsah dusičnanů v půdě a mobilita kontaminujících látek. Kombinace všech těchto faktorů má zásadní destruktivní účinky na produkční a mimoprodukční funkce. (MZe, 2021)

3.6.6 Kontaminace

Významným typem degradace půd je kontaminace, která se v rámci materiálu EU „Soil Thematic Strategy“ zařazena k nejvýznamnějším degradačním procesům. (Hruška et al., 2018)

Kontaminaci způsobují potenciálně rizikové prvky a látky v půdním prostředí, mezi něž patří rizikové prvky, perzistentní organické polutanty, radioaktivní prvky, kyanidy a další chemické látky. Bývají antropogenního původu a do půdy se dostávají z imisních zátěží, při havarijních situacích, vypouštěním odpadních vod, z nezabezpečených skládek odpadů a z agrochemikálií a odpadních látek používaných v zemědělství. (MZe, 2021)

Dopady kontaminace půdy jsou dalekosáhlé. Dochází k narušení základních funkcí procesu humifikace, k transportu kontaminujících látek do povrchových i podzemních vod a do potravních řetězců. Je zde také riziko kvalitativního nebo kvantitativního ohrožení zemědělské rostlinné produkce a v neposlední řadě riziko přímého ohrožení lidského zdraví. (MZe, 2021)

3.6.7 Zábory – průmyslové, občanské

Zastavování území je největším problémem zemědělských půd současnosti. Příčinou jsou nižší náklady investorů při stavbě na zelené louce, než v městských oblastech a brownfieldech. (Hruška et al., 2018)

Mezi hlavními faktory, které vedou ke skupování půdy investory je rozdílná cena mezi státy západní, střední a východní Evropy, která od západu na východ klesá. (Kay, 2015) Dalším faktorem je legislativa v rámci vyjmutí půdy ze ZPF, která nedostatečně reflektuje potřebu chránit zemědělskou půdu před zastavováním. Zvýšenému zájmu zahraničních i tuzemských investorů nahrává i výhodná tranzitní poloha České republiky v rámci Evropy.

Důsledkem je nenávratná ztráta půdy a destrukce jejích produkčních i ekologických funkcí. Mimo jiné se eliminuje biodiverzita, znemožňuje infiltrace, retence a ohrožuje hladina podzemních vod. (Hruška et al., 2018)

3.7 Hodnocení produkční funkce

Významným nástrojem pro hodnocení produkční funkce je v ČR bonitace. V šedesátých letech 20. století byl uskutečněn Komplexní průzkum zemědělských půd, který zavedl klasifikaci půdních jednotek a položil základ pro bonitaci zemědělského půdního fondu. Cílem bonitace je zhodnotit a ocenit veškeré agronomické a ekonomické vlastnosti týkající se zemědělských pozemků. (Vopravil, 2010) (Kozák, 2009)

3.7.1 Systém BPEJ – co to je, historie, vznik, KPP, struktura kódu

Základní jednotkou bonitace je Bonitovaná půdně ekologická jednotka – BPEJ. Je označena pětímístným číselným kódem, který reflektuje klimatické, stanovištní a půdní podmínky. Definuje a upravuje ji vyhláška č. 227/2018 Sb.

Označení kódu BPEJ	Pořadí číslice v kódu BPEJ		Rozsah hodnot
X.xx.xx	1.	kód klimatického regionu	0-9
x.XX.xx	2. a 3.	kód hlavní půdní jednotky	01-78
x.xx.Xx	4.	sdužený kód sklonitosti a expozice	0-9
x.xx.xX	5.	sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy	0-9

Obrázek 2: Struktura kódu BPEJ, zdroj: www.bpej.vumop.cz

Klimatické regiony jsou uvedeny ve vyhlášce 227/2018 Sb., byly stanoveny na základě dat ČHMÚ z období 1901-1950 a za určující hlediska byly stanoveny sumy průměrných ročních teplot vzduchu nad 10 °C, průměrné roční teploty vzduchu, průměrný roční úhrn srážek, pravděpodobný výskyt suchých vegetačních období a údaj o vláhové jistotě, hranice sucha a další faktory jako nadmořská výška, údaje o známých klimatických singularitách a faktor mezoreliéfu. (VÚMOP, 2019)

Hlavní půdní jednotka je účelovým seskupením půdních forem příbuzných vlastností a je přílohou č. 2 vyhlášky 227/2018 Sb. Celkem je definováno 78 HPJ.

Sdužený kód sklonitosti a expozice je uveden v příloze č. 3 vyhlášky 227/2018 Sb., určuje se podle stupňů stoupání svahu a jeho slovní hodnocení je úplná rovina, rovina, mírný sklon, střední sklon, výrazný sklon, příkrý sklon a sráz. Expozice vyjadřuje polohu území BPEJ vůči světovým stranám ve čtyřech kategoriích.

Sdužený kód skeletovitosti a hloubky půdy je uveden v příloze č. 4 vyhlášky 227/2018 Sb., obsah skeletu je vyjádřen celkovým objemovým obsahem pevných částic hornin od 4 do 30 mm (štěrk) a nad 30 mm (kamene), hloubka půdy potom část půdního profilu omezenou pevnou horninou nebo silnou skeletovitostí.

Bonitace probíhala v 70. letech 20. století a vycházela z Komplexního průzkumu půd, provedeném v letech 1961–1970 v celém ČSSR. Cílem byla klasifikace a oceňování půd pro daňové a cenotvorné účely a pro účely pozemkové směny. BPEJ je základní oceňovací jednotkou. Byla vytvořena metodicky jednotná

klasifikační soustava půd, která rozlišovala jednotlivé faktory úrodnosti. (Němec, 2004)

V rámci bonitace proběhly dva průzkumy. Terénní bonitační průzkum upřesnil a transformoval informace z KPP, zmapoval veškerou zemědělskou půdu a data zpracoval do map a databáze BPEJ. Pro ekonomický průzkum bylo na základě vytipování nejdůležitějších BPEJ zvoleny reprezentativní pozemky pro bonitační výzkum. Celkem bylo sledováno cca 7000 modelových pozemků a získány data o naturálních výnosech a přímých nákladech pro deset oceňovacích zemědělských plodin. Na základě těchto oceňovacích zemědělských plodin byly vytvořeny tzv. OTS – oceňovací typové struktury s cílem ocenění produkční schopnosti půd. V současné době je 38 OTS. (Němec, 2004)

3.7.2 Bodové hodnocení

Analýzou vztahů mezi hektarovými výnosy na 7000 stanovištích vznikla bodová metoda ocenění. K hodnocení produkčního potenciálu je aplikována synteticko-parametrická metoda jednotného bodového hodnocení BPEJ v ČR. Vzorec:

$$PP_{BPEJ} = (B_{HPJ} + B_Z + B_{SE} + B_{SH}) * K_{KR}$$

PP_{BPEJ} = produkční potenciál BPEJ

B_{HPJ} = body za hlavní půdní jednotku v rozsahu 1–50 bodů

B_Z = body za zrnitost v rozsahu 5–25 bodů

B_{SE} = body za svažitost (S) a expozici (E) v rozsahu 0–10 bodů

B_{SH} = body za skeletovitost (S) a hloubku půdního profilu (H) v rozsahu 0–15 bodů

K_{KR} = koeficient za klimatický region v rozsahu 0,60 – 1,00.

Bodová hodnota je získána součtem jednotlivých bodových hodnot, kdy maximální bodová hodnota činí 100 bodů.

