

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Stanovení limitů ztráty půdy erozí s ohledem na
dlouhodobou udržitelnost hospodaření**

Bakalářská práce

Alexandr Quitt

Veřejná správa v zemědělství a krajině

doc. Ing. Vít Penížek, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Stanovení limitů ztráty půdy erozí s ohledem na dlouhodobou udržitelnost hospodaření" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3. 5. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Vítu Penížkovi, Ph.D. za cenné a objektivní rady, skvělou komunikaci a veškerou další pomoc při psaní mé bakalářské práce. V neposlední řadě také děkuji své rodině a přátelům za podporu při studiu v této nelehké době.

Stanovení limitů ztráty půdy erozí s ohledem na dlouhodobou udržitelnost hospodaření

Souhrn

Eroze půdy je jedním z nejdůležitějších degradačních faktorů zemědělských půd v České republice. Půdy, které jsou dnes hojně zemědělsky využívány, se utvářely po mnoho let. Vzhledem k této skutečnosti je nutné obhospodařovat tyto půdy v souladu s dlouhodobě udržitelným hospodářstvím a dbát na co nejmenší půdní ztráty.

Práce si klade za cíl určit takové limity erozního ohrožení půd, které by byly založeny na samotné intenzitě půdní obnovy a zároveň budou také zohledňovat skutečnou intenzitu degradace půd. Z tohoto důvodu byly porovnávány limity ztráty půdy z hlediska legislativy, schválené Českou republikou, ale i limity doporučené z hlediska samotné rychlosti půdotvorby.

Nastavené legislativní limity ochrany však nejsou dostačující a neustále tak dochází k nadměrnému poškození půdy vlivem erozních událostí. Všechna nově přijatá opatření na ochranu půdy musí být průchodná z hlediska náročnosti samotné realizace i finančních nákladů. Cena celkových opatření nikdy nesmí přesáhnout zisk z dané plochy, jelikož by se zemědělství stávalo nerentabilní. Je proto nutné přistupovat ke každému půdnímu typu, půdnímu bloku nebo oblasti zvlášť, na základě zjištěných informací o konkrétním půdním profilu a způsobu hospodaření na něm. Celou problematiku je potřeba začít hodnotit odlišným způsobem, každý půdní typ by měl být hodnocen samostatně na základě svých vlastností a rychlosti obnovy.

Klíčová slova: půdní eroze, limity erozní ztráty, udržitelné hospodaření

Determination of tolerable soil loss by erosion based on principles of sustainable agriculture

Summary

Soil erosion is one of the most important degradation factors of agricultural soils in the Czech Republic. Agriculture soils form in long-term scale and are considered as non-renewable source. For this reason, it is necessary to manage these soils in accordance with a long-term sustainable use and minimise soil losses.

The work aims to determine such limits of soil erosion risk, which would be based on the intensity of soil formation and at the same time will also take into account the actual intensity of soil degradation. Czech legislative limits of soil loss due to water erosion were compared to the limits based on natural soil formation rates.

In general the set legislative limits of soil erosion rates are not sufficient when compared to limit based on soil development and there is a constant excessive damage to the soil due to erosion. The actual adopted measures for soil protection are compromise of possible implementation due to financial costs and organisation purposes. Current limit for soil losses due to erosion are rather general and it is therefore necessary to approach each soil type, soil block or area separately, based on the information obtained on the specific soil profile and the way it is managed. The whole issue needs to be evaluated in a different way, each soil type should be evaluated separately based on its properties and rate of regeneration.

