

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



Distribuce edafonu na svažitých kukuřičných polích

Bakalářská práce

Libor Marčan

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie a ekologie

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D. s použitím citovaných pramenů a literatury.

V Olomouci dne

Podpis:.....

Poděkování

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu mé práce, panu docentu Ivanu H. Tufovi, za odborné vedení, poskytnutý materiál, připomínky, spoustu času a trpělivosti. Panu doktoru Karlu Tajovskému z Ústavu půdní biologie Biologického centra Akademie věd ČR děkuji za pomoc s determinací vzorků mnohonožek a doktoru Marku Bednářovi za kvantifikaci eroze a data k lokalitám. Dále bych chtěl poděkovat Ivanu Stříteskému, za inspiraci k poznávání půdního světa. A v neposlední řadě rodině a přítelkyni za podporu, pochopení a trpělivost v průběhu mého studia. Sběr materiálu byl financován grantem NAZV QJ123066.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Libor Marčan

Název práce: Distribuce edafonu na svažitých kukuřičných polích

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2020

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou vodní eroze na orné půdě a jejím vlivem na populace půdních bezobratlých. Zahrnuje literární review zaměřené na vodní erozi, její vliv na půdní život i možnosti protierozních opatření. Dále je zde hodnocen výzkum, který probíhal na jihomoravských kukuřičných polích, kde byly instalovány padací zemní pasti ve třech polohách na svahu. Na každé z celkem dvanácti lokalit bylo instalováno pět pastí na vrcholu svahu, pět ve střední části a pět na úpatí. Z obsahu těchto pastí jsem determinoval suchozemské stejnonožce, stonožky a mnohonožky. Následně byla pro tyto skupiny provedena mnohorozměrná analýza v programu CANOCO, kde byl sledován vliv intenzity eroze a sklonitosti svahu na abundanci sledovaných druhů edafonu. Zjistil jsem, že intenzita eroze výrazně ovlivňuje distribuci edafonu. V případě stonožky *Lamyctes emarginatus* a mnohonožky *Cylindroiulus caeruleocinctus* jsem dospěl k závěru, že se vzrůstající mírou eroze klesá jejich početnost, u stejnonožců *Porcelio scaber* a *Armadillidium vulgare* tomu je naopak. U analýzy vlivu sklonitosti svahu byl výsledek obdobný.

Klíčová slova: vodní eroze, kukuřice, svah, pole, padací zemní past, stonožky, mnohonožky, stejnonožci

Počet stran: 53

Jazyk: čeština

Bibliographical Identification

Name and Surname of the Author: Libor Marčan

Title of the Work: The distribution of soil invertebrates on maize-grown slopes

Type of Work: Bachelor's thesis

Workplace: Palacký University Olomouc, Faculty of Science, Department of Zoology

Supervisor: doc. RNDr. Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Year of the Presentation and Defence: 2020

Abstract

This thesis focuses on the topic of water erosion of arable land and its impact on the population of soil invertebrates. It contains literary review on water erosion, its impact on soil life and possible arrangements against erosion. It also includes an evaluation of a research that was carried out on the maize fields of South Moravia where pitfall traps were set on three places of each slope. On each of the twelve locations five traps were set on top of the slope, five in the middle part and five at the foot of the slope. In the contents of these traps I have found terrestrial isopods, centipedes and millipedes. Subsequently, these groups were analysed using the CANOCO program. This analysis focused on the impact of the intensity of erosion and the steepness of the slope on the abundance of the observed species in the soil life. I have found that the intensity of erosion has a great impact on the distribution of the soil life. In case of centipede *Lamyctes emarginatus* and millipede *Cylindroiulus caeruleocinctus* I have concluded that with the increasing intensity of erosion their numbers decrease. The opposite effect was visible in distribution of isopods *Porcelio scaber* and *Armadillidium vulgare*. The results of analysing the steepness of the slope were similar.

Key Words: water erosion, maize, slope, field, pitfall traps, centipedes, millipedes, isopods

Number of Pages: 53

Language: Czech

Obsah

Seznam tabulek.....	8
Seznam obrázků	8
1 Úvod	9
1.1 Půda jako prostor pro život	9
1.1.1 Specifika života v zemědělské půdě	10
1.1.2 Význam edafonu pro bonitu zemědělské půdy	11
1.1.3 Charakteristika vybraných skupin zooedafonu	12
1.2 Pěstování kukuřice	18
1.3 Vodní eroze.....	19
1.3.1 Protierozní opatření	21
1.3.2 Vodní eroze a edafon	27
2 Cíle práce.....	29
3 Materiál a metody.....	30
3.1 Lokality.....	30
3.2 Odběr materiálu	31
3.3 Determinace materiálu	31
3.4 Statistické vyhodnocení.....	31
4 Výsledky	33
5 Diskuze	39
6 Závěr.....	42
7 Seznam použitých zdrojů	43

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Početnost jedinců sledovaných skupin na jednotlivých lokalitách....	33
Tabulka 2:	Početnost zachycených druhů v jednotlivých částech svahu.....	34
Tabulka 3:	Analyzované faktory a jejich statistická významnost pro distribuci druhů	36

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Plánek rozložení lokalit v zájmové oblasti vytvořený v aplikaci Google Earth	30
Obrázek 2:	Průměrné počty jedinců tří nejhojnějších druhů v průměrném transektu v různých částech svahu	34
Obrázek 3:	Průměrné počty jedinců méně početných druhů v průměrném transektu v různých částech svahu	35
Obrázek 4:	Model CCA analýzy zobrazující distribuci sledovaných druhů edafonu v závislosti na sklonu svahu, míře eroze a pozici pastí ve svahu.....	36
Obrázek 5:	GAM model početnosti jednotlivých druhů v závislosti na míře eroze	37
Obrázek 6:	GAM model znázorňující početnost jednotlivých druhů v závislosti na sklonu svahu.....	38

1 Úvod

Tato práce se zabývá životem v orné půdě a problémy, které s tím souvisí. Zejména se jedná o problematiku vodní eroze a její zasazení do širších ekologických souvislostí.

1.1 Půda jako prostor pro život

Půda je spolu s vodou, horninami, ovzduším a organismy jednou ze zásadních složek životního prostředí. Je to dynamický a stále se vyvíjející systém, který vzniká zvětráváním povrchu zemské kůry a z organické hmoty působením půdotvorných procesů (Bernatík, Nevrlá, 2005). Půda je také domovem pro spoustu organismů, kterým poskytuje životní prostor, úkryt a potravu. Tyto organismy, žijící v půdě označujeme jako edafon (Tuf, 2012). Činnost edafonu je zásadní v půdotvorném procesu. Půdní organismy ke vzniku půd přispívají mechanickou činností i chemicky, kdy působí na půdotvorný substrát, matečnou horninu a zpracovávají odumřelou organickou hmotu. Rovněž jejich mrtvá těla jsou důležitou součástí humusu. Bez činnosti organismů by půdy nikdy nevznikly a zemský povrch by pokrývala jen vrstva zvětralin (Šarapatka, Tuf, 2010; Šarapatka, 2014).

Podle zařazení organismů rozlišujeme fytoedafon (řasy, houby, bakterie, aktinomycety) a zooedafon, kam patří půdní živočichové (Tuf, 2012). Dále můžeme půdní organismy rozdělit například dle velikosti na mikro, mezo a makrofaunu. Mezi půdní mikrofaunu se řadí především prvoci, kteří jsou vázáni na půdní vodu, která v tenké blance pokrývá jednotlivé agregáty. Mezofauna zahrnuje většinu půdních členovců. Nejpočetnější bývají roztoči, zejména pancířníci, a chvostokoci. Z jiných skupin mezi mezofaunu patří např. hlístice. Půdní makrofauna zahrnuje žížaly, roupice, plže, větší druhy členovců a také drobné obratlovce, zejména hlodavce (Mentlík, 2003). Dále můžeme edafon dělit např. dle způsobu výživy na autotrofní a heterotrofní (Šarapatka, 2014).

Každá ze skupin plní v ekosystému nějakou roli. Fytoedafon rozkládá organickou hmotu, která se do půdy dostává, na jednodušší sloučeniny a minerální látky, které jsou využitelné pro rostliny. Zooedafon zejména mechanicky zpracovává organickou hmotu, mísí ji s minerálním substrátem a transportuje ji (Šarapatka,

2014). Mezi půdními organismy se vyvinuly komplexní potravní řetězce. V půdě najdeme destruenty, býložravce i jejich predátory (Miko, 2016).

1. 1. 1 Specifika života v zemědělské půdě

Zatímco v přirozených ekosystémech je půda po většinu času prakticky bezzásahovou zónou, v agrárních ekosystémech je tomu naopak. Pole jsou pro půdní živočichy značně komplikovaným životním prostorem. Jejich svět je orbou obracen, pojezdy techniky se půda utužuje, postřiky a minerální hnojiva edafonu rovněž neprospívají a většinu vyprodukované biomasy člověk sklídí a odveze (Miko, 2016). Z toho vyplývá, že agroekosystémy jsou do značné míry otevřené, je zde rychlejší tok látek a energie a přitom se v půdě trvale snižuje zásoba živin, neboť do rozkladných procesů vstupuje méně biomasy. Takový ekosystém má značně sníženou stabilitu, jelikož se jen obtížně vyrovnává se změnami tak, aby si zachoval své původní funkce (Marada et al., 2010; 2012).

Většina organismů v půdě je heterotrofních, proto je pro ně zásadní zdroj organických látek (Šarapatka, 2014). Půdní organická hmota je soubor organických látek, které jsou uloženy v půdě, či na ní (Tuf, 2012). Jak je psáno výše, většina organické hmoty je ale z pole odvezena. Umělá hnojiva edafonu nestačí a jednorázové hnojení např. chlévskou mrvou také není dostatečné. Organická hmota musí být do půdy dodávána průběžně, protože v průběhu času dochází k jejímu významnému úbytku (Badalíková, Novotná, 2017).

Agrotechnické zásahy mají rovněž negativní vliv na půdní biotu. Je to zřejmé, neboť 95 % půdních organismů žije v hloubce do deseti centimetrů (Tuf, 2012). Zde se přirozeně nachází nejvíce organické hmoty, která edafonu poskytuje potravu, avšak právě tato vrstva půdy je nejčastěji zasažena agrotechnikou. Je prokázáno, že např. orba má naprosto zásadní vliv na abundanci a činnost žížal (Blanchart et al., 2004) nebo brouků a mnohonožek, kde má významnější negativní vliv než využití chemie při ochraně porostů (Holland, 2004; Mikula, 2012). Obecně tedy lze říci, že abundanci půdních organismů ovlivňují agrotechnické postupy, množství ponechaných posklizňových zbytků i pěstované plodiny (Šarapatka, 2014; Jelenko, 2017).

Z komplikovaného života v obdělávané zemědělské půdě logicky plyne, že agroekosystémy vykazují jak vzhledem ke svému okolí, tak k přírodním biotopům výrazně sníženou biodiverzitu (Holland, 2004; Marada et al., 2010; Šarapatka, 2014).

1. 1. 2 Význam edafonu pro bonitu zemědělské půdy

Půdní život pro krajinu recykluje mrtvou organickou hmotu, kterou zapracovává do půdy a zpřístupňuje tak živiny pro rostliny. Část živin je imobilizovaná ve formě těl edafonu a zůstává tak v půdě fixovaná. Kromě prosté mineralizace mrtvé organiky umožňuje edafon průběh složitých humifikačních procesů (Rejšek et al., 2009; Šarapatka, Tuf, 2010).

Zajímavé je, že mezi jednotlivými skupinami půdních organismů jsou rozdíly v obsahu živin v produkované hmotě. Např. přístupnost a množství dusíku, fosforu, draslíku a vápníku je vyšší u kompostu zpracovaného mnohonožkami, než žížalami (Thakur et al., 2011). Žížaly mají zase velký vliv na vrstvení organické hmoty, agregaci půdy a stabilitu těchto agregátů. Jejich chodby půdu provzdušňují a zároveň umožňují zrychlenou infiltraci vody. Různé druhy žížal využívají odlišné životní strategie a každá skupina má jiný vliv na půdní strukturu (Blanchart et al., 2004). Různí další živočichové, např. stejnonožci, kromě požívání organické hmoty a produkce trusu, který se stává součástí humusu, rozmělňují části organické hmoty na menší a menší kousky, čímž zvyšují její povrch využitelný pro bakterie a houby, které živiny z organické hmoty zpřístupní pro rostliny. Půdní roztoči, zejména pancířníci, jsou významnými přenašeči spor půdních hub a mohou takto čerstvou organickou hmotu „naočkovat“ a opět tak urychlit její rozklad. Zdravé půdní společenstvo je schopno přispět také k regulaci škůdců (Miko, 2016). V neposlední řadě ovlivňují půdní živočichové zasakování vody i provzdušnění půdy, protože jejich chodby vytváří v půdě hustou síť (Cerdà, Jurgensen, 2008).