Metoda bodového hodnocení potenciálu produkční funkce se stal základem metodického postupu při bodovém hodnocení ekologických funkcí. Byly obodovány funkce poměrně jednoduše změřitelné – infiltrace a retence a ty byly obodovány. Ostatní ekologické funkce díky nedostatku dat nebyly obodovány. (Novák, 2009) Australští autoři Wong a Wittwer uvádí metodu měření pHBC (pH buffer capacity),

kteřá by mohla být předmětem dalšího metodologického zpracování a zapracování do hodnocení ekologických funkcí. Ovšem metoda je časově a ekonomicky náročná, jak upozorňuje autor. (Wong et Wittwer, 2013)

3.7.3 Úřední a tržní ceny

Úřední ceny zemědělské půdy byly zpracovány na počátku 90. let 20.století Výzkumným ústavem zemědělské ekonomiky po analýze praktických i teoretických postupů oceňování půdy ve vyspělých zemích. Při zpracování byly použity výsledky nové bonitace. Předpokladem bylo, že úřední ceny budou objektivně vyjadřovat hodnotu půdy v rozdílných přírodních a půdně klimatických podmínkách. Tento přístup má ovšem nedostatky. Takto nastavené úřední ceny nemohou reflektovat ekonomické a tržní ocenění konkrétního zemědělského pozemku. (Němec, 2004)

Tržní cena odráží nejen ekonomický potenciál, ale i velikost, horizontální a vertikální členitost, polohu, způsob využívání a další specifika. Tržní cena vyplývá z nabídky a poptávky. (Němec, 2004)

3.8 Hodnocení ekologické funkce

3.8.1 Ekologické funkce – úvod

Pojem „kvalitní půda“ a jeho vnímání se odvíjí od priorit, které jsou pro jednotlivé funkce individuální. Pro produkční funkce se hodnotí agrochemické a produkční vlastnosti. Pro funkce ekologické jsou hodnocena kvantifikovatelná hlediska. Bohužel některé ekologické funkce nelze jednoduše kvantifikovat, patří mezi ně například funkce genové rezervy. Základní aspekty pro odvození kvality půdy definovali různí autoři (Parr et al., 1992) (Granatstein et Bezdicek, 1992) (Arshad et Coen, 1992) a lze je shrnout do třech kategorií. Trvale udržitelná produkce zemědělských plodin a bioty, kvalita životního prostředí a zdraví člověka a živočichů. Máme-li tedy zájem se zemědělskou půdou udržitelně hospodařit a zachovat ji v přijatelném stavu pro příští generace, je důležité její kvalitu definovat komplexně. (Parkin et Doran, 1994) potom navrhli definici kvality půdy jako „Schopnost půdy plnit funkce daného ekosystému tak, aby byla trvale zajišťována biologická produktivita, udržována kvalita životního prostředí a podporováno zdraví rostlin a živočichů.“

3.8.2 Možnosti hodnocení ekologických funkcí

Vzhledem k možnostem přístupů hodnocení a množství charakteristik jednotlivých funkcí půdy je hodnocení ekologických funkcí velmi komplikované. To je také důvodem, proč je zatím v České republice zpracováno pouze vymezení Tříd ochrany ZPF, které ovšem nedokáže postihnout komplexnost této problematiky.

V současnosti je několik možných metod oceňování složek životního prostředí. Seják uvádí, že v zásadě existují dva přístupy a to:

- a) Preferenční metody, tedy metody založené na lidských preferencích. Někdy se také tento přístup nazývá přístupem prostřednictvím poptávkové křivky
- b) Nepreferenční metody, tedy metody založené na expertním zjišťování nákladů a rizik (Seják et Dejmál, 2003)

3.8.3 Preferenční metody

Preferenční metody lze identifikovat a rozdělit na tři přístupy.

Metoda odhalených preferencí – souvisejících trhů

První vychází ze souvisejícího tržního ocenění, kde již na souvisejících trzích byly odhaleny či stanoveny preference. Je to metoda nepřímého oceňování kvality životního prostředí, která zkoumá chování lidí na trzích souvisejících s životním prostředím. Rozdíly v ceně např. nemovitostí mohou být odvozeny z rozdílů v kvalitě životního prostředí a tyto postupy jsou využívány v tzv. hedonické metodě. Ta se snaží dedukovat ocenění ze skutečného chování lidí na trzích, nevýhodou je v jejím použití, že přijímá řadu předpokladů, které nejsou zpravidla podrobovány bližšímu testování. (Seják et Dejmál, 2003)

Metoda hedonického oceňování souvisí se dvěma trhy. Na trhu nemovitostí vychází z předpokladu, že rozdíl cen přibližně stejných nemovitostí umístěných v rozdílných podmínkách životního prostředí je odvozen od ocenění těchto přírodních podmínek, které je jim lidmi připisováno. Na trhu práce potom předpokládá, že zdravotní riziko spojené s nízkou kvalitou životního prostředí je zahrnuto ve mzdě. (Soukupová, 2011) Tato metoda mzdového rizika, někdy zjednodušeně nazývána metodou k odhadu „ceny lidského života“, předpokládá, že každý má možnost volby

mezi výší příjmu a zdravím a tato substituce mezi důchodem a zdravím je měřena ochotou platit a oceňována jako hodnota zdraví. (Sejál et Dejmál, 2003) Dále je to metoda cestovních (převážně) nákladů, která se rozvinula pro měření hodnot a užitek z rekreačních a krajinně-estetických funkcí přírody a vychází z předpokladu, že peníze a čas vynaložený lidmi na cestování do přírody je odhadem ochoty za ně platit. Je odvozována z individuálních cestovních nákladů, které vycházejí z analýzy skutečného chování spotřebitelů. (Sejál et Dejmál, 2003) (Soukupová, 2011)

Metody přímého zjišťování preferencí

Druhý vychází z odhalení preferencí lidí – z toho, co sami říkají, že je jejich oceněním daného ekologického problému. Spočívá v přímém dotazování lidí, kolik jsou ochotni zaplatit za určité zlepšení životního prostředí. Tyto „contingent valuation methods“ (CVM neboli CV metody) mohou být užitečné, pokud je lidem jasně vysvětlena podstata ekologického problému, protože odhalují, podobně jako volební systém, sílu individuálních preferencí. Na druhou stranu existují výhrady, že jde pouze o hypotetické oceňování a není nijak zaručeno, že projevené preference budou odpovídat jejich skutečnému chování. Pro tyto metody je používán speciální dotazník. (Soukupová, 2011) (Sejál et Dejmál, 2003)

3.8.4 Nepřefereční metody – expertní

Tyto metody vycházejí z expertního určování environmentálních hodnot různých částí životního prostředí, nebo nákladů a rizik spojených s netržními vlivy.

Metody pomocí nákladů a fyzických škod

Mezi tyto metody patří **metoda nákladů prevence-obnovy environmentálního zdroje**. Zakládá se na nákladech nezbytných k prevenci poškozování environmentálního statku nebo nutných k jeho náhradě či obnově, pokud byl poškozen. Jako příkladem mohou být náklady náhrady nebo obnovy ekosystémů.

Metoda nákladů zabránění vychází ze soukromých vynakládaných nákladů jedinců či domácností na zamezení působení negativního vlivu. Častou variantou je vyčíslování nákladů na opatření z veřejných prostředků, např. na léčení onemocnění způsobených poškozením životního prostředí.

Metoda nákladů příležitosti oceňuje environmentální statek alternativními náklady, to znamená užitek plynoucím z alternativního využití oceňované lokality. Příkladem může být meliorovaná mokřadní louka, kdy náklady na meliorace lze považovat za přibližné ocenění.