Key words: soil erosion, erosion loss limits, sustainable agriculture

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Půda a její složení	10
3.2 Půdotvorné procesy	10
3.2.1 Zvětrávání	10
3.2.2 Humifikace	11
3.2.2.1 Obsah humusu v půdě.....	13
3.2.2.2 Kvalita humusu v půdě	13
3.2.3 Další půdotvorné procesy	14
3.3 Eroze	14
3.3.1 Vodní eroze.....	16
3.3.2 Větrná eroze	18
3.4 Eroze v Evropě	19
3.5 Zemědělský půdní fond a jeho ochrana	20
3.5.1 Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy	20
3.5.1.1 DZES 4.....	21
3.5.1.2 DZES 5.....	22
3.6 Legislativní limity a harmonogram dalšího postupu	23
3.6.1 Legislativní limity	23
3.6.2 Harmonogram nastavování přípustných ztrát.....	26
3.7 Tolerovatelné hodnoty ztráty půdy z dlouhodobě udržitelného hlediska ...	27
3.8 Hodnota tolerovatelné ztráty půdy T	28
3.8.1 Hodnota T a rychlost obnovy půdy.....	29
3.8.2 Hodnota T a půdní produktivita	29
3.9 Opatření proti erozi	30
3.9.1 Ochrana půdy proti vodní erozi	30
3.9.2 Ochrana půdy proti větrné erozi	31
4 Metodika	33
4.1 Výběr půdních jednotek	33
4.1.1 Černozemě.....	33
4.1.2 Kambizemě	33
4.1.3 Hnědozemě.....	34
4.1.4 Referenční třída leptosoly	34

5	Výsledky a diskuze	35
6	Závěr	39
7	Literatura	40

1 Úvod

Eroze je jedním z nejnápadnějších jevů, které poškozují produkční i neprodukční půdy po celém světě. Půda, jak jí dnes známe, je výsledkem půdotvorných procesů probíhajících již od počátků planety Země, proces samotné tvorby půdy je velice pomalý děj. Celý proces útváření probíhá po miliony let, dochází ke změně půdní struktury, složení i změnám reliéfu krajiny. Dochází zde k vzájemnému působení mnoho faktorů, fyzikálních, chemických i biologických. Tyto faktory se více či méně podílejí na tvorbě půdního profilu a prakticky nelze opomenout ani jeden z nich. Jednotlivé půdy v závislosti na matečném materiálu, z kterého vznikaly, disponují odlišnými vlastnostmi a na základě těchto vlastností jsou různé půdy ohrožené různým stupněm eroze.

Nejsložitější otázkou je stanovení správných a hlavně dlouhodobě udržitelných limitů ztráty půdy, které by alespoň částečně reflektovaly rychlost půdní obnovy. Půdu totiž nelze brát jako nevyčerpatelný zdroj. Vzhledem k tomu, že během erozních událostí dochází především k odnosu úrodné ornice, která je klíčová pro správné podmínky pro pěstování rostlin. Proces půdní obnovy v podmínkách Evropy je mnohonásobně nižší, než jsou dlouhodobé ztráty půdy v jednotlivých státech. Při stanovování limitů nelze opomenout náročnost realizace a spolu s tím spojené finanční prostředky potřebné na půdoochranné opatření. Cena samotných opatření nemůže nikdy přesáhnout zisk.

V České republice byl v souvislosti s erozí vytvořen harmonogram pro zlepšení situace, podle kterého by se v tomto desetiletí měla zvyšovat ochrana půdy v procentech rozlohy a následně by mělo docházet k postupnému snižování dlouhodobých ztrát půdy v závislosti na její půdní hloubce. Ochrana půdy je zde řešena v jednotlivých zákonech, ale také podle standardu Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy, které jsou klíčové pro udělování dotací.

Z pohledu erozních činitelů lze erozi dělit na vodní, větrnou, sněhovou a ledovcovou, biologickou a antropogenní. V podmínkách České republiky se nejvíce uplatňuje vodní a větrná eroze. Nelze opomenout ani vlivy antropogenního působení, jelikož správná zemědělská praxe je základem při obhospodařování orných půd. Často totiž dochází k poškozování půd vlivem špatného hospodaření spolu s nesprávným využíváním půdoochranných technologií.