Z uvedeného jasně vyplývá, že pro fungující půdu je důležité zachovávat co největší diverzitu půdních organismů, aby byly všechny skupiny edafonu v rovnováze. Na významu půdních organismů se zakládají také některé principy ekologického zemědělství. Urban (2012) uvádí, že pro výživu rostlin v ekologickém zemědělství je zásadní dobrá půdní struktura pro bohatý půdní život a hnojení v ekologickém zemědělství musí poskytovat výživu edafonu. Biologická aktivita udržuje živiny

ve formách přijatelných pro rostliny a dlouhodobě je povolna uvolňuje. Účinná pomoc půdním organismům ale není jen doménou ekologického zemědělství. I v intenzivnější produkci je dobré myslet na aktivitu edafonu, která je zásadní pro zdraví půdy, a zohlednit ji v agrotechnických postupech (Vach, Javůrek, 2009).

1. 1. 3 Charakteristika vybraných skupin zoedafonu

Hlístice v půdě využívají vodu pokrývající povrch půdních částic a vyžadují vlhká stanoviště. Ač se vzhledově jedná o uniformní skupinu, potravně jsou velmi diverzifikované. Jejich hlavní role v půdě je regulace půdních bakterií a hub. Důležité je zmínit, že mnoho druhů je významnými škůdci rostlin, ze kterých svým stiletovitým bodcem vysávají šťávy (Miko, 2019).

Roupice jsou menší zástupci kroužkovců s délkou těla 1-5 cm, čili řadíme je mezi půdní mezofaunu. Podílejí se na tvorbě půdní struktury a jsou důležitou součástí potravního řetězce. Důležitá je role roupic v kyselých půdách, jelikož zde nahrazují svou činností žížaly (Šimek et al., 2015). Protože je vlhká pokožka roupic poměrně snadno prostupná, jsou častým modelovým organismem pro studie vlivu polutantů na půdní faunu (Kobetičová, 2011).

Půdní **roztoci** dobře odrážejí diverzitu celé této významné skupiny. V půdách patří k nejpočetnějším členovcům, využívají různé potravní strategie, žijí v různých vrstvách půdy a i velikostně je tato skupina velmi pestrá. Velikost půdních roztočů se pohybuje od 20 μm až k 1 mm (Šimek et al., 2015).

Pancířníci (Oribatida) jsou nejen nejpočetnější skupinou roztočů, ale bývají i nejpočetnější složkou půdní mezofauny. Jejich početnost však klesá s rostoucí intenzitou managementu biotopu, nejvyšší výskyt vykazují v lesích, naopak na intenzivně zemědělsky využívaných půdách je jich minimum. Většina pancířníků je detritofágních, mnoho z nich však využívá jako potravu půdní houby, bakterie a řasy – mikrofytofágové. Existují však i draví zástupci a některé druhy se živí tekutým obsahem rostlinných buněk. S pestrostí využívané potravy souvisí také modifikace chelicer. Povrch jejich těla je silně sklerotizovaný a některé druhy na sobě nechávají zbytky svleček, které jim slouží jako ochrana i izolace. Na těchto svlečkách ulpívají

půdní částice i spory hub a pancířníci se tak stávají významnými přenašeči půdní mikroflóry.

Zákožkovci (Acaridida) jsou oproti pancířníkům v půdním prostředí méně zastoupeni jak početně, tak druhově. Jejich životní strategie jsou však podobné. Na rozdíl od pancířníků je jejich tělo jen slabě sklerotizované a jsou častou kořistí půdních predátorů.

Sametkovci (Actinedida) často dominují v půdách narušených, nebo v raných sukcesních stádiích. Někteří zástupci dosahují velikosti přes 3 mm.

Čmelíkovci (Gamasida) představují nejvýznamnější predátory mezofauny a k dravému způsobu života mají vyvinuty četné adaptace. Zajímavou vlastností je, že se často nechávají přenášet na tělech větších bezobratlých i obratlovců, což jim umožňuje osídlovat nová prostředí (Miko, 2019).

Chvostoscoci jsou členovci délky 0,5-9 mm s protáhlým, nebo až kulovitým tělem. Charakteristickým znakem je skákací vidlička, furka, na čtvrtém zadečkovém článku, která je v klidu zachycena na retinakulu třetího zadečkového článku. V případě nebezpečí se furka z retinakula uvolní a živočich se prudce vymrští, což chvostoscoci hojně využívají jako únikovou reakci. Povrch jejich těla je poměrně slabě sklerotizován, proto vyhledávají vlhčí podmínky (Miko, 2019).

Nejvíce zastoupení jsou ve svrchní pórovité vrstvě půdy s dostatkem organického materiálu. Směrem do hloubky jejich početnost prudce klesá (Laška et al., 2008). Druhy žijící ve větší hloubce bývají drobnější, bez pigmentace a s redukovanými tělními výběžky (Šimek et al., 2015; Miko, 2016; 2019). Chvostoscoci žijí rovněž na povrchu půdy a na rostlinách, kde jsou některé druhy považovány za škůdce (Šimek et al., 2015). Zvláště vysoká je početnost chvostoskoků v půdách pod trvalým travním porostem, kde mohou tvořit až 27 % celkové biomasy edafonu. Hojní jsou také v lesních půdách a na stanovištích po disturbanci (Petersen, 1994).

Potravou většiny druhů jsou houbová vlákna a půdní bakterie (Petersen, 1994). Mnoho druhů se živí přímo detritem, tekutým obsahem odumírajících pletiv

i látkami obsaženými v půdním roztoku. Chvostoscoci bývají striktní potravní specialisté (Miko, 2019).

Žížaly patří k nejvýznamnějším a také nejprozkoumanějším skupinám edafonu. Vědecký zájem o studium ekologie této skupiny byl značný již od 19. století a věnoval se jim i Ch. Darwin. Jsou to vesměs detritofágové a svou potravu, mrtvou organickou hmotu, přemísťují ve vrstvách půdy (Novák et al., 1959; Kostecka, 1998). Nejčastěji se setkáváme s ekologickým rozdělením žížal do tří skupin (Makeshin, 1997; Tuf, 2013; Šarapatka, 2014; Miko, 2019):

Epigeické žížaly žijí v organické hmotě uložené na povrchu půdy a živí se přímo mrtvou organikou. Jsou tmavé, mrštné a s rychlým životním cyklem, čehož se využívá např. ve vermikompostérech (Tuf, 2013). Na rozdíl od dalších skupin žížal nejsou výrazně světloplaché (Miko, 2019).

Endogeické žížaly žijí ve svrchních vrstvách půdy s dostatkem organického materiálu a svými horizontálními chodbami kypří půdní povrch (Tuf, 2013). Šarapatka (2014) uvádí, že přes tuto skupinu projde nejvíce půdní organické hmoty i minerálních látek.

Anektické žížaly žijí ve větších hloubkách (desítky centimetrů), kde je nedostatek potravy. Proto hloubí vertikální chodby, kterými vylézají na povrch a zatahují zpět do chodbiček rostlinný opad. Tyto chodby opakovaně využívají a zpevňují. Hlubinné žížaly mají velký vliv na promíchání vrstev půdy i na vodní režim, neboť jejich hluboké chodby umožní rychlé zasakování vody do spodních vrstev (Tuf, 2013). Významnou složkou potravy hlubinných žížal jsou houbová vlákna, která narůstají na jimi pohřbené organické hmotě (Bonkowski et al., 2000). Do této skupiny patří největší druhy (Tuf, 2013; Miko, 2019).

Podle potravy rozlišujeme žížaly detritofágní, požírající přímo rostlinné zbytky ve svrchních vrstvách půdy a žížaly geofágní, které konzumují velké množství půdy, z níž využívají zbytky organické hmoty a půdní mikrobiotu (Makeshin, 1997).

V ekosystémech s dostatkem vlhkosti a organické hmoty tvoří žížaly většinu edafické biomasy. V kyselých půdách často chybějí a jejich činnost zde částečně nahrazují drobnější roupice (Bardgett, 2009). Na orné půdě souvisí počty žížal

s pěstovanou kulturou, agrotechnickými zásahy i množstvím ponechaných posklizňových zbytků (Šarapatka 2014). Zejména časté mechanické zpracování půdy žížalám nesvědčí (Le Bayoun, Binet, 1999; Jelenko, 2017).

Kromě promíchávání půdy, zpracování organické hmoty a ovlivnění vodního režimu tvoří žížaly pomocí svého slizového sekretu voděodolné půdní agregáty a poměrně velké póry, kterými se půda provzdušňuje (Šarapatka, 2014). V místech s bohatým výskytem hlubinných žížal vzniká velmi tmavý kompost, tzv. mul, který je kvalitním a bohatým zdrojem dusíku (Miko, 2019). Kromě dusíku je žížalí trus také významným zdrojem fosforu a díky vápenným žlázám posouvají chemismus půdy směrem k zásadité reakci (Smrž, 2014). Je tedy nesporné, že žížaly zlepšují stav půdy a zvyšují úrodnost (Novák et al., 1959).

Území České republiky obývají pouze žížaly čeledi Lumbricidae (Kostecka, 1998; Pižl, 2002).

Zástupce **pavouků** najdeme téměř všude a půda není výjimkou. Jsou významnou součástí epigeonu, kde jako predátoři regulují populace ostatních bezobratlých (Foelix, 2011). Dle způsobu života můžeme pavouky rozdělit na ty, kteří si tvoří chodbičky v zemi a vyplétají je pavučinou a na druhy volně lovcí, především na půdním povrchu. Větší diverzita epigeických pavouků je v lesích, kde jsou hojné i druhy stavějící zemní sítě, např. pod kameny nebo přímo v opadu. Naopak na narušovaných stanovištích se vyskytují spíše aktivní lovci (Novák et al., 1959). Z aktivně lovcích druhů jsou na půdním povrchu nejčastější slídáci a skákavky (Tuf, 2013).

Sekáči na rozdíl od příbuzných pavouků vyžadují vyšší vlhkost prostředí a najdeme je tak zejména v lesích, mechu a vyšších vrstvách opadu (Novák et al., 1959; Šarapatka, 2014). Sekáči jsou všežravci a požírají i drobné částičky půdní organické hmoty (Miko, 2019). Sekáči, podobně jako pavouci nemají přílišný vliv na strukturu půdy, ale mohou jako predátoři upravovat složení společenstev edafonu (Šarapatka, 2014).

Suchozemští stejnonožci představují skupinu koryšů plně přizpůsobenou životu na souši a mají tak význam pro studium adaptací k přechodu z vody na souš

(Tuf, 2014). Přestože je povrch jejich těla chráněn kutikulou, nedokáží zabránit ztrátám vody. Proto je dostatečná vlhkost jedním z klíčových faktorů jejich výskytu (Hornung, 2011). Právě ochrana před přílišnou transpirací je jedním z důvodů jejich agregačního chování (Tuf, 2013). Suchozemským stejnonožcům vyhovuje stabilní prostředí a mezi jejich abundancí a množstvím disturbancí platí nepřímá úměra (Moss, Hassal, 2006). Pokud se tedy vyskytují na orné půdě, preferují tu s minimem zásahů a s dostatečným množstvím organické hmoty na půdním povrchu (Paoletti et al., 2007).

Jsou to detritofágové a jejich role spočívá především ve fragmentaci odumřelých rostlin na menší části, čímž zvětšují povrch využitelný bakteriemi a houbami (Loureiro et al., 2006; Miko, 2019). Výkaly stejnonožců se rozkládají výrazně pomaleji, než původní organická hmota. Je to dáno přítomností velkého množství aromatických uhlovodíků, díky čemuž trus značně odolává bakteriální degradaci a dochází tak ke stabilizaci organických látek v půdě (Špaldoňová, Frouz, 2014).

Stonožky jsou zdatnými predátory a jsou k tomu dokonale uzpůsobeny. První pár končetin mají přeměněn v kusadlové nožky s vyústěním jedové žlázy. Jedem ochromenou kořist následně zpracují silná kusadla. Dalším uzpůsobením k lovu je schopnost velmi rychlého pohybu. Ačkoliv většina z nich nepřesáhne délku 5 cm, jsou schopny ulovit i kořist podstatně větší než je jejich tělo (Růžička, Tuf, 2006). Tuf (2013) uvádí, že některé druhy se živí také detritem, zejména za účelem doplnění vody.

Stonožky se vyskytují rovnoměrně ve všech vrstvách půdního profilu, až do hloubky přes 80 cm (Laška et al., 2008). Zatímco v povrchových vrstvách najdeme robustní stonožky, větším hloubkám jsou štíhlým tvarem těla přizpůsobeny zemivky (Miko, 2019).