Metoda ocenění environmentálního statku analýzou rizika tržních škod vychází z tržního hodnocení skutečných účinků vznikajících při změnách životního prostředí. Při užití této metody se měří škody při zhoršování životního prostředí, které zahrnují škody na majetku, škody na zdraví a na druhou stranu i pozitivní účinky ze zkvalitňování životního prostředí. Hodnotí se fyzické změny životního prostředí a odhaduje se jejich vliv na ekonomické aktivity člověka.

Metoda funkce škod primárně vychází ze zkoumání fyzických veličin a zkoumá vztah mezi ekologickou škodou a příčinami jejich vzniku. Dále jsou na zjištěné veličiny použity preference jednotlivců a oceňují se škody buď prostřednictvím tržních cen, nebo prostřednictvím odhalení cen. (Seják et Dejmál, 2003)

Hesenská metoda

Tato metoda přistupuje k ekonomickému ocenění v návaznosti na území, protože biosféra je vázána na zemský povrch. Toto pojetí umožňuje rozšířit ekonomickou hodnotu o aspekt vnitřní hodnoty životního prostředí a oceňuje jeho funkce prostřednictvím ekologů – expertů, u kterých se předpokládají relativně nejlepší poznatky o vnitřní hodnotě životního prostředí. Je zde vycházeno z představy, že při soustavném poškozování funkcí přírodních statků je nutno vynakládat prostředky na obnovu těchto funkcí. Tyto náklady na obnovu a revitalizaci jsou srovnávány s ekologickým užtkem daného přirozeného ekosystému a dále srovnány s preferencemi lidí pro tento ekosystém. Bodové hodnoty přiřazené biotopům na základě ekologických charakteristik (zralost, přirozenost, diverzita struktur, diverzita druhů, vzácnost biotopů, vzácnost druhů, citlivost biotopů, ohrožení množství a kvality biotopů) jsou převedeny do peněžní podoby násobením bodu průměrnými náklady obnovení přírodních zdrojů. (Soukupová, 2011) (Seják et Dejmál, 2003) Tato metoda byla propojena s přístupem land cover a tím bylo umožněno propočíst ekonomické hodnoty ekologických funkcí celého území České republiky. (Soukupová, 2011)

Metoda hodnocení funkcí lesů

Při hodnocení funkce lesů se vychází z hospodářských soubor a porostních typů. Hodnotí se zde šest funkcí – bioprodukční, ekologicko-stabilizační, hydricko-vodohospodářská, edafická-půdoochranná, sociálně-rekreační, zdravotně-hygienická. Kompletní metodiku vyvinul Vyskot a je používána Ministerstvem životního prostředí ČR. Edaficko-půdoochrannou funkci hodnotí na základě faktoru srážek, půdního typu, faktoru sklonu svahu, potenciální eroze, hloubky půdy, intenzitě humifikace a formy nadložního humusu. (Vyskot, 2003)

4 Metodika

4.1 Úvod

Ekologické funkce půdy jsou obsáhlým a komplikovaným tématem. V rozsahu práce není prostor postihnout všechny včetně jejich provázanosti. Proto bylo vybráno zpracování půdní vlhkosti. Na základě zkušeností z posledních let je zásoba vody v půdě a její distribuce velmi aktuálním tématem, což dokládá i vznik portálu intersucho.cz v roce 2012, provozovaný Ústavem výzkumu globální změny AV ČR, Mendelovou univerzitou a Státním pozemkovým ústavem.

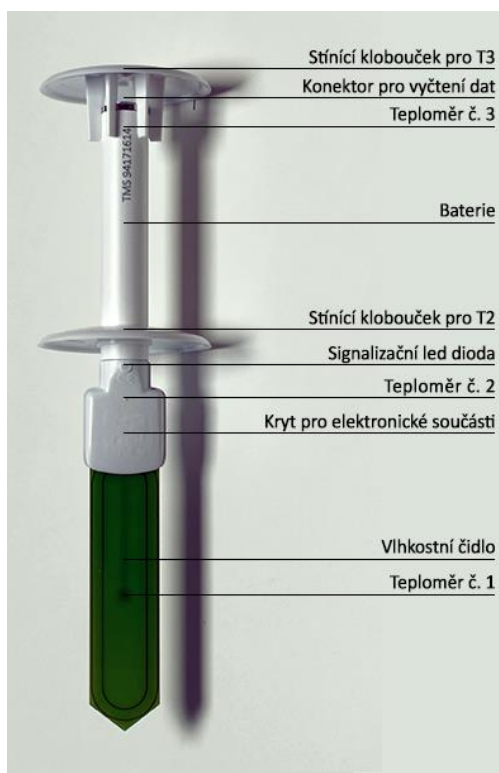
Půdní voda je kapalná fáze, která je obsažena v půdních pórech. Množství vody v půdě se nazývá půdní vlhkostí. Na půdní vlhkosti je závislá tepelná vodivost půdy. Tepelný režim půdy závisí na zdroji tepelné energie, na vlastnostech půdy a půdního povrchu. Největší absorpce tepla je u tmavého drsného povrchu a u terénu s jižní expozicí svahů. Na vyrovnání teplotních extrémů působí vegetační kryt. Míra zahřátí půdy závisí na tepelné kapacitě půdy, ztrátách energie při výparu vody z půdy a na přenosu energie do hlubších vrstev půdy. (Kutílek et al., 2000)

4.2 Technické řešení

V rámci výzkumného projektu Ministerstva zemědělství NAZV – Optimalizace dotačního titulu na zalesňování zemědělské půdy (QK1910232) bylo vytipováno zájmové území. Na lokalitě byly nainstalovány čidla za účelem měření vlhkosti půdy, srážkoměr s dataloggerem a byly odebrány porušené a neporušené

půdní vzorky pro stanovení fyzikálních, hydrofyzikálních a chemických vlastností půdy.

Zakopávací vlhkostní čidla TOMST TMS-4 pomocí tří teplotních a jednoho vlhkostního senzoru měří půdní teplotu a půdní vlhkost. Skládá se ze dvou částí, první je měřič půdní vlhkosti a dva teploměry, druhá část je složena z baterie, sondy pro stahování dat a teploměru, který měří vzdušnou teplotu. Obě části jsou propojeny kabelem se speciální izolací proti poškození a korozi. Čidla se dají používat až do hloubky 2 metrů. Pro správnou funkčnost měření je zásadní kvalitní a přesná instalace. Při nedostatečném kontaktu s půdou ať už vlivem vzduchových kaps nebo v půdách vysychavých může dojít ke zkreslení naměřených hodnot. Čidla zaznamenávají data každých 15 minut. (TOMST, 2021)



Obrázek 3: Vlhkostní čidlo TOMST TMS-4 (zdroj: www.tomst.com)

Srážkoměr neboli ombrometr byl umístěn v blízkosti čidla F1 na orané půdě. Jedná se o člunkový srážkoměr typu SR03 o záchytné ploše 500cm³ měřící s přesností 0,1mm. K němu je připojen datalogger MicroLog ER. Je zaznamenáváno množství srážek v milimetrech, a to v intervalu 15 minut.



Obrázek 4: Srážkoměr a datalogger na stanovišti F1

Výhodou je automatické zaznamenávání dat jak na čidlech, tak na srážkoměru, což umožňuje plynulé zaznamenávání hodnot bez nutnosti aktivní účasti. V průběhu a na konci stanoveného období jsou sebraná data k dispozici ke stažení a následnému vyhodnocení. Nevýhodou je nutnost osobní přítomnosti při stahování dat, nelze se připojit k zařízení online.