Problematika eroze však často zůstává opomíjená v pozadí, ve světě kde je největším tématem globální oteplování. Nastavování erozních limitů musí být průchodné z hlediska politiky státu, a tak se často stává, že stanovené limity jsou pouze útěchou a nikoliv dlouhodobým řešením daného problému.

2 Cíl práce

Stanovení limitů ztráty půdy z pozemků, které je tolerovatelné, a nepředstavuje nutnost speciálních opatření při hospodaření, je často stanoveno na plošném rozsahu půdy, které by se taková opatření dotkla, a jsou průchodné z hlediska zemědělské politiky státu. To nereflektuje dlouhodobé poškození půd, tak aby mohly být využívány i v budoucnosti.

Cílem práce je snaha určit takové limity erozního ohrožení půd, které budou založeny na intenzitě obnovy půd a budou zohledňovat skutečnou intenzitu degradace půdy.

Hypotéza vychází z předpokladu, že současně stanovené limity eroze nejsou často v souladu s principy dlouhodobého hospodaření.

3 Literární rešerše

3.1 Půda a její složení

Půda je jedním ze základních výrobních prostředků a potřeb člověka, tvoří takzvanou pedosféru, svrchní část pevného povrchu země. Půda jako přírodní útvar, je vysoce dynamická, neustále se vyvíjí a přetváří pod vlivy způsobenými okolním prostředím. Její nejdůležitější funkcí pro lidstvo je úrodnost, schopnost zabezpečovat nezbytné podmínky pro růst a vývoj rostlin. Úrodnost půdy je ovlivňována její kvalitou, především obsahem živin a vody (Tomášek 2009). Půda je tvořena dvěma základními výchozími materiály, jednou částí jsou zvětralé neživé horniny a druhou organické látky tvořené odumřelými těly živočichů a rostlin (Kalina 2016).

Celý systém lze chápat jako trojfázový, půda je složena ze tří částí a to pevné, kapalné a plynné. Pevné části půdy představují 50 – 85 % objemu, kapaliny jako voda či půdní roztok tvoří 10 – 45 % a plynné látky, takzvaný půdní vzduch obsažený v pórech vyplňuje přibližně 5 – 40 % objemu půdy (Kalina 2016).

3.2 Půdotvorné procesy

Nová půda se utváří takzvaným půdotvorným procesem. Vzniká vlivem půdotvorných činitelů, které se dělí na dvě hlavní skupiny – podmínky půdotvorného procesu a půdotvorné faktory. Do půdotvorných faktorů se řadí matečná hornina (půdotvorný substrát), podnebí, podzemní voda, biologický faktor a také vliv člověka. Mezi podmínky půdotvorného procesu patří reliéf a stáří půdy neboli čas (Tomášek 2009).

Půdotvorný substrát je výchozí materiál pro vznik půdy a jeho petrologické složení ovlivňuje mimo jiné i samotnou rychlost tvorby půdy. Půdotvorné substráty se dělí z několika různých hledisek, ve většině případů se ale využívá rozdělení v závislosti na jejich geologickém stáří. Geologické stáří odráží celkový stupeň zpevnění, který má vliv na tvorbu, vývoj půdy, ale i na jejich další znaky a vlastnosti (Tomášek 2009).

Rozlišuje se několik základních půdotvorných procesů, mezi které patří zvětrávání, eluviace a iluviace, humifikace, zasolování a oglejení a glejový proces (Tomášek 2009).