Voigtländer (2006) uvádí, že díky nápadnosti stonožek a dravému způsobu jejich života je můžeme považovat za bioindikátory zdravého půdního společenstva, neboť kde jsou stonožky, musí být dostatek jejich potravy. Jiné výzkumy (Schmitt, Roth, 1998; Mikula et al., 2010) naopak stonožky prezentují jako poměrně odolnou skupinu, zejména proti agrotechnickým zásahům. Ukázalo se, že velmi důležitým

faktorem pro výskyt stonožek je přítomnost vegetačního krytu zajišťující stabilnější mikroklima. Proto často osídlují krajinné prvky (meze, zatravněné pásy podél cest apod.) odkud se šíří do pole (Schmitt, Roth, 1998). Nejpočetnější jsou však v lesích (Miko, 2019). Podle tolerance ke změnám prostředí rozdělil Tuf (2013) stonožky do tří ekologických skupin. Reliktní druhy jsou vázané na původní, stabilní a zejména lesní stanoviště. Adaptivní druhy osídlují rozptýlenou zeleň, parky, zahrady a hospodářské lesy. Eurytopní druhy se vyskytují všude, včetně měst a polí.

Pro **mnohonožky** je charakteristické, že jejich tělní články splývají po dvou v diplosegmenty, kdy každý nese dva páry končetin. Jsou to typičtí detritofágové, požírající zejména mrtvou rostlinnou biomasu a na ní žijící mikroorganismy. Rozmělněním větších částí opadu usnadní mikrobiální rozklad a nestrávenou potravu vylučují ve formě pevných exkrementů, které jsou kvalitní součástí humusu (Crawford, 1992). Mnohonožky dokáží výrazně přispět také k rozkladu obtížněji rozložitelných rostlinných zbytků a mohou být klíčovými rozkladači zejména v lesích (Hättenschwiler, Gasser, 2005). Je to umožněno tím, že některé druhy požírají půdní bakterie a jejich enzymy pak využívají k trávení celulózy a dalších obtížněji degradovatelných látek. I přes to mnohonožky stráví pouze asi 10 % z přijaté potravy a musí tak zpracovat velké množství biomasy (Byzov, 2006).

Většina mnohonožek obývá nejsvrchnější vrstvy půdy, opad a hrabanku, kde nacházejí dostatek potravy (Šimek et al., 2015; Miko, 2019). V příznivých podmínkách však najdeme mnohonožky v celém půdním profilu (Laška et al., 2008). Pro jejich výskyt je důležitá dostatečná vlhkost, relativně stálá teplota a dostatek potravy (Tuf, 2013).

V zemědělství mohou některé mnohonožky krom blahodárného působení na půdu způsobovat také škody, neboť se příležitostně živí kořínky rostlin (Brunke et al., 2009; Tuf, 2013; Šimek et al., 2015; Miko, 2019).

Mnohonožky jsou poměrně pomalé, proto ke svojí ochraně využívají např. vylučování páchnoucího sekretu ze speciálních žláz, většinou mají poměrně silnou inkrustaci exoskeletu a schopnost volvace, kdy se sevřou do pevného klubička. Přesto jsou však častou kořistí půdních predátorů (Miko, 2019).

Brouci představují extrémně diverzifikovanou skupinu a jsou největším živočišným řádem vůbec. Není tedy divu, že se se zástupci brouků setkáváme také v půdě, kde plní celou řadu funkcí. V ekologii existují velké rozdíly mezi čeleděmi, rody, druhy i mezi vývojovými stádii a je typické, že brouk netráví v půdě celý život. Jedná se často o transientní půdní organismy (Miko, 2019).

Z podřádu Adephaga jsou pro půdu nejvýznamnější střevlíkovití, kteří jsou často dominantními predátory epigeonu. Najdeme je nejen v lesních biotopech, ale i na polích a loukách. Díky svým dlouhým nohám se pohybují velmi rychle. Jsou také zdatnými lovci, k čemuž jim slouží jejich silná kusadla (Tuf, 2013).

I v podřádu Polyphaga najdeme dravé druhy, které se podílejí na úpravě struktury společenstev edafonu. Jsou to např. drabčící (Miko, 2019). Mezi těmito hbitými protáhlými brouky se silně zkrácenými krovkami najdeme nejen dravce, ale i nekrofágy, koprofágy či druhy parazitující v mraveništích. Typickými nekrofágy jsou pak mrchožrouti a hrobařící, kde se mršinami živí jak dospělci, tak larvy a přispívají tím k rychlé dekompozici mrtvých těl a k jejich zapracování do půdy. Na mršinách, trusu a rozkládajícím se materiálu najdeme také mršníky, kteří zde aktivně loví jiný hmyz. Koprofágní brouci mohou žít přímo v trusu, ale častěji jej zapravují do půdy, kde se jím mohou živit jejich larvy. Typicky takto žijí chrobáci či hnojníci (Pokorný, 2002).

Mnoho druhů tráví v půdě pouze svůj nedospělý život. Typickou půdní larvou je ponrava, poměrně tlustá, bílá larva živící se většinou rostlinným opadem, trouchem nebo i podzemní částmi rostlin. Ponravy jsou charakteristické pro listorohé brouky, jako jsou zlatohlávci, chrousti nebo roháči. Po vykuklení dospělý brouk opouští půdu a zbytek života prožije jinde. Do půdy se vrací pouze samice, aby nakladla vajíčka. Významnými zemědělskými škůdci jsou larvy kovaříků, tzv. drátovci, kteří se živí kořeny rostlin nebo dřevěným trouchem (Pokorný, 2002; Miko 2019).

1.2 Pěstování kukuřice

Kukuřice setá (*Zea mays*) je jedna z nejvýznamnějších světových obilovin. Původem je z Mexika, kde se pěstovala již asi 3000 let př. n. l. Na našem území se zvolna začalo

s pěstováním kukuřice již v 17. století, ale větší význam získala až kolem roku 1930 (Trávníčková, 2009).

Kukuřice je kromě potravinářství významnou plodinou pro energetiku a krmné účely. Pro takto získávanou energii jsou tedy zdroji půda a voda. Nabízí se otázka, nakolik můžeme energii získávanou zpracováním biomasy označovat za obnovitelný zdroj, když při ní dochází k využívání a často poškozování půdy, jakožto neobnovitelného zdroje (Eršil, 2010). Kukuřice, jako C₄ rostlina, se metabolicky liší od většiny ostatních u nás pěstovaných plodin (Čandová, 2011).

Kukuřice se u nás pěstuje prakticky na celém území, ale nejvhodnější jsou teplejší oblasti s hlubšími půdami. Jedná se o erozně rizikovou plodinu, a proto by se neměla pěstovat na pozemcích ohrožených erozí (Čandová, 2011; Smutný et al., 2016; Brant et al., 2008). Rizikovost je dána zejména tím, že se pěstuje jako širokořádková (většinou s meziřádkovou vzdáleností 70 – 75 cm) a navíc se seje na jaře, takže v zimě a časném jaře je půda bez vegetačního krytu. Ani po vzejití nevytváří zapojený porost (Kvítek, Tippl, 2003).

Ještě významnější, než vyčerpání živin opakovaným pěstováním téže monokultury, je negativní vliv eroze na půdu. Jedná se zejména o erozi vodní, kdy dochází k velkým ztrátám ornice a postupnému snižování úrodnosti (Banda et al., 1994; Bucur et al., 2015).

1.3 Vodní eroze

Vodní eroze se týká zejména polí ležících ve svahu, kde dochází ke snižování mocnosti půdy, ztrátě živin a celkově ke snižování úrodnosti. Zároveň splachy způsobují zhoršení kvality vod a nedostatečná schopnost vegetace zpomalit povrchový odtok vede často k bleskovým povodním (Chen et al., 2003). Šarapatka (2014) uvádí, že vodní erozí je ohroženo přibližně 50 % zemědělského půdního fondu na území České republiky.

Normální eroze je přirozený proces a běžně k ní dochází všude v přírodě. Obvykle je člověkem nepozorovatelná. Princip eroze spočívá v oddělování drobných půdních částic od větších hrudek. V samotném oddělení těchto částic hrají zásadní roli dešťové kapky. Čím větší silou kapka udeří, tím větší je šance na narušení

erodované hrudky. Z toho vyplývá, že pokud se na půdním povrchu nachází něco, co zpomalí dopad dešťových kapek, bude to mít výrazný protierozní účinek. Tímto elementem může být vegetační pokryv, nebo i mrtvá organická hmota ležící na půdním povrchu (Chmelová, Šarapatka, 2002). Kromě dopadajících dešťových kapek je pro erozi významná síla vody stékající po půdním povrchu. Právě tato voda oddělené částice odnáší a posléze sedimentuje. Abychom tomuto zabránili, je nutné zpomalovat, či přímo zamezit povrchovému odtoku a umožnit pokud možno okamžité vsakování vody do půdy (Janeček, 2012).

Vodní eroze samozřejmě není problémem jen kukuřičných polí, avšak technologie jejího pěstování k erozi přispívá. S erozí se na polích setkáváme od počátků zemědělské činnosti. Problémem je eroze zrychlená, která vede k degradaci půdy, což může mít devastující vliv na krajinu i hospodářství (Šarapatka, 2014). Již v pravěku docházelo k odlesňování dříve zalesněných oblastí a mohutným splachům půd díky činnosti člověka. Ve středověku s lepším využitím orby došlo ke změně tvaru pozemků – využívaly se podlouhlé půdní bloky, což opět přispívalo k významné, zejména vodní erozi. Hlubší orba rovněž vynášela na povrch méně strukturované a tedy snadněji erodované vrstvy půdy. Vznik brázd při tomto způsobu hospodaření měl za následek zrychlení povrchového odtoku, včetně odnášení půdních částic. Další pro erozi příznivé změny se objevují v 18. století v souvislosti s rozšířením pěstování brambor, které byly pěstovány i v horských oblastech na erozně ohrožených pozemcích. Sem bylo zemědělství vytlačeno prudkým růstem populace v tomto období. V roce 1875 již dosáhla eroze takového významu, že bylo nutné zabývat se právní ochranou půdy a vznikl zákon o zvelebení zemědělství zemědělskými i vodními stavbami. Následný rozvoj zemědělské malovýroby v období první republiky měl opět pozitivní vliv na omezení eroze (Babilonová, 2010). Od padesátých let 20. století nastala zcela jiná zemědělská politika. Došlo ke kolektivizaci a scelování pozemků. Z krajiny zmizely meze, remízky, strže a další krajinné prvky. Vznikly velké lány, které z naší krajiny známe dodnes. Masivní mechanizace přinesla další způsoby degradace půdy (Klímová, 2013).

1. 3. 1 Protierozní opatření

Eroze půd je nejen velkým ekologickým a environmentálním problémem, ale také problémem ekonomickým (Chmelová, Šarapatka, 2002). Je totiž prokázáno, že na erodovaných plochách i přes minerální hnojení výrazně klesá množství živin a s tím i úrodnost (Battiston et al., 1987; Bucur et al., 2007). I díky tomu jsou zemědělci nuceni se touto problematikou zabývat a na erozně ohrožených pozemcích jsou aplikována protierozní opatření. Tato opatření lze rozdělit do tří skupin, na organizační, agrotechnická a technická (Novotný et al., 2017; Kvítek, Tipl, 2003).

Organizační protierozní opatření

Organizační opatření počítají se schopností určitých plodin omezit vliv erozních činitelů na půdu. To je dáno zejména jejich růstem, kořenovým systémem, olistěním i vegetační dobou. Je zde nutné využít optimální sled plodin a způsob hospodaření. Důležité je rovněž volit plodiny dle charakteristiky pozemku a na velmi erozně ohrožených pozemcích zcela vyřadit širokořádkové plodiny z osevního postupu (Hutařová, 2010).

Nepříznivý vliv na kvalitu půdy má snížený podíl hluboko kořenících plodin, zejména jetelovin, protože hluboko kořenící rostliny hrají zásadní roli v regeneraci půdy a strukturalizaci půdního profilu. Kořeny těchto rostlin zůstávají v půdě i po sklizni a doplní tak organickou hmotu i do hlubších vrstev půdního profilu. Po rozkladu kořínků zůstávají v půdě póry a je tak lépe provzdušněná. Ve vzdušné půdě s dobrou strukturou se pak dobře vyvíjí kořenové systémy následných plodin. (Vach, Javůrek, 2009).

Jedním z ochranných opatření na erodovaných svazích je delimitace kultur. Toho může být docíleno např. zatravněním, popř. zalesněním pásu ve směru vrstevnice a tím přerušeni souvislosti pěstované plodiny. Šířka pásu, popř. mezera mezi nimi se odvíjí od sklonitosti svahu i typu půdy. Při plánování těchto pásů je vhodné zohlednit také záběr standartní zemědělské techniky, abychom omezili zbytečné pojezdy. Zatravnění je zvláště vhodné v místech, kde se soustřeďuje povrchový odtok (Hutařová, 2010).

S výše popsaným souvisí také orientace pozemku jako takového. Je vždy vhodnější pozemek orientovat delší stranou po vrstevnici, jelikož se tak usnadní zpracování půdy po vrstevnici a obecně omezí délka monokultury po spádnici. Toto opatření je však často obtížně realizovatelné, neboť Česká republika je sice zemí s extrémní velikostí půdního bloku, ale také s nejmenšími pozemky. Historicky totiž docházelo k rozdělování pozemků po spádnici, aby se zajistilo spravedlivé rozdělení dle bonity půdy. Obdobně jsou dodnes velmi často orientovány záhumenky za zemědělskými usedlostmi (Janovská, 2016). V současné době je tedy v rámci protierozních opatření vhodné, aby se jednomu hospodáři podařilo pronajmout co největší počet blízkých pozemků, nebo aby co nejrychleji postupovaly pozemkové úpravy (Novotný, 2017).