4.3 Popis zájmového území

Zájmové území se nachází v okrese Praha-východ, v katastrálním území Hovorčovice. Plocha má stanovenou BPEJ 20100. Nachází se v druhém klimatickém regionu, který je definován jako teplý, mírně suchý s průměrnou roční teplotou 8-9 °C a průměrných úhrnů srážek 500–600 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je v tomto regionu 20-30 % a vláhová jistota (poměr průměrného množství srážek a průměrné teploty za období) je 2-4. Hlavní půdní jednotka (HPJ) je zde 01, černozem modální vyvinutá na spraši.

Hydropedologické charakteristiky jsou pro HPJ 01 podle katalogu BPEJ určeny takto: hydrologická skupina B – půdy se střední rychlostí infiltrace, infiltrace a propustnost je střední (0,1-0,15 mm/min), retenční vodní kapacita (RVK) vysoká (od

320 l/m²) a využitelná vodní kapacita (VVK) vysoká (od 200 l/m²). Půda není trvale, ani periodicky zamokřena a není vysychává.

Stanoviště se nachází v úplné rovině s všesměrnou expozicí, půda je bez skeletu a je hluboká nad 60 cm. Spadá do třídy ochrany I. podle vyhlášky č. 150/2013 Sb.



Obrázek 5: Výzkumná plocha a rozmístění čidel

4.4 Průběh monitoringu

Na začátku vegetační sezóny roku 2020 byla na výzkumné ploše nainstalována čidla monitorující vlhkost půdy v hloubce 20, 40, 60 cm a ombrometr. Čidlo označené F1 bylo umístěno na orné půdě bez vegetačního krytu, v blízkosti byl též umístěn ombrometr. Čidlo F2 bylo instalováno v porostu směsi dubu letního (*Quercus robur*), dubu červeného (*Quercus rubra*) a javoru mléče (*Acer platanoides*).



Obrázek 6: Stanoviště F1



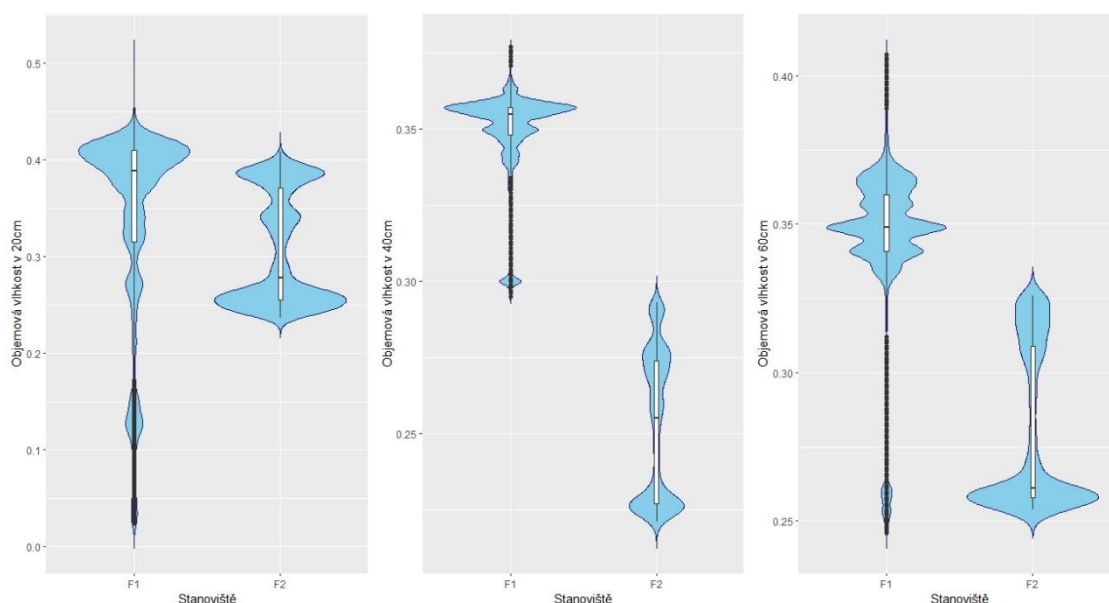
Obrázek 7: Stanoviště F2

V hloubkách 20, 40 a 60 cm byly odebrány jak neporušené vzorky půdy (Kopeckého válečky) pro stanovení fyzikálních, hydrofyzikálních vlastností, tak porušené vzorky pro stanovení chemických vlastností půdy. Jejich charakteristiky jsou uvedeny v přílohách 1-5.

5 Vyhodnocení výsledků

Na obou stanovištích byly naměřena půdní objemová vlhkost a teplota ve třech hloubkách. Měření probíhalo od března do prosince v 15minutových intervalech. Tato data byla zpracována statistickými metodami v programu R.

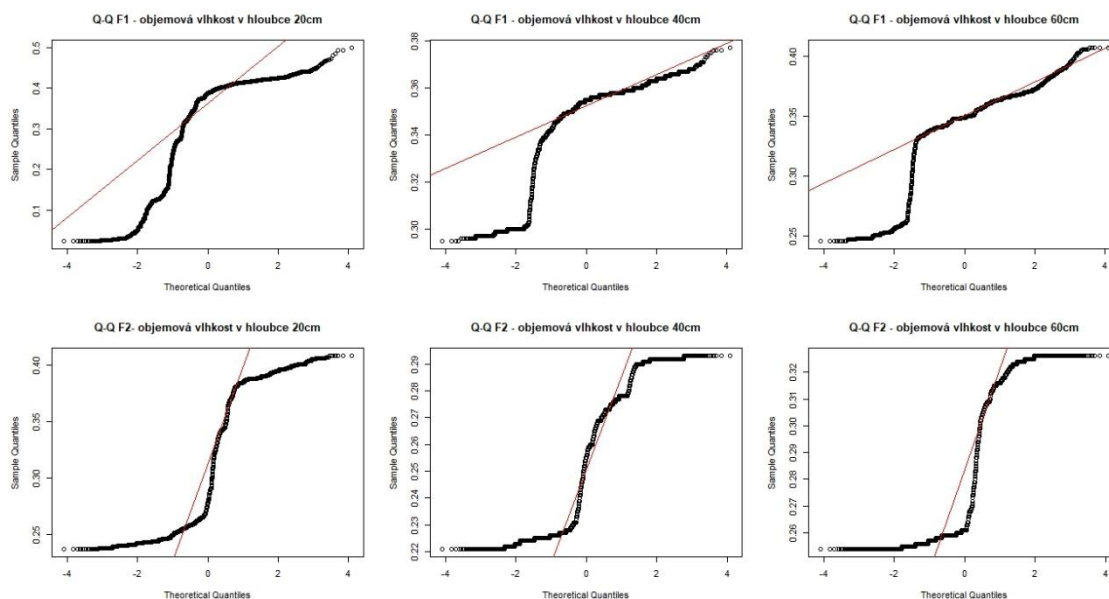
Nulová hypotéza: Objemová vlhkost půdy se mezi stanovišti neliší. Tato nulová hypotéza byla aplikována na všechny tři hloubky. Zobrazení v grafu:



Obrázek 8: Krabicový graf s rozložením hustoty dat

Grafické znázornění napovídá, že objemová vlhkost je na stanovištích rozdílná, je ovšem nutné tuto alternativní hypotézu ověřit.

Pro takto velký dataset (50 000 hodnot) není možné použít Shapiro test, proto byl použit Kolmogorov-Smirnovův test pro kontrolu normality rozdělení. P-hodnota pro všechny hloubky byla stanovena testem jako $2,2e-16$, tudíž se předpokládá, že data nemají normální rozdělení. Zobrazení v kvantilovém grafu pro grafické ověření normálního rozdělení reziduí.