Zajímavým organizačním opatřením je pásové střídání plodin. Jedná se o historicky poměrně dlouho užívanou metodou zabraňující erozi. Pásky různých plodin umístěných ve svahu pod sebou účinně zabraňují povrchovému odtoku vody (Riezner, 2007). V současnosti se však v tomto směru otvírají zcela nové obzory, a to díky trendům precizního zemědělství, kdy satelitní navigace umožňuje naprosto přesné vedení mechanizace a naprosto se tak minimalizují zbytečné pojezdy techniky. Pokud se tedy správně nastaví šířka těchto pásů s ohledem na záběr běžné zemědělské mechanizace, je možné vedle sebe pěstovat pásy různých plodin bez jakýchkoliv komplikací či snížení výnosu (Dworak et al., 2015). V praxi se nejčastěji setkáváme se střídáním kukuřice s nějakou úzkořádkovou obilovinou. Právě tato obilovina zastaví smyv půdy z pásu kukuřice. Ještě většího efektu je možné dosáhnout při zařazení pícniny, jako jedné z pásových plodin, protože jak je uvedeno výše, hluboko kořenící pícniny mají na kvalitu půdy silně pozitivní vliv. Pásové střídání plodin po vrstevnici je efektivní pouze u větších půdních celků. (Vach, Javůrek, 2009).

Jelikož je intenzita úbytku půdy přímo úměrná počtu dnů, po které je půda bez vegetačního krytu, velký efekt na omezení eroze bude mít zajištění rostlinného pokryvu po co nejdelší dobu (Klima, 2002). V České republice se většina přívalových dešťů vyskytne od května do počátku října (Knozová, 2014), což je poměrně široké rozpětí. Navíc kromě přívalových dešťů je erozně rizikové také tání sněhové pokrývky. V některých oblastech je množství splavenin po jarním tání srovnatelné se

splaveninami sebranými během letních přívalových dešťů (Pokladníková et al., 2009). Z toho vyplývá, že je prakticky nemožné toto období pokrýt jedinou, hlavní plodinou. Do hry proto stále častěji vstupují různé meziplodiny, kterými lze vykryt hluchá místa v osevním plánu, zakryt půdu vegetací a zároveň vyprodukovat dostatek organické hmoty, která potom kladně ovlivňuje strukturu ornice (Badalíková, Bartlová, 2013). K obohacení půdy o organickou hmotu při pěstování meziplodin dochází díky zpracování nadzemní biomasy na mulč, nebo jejímu zapravení do půdy. Dále také díky vyhánění kořenů. Díky kořenovému systému meziplodin dochází k biologické kultivaci půdy jak v orniční, tak zejména v podorniční vrstvě. V tomto směru jsou nejzajímavější plodiny vytvářející hlubší kořenový systém (Brant et al., 2008). Z hlediska ochrany půdy se udržováním dostatečně hustého a souvislého rostlinného krytu omezuje neproduktivní výpar z holé půdy a nezanedbatelné jsou i fyto-sanitární účinky některých meziplodin na půdu. Příkladem je nepříznivý vliv pěstování brukvovitých meziplodin na výskyt a rozvoj háďátek, kterým škodí látky vznikající při rozkladu některých rostlin z této čeledi. Naopak je známa skutečnost, že nevhodně zvolené meziplodiny mohou tvořit tzv. „zelený most“ pro choroby a škůdce (Vach et al., 2009). Ukázalo se například, že populace stonoženek (*Symphyla*), jež mohou ohrozit klíčící rostliny, se zvyšuje po použití hořčice jako meziplodiny. Zvyšuje se i množství jejich přirozených nepřátel, ovšem se zpožděním, které by mohlo být klíčové pro ohrožení klíčení pěstovaných rostlin. Je tedy vhodné střídat různé meziplodiny a různé způsoby jejich zapravení do půdy, včetně prostého ponechání na povrchu, které se jeví jako nejvhodnější (Peachey et al., 2002). Hluboké zapravení zbytků biomasy může mít navíc fyto-toxický vliv na následnou plodinu, kvůli uvolňování meziproductů rozkladu. Je tedy nutné meziplodiny řadit s rozmyslem a přemýšlet i o jejich zpracování. Pokud se postupuje správně, jejich výhody jasně převaží. Zvláště nyní, kdy osevním postupům jasně dominují obiloviny, meziplodiny přerušují sled těchto obilovin a jednostranné vyčerpávání půdy (Vach et al., 2009). Je na místě zmínit pozitivní vliv meziplodin na krajinu a zejména populace opylovačů, i produkci medu a chov včel obecně. Mnoho z pěstovaných meziplodin je včelařsky významných, např. svazenka, hořčice, pohanka nebo komonice (Haragsim, Haragsimová, 2013).

Agrotechnická protierozní opatření

Mezi agrotechnická protierozní opatření řadíme práci s půdou, mulčování, využití posklizňových zbytků, či meziplodin. Vach a Javůrek (2009) uvádějí, že právě práce s půdou má minimálně stejnou roli, ve vztahu k eroznímu ohrožení, jako stanovištní podmínky a sled pěstovaných plodin. Kromě zmírnění eroze a zpomalení povrchového odtoku, mohou vhodné agrotechnické postupy také zlepšit vsakování vody a umožní tak její další využití v rostlinné produkci a obecně se zlepší zásobení půdy vodou. (Bernas, 2020; Hůla et al., 2010; Proscodimi et al., 2016).

Samotné mechanické zpracování půdy je dnes předmětem intenzivního výzkumu. Převládá názor, že zejména na erozně ohrožených pozemcích by se mělo hospodařit bezorebným způsobem. Je prokázáno, že orba zlepšuje půdní strukturu pouze krátkodobě, naopak v dlouhodobém horizontu, vlivem vyzdvižení erozně méně odolných složek půdy na povrch, dochází k výrazným splachům (Holland, 2004; Badalíková, Bartlová, 2013). Naopak snížené mechanické zpracování půdy má pozitivní vliv na strukturu půdy i její schopnost odolávat degradaci. Orbou narušená přirozená struktura půdy spolu s nedostatkem organické hmoty a oběma těmito faktory sníženou činností edafonu vedou ke vzniku krusty na povrchu půdy. Tato krusta zpomaluje infiltraci vody, zrychluje tak povrchový odtok a přispívá výrazně k erozi (Le Bayon, Binet, 1999). To je dáno tím, že nestabilní agregáty, které se orbou dostaly na povrch půdy, jsou dešťovými kapkami rozplavovány a dochází k zanesení půdních pórů a snížení infiltrace dešťové vody (Kovaříček et al., 2012).

Mimo ovlivnění půdní struktury je orba významná pro potlačení škůdců a plevelů (Heroldová, Suchomel, 2016). Při bezorebném hospodaření se semena plevelů koncentrují v horní vrstvě půdy, kde mají optimální podmínky ke klíčení a vzcházející rostliny jsou snadno zasažitelné herbicidy. Alternativou k mechanickému zpracování je tedy chemická ochrana (Holland, 2004; Zemánek, 2015).

Co se týče vodního režimu v půdě, orba způsobuje přerušování kapilár a tím snižuje výpar z půdy. Ovšem při orbě samotné dojde díky převracení k okamžitým ztrátám vody, které mohou být zejména v sušších obdobích klíčové. Zároveň narušení kapilár znesnadňuje vzlínání vody z hlubších vrstev a její využití rostlinami v době

sucha. Z toho tedy plyne, že zejména v letech s nedostatkem srážek není orba z hlediska vodní bilance vhodná (Hegglin et al., 2014).

Celkově můžeme tvrdit, že výhody bezorebného hospodaření zejména ve svažitých polích převládají nad nevýhodami. Nejvíce je to patrné v suchých letech, kdy se v takovém prostředí zvyšuje výnos (Bartlová et al., 2015; Váňová et al., 2019).

Jednou z možností zmírnění eroze u širokořádkových plodin je i zmenšení meziřádkové vzdálenosti. Ukázalo se ovšem, že pěstování kukuřice v řádcích širokých 45 cm má výraznější protierozní účinek pouze při bezorebném hospodaření a ponechání aspoň 10% pokryvnosti rostlinnými zbytky (Smutný et al., 2016). Ponechání rostlinných zbytků, nebo tzv. mulčování má pozitivní vliv jak na zpomalení povrchového odtoku a infiltraci vody, tak na činnost půdních organismů (Proscodimi et al., 2016). Dodávání organické hmoty do půdy je důležité i z hlediska výnosu pěstovaných kultur. Půda delší dobu nehnojená organickými hnojivy ztrácí svou úrodnost, účinek použitých minerálních hnojiv se snižuje a výnosy klesají (Badalíková, Novotná, 2017).

Organickou hmotu do půdy lze dodávat mnoha způsoby a tato hmota může být různého původu. Tradičně nejrozšířenějším organickým hnojivem je kravský hnůj, vzniklý fermentací chlévské mrvy. Výhodou tohoto statkového hnojiva je kromě dodání organické hmoty také zapravení velkého množství bakterií do půdy a tím zvýšení půdní biodiverzity. Naopak rizikem je poměrně významné uvolňování amoniaku, čemuž však lze předcházet vhodným zapracováním do půdy (Češpiva, Zabloudilová, 2014). Při současném snižování stavů hovězího dobytka (dle ČSÚ) dochází samozřejmě i k menšímu dotování půdy tímto hnojivem. Jednou z nabízených alternativ je využití kompostu. Kompost má pozitivní vliv na půdní strukturu, usnadňuje zadržení vody a zvyšuje stabilitu půdních agregátů (Kovaříček et al., 2012).

Dalším způsobem dodání organické hmoty do půdy je ponechání většího množství posklizňových zbytků na půdním povrchu. Je vhodné tyto zbytky nasekat, neboť podél delších stran rostlinných pozůstatků, pokud jsou orientovány po spádnici, dochází k soustředění povrchového odtoku (Kovaříček et al., 2012). Jinak

má tato na povrchu ležící organická hmota výrazně protierozní působení. Posklizňové zbytky utlumí energii dopadajících dešťových kapek, čímž chrání samotný půdní povrch a umožní snadné vsakování vody (Kornecki et al., 2006). To prokázal i experiment z měření povrchového odtoku vody při simulovaných vysokých dešťových srážkách, kdy se podél nerozložených rostlinných zbytků v půdě vytvářejí podmínky pro rychlé vsakování vody (Kovaříček et al., 2012). Problémem dnes je, že právě na polích, kde se často pěstuje kukuřice, tyto posklizňové zbytky chybějí, neboť kompletní biomasa kukuřice je odvezena jako zdroj energie.

Při pěstování kukuřice vyvstává problém s tím, že netvoří zapojený porost. Uplatňování konvenčních technologií zpracování půdy a setí při pěstování širokořádkových plodin, zvláště na lehčích půdách a při absenci dalších protierozních opatření, představuje trvalé riziko pro úrodnost půdy a přináší ekologická a další rizika (Hůla et al., 2010). Významné pro omezení eroze u kukuřice jsou podsevové meziplodiny vysévané do vzešlého porostu kukuřice. Během vegetace hlavní plodiny, zajišťují meziplodiny mezi řádky ochranu proti vodní erozi. Po sklizni kukuřice se meziplodina rozrůstá a chrání pole i před erozí větrnou (Brant, 2008).

Na pomezí organizačních a agrotechnických opatření leží biopásy. Jedná se o jednoleté, nebo víceleté, většinou smíšené kultury, které jsou vysévány uvnitř půdních bloků pro jejich rozdělení, nebo na okrajích, v utužené půdě souvratě. Existují krmné, nebo nektarodárné biopásy, z čehož jasně vyplývají ekologické a environmentální dopady těchto opatření. Kromě zvyšování biodiverzity a krajiny tvorby, můžeme u těchto biopásů předpokládat i protierozní funkci (Vacek, 2018).

Technická protierozní opatření

Technická opatření jsou nejnákladnější a technicky nejobtížnější protierozní opatření a jsou vhodná na erozně významně ohrožených pozemcích. Zejména se jedná o plochy rozsáhlé, s velkým sklonem nebo délkou svahu, kde organizační a agrotechnická opatření nejsou dostačující. Vzhledem k tomu, že se jedná o opatření trvalá, pomáhají s vedením obdělávání pozemku a kromě protierozního významu mají velký význam krajinařský a ekologický (Murčo, 2011).

Jednou z historicky osvědčených metod je terasování, kdy dochází ke změně průběhu terénu a částečnému zarovnání do stupňů, většinou kopírujících vrstevnice (Jančo, 2009). Zároveň se jedná o opatření nejzásadnější, neboť dochází k výrazné změně ekologických, pedologických, geomorfologických a často i geologických poměrů. Ovšem umožní to, díky znatelnému zpomalení povrchového odtoku, obdělávat i svahy, které by kvůli jejich sklonitosti jinak obdělávat nešlo (Murčo, 2011).

Další možností je budování vsakovacích příkopů, kdy se ve vrstevnici svahu vyhloubí příkop a vykopaná zemina poslouží ke zbudování hrázky pod tímto příkopem. Díky tomu se zde zadrží stékající voda a může se vsakovat. Nevýhodou je, že voda přitékající do příkopu, přináší množství splavenin, které příkop zanášejí, což výrazně snižuje životnost tohoto protierozního opatření a je nutná jeho obnova. Částečným řešením by bylo budování těchto příkopů v kaskádách, aby stékající voda nenabrala přílišnou energii. Tím ovšem dochází ke ztrátě zemědělsky využitelné půdy (Kozlík et al., 1961).

Novotný et al. (2017) uvádí, že vsakovací příkopy jsou vhodné také jako zdokonalení protierozních polních cest vedoucích po vrstevnici. Příkop se v tomto případě buduje proti svahu nad cestou a umožní vsak, nebo odvedení vody mimo pozemek. Pro odvod vody z pozemku autoři navrhují také zatravněné údolnice, které umožní soustředěný povrchový odtok, aniž by způsoboval ztráty ornice erozí.

Pro zadržení splavené zeminy a srážkových vod v případě mimořádných přívalových vod je možné budovat také nádrže typu suchých poldrů, které mají dno přístupné pro techniku a je tedy možné z nich sedimenty po větším dešti odtěžit. Zároveň mohou takové nádrže zabránit bleskovým povodním (Novotný et al., 2017).

1. 3. 2 Vodní eroze a edafon

Ačkoliv z výše uváděných kapitol je zřejmé, že je vodní eroze na polích rozšířený a dobře prozkoumaný jev, o jejím vlivu na půdní faunu máme velmi málo informací. Vzhledem k tomu, že eroze často silně mění půdní podmínky, vytváří se na erodovaných polích různá prostředí. Na úpatí erodovaných svahů dochází k ukládání velké části unášené půdy, včetně organické hmoty. Díky tomu zde mohou půdní organismy najít více potravy a lépe se zde drží vlhkost. Půdy na úpatí svahu jsou často

úrodnější. Naopak erodované části svahu rychleji vysychají a bývají méně kyselé (Tuf et al., 2015). Největší početnosti dosahují populace zoedafonu na úpatí svažitéch polí, i když existují druhy jako mnohonožka *Brachydesmus superus*, kterým zjevně vyhovuje střední část svahu, a podobně stonožky preferují stanoviště s vyšší intenzitou eroze. Intenzita eroze má na distribuci edafonu signifikantnější vliv, než samotná svažitost (Hábová, 2016). Vyšší početnost půdních organismů na úpatí svahu může mít více důvodů. U brouků je předpoklad, že mohou být při deštích smýváni do aluvia a tím dochází k jejich hromadění (Tuf et al., 2015). Na pavouky, zejména druhy stavějící sítě, eroze významný vliv nemá. Předpokládá se, že jim k zadržení pomáhají právě jejich sítě, či schopnost vylézt na vegetaci a udržet se tam (Tuf et al., 2017; Hábová, 2016). Nějaký vliv tedy vodní eroze na populace edafonu v orné půdě zřejmě má, ovšem prací, které se tomuto tématu věnují je velmi málo. Výzkum v tomto směru je důležitý už proto, že činnost půdních bezobratlých může významně ovlivňovat vodní režim půdy a přispět tím k její ochraně (Anderson, 1988; Cerdá, Jurgensen, 2008).

2 Cíle práce

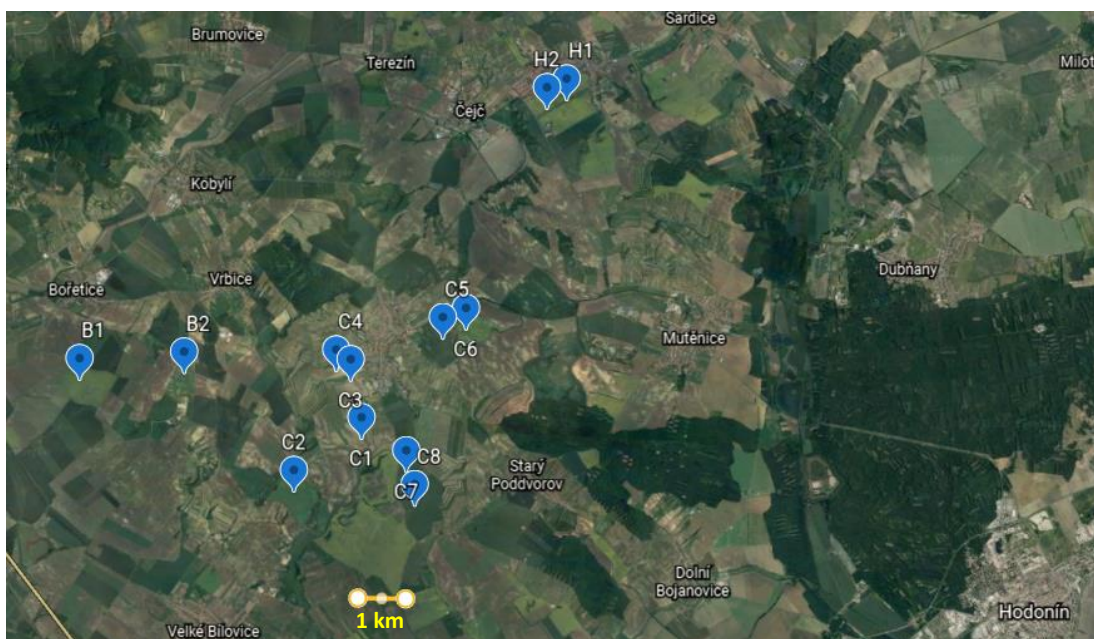
Tato bakalářská práce si klade za cíl přispět k poznání v oblasti distribuce edafonu na erodovaných polích. Pomocí determinace živočichů a následné analýzy dat získaných z padacích zemních pastí v kukuřičných polích na jižní Moravě chci odhadnout, jaký vliv má vodní eroze a svažítost terénu na distribuci edafonu. Chci také porovnat společenstva ve vrcholové, středové a dolní části svahu.

3 Materiál a metody

Materiál pro determinaci a analýzu byl získán na 12–ti jihomoravských lokalitách v letech 2014–2016 pomocí padacích zemních pastí a byl sbírán Ing. Vojtěchem Chmelíkem v rámci projektu podpořeného grantem NAZVQJ1230066.

3.1 Lokality

Pro výzkum byla vybrána kukuřičná pole v katastrálních územích Velké Bílovice (B), Hovorany (H) a Čejkovice (C), severozápadně od Hodonína (Obr. 1). Půdy jsou zde černozemně modální, karbonátové a pelické vzniklé na čtvrtohorních spraších, často na silně erozně ohrožených svazích (VÚMOP, 2020). Průměrná míra eroze na lokalitách činila $-5,4$ t/ha/rok v erodované části a $+4,2$ t/ha/rok na úpatí svahu. Průměrná roční teplota v této oblasti je $9,8$ °C, průměrné roční srážky 528 mm (data ČHMÚ 1981-2010). Jedná se tedy o jednu z nejteplejších oblastí v České republice. Nadmořská výška se na lokalitách pohybuje kolem 200 m n. m.



Obrázek 1: Plánek rozložení lokalit v zájmové oblasti vytvořený v aplikaci Google Earth

3.2 Odběr materiálu

Vzorky zoedafonu byly získány pomocí padacích zemních pastí. Tyto pasti byly tvořeny plastovým kelímkem o průměru hrdla 7 cm, jehož okraj byl v rovině s okolní půdou. Kelímek byl shora přikryt kovovou destičkou na nožkách, aby bylo zabráněno ředění fixační tekutiny či vypláchnutí obsahu při případných srážkách. V kelímku byl nalit roztok 4% formaldehydu pro fixaci zachycených živočichů.

Na každé lokalitě byly stanoveny tři transekty: ve vrcholové části svahu (Z, zdroj), ve střední části (E, erodovaná část) a na úpatí (A, akumulární část). Každý transekt, orientovaný po vrstevnici, obsahoval 5 pastí s desetimetrovým rozestupem. Pro každý transekt byla stanovena míra eroze a sklonitost svahu. Míru eroze stanovoval Ing. Marek Bednář, Ph.D., pomocí počítačového modelu pracujícího s údaji dostupnými z geografických databází. Sklon svahu byl získán z databází podle geografických souřadnic jednotlivých transektů. Celkem tedy bylo na dvanácti lokalitách (B1, B2, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, H1, H2) rozmístěno 180 padacích zemních pastí.

Pasti byly vybírány vždy po čtrnácti dnech, celkem pětkrát během vegetace kukuřice, od května do září. Obsah pastí byl následně roztríděn do vyšších taxonomických skupin a fixován 70% etanolem.

3.3 Determinace materiálu

Mnou zpracovávaný materiál zahrnuje suchozemské stejnonožce (Crustacea: Isopoda: Oniscidea), stonožky (Myriapoda: Chilopoda) a mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda). Mnohonožky jsem roztrídil do morfospecií, které determinoval RNDr. Karel Tajovský, CSc. Stejnonožce a stonožky jsem determinoval já, pod odborným vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D., a s pomocí určovací literatury (Malinková, 2009; Neckařová, 2009).

3.4 Statistické vyhodnocení

Získaná data byla zpracována pomocí mnohorozměrných analýz v programu CANOCO (Ter Braak, Šmilauer, 2002). Jako environmentální data sloužila pozice na svahu, míra eroze a sklon svahu. Názvy lokalit, které nemají ekologický význam, do analýz

zahrnuty nebyly, stejně jako termín výběru. Jako data druhová byl použit počet jedinců příslušného druhu v určité padací zemní pasti. K analýze byla použita canonická korespondeční analýza (CCA), signifikantnost první osy i celého modelu byla hodnocena pomocí Monte Carlo permutačního testu (499 opakování) Pro predikci početnosti druhů v závislosti na environmentálních faktorech byly zhotoveny generalizované aditivní modely (GAM).

4 Výsledky

Celkem bylo při tomto výzkumu do 180 instalovaných padacích zemních pastí odchyceno 33 stejnonožců náležících do 4 druhů, 836 stonožek ve 3 druzích a 437 mnohonožek ve 4 druzích. Dohromady jsem pracoval se vzorkem 1306 jedinců (Tab. 1).

Tabulka 1: Početnost jedinců sledovaných skupin na jednotlivých lokalitách.

	B1	B2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	H1	H2	celkem
Isopoda	20	7	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	33
Diplopoda	11	37	14	16	3	1	26	3	3	2	241	80	437
Chilopoda	0	3	0	0	1	1	0	0	8	11	535	277	836

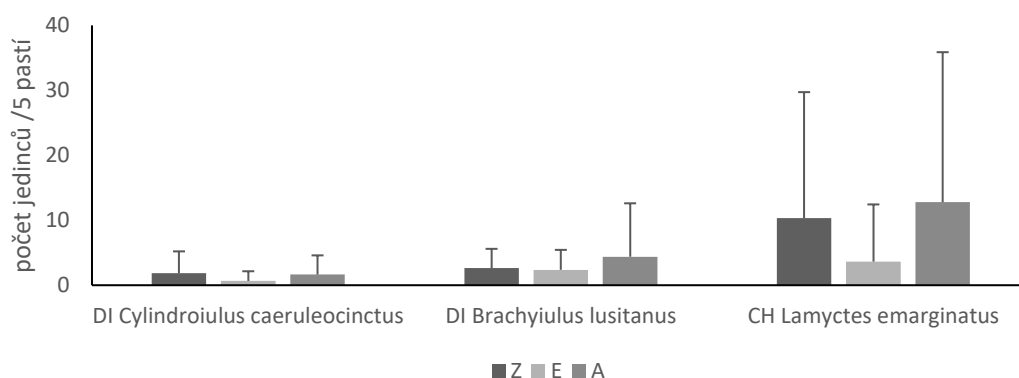
Stejnonožci se ve větší míře vyskytovali pouze na lokalitách u Velkých Bílovic (B1 a B2). Nejvíce mnohonožek a stonožek bylo zaznamenáno na lokalitách u Hovorán (H1 a H2). Na lokalitách okolo Čejkovic (C1 – C8) se podařilo zachytit nejméně jedinců všech sledovaných skupin (Tab. 1).

Nejhojnějším druhem byla stonožka *Lamyctes emarginatus* (Tab. 2), která tvořila více jak 62 % odchycených bezobratlých. Druhým nejpočetnějším druhem byla mnohonožka *Brachyiulus lusitanus* v počtu 293 jedinců a třetí mnohonožka *Cylindroiulus caeruleocinctus* se 126 odchycenými jedinci. Ostatní druhy mají v početnosti značný odstup. Nejvíce jedinců (616) bylo odchyceno v akumulární části na úpatí svahu.