Obrázek 9: Kvantilové grafy rozdělení reziduí

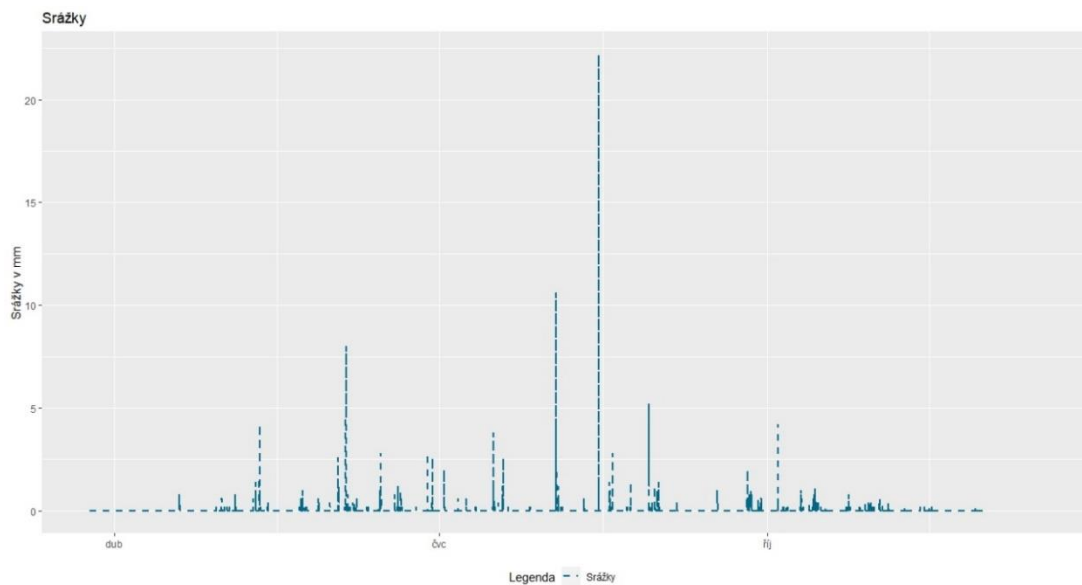
Kvantilovými grafy bylo naznačeno, že rozdělení reziduí neodpovídá normálnímu rozdělení.

Na základě těchto informací byl pro vyhodnocení dat zvolen neparametrický Wilcoxonův párový test. Výsledné p-hodnoty jsou zaneseny v tabulce:

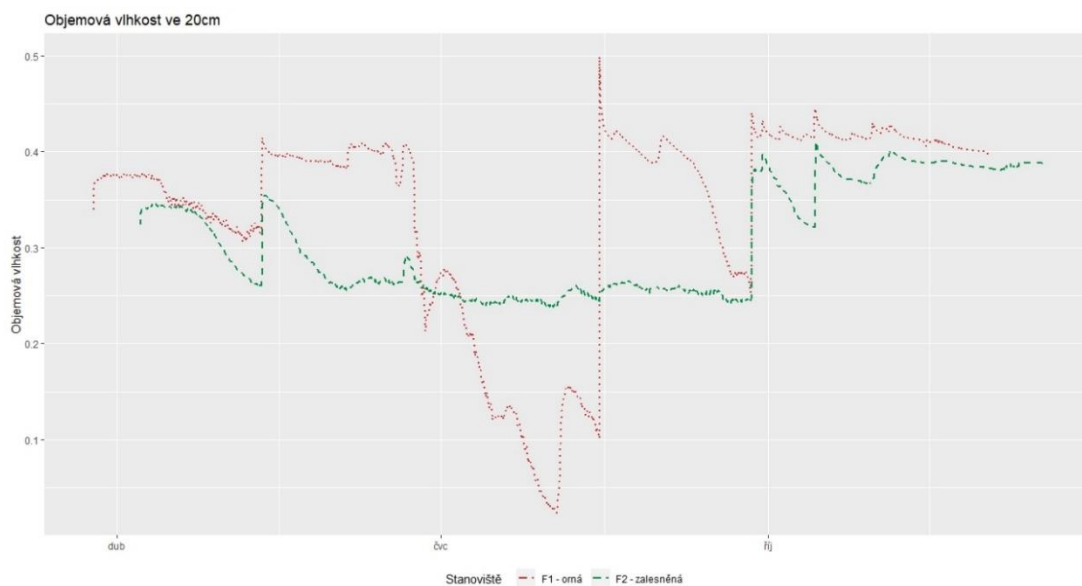
Hloubka	p-hodnota
20 cm	2.2e-16
40 cm	2.2.e-16
60 cm	2.2e-16

Na základě výsledných p-hodnot byla zamítnuta nulová hypotéza, objemové vlhkosti se mezi stanovišti liší. Je tedy možné říct, že vlhkost půdy je závislá na vegetačním pokryvu a je rozdílná mezi ornou půdou a listnatým lesem.

Dále byl graficky zobrazen průběh srážek a průběh objemové vlhkosti půdy v jednotlivých hloubkách v čase. Grafická znázornění byla porovnána.