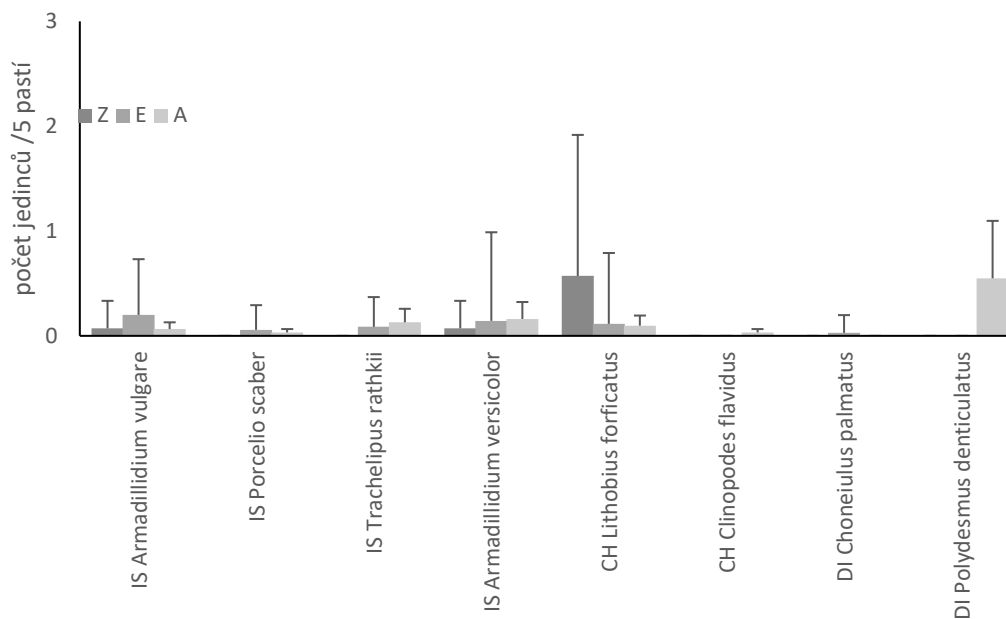
Tabulka 2: Početnost zachycených druhů v jednotlivých částech svahu (Z = vrchol svahu, E = střední část svahu, A = úpatí svahu).

druh	Z	E	A	Celkem
<i>Armadillidium vulgare</i> (Latreille, 1804)	2	7	2	11
<i>Porcelio scaber</i> (Latreille, 1804)	0	2	1	3
<i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt, 1833)	0	3	4	7
<i>Armadillidium versicolor</i> (Stein, 1859)	2	5	5	12
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	16	4	3	23
<i>Clinopodes flavidus</i> (C.L. Koch, 1847)	0	0	1	1
<i>Lamyctes emarginatus</i> (Newport, 1844)	289	127	396	812
<i>Choneiulus palmatus</i> (Němec, 1895)	0	1	0	1
<i>Polydesmus denticulatus</i> (C.L. Koch, 1847)	0	0	17	17
<i>Cylindroiulus caeruleocinctus</i> (Wood, 1864)	52	23	51	126
<i>Brachyiulus lusitanus</i> (Verhoeff, 1898)	74	83	136	293

U tří nejhojnějších druhů, tedy *Lamyctes emarginatus*, *Brachyiulus lusitanus* a *Cylindroiulus caeruleocinctus*, i většiny ostatních je zjevné, že mají nejvyšší abundanci ve střední části svahu a nejvyšší na jeho úpatí (Obr. 2). Maximum výskytu ve střední erodované části svahu měli stejnonožci *Armadillidium vulgare* a *Porcelio scaber* a mnohonožka *Choneiulus palmatus*. Naproti tomu stonožka *Lithobius forficatus* měla jako jediná nejvyšší zastoupení v pastech umístěných na vrcholu svahu (Obr. 3).

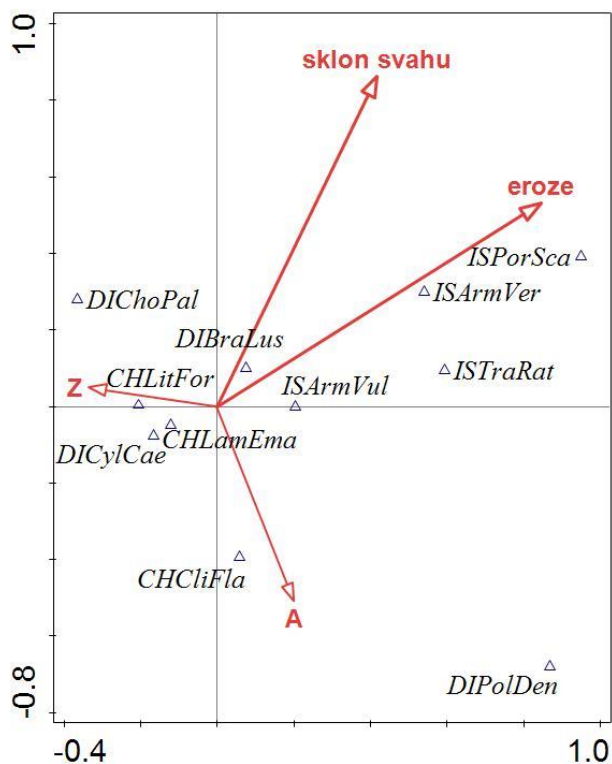


Obrázek 2: Průměrné počty jedinců tří nejhojnějších druhů v průměrném transektu v různých částech svahu (Z = vrchol svahu, E = střed svahu, A = úpatí svahu).



Obrázek 3: Průměrné počty jedinců méně početných druhů v průměrném transektu v různých částech svahu (Z = vrchol svahu, E = střed svahu, A = úpatí svahu).

Pro další analýzu dat byla provedena unimodální analýza CCA, kde byla testována pozice na svahu, sklon svahu a míra eroze. Lokality do této analýzy zahrnuté nebyly. Test významnosti použitého modelu CCA ukázal, že první osa je signifikantní a vysvětluje 7,3 % variability ($F = 7,0$, $p = 0,002$) a druhá osa je rovněž signifikantní a vysvětluje 2,8 % variability v distribuci edafonu na svahu. Celý model se ukázal signifikantní a vysvětluje asi 11,3 % druhové variability ($F = 2,8$, $P = 0,002$). Jako signifikantní se pro výskyt a abundanci edafonu v tomto modelu ukázal sklon svahu, který vysvětluje 3,5 % v distribuci druhů a také míra eroze vysvětlující 6 % variability. Pozice na svahu dle tohoto modelu signifikantní není.



Obrázek 4: Model CCA analýzy zobrazující distribuci sledovaných druhů edafonu v závislosti na sklonu svahu, míře eroze a pozici pastí ve svahu (Z = vrchol svahu, A = úpatí, pozice E = střed svahu není zobrazena, neboť byla definována jako neA a neZ, tedy doplněk těchto dvou pozic).

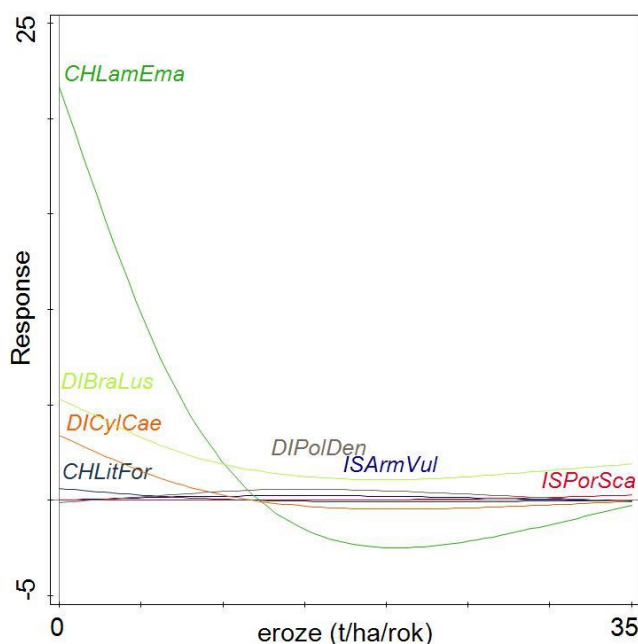
Pozn. DICylCae - *Cylindroiulus caeruleocinctus*, DICHolPal - *Choneiulus palmatus*, DIBraLus - *Brachyiulus lusitanus*, DIPolDen - *Polydesmus denticulatus*, CHLitFor - *Lithobius forficatus*, CHLiFla - *Clinopodes flavidus*, CHLamEma - *Lamyctes emarginatus*, ISArmVul - *Armadillidium vulgare*, ISArmVer - *Armadillidium versicolor*, ISPorSca - *Porcelio scaber*, ISTraRat - *Trachelipus rathkii*.

Tabulka 3: Analyzované faktory a jejich statistická významnost pro distribuci druhů.

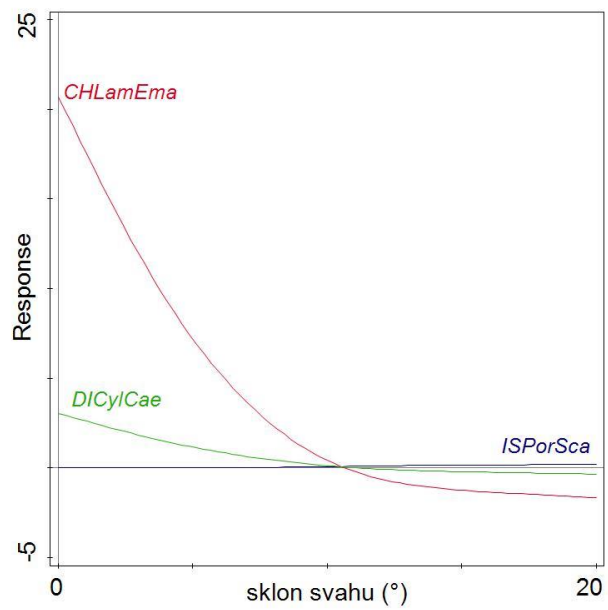
Faktor	Vysvětluje %	F	P
eroze	6	5,9	0,002
sklon	3,5	3,6	0,006
Z – vrchol svahu	1	1	0,408
A – úpatí svahu	0,7	0,7	0,66

Pro oba analyzované faktory, které vyšly v CCA (Obr. 4, Tab. 3) signifikantní, tedy pro míru eroze a sklon svahu byl připraven generalizovaný aditivní model (GAM) pro predikci početnosti jednotlivých druhů edafonu v závislosti na těchto faktorech. Generalizovaný aditivní model pro predikci početnosti druhů v závislosti na míře eroze (Obr. 5) dokázal signifikantně předpovědět početnosti 7 druhů a to stejnonožců *Armadillidium vulgare* ($F = 3,8$, $p = 0,02695$) a *Porcelio scaber* ($F = 10,5$, $p = 0,00008$), stonožek *Lamyctes emarginatus* ($F = 16,1$, $p < 0,00001$) a *Lithobius forficatus* ($F = 4,5$, $p = 0,01324$), mnohonožek *Cylindroiulus caeruleocinctus* ($F = 19,9$, $p < 0,00001$), *Brachyiulus lusitanus* ($F = 4,5$, $p = 0,01376$) a *Polydesmus denticulatus* ($F = 3,7$, $p = 0,02839$). Stínka *P. scaber* a svinka *A. vulgare*, stejně jako mnohonožka *P. denticulatus* preferovaly spíše erodovanější plochy, ostatní druhy se místům s erozí spíše vyhýbaly.

Distribuci pouhých tří druhů bylo možné signifikantně predikovat na základě sklonu svahu dané lokality (Obr. 6). Zatímco stínka *P. scaber* ($F = 4,7$, $p = 0,01157$) preferovala spíše svažitéjší terén, mnohonožka *Cylindroiulus caeruleocinctus* ($F = 6,2$, $p = 0,0029$) a stonožka *Lamyctes emarginatus* ($F = 6,5$, $p = 0,00234$) se svahům spíše vyhýbaly.



Obrázek 5: GAM model početnosti jednotlivých druhů v závislosti na míře eroze.



Obrázek 6: GAM model znázorňující početnost jednotlivých druhů v závislosti na sklonu svahu.

5 Diskuze

Zabýval jsem se problematikou výskytu edafonu na svažitých polích osetých kukuřicí v širokých řádcích na jižní Moravě. Tato pole jsou ohrožena zejména vodní erozí, což byl jeden ze sledovaných faktorů, který může ovlivňovat distribuci bezobratlých. Dále mě zajímal vliv sklonitosti svahu na abundanci edafonu a také zastoupení půdních bezobratlých na konkrétních pozicích ve svažitých polích. Zoologický materiál, který jsem zpracovával, byl nachytán od května do září v letech 2014 – 2016 na dvanácti jihomoravských lokalitách do padacích zemních pastí. Padací zemní pasti představují efektivní a široce využívanou metodu vzorkování epigeonu a hemiedafonu, euedafičtí zástupci jsou touto metodou obtížně zachytitelní (Mommertz et al., 1996; Santos et al., 2007). Jelikož vodní eroze ovlivňuje nejvýznamněji právě půdní povrch, měl by být vzorek nasbíraný touto metodou vhodný pro analýzu vlivu eroze a sklonitosti na populace bezobratlých. Na každé lokalitě byly vytyčeny tři transekty - na vrcholu svahu, ve středu svahu a na úpatí. V každém transektu bylo pět padacích zemních pastí.

Pro účely této práce byly z nasbíraného materiálu zpracovány a determinovány na druhovou úroveň vzorky suchozemských stejnonožců (Isopoda), mnohonožek (Diplopoda) a stonožek (Chilopoda). Celkem bylo zpracováno 1306 jedinců zařazených do 11 druhů. Všechny nalezené druhy jsou z agrocenóz a narušovaných stanovišť známy.

Zjistil jsem, že mnohonožky a stonožky většinou preferují méně erodované části svahů, naopak suchozemští stejnonožci obsazují silněji erodované plochy. Nejvýrazněji je to vidět u druhů *Porcelio scaber* a *Armadillidium vulgare*. Je to nepřekvapivé, neboť oba tyto druhy jsou výrazně petrofilní a nacházíme je na kamenitých až skalnatých stanovištích, druhotně v blízkosti staveb. Je třeba dodat, že suchozemských stejnonožců bylo ve vzorcích pouze 33 jedinců, byť použitá metoda odchytu pro ně byla vhodná (Mommertz et al., 1996). Může to být dáno celkovými podmínkami lokalit, neboť stejnonožci jsou poměrně citliví na mechanické zpracování půdy i aplikace pesticidů (Paoletti, Hassall, 1999; Moss, Hassal, 2006; Miko, 2019).

Rovněž jim vyhovuje prostředí se stabilní vlhkostí (Hornung, 2011; Tuf, 2013), což jihomoravská kukuřičná pole nespĺňují.

U mnohožky *Cylindroiulus caeruleocinctus* a stonožky *Lamyctes emarginatus* se jasně ukázalo, že se tyto druhy vyhýbají erodovaným částem svahu. To může být způsobeno tím, že požadují půdu s více živinami a lepšími zdroji potravy. Je možné s tím stavět do souvislosti zjištění, že diverzita na úpatí svahu je vyšší než v jeho ostatních částech. To může být způsobeno právě hromaděním kvalitní půdy splavené erozní činností. Kromě půdních částic se zde může hromadit organická hmota a rovněž zde lze předpokládat stabilnější vláhové podmínky, neboť nedochází k tak výraznému povrchovému odtoku jako ve svažitéjších částech. Kromě vyšší diverzity jsem na úpatí svahu zjistil i nejvyšší abundance většiny druhů. Například mnohonožka *Polydesmus denticulatus* se vyskytovala pouze zde, což odpovídá charakteristickým požadavkům tohoto druhu, který ač se vyskytuje i na pozměněných stanovištích, preferuje vlhčí půdy, kde obývá opadové vrstvy (Tajovský, 2017). Za vyšší diverzitou na úpatí svahu může stát také splach živočichů z erodované části (Tuf et al., 2015). Na vrcholu svahu měla nejvyšší abundance stonožka *Lithobius forficatus*. Vysvětlením by mohlo být, že některé stonožky mají schopnost vylézat na vegetaci a nejsou tak odneseny proudem spolu s půdou (Spitzer et al., 2010).

Nicméně samotná pozice pasti na svahu se neukázala jako průkazná, což se dalo předpokládat, jelikož pro výskyt druhů není důležitý tento arbitrální parametr, nýbrž konkrétní míra eroze, popř. sklonitost svahu. Tyto dva faktory spolu nejsou jednoznačně korelované, neboť na míře eroze se podílí mnohem více faktorů než pouhá sklonitost pozemku (Janeček, 2012), i když se vzrůstajícím sklonem často roste i riziko vodní eroze. S intenzitou eroze krom diverzity klesá také úrodnost erodované části pozemku (Banda et al., 1994; Bucur et al., 2007), tudíž by i uživatel zemědělského pozemku měl mít zájem na omezení eroze. K tomu může přispět lepší vegetační kryt, větší množství organické hmoty na povrchu i snížení mechanického zpracování půdy (Kvítek, Tipl, 2003; Janeček, 2012). Tato opatření vedou rovněž k podpoře edafonu, který svou činností pomáhá vytvářet půdní strukturu a zlepšuje infiltrační schopnost půdy, což vede k mírnění povrchového odtoku (Blanchart et al., 2004).

Míra eroze a sklonitost svahu dle mých zjištění ovlivňují diverzitu i abundanci edafonu. Tato zjištění jsou v souladu s poznatky Hábové (2017), která sledovala vliv eroze na půdní bezobratlé pomocí podzemních návnadových pastí. Odlišnost jsem zaznamenal v případě stonožek. Hábová (2017) dospěla k závěru, že stonožky dosahují vyšší abundance na plochách s vyšší intenzitou eroze. Já jsem naopak zjistil, že zejména v případě nejpočetnějšího druhu (*Lamyctes emarginatus*), preferují stanoviště méně erozně ovlivněná a rovněž s mírnějším sklonem. Důvodem této odlišnosti může být jiná ekologie druhů, které zachytila Hábová (2017) do podzemních návnadových pastí a druhů mnou sledovaných pomocí padacích zemních pastí. Hábová (2017) sledovala vliv vodní eroze na druhy *Schendyla nemorensis* a *Geophilus flavus*, což jsou euedafické stonožky. Možná právě proto, že žijí v hlubších vrstvách půdy než *Lamyctes emarginatus*, který dominoval mnou analyzovaným vzorkům, dokáží se s vodní erozí lépe vyrovnat a nejsou vystaveny riziku splachu při povrchovém odtoku srážkové vody.

S největší diverzitou na úpatí svahu, kde se hromadí splavená úživná půda, souhlasí i výsledky Tufa et al. (2015), kteří se ve své práci věnovali vlivu vodní eroze na distribuci brouků a pavouků.

6 Závěr

Kukuřičná pole na svažitých pozemcích bez protierozních opatření představují pro edafon velmi složité životní prostředí. Oblast jižní Moravy je pro výzkum problematiky vlivu eroze na edafon vhodná, jelikož zde najdeme svažitá pole s poměrně vysokou intenzitou eroze. Pomocí padacích zemních pastí bylo nachytáno 1306 jedinců stejnonožců, stonožek a mnohonožek. Následnou analýzou tohoto materiálu jsem zjistil, že vodní eroze a sklon svahu mají vliv na distribuci edafonu na svažitých kukuřičných polích.

U většiny druhů se ukázalo, že jim vyhovují erozně méně zatížené polohy svahu. Nejvýrazněji se to projevilo u stonožky *Lamyctes emarginatus* a mnohonožky *Cylindroiulus caeruleocinctus*. Opačné preference, tedy výskyt zejména na erodovaných plochách, jsem zjistil u petrofilních stejnonožců *Porcelio scaber* a *Armadillidium vulgare*. Sklon svahu měl prokazatelný vliv na abundanci tří zachycených druhů. Mnohonožka *Cylindroiulus caeruleocinctus* a stonožka *Lamyctes emarginatus* se svahům prokazatelně vyhýbaly, suchozemský stejnonožec *Porcelio scaber* svahy preferoval.

Z dosavadních poznatků je zřejmé, že edafon může svou činností velmi výrazně ovlivnit intenzitu eroze a je tedy vhodné hospodařit na polích tak, abychom pro půdní organismy vytvořili dobré životní podmínky. Tímto směrem by se mohl ubírat další výzkum.

7 Seznam použitých zdrojů

- Anderson, J. M. (1988): Invertebrate-mediated transport processes in soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24(1-3): 5-19
- Babilonová, D. (2010): Přehled zemědělských technik a principů obhospodařování krajiny ve vazbě na erozi půdy [diplomová práce]. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. 85 pp.
- Badalíková, B., Bartlová, J. (2013): Funkce meziplodin při ochraně půdy před vodní erozí. In: Rožnovský, J. (ed): Voda, půda a rostliny: sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference: Křtiny 29.6.-30.6.2013. Praha: Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 2013. ISBN 978-80-87577-17-2: 1-6
- Badalíková, B., Novotná, J. (2017): K čemu je dobrá organická hmota v půdě? In: Martinec, P.: Hospodaření s půdou ve školkařských provozech, Sborník příspěvků z celorepublikového semináře. Třebíč: Sdružení lesních školkařů ČR: 36-40
- Banda, A. Z., Maghembe, J. A., Ngugi, D. N. et al. (1994): Effect of intercropping maize and closely spaced *Leucaena* hedgerows on soil conservation and maize yield on a steep slope at Ntcheu, Malawi. *Agroforestry systems*, 27(1): 17-22
- Bardgett, D. R. (2009): *The Biology of Soil, A Community and Ecosystem Approach*. Lancaster: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-852503-5. 242 pp.
- Bartlová, J., Badalíková, B., Pospíšilová, L., Pokorný, E., Šarapatka, B. (2015): Water stability of soil aggregates in different systems of tillage. *Soil and Water Research*, 10(3): 147-154
- Battiston, L. A., Miller, M. H., Shelton, I. J. (1987): Soil erosion and corn yield in Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*, 67(4): 731-745
- Bernas, J., Konvalinka, P., Brom, J., Moudrý, J., Veselá, T., Bucur, R. H., Dirja, M., Shim, S. (2020): Agrotechnology as Key Factor in Effective Use of Water on Arable

- Land. In: Zelenakova M., Fialová J., Negm A. (eds) Assessment and Protection of Water Resources in the Czech Republic. Cham: Springer: 275-312
- Bernatík, A., Nevrlá, P. (2005): Vliv havárií na životní prostředí. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 68 pp.
- Blanchart, E., Albrecht, A., Brown, G., Decaens, T., Duboisset, A., Lavelle, P. et al. (2004): Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(2): 303-315
- Bonkowski, M., Griffiths, B. S., Ritz, K. (2000): Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia*, 44(6): 666-676
- Brant, V., Balík, J., Fuksa, P., Hakl, J., Holec, J., Kasal, P., Neckář, K., Pivec, J., Prokinová, E. (2008): *Meziplodiny*. České Budějovice: Kurent, ISBN 97880871111109. 86 pp.
- Brunke, A. J., Bahlai, C. A., Sears, M. K., Hallett, R. H. (2009): Generalist predators (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) associated with millipede populations in sweet potato and carrot fields and implications for millipede management. *Environmental Entomology*, 38(4): 1106-1116
- Bucur, D., Jitareanu, G., Ailincăi, C., D Tsadilas, Ch., Ailinci, D., Mercus, A. (2007): Influence of soil erosion on water, soil, humus and nutrient losses in different crop systems in the Moldavian Plateau, Romania. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 5(2): 261-264
- Byzov, B. A. (2006): Intestinal microbiota of millipedes. In: *Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates*. Berlin, Heidelberg : Springer: 89-114
- Cerdá, A., Jurgensen, M. F. (2008): The influence of ants on soil and water losses from an orange orchard in eastern Spain. *Journal of Applied Entomology*, 132: 306-314
- Crawford, C. S. (1992): Millipedes as model detritivores. *Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Verein Innsbruck*, 10: 277-288

- Čandová, J. (2011): Využití kukuřice při výrobě bioplynu [disertační práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 122 pp.
- Český statistický úřad [online]. Kolik tu s námi vlastně žije hospodářských zvířat? ©2007, [cit. 3. 12. 2019]. Dostupné z URL: https://www.czso.cz/csu/czso/kolik_tu_s_nami_vlastne_zije_hospodarskych_zvirat
- Češpiva, M., Zabloudilová, P (2014): Vliv způsobu zapravení statkových hnojiv na obsah dusíkatých látek při pěstování energetických plodin. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 3 pp.
- Dworak, V., Huebner, M., Selbeck, J. (2015): Precise Navigation of Small Agricultural Robots in Sensitive Areas with a Smart Plant Camera. *Journal of Imaging*, 1(1): 115-133
- Eršil, L. (2010): Perspektivy a úskalí fytoenergetiky [bakalářská práce]. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. 35 pp.
- Foelix, R. F. (2011): *Biology of Spiders*, Third Edition. New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-973482-5. 419 pp.
- Geoderma [dokumentární film]. Miko, L., Stříteský, I. Česko, SKYFILM Prostějov, 2016. V digitalizované podobě dostupný prostřednictvím YouTube z: <https://www.youtube.com/watch?v=Z5rMheOnaec>
- Hábová, L. (2016): Vliv vodní eroze na polích na půdní faunu [diplomová práce]. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. 62 pp.
- Haragsim, O., Haragsimová, L. (2013): *Včelařské dřeviny a byliny*. 2., upr. vyd. Praha: Grada publishing. ISBN 978-80-247-4647-0. 200 pp.
- Hättenschwiler, S., Gasser, P. (2005): Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(5): 1519-1524
- Hegglin, D., Clerc, M., Dierauer, H. (2014): *Reduzierte Bodenbearbeitung Umsetzung im biologischen Landbau*. Frick: FiBL. ISBN: 978-3-03736-259-4. 12 pp.