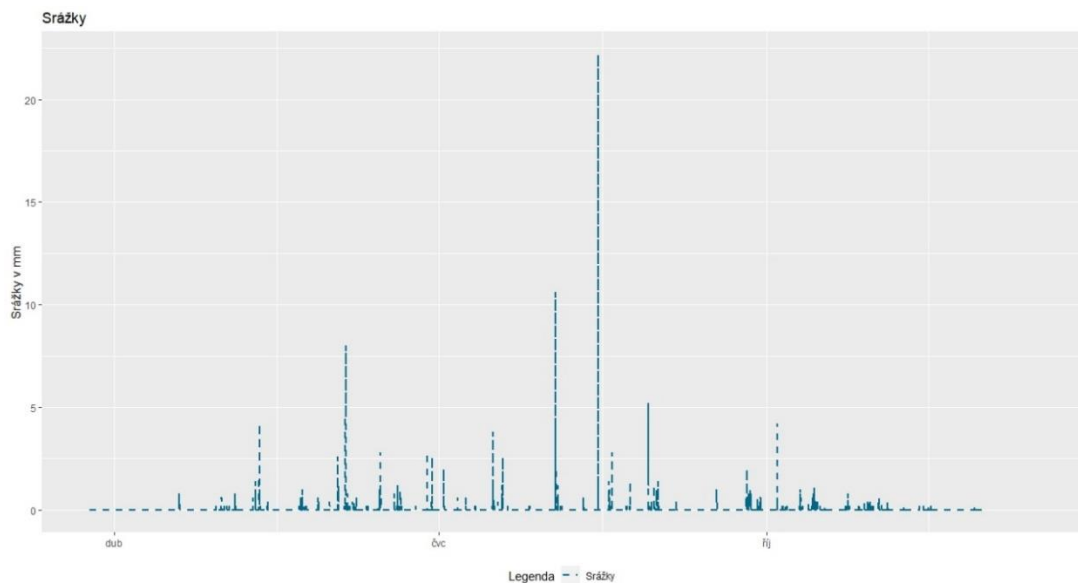


Obrázek 10: Průběh srážek

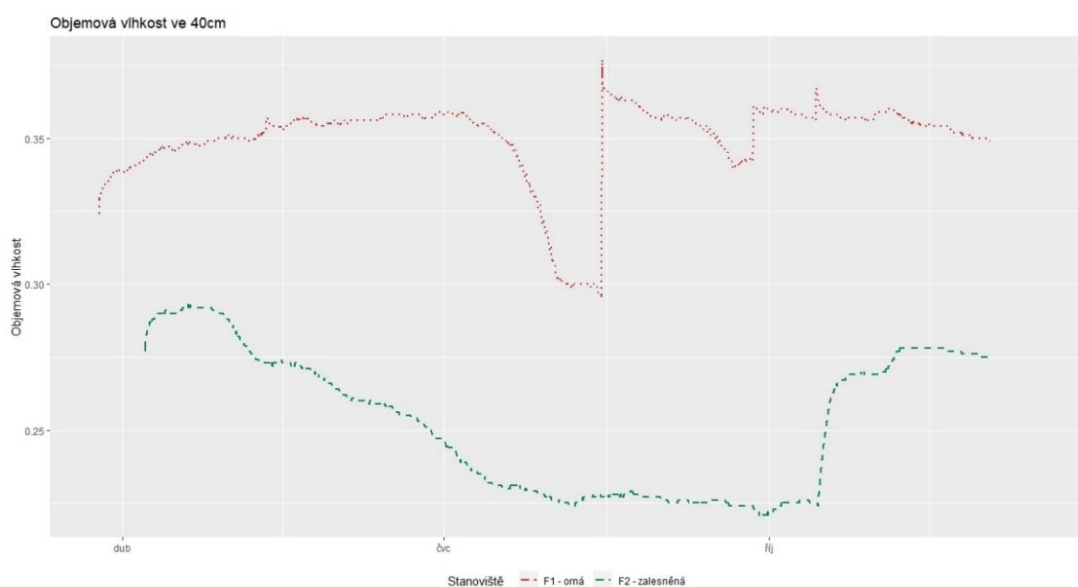


Obrázek 11: Průběh objemové vlhkosti v hloubce 20 cm

Objemová vlhkost v hloubce 20 cm. Zde je patrné, že orná půda reaguje na změny dynamičtěji než půda zalesněná. V závislosti na větším objemu srážek se orná půda v této hloubce rychle zavodnila a po srážkách opět dynamičtěji vysychala a to zejména v letním období. Zalesněná půda na přívalový déšť zareagovala jen velmi mírně, dlouhodobější mírné srážky v jarním a hlavně podzimním období zvýšily půdní objemovou vlhkost a půda si ji dokázala udržet lépe, než půda oraná.

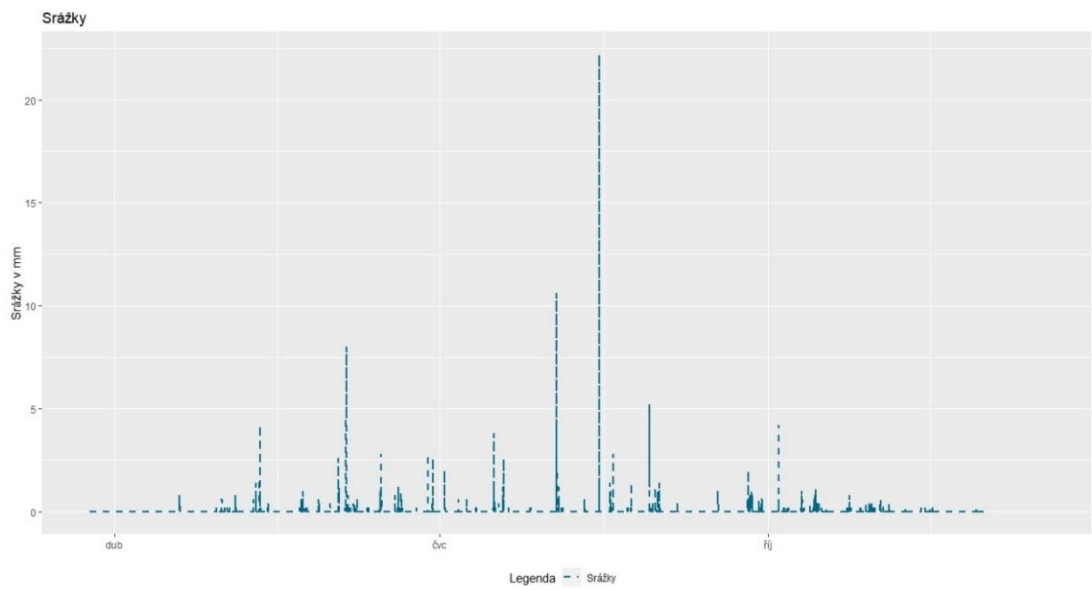


Obrázek 12: Průběh srážek

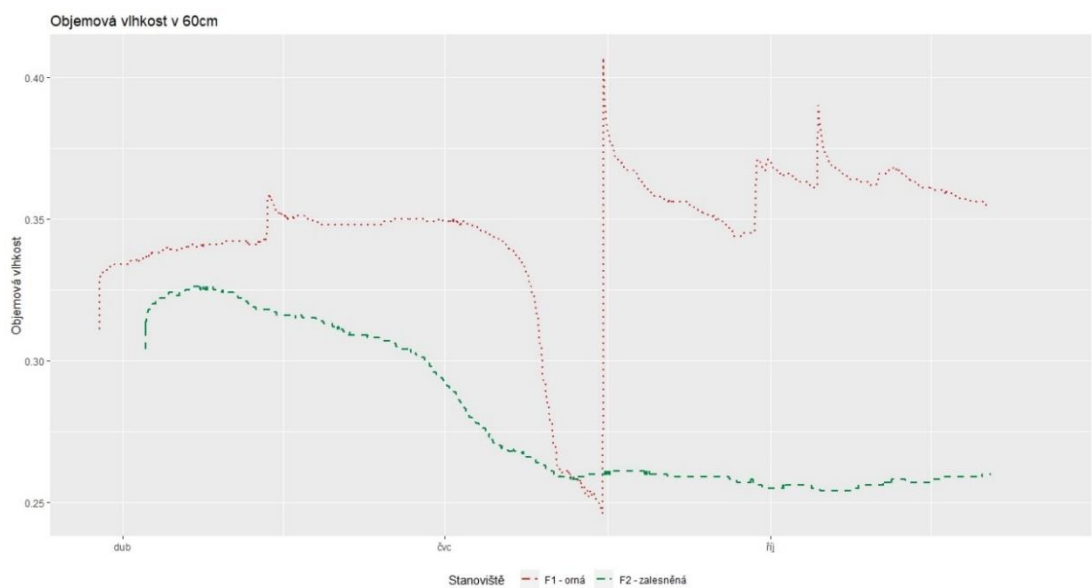


Obrázek 13: Průběh objemové vlhkosti v hloubce 40 cm

Objemová vlhkost v hloubce 40 cm reagovala méně dynamicky na srážky než ve 20 cm, ale byl zde zaznamenán daleko větší rozdíl mezi stanovišti. Orná půda vykazovala podobné chování jako ve 20 cm a při přívalovém dešti se rychle zavodnila. Dynamicky taky v případě absence srážek vysychala. Zalesněná půda oproti tomu vysychala pozvolněji a vlhkost si udržovala stabilní. Po podzimních déletrvajících srážkách je patrné zvýšení objemové půdní vlhkosti, která následně byla stabilní až do konce měření.



Obrázek 14: Průběh srážek



Obrázek 15: Průběh objemové vlhkosti v hloubce 60 cm

V hloubce 60 cm orná půda stále dynamicky reaguje na srážky, zatímco hodnoty objemové vlhkosti u zalesněné půdy vykazují stabilnější trend.

6 Diskuse

Během jednoho roku byl pozorován trend půdní vlhkosti na dvou stanovištích. Stanoviště jsou od sebe vzdálena jen několik desítek metrů, tudíž lze říct, že klimatické poměry byly totožné. Hlavní půdní jednotka byla na obou stanovištích stejná, tj. 01, černozem modální vyvinutá na spraši. Stanoviště se tedy liší vegetačním krytem, oraná půda je pokryta vegetací jen v určitém období, naopak zalesněná půda s vegetací listnatých stromů je pokryta vegetací celoročně.

Na stanovišti F1 byly prokázány statistickými testy odlišné hodnoty půdní objemové vlhkosti. To potvrdil i graf průběhu objemové vlhkosti, kdy oraná půda vysychala rychleji. (Zucco et al., 2014) provedli v r. 2014 srovnání 5 stanovišť a vyhodnotili, že průběh půdní vlhkosti se mezi oranou půdou a půdou s vegetací dubu cesmínolistého (*Quercus ilex*) prakticky výrazně neliší. Jejich výzkum mohl být ovšem ovlivněn různorodými stanovištními podmínkami, neboť jejich experimentální plochy vykazují větší stanovištní diverzitu. Půda na stanovišti F2 s vegetačním krytem směsí listnatých stromů (dub letního (*Quercus robur*), dubu červeného (*Quercus rubra*) a javoru mléče (*Acer platanoides*)), si v totožných podmínkách držela v průběhu půdní objemovou vlhkost v hodnotách okolo 0,25 % v hloubce 20 cm. A to i v letním období, kdy oraná půda zřejmě vlivem vysokých vzdušných teplot a slunečního záření vysychala rychleji a objemová půdní vlhkost na stanovišti F1 dosáhla minima na hodnotě 0,024 % (20 cm).

Oraná půda velice rychle reagovala na srážky ve všech sledovaných vrstvách 20, 40 a 60 cm. (Tang et Zhao, 2019) provedli sérii měření zaměřenou na přívalové deště a vyhodnotili, že na orané půdě se vzrůstající hloubkou klesala fluktuace a dopad srážek na objemovou vlhkost. Na stanovišti F1 v letním období byla reakce na přívalový déšť v hloubce 60 cm patnáctiprocentní. Tang dále uvádí, že reakce půdní vlhkosti v hloubce 100 cm na orné půdě byl daleko větší než na půdě s vegetačním krytem listnatých stromů. Tento výsledek je shodný s výsledky ze stanovišť F1 a F2, kdy byly na orné půdě zaznamenány daleko větší výkyvy objemové půdní vlhkosti ve všech hloubkách a zejména v hloubce 60 cm. Zalesněná půda v hloubce 60 cm vykazovala nižší fluktuaci objemové půdní vlhkosti, ale i daleko nižší hodnoty, což potvrzuje i výzkum Tanga.

Půdní objemová vlhkost u zalesněné půdy výrazněji reagovala na déletrvající srážky, a to v hloubkách 20 a 40 cm.

Z porovnání zalesněné a orané půdy vyplývá, že vegetační kryt má významnou roli na zadržování a fluktuaci vody v půdě a hodnoty se již po necelém jednom roce pozorování statisticky významně liší. V návaznosti na zpracovanou rešerši lze říct, že zalesněná půda plní lépe ekologické funkce, a to zejména retenční a infiltrační. S těmito ekologickými funkcemi úzce souvisí ostatní ekologické funkce a významně ovlivňují i malý hydrologický cyklus.

Na orané půdě, kde byla upřednostněna produkční funkce a bylo zde aktivně hospodařeno byly tyto ekologické funkce potlačeny. Bonitovaná půdně ekologická jednotka byla stanovena jako 20100 s bodovou výnosností 87 bodů a spadá do I. Třídy ochrany ZPF. Dle katalogu BPEJ podle VÚMOP je to dvanáctá nejlépe bodovaná bonitovaná půdně ekologická jednotka v České republice z celkem 2140 ekonomicky hodnocených BPEJ. Zároveň dle oceňovací vyhlášky 441/2013 Sb. je to jedna z nejdražších půd, jejíž průměrná cena je stanovena na 17.22 Kč/m². Bohužel ani bodově ani finančně není ohodnocena její ekologická hodnota, která díky hospodaření klesla ve srovnání s půdou, na které bylo provedeno zalesnění.

V rámci posledních let, kdy je hojně diskutován deficit vody v krajině včetně jeho dopadu na ekologické aspekty a probíhá monitoring sucha prostřednictvím portálu intersucho.cz je aktuální zamýšlet se nad tím, jak hospodaření ovlivňuje ekologické funkce půdy a tím celou krajinu. Z vědeckých poznatků je patrné, že ekologické funkce ovlivňují řadu ekosystémových aspektů a ekologii celé krajiny. Je také zřejmé, že hospodaření a zejména to intenzivní zásadním způsobem tyto ekologické funkce ovlivňuje. Je nasnadě poznamenat, že zapojení ekologických funkcí do legislativy na ochranu půdy by mohlo být důležitým krokem, který by přispěl ke stabilizaci a lepší ochraně životního prostředí v celostátním měřítku. Možnosti, jak hodnotit ekologické funkce jsou již zpracovány autory Sejákem, Šišákem, Voltrem a dalšími a berou v úvahu klimatické a ekologické podmínky České republiky. Pokud by toto hodnocení prováděné bodovým systémem podobně jako u produkční funkce bylo promítnuto do zmíněné legislativy a tříd ochrany, byl by získán lepší náhled na ekologickou hodnotu a celkový ekologický stav zemědělských půd České republiky.

7 Závěr

Bakalářská práce shrnuje problematiku produkční a ekologické funkce zemědělských půd. Upozorňuje na rizika degradace zemědělských půd a možné dopady na funkce produkční a ekologické. Tyto funkce uvádí do souvislosti a sestavuje přehled možností hodnocení. Na tomto základě srovnává dvě stanoviště na zájmovém území a vyhodnocuje důležitost ekologické funkce v návaznosti na funkci produkční. Pro tyto účely byla vybrána objemová půdní vlhkost, neboť voda je zásadním faktorem pro ekologické funkce půdy.

Statistickými metodami a srovnáním průběhu objemové vlhkosti bylo zjištěno, že vegetační kryt a způsob využití půdy má zásadní význam pro půdní vlhkost a v návaznosti na ní i na ekologické funkce. Bylo zjištěno, že ačkoliv je zájmové území vysoce bodově hodnoceno z hlediska produkčního potenciálu, není nijak hodnoceno z hlediska ekologického potenciálu.

Z uvedených poznatků vyplývá, že ekologické funkce jsou zásadní pro správné fungování půdy a následného poskytování hospodářského užitku. Zároveň je experimentálně dokázáno, že produkční funkcí jsou přímo ovlivněny ekologické funkce. V souvislosti s touto korelací je navrhován další postup ve formě komplexního ohodnocení ekologických funkcí bodovým systémem, podobně jako u hodnocení funkce produkční a promítnutí tohoto systému do legislativy, zejména potom do Tříd ochrany ZPF a ekonomického hodnocení.

8 Seznam použitých zdrojů

Arshad, M. A. et Coen, G. M., 1992.: Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture*, Issue 7.

Bastida, F., Zsolnay, Á., Hernández, T. et García, C. A., 2008.: Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*, 147(ISSN 0016-7061).

Bičík, I. a další, 2009.: *Půda v České republice*. Praha: Consult Praha.

EEA, 2016.: Evropská agentura pro životní prostředí. (Online), dostupné z: <<https://www.eea.europa.eu/cs/themes/landuse/about-land-use>>.

Fierer, N., 2017.: Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, Svazek 15.