- Heroldová, M., Suchomel, J. (2016): Drobní savci v porostech řepy cukrové a jejich význam z hlediska škod na řepné produkci. *Listy cukrovarnické a řepařské* 132 (3): 96-99
- Holland, J. M. (2004): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103 (1): 1-25
- Hornung, E. (2011): Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: structure, physiology and behavior. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 4 (2): 95
- Hůla, J., Kovaříček, P., Kroulík, M. (2010): Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 126 (1): 2 -25
- Hutařová, K. (2010): Stanovení ztráty půdy a návrh protierozních opatření [diplomová práce]. Mendelova univerzita v Brně, Fakulta agronomická. 91 pp.
- Chen, Q., Wang, K., Qi, S., Sun, L. (2003): Soil and water erosion in its relation to slope field productivity in hilly gully areas of the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 23(8): 1463-1469
- Chmelová, R., Šarapatka, B. (2002): Soil erosion by water: Contemporary research methods and their use. *Geographica*, 37: 23-30
- Jančo, M. (2009): Historické zahrady a parky a jejich obnova z pohledu zahradního archeologického výzkumu. *Zprávy památkové péče*, 69(5): 358-370
- Janeček, M. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. 117 pp.
- Janovská, V. (2016): Příčiny a důsledky fragmentace zemědělské půdy [disertační práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí. 65 pp.
- Jelenko, L. (2017): Primerjava števila in skupne mase deževnikov v različnih pridelovalnih sistemih po spravilu soje in ajde [Diplomová práce]. Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede. 44 pp.

- Klima, K. (2002): Assessment of anti-erosion efficiency for three crop rotations applied to mountain soil. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Environmental Development*, 2(05). Dostupné z URL: <http://www.ejpau.media.pl/volume5/issue2/environment/abs-04.html>
- Klímová, E. (2013). *Environmentální a historické aspekty socialistického zemědělství v Hustopečích [disertační práce]*. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií. 76 pp.
- Knozová, G. (2014): Charakteristika přívalových srážek v Protivanově, Kroměříži a Vizovicích (2003-2013). *Fyzickogeografický sborník*, 12: 85-93
- Kobetičová, K. (2011): *Efekty a rizika kontaminantů pro rouspice v půdním prostředí [disertační práce]*. Brno: Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. 144 pp.
- Kornecki, T. S., Grigg, B. C., Fouss, J. L., Southwick, L. M. (2006). Effectiveness of post-harvest sugarcane residue and polyacrylamide on reducing soil deposition in quarter-drains. *Applied engineering in agriculture*, 22(6): 857-865
- Kostecka, J. (1998): Earthworm (Oligochaeta, Lumbricidae) communities in some natural sites in the Bieszczady Mts. (South-Eastern Poland). In: Pižl, V., Tajovský, K. (eds.): *Soil Zoological Problems in Central Europe, Proceeding of the 4th Central European Workshop on Soil Zoology*. České Budějovice: Academy of Science of the Czech Republic: 94 – 99
- Kovaříček, P., Hůla, J., Vlášková, M., Kroulík, M., Mašek, J. (2012): *Zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při přívalových deštích. Výstup z projektu MZe ČR č. QH 82191 „Optimalizace dávkování a zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při intenzivních dešťových srážkách“*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 19 pp.
- Kozlík, V., Mališ, O., Alena, F. (1961): *Ochrana půdy před vodnou eróziou*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. 229 pp.

- Krajina pro včely [dokumentární film]. Vacek, M., Stříteský, I. Česko, SKYFILM Prostějov pro Český svaz včelařů, 2018. V digitalizované podobě dostupný prostřednictvím YouTube z: <https://www.youtube.com/watch?v=4Hrl2Xpuyg>
- Kvítek, T., Tipl, M. (2003): Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 47 pp.
- Laška, V., Mikula, J., Tuf, I. H. (2008): Jak hluboko žijí půdní bezobratlí. Živa, 56(4): 169-171
- Le Bayon, R. C., Binet, F. (1999). Rainfall effects on erosion of earthworm casts and phosphorus transfers by water runoff. *Biology and Fertility of Soils*, 30(1-2): 7-13
- Loureiro, S., Sampaio, A., Brandão, A., Nogueira, A. J., Soares, A. M. (2006): Feeding behaviour of the terrestrial isopod *Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833 (Crustacea, Isopoda) in response to changes in food quality and contamination. *Science of the Total Environment*, 369(1-3): 119-128
- Makeschin, F. (1997): Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): important promoters of soil development and soil fertility. In: Benckiser, G. (1997): *Fauna in soil ecosystems*. New York: CRC Press: 187-238
- Malinková, L. (2009): Suchozemští stejnonožci České republiky s obrazovým atlasem [bakalářská práce]. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. 102 pp.
- Marada, P., Havlíček, Z., Skládanka, J. (2010): Ochrana přírody a krajiny - Ekosystémové služby, nový trend zemědělského podnikání, 1. vyd. Mendelova univerzita v Brně, ISBN: 978-80-7375-416-7. 45 pp.
- Marada, P., Křikava, L., Křikava, L., Kutlvašr, K., Sláma, P. (2012): Agroenvironmental management system-a technique for increasing the natural value of agroecosystems. *Agricultural Economics*, 58(5): 201-212

- Mentlík, P. (2003). Stručný úvod do pedologie a pedografie pro geografy. Západočeská univerzita. 34 pp.
- Miko, L., Šantrůčková, H., Záhora, J., Máchal, A. (2019): Život v půdě. 1. vydání. Brno: Lipka. ISBN 978-80-88212-17-1. 240 pp.
- Mikula, J. (2012): Využití půdních bezobratlých jako indikátorů kvality půdy [disertační práce]. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. 52 pp.
- Mikula, J., Laška, V., Šarapatka, B., Tufová, J., Tuf, I. H. (2010). Soil invertebrates in conventionally and organically farmed fields of winter wheat and winter oilseed rape in the Czech Republic. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 74: 85-89
- Mommertz, S., Schauer, C., Kösters, N., Lang, A., Filser, J. (1996): A comparison of D-Vac suction, fenced and unfenced pitfall trap sampling of epigeal arthropods in agroecosystems. *Annales Zoologici Fennici*, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board: 117-124
- Moss, A., Hassal, M. (2006): Effects of disturbance on the biodiversity and abundance of isopods in temperate grasslands, *European Journal of Soil Biology*, 42 (1): 254-268
- Murčo, T. (2011): Porovnání metod výpočtu vodní eroze [bakalářská práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 44 pp.
- Neckařová, M. (2009): Stonožky řádu Lithobiomorpha České republiky [bakalářská práce]. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. 95 pp.
- Novák, V., Káš, V., Nosek, J. (1959): Živěna půdní. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze. Československá akademie zemědělských věd. 285 pp.
- Novotný, I. a kol. (2017): Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy [aktualizované znění]. Praha: Ministerstvo zemědělství. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 92 pp.

- Paoletti, M. G., Hassall, M. (1999). Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3): 157-165
- Paoletti, M. G., Osler, G. H., Kinnear, A., Black, D. G., Thomson, L. J., Tsitsilas, A., D'Inca, A. (2007): Detritivores as indicators of landscape stress and soil degradation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(4): 412-423
- Peachey, R. E., Moldenke, A., William, R. D., Berry, R., Ingham, E., Groth, E. (2002): Effect of cover crops and tillage system on symphylan (Symphyla: Scutigera) and Pergamasus quisquiliarum Canestrini (Acari: Mesostigmata) populations, and other soil organisms in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 21(1): 59-70
- Petersen, H. (1994): A review of collembolan ecology in ecosystem context. *Acta Zoologica Fennica*, 195: 111-118
- Pižl, V. (2002): Žížaly České republiky = Earthworms of the Czech Republic. 1. vyd. Uherské Hradiště: Přírodovědný klub v Uherském Hradišti. ISBN 80-86485-048. 154 pp.
- Pokladníková, H., Středa, T., Rožnovský, J. (2009): Sníh a eroze zemědělské půdy. In: XIV. Medzinárodné stretnutie snehárov, Šumava. Kubova Huť: Česká zemědělská univerzita v Praze: 26-33
- Pokorný, V. (2002): Atlas brouků. Praha: Ladislav Horáček – Paseka, ISBN 80-7185-484-0. 144 pp.
- Prosdocimi, M., Tarolli, P., Cerda, A. (2016): Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth-Science Reviews*, 161: 191-203
- Rejšek, K., Matějů, L., Čtyroká, J. (2009): Biologie půd. In: Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K.: Půda v České republice. Praha: Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství, Consult Praha: 85-10
- Riezner, J. (2007): Vývoj využití půdy v horním povodí Opavice v letech 1845–2003. *Klaudyán*, 4(2): 28-41

- Santos, S. A., Cabanas, J. E., Pereira, J. A. (2007): Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. *European Journal of Soil Biology*, 43(2): 77-83
- Schmitt, G., Roth, M. (1998): Centipede and milipede communities in cultural landscapes of Northeast-Germany. In: Pižl, V., Tajovský, K. (eds.): *Soil Zoological Problems in Central Europe*. České Budějovice: Ústav půdní biologie AV ČR. ISBN 80-902020-4-7: 191-197
- Smrž, J. (2014): *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2258-3. 192 pp.
- Smutný, V., Lukas, V., Neudert, L., Šedek, A. (2016): Úzkořádková technologie pěstování kukuřice na siláž a zrno [Výstup z projektu NAZV QJ1210008]. Mendelova univerzita v Brně. 46 pp.
- Spitzer, L., Konvička, O., Tropek, R., Roháčová, M., Tuf, I. H., Nedvěd, O. (2010): Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré (*Abies alba*) na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). *Časopis Slezského muzea Opava*, 59: 217-232
- Šarapatka, B. (2014): *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3736-1. 232 pp.
- Šarapatka, B., Tuf, I. H. (2010): Půda jako oživený subsystém In: Šarapatka, B. a kol.: *Agroekologie, východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut o.p.s., ISBN 978-80-87371-10-9: 162-178
- Šimek, M., Elhottová, D., Pižl, V. (2015): *Živá půda*. Praha: Academia., 82 pp.
- Špaldoňová, A., Frouz, J. (2014): The role of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscidea) in litter decomposition and soil organic matter stabilization. *Applied Soil Ecology*, 83: 186-192
- Tajovský K. (2017): *Polydesmus denticulatus* C. L. Koch, 1847 - plochule zubovitá v Kraji Vysočina. Pobočka ČSO na Vysočině [online]. Dostupné z URL: www.prirodavysociny.cz (1. 7. 2020).

- Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P. (2002): CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, USA.
- Thakur, P. C., Prem, A., Sinha, S. K. (2011): Comparative study of characteristics of biocompost produced by millipedes and earthworms. *Advances in Applied Science Research*, 2(3): 94-98
- Trávníčková, I. (2009): Kukuřice cukrová [bakalářská práce]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. 52 pp.
- Tuf, I. H. (2012): Půdní bezobratlí. In: Machar, I., Drobilová, L. a kolektiv: Ochrana přírody a krajiny České republiky, Vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení, II. díl. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, ISBN 978-80-244-3041-6: 613-616
- Tuf, I. H. (2013): Praktika z půdní zoologie. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3479-7. 90 pp.
- Tuf, I.H. (2014): Kdy stejnonožci vylezli na souš? [When isopods went on land?] *Vesmír*, 93: 13-14
- Tuf, I. H., Chmelík, V., Machač, O., Šarapatka, B., Čáp, L. (2015): Effect of water erosion on surface-dwelling invertebrates. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae.*, 79: 261-266
- Růžička, M., Tuf, I. H. (2006): Co loví stonožky? [Who preys on centipedes and whom they prey on?] *Vesmír*, 85: 732-736
- Urban, J. (2012): Úrodnost půdy a výživa rostlin. *Zemědělec* 2012(4): 26
- Vach, M., Haberle, J., Procházka, J., Procházková, B., Hermuth, J., Květoň, V., Káš, M., Javůrek, M., Svoboda, P., Dvořáček, V. (2009): Pěstování strniskových meziplodin, metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-009-3. 36 pp.

- Vach, M., Javůrek, M. (2009): Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. ISBN 978-80-7427-007-9. 32 pp.
- Váňová, M., Jirsa, O., Hledík, P. (2019): Vliv cukrové řepy jako předplodiny, osevního sledu a počasí na výnos a jakost jarního ječmene. Listy cukrovarnické a řepařské 135 (11): 353-357
- Voigtländer, K. (2006): The life cycle of *Lithobius mutabilis* L. Koch, 1862 (Myriapoda: Chilopoda). Bonn Zool Beitr, 55: 9-25
- VÚMOP (2020): Půda v číslech [aplikace]. Dostupné z URL: <https://statistiky.vumop.cz/?core=account>
- Zemánek, V. (2015): Vliv odlišných technologií zpracování půdy na plevele v polních plodinách [diplomová práce]. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 75 pp.