Granatstein, D. et Bezdicek, D. F., 1992.: The need for a soil quality index. Local and regional perspectives. *American Journal of Alternative Agriculture*, Issue 17.

Hillel, D., 2004.: *Introduction to Environmental Soil Physics*. San Diego: Elsevier Science.

Hrádek, F. et Kuřík, P., 2002.: *Hydrologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

Hruška, M. a další, 2018.: *Situační a výhledová zpráva Půda*. Praha: Ministerstvo zemědělství.

Janeček, M., 2012.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí - metodika*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

Kay, S., 2015.: *Extent of farmland grabbing in the EU*. Brusel: Evropský parlament.

Kozák, J., 2009.: *Atlas půd České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

Kutílek, M., Císlarová, M. et Kuráž, V., 2004.: *Hydropedologie*. Praha: ČVUT.

- Kutílek, M., Kuráž, V. et Císlerová, M., 2000.: *Hydropedologie*. Praha: ČVUT.
- Morgan, R. P. C., 2009.: *Soil Erosion and Conservation*. Oxford: John Wiley et Sons.
- MZe, 2021.: Dehumifikace půdy. (Online), dostupné z:
<<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/dehumifikace-pudy/>>.
- MZe, 2021. Kontaminace půdy. (Online), dostupné z:<<http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/kontaminace-pudy/>>.
- Němec, J., 2004.: *Pozemkové právo a trh půdy v České republice*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky Praha.
- Novák, P., 2009.: *Určení výchozích údajů a stanovení kritérií pro hodnocení retenční a infiltrační funkce půdy*. Praha: VÚMOP.
- Parkin, T. B. et Doran, J. W., 1994.: *Defining and assessing soil quality*. In: *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publications, Issue 35.
- Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B. et Meyer, R. E., 1992.: *Soil quality: Attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture*. *American Journal of Alternative Agriculture*, Issue 7.
- Pavlásek, J. et Jačka, L., 2014.: *Hydropedologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Pavlů, L., 2018.: *Základy pedologie a ochrany půdy*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Seják, J., 2010.: *Hodnocení funkcí a služeb ekosystémů České republiky*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.
- Seják, J. et Dejmal, I., 2003.: *Hodnocení a oceňování biotopů České republiky*. Praha: Český ekologický ústav.
- Smolíková, L., 1988.: *Pedologie I.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Soukupová, J., 2011.: *Ekonomika životního prostředí*. Brno: Masarykova univerzita.

Šantrůčková, H. a další, 2018.: *Ekologie půdy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Šarapatka, B., 2014.: *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Šišák, L. et Pulkrab, K., 2008.: *Hodnocení společenské a sociálně-ekonomické významnosti funkcí lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze.

Tang, M. et Zhao, X., 2019.: *Land Use Affects Soil Moisture Response to Dramatic Short-term Rainfall Events in a Hillslope Catchment of the Chinese Loess Plateau*. *Agronomy Journal*, Svazek 111.

TOMST, 2021. TOMST. (Online), dostupné z:
<<https://tomst.com/web/cz/systemy/tms/tms-4/>>.

Voltr, V., 2011.: *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací Praha.

Vopravil, J., 2010.: *Půda a její hodnocení v ČR Díl I*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

VÚMOP, 2019.: *eKatalog BPEJ*. (Online), dostupné z: <<https://bpej.vumop.cz/>>.

VÚMOP, 2020.: (Online), dostupné z: <<https://mapy.vumop.cz/>>.

Vyhláška č. 48/2011 - Vyhláška o stanovení tříd ochrany, v platném znění.

Vyhláška č. 153/2016 Sb. - Vyhláška o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy, v platném znění.

Vyhláška 227/2018 Sb. - Vyhláška o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci, v platném znění.

Vyhláška č. 271/2019 - Vyhláška o stanovení postupů k zajištění ochrany zemědělského půdního fondu, v platném znění.

Vyskot, I., 2003.: Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky. Praha: Ministerstvo životního prostředí.

Wong, M. et Wittwer, K., 2013.: Development of buffer methods and evaluation of pedotransfer functions to estimate pH buffer capacity of highly weathered soils. Soil Use and Management, Issue 29.

Zákon č. 114/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 334/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění.

Zákon č. 252/1997 Sb. - Zákon o zemědělství, v platném znění.

Zákon č. 256/2013 Sb. - Zákon o katastru nemovitostí, v platném znění.

9 Přílohy

9.1 Příloha č. 1.: Chemické charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

9.2 Příloha č. 2.: Fyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

9.3 Příloha č. 3.: Hydrofyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

9.4 Příloha č. 4.: Pórovitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

9.5 Příloha č. 5.: Zrnitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

9.1 Příloha č. 1.: Chemické charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

Popis vzorku	Hloubka (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	CaCO ₃	vým. H ⁺	S	CEC	V	Cox (%)
F1	20	7,77	7,25	1,1	<0,5	24,41	24,41	100	1,8
F1	40	7,91	7,3	0,7	<0,5	25,76	25,76	100	1,38
F1	60	7,93	7,32	0,5	<0,5	25,45	25,45	100	1,22
F2	20	7,61	6,96	0,3	0,5	25,98	26,52	98	1,87
F2	40	7,74	7,09	0,3	<0,5	27,53	27,53	100	1,64
F2	60	7,96	7,18	0,8	<0,5	24,98	24,98	100	1,07

9.2 Příloha č. 2.: Fyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

Popis vzorku	Hloubka	Objemová hmotnost (g/cm ³)	CLAY 0–2 μm (%)	SILT 2–50 μm (%)	SAND 50–2000 μm(%)	Specifická hmotnost (g/cm ³)
F1	20	1,44	31	57	12	2,56
F1	40	1,58	33,7	60,1	6,2	2,62
F1	60	1,31	32,4	64,4	3,2	2,6
F2	20	1,49	37,9	59,6	2,5	2,57
F2	40	1,51	28,8	56,8	14,4	2,61
F2	60	1,37	33	58,5	8,5	2,61

9.3 Příloha č. 3.: Hydrofyzikální charakteristiky půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

Popis vzorku	Hloubka	K _{sat} (m/s)	momentální vlhkost (%obj.)	nasáklivost (%obj.)	MKVK (%obj.)	RVK (%obj.)	Provdušňnost (%obj.)	maximální kapilární vzdušná kapacita (%obj.)	retenční vzdušná kapacita (%obj.)
F1	20	2,36E-05	32,43	42,35	37,54	34,63	11,46	6,34	9,26
F1	40	1,19E-04	31,49	39,44	35,81	33,23	8,76	4,44	7,02
F1	60	1,53E-05	30,05	42,9	34,95	31,37	19,52	14,62	18,2
F2	20	1,45E-05	31,43	42,33	37,79	34,96	11,67	5,31	8,13
F2	40	2,55E-05	26,76	39,15	33,22	30,52	15,35	8,9	11,6
F2	60	3,70E-06	29,44	43,33	34,68	31,23	18,77	13,53	16,99

9.4 Příloha č. 4.: Pórovitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

Popis vzorku	Hloubka	P (% obj.)	nekapilární pórovitost (% rel.)	semikapilární pórovitost (% rel.)	kapilární pórovitost (% rel.)
F1	20	43,88	11,9	9,22	78,87
F1	40	39,86	8,01	9,36	82,63
F1	60	49,58	24,54	12,1	63,36
F2	20	42,32	10,03	8,8	81,17
F2	40	42,12	18,93	8,57	72,5
F2	60	47,57	24,42	10,68	64,9

9.5 Příloha č. 5.: Zrnitost půdy v okolí čidel monitorujících půdní vlhkost

Hovorčovice