3.2.1 Zvětrávání

Proces zvětrávání je počátkem samotného vzniku půdy a probíhá nadále i během jejího vývoje. Jedná se o chemické a fyzikální změny výchozího materiálu, které probíhají při rozpadu hornin (Tomášek 2009). Jedná se o změny ve složení jednotlivých minerálů a hornin za působení povrchových činitelů. Mezi povrchové činitele se řadí vlivy atmosféry, vody, kolísání teplot, činnosti organismů a jiné. Jedná se o přizpůsobení se daným podmínkám, například nízké teplotě a tlaku, hojnosti vody a kyslíku, a tak vznikají různé produkty

zvětrávání stálější v novém prostředí. Zvětrávání se dělí na mechanické (fyzické), chemické a biologické. Při mechanickém zvětrávání dochází především k rozpadu matečných hornin bez zásadnějších změn v jejich chemické struktuře a složení. Chemické zvětrávání je založeno na změně fyzikálních a chemických vlastností, přičemž vznikají nové minerální látky s jiným složením. Mezi hlavní procesy chemického zvětrávání patří rozpouštění, oxidace a redukce, hydratace, karbonitizace a hydrolýza. Biologické zvětrávání je podmíněné činností různých organismů a všechny tyto dílčí pochody se navzájem doplňují (Petránek et al. 2016).

Podstatou zvětrávání je tedy mechanický rozpad horniny a chemické přeměny původních primárních minerálů na minerály druhotné (sekundární). Dochází k tvorbě jílu, uvolňují se báze, oxidy železa, hliníku, kyseliny křemičité a dalších (Tomášek 2009).

Celý průběh zvětrávání je závislý také na vlastnostech hornin a jejich úložných poměrech. Mezi nejdůležitější vlastnosti ovlivňující zvětrávání hornin patří mineralogické složení, textura a struktura hornin, sklon a směr vrstev, tektonická porušenost horniny a reliéf povrchu. Zvětrávání horniny velmi podstatně ovlivňuje obsah snadno zvětratelných nerostů. Některé druhy minerálů jsou poměrně stálé, a tak i odolné proti různým druhům zvětrávání. Minerály, vzniklé za odlišných podmínek, například vysokých tlaků a teplot, jsou nestále a snadno podléhají rozkladu na zemském povrchu. Obecně proto rychleji zvětrávají krystalické horniny (vyvřelé a proměněné), zatímco sedimenty vzniklé druhotně až ve zvětrávací zóně, se rozpadají především mechanicky (kromě rozpuštění uhličitánových sedimentů) a jsou jinak chemicky stálé. V případě klasických sedimentů rozhoduje o možné zvětratelnosti i druh a množství tmele. Minerály tmavé, které jsou obsažené hlavně v bazických horninách, jsou méně stálé a tím tak tyto horniny zvětrávají rychleji. U hornin kyselých, které jsou složené ze světlých minerálů, je proces zvětrávání mnohem pomalejší. Z minerálů je velmi stálý křemen, a to dokonce i v podobě drobných krystalků, pouze v kyselém prostředí u něj dochází k pomalému rozpouštění. Vůči zvětrávání je odolný i muskovit, který se ale po vyluhování alkálií v něm obsažených, mění na hydroslídy. Mezi další stálé minerály patří ilemnit, rutil, turmalín, některé granáty, disten, silaminit a jiné, za určitých podmínek lze do této skupiny zařadit i jílové minerály. K minerálům nestálým, které snadno podlehnou zvětrávání, patří augit, olivín, pyrit, apatit, biotit. Důležité jsou v procesu zvětrávání i texturní znaky, proto snadněji zvětrávají horniny vrstevnaté, s rovnoběžnou strukturou. Značný význam při zvětrávání má také samotná struktura hornin, především velikost zrna. Horniny hrubo a velkozrnné zvětrávají rychleji nežli jednozrnné horniny. Nejhůře však zvětrávají celistvé horniny (Bajer et al. 2014).

3.2.2 Humifikace

K humifikaci dochází ve všech půdách v menším či větším měřítku a je jedním z nejdůležitějších procesů vůbec. Obohacuje neživou zvětralou horninu o organické látky, které se získávají mikrobiální a chemickou přeměnou uhynulých těl živočichů a rostlin (Tomášek 2009). K humifikaci dochází při časovém i prostorovém střídání anaerobních

a aerobních podmínek, tím se zajišťuje agregovaný stav půdy. V meziagregátových prostorech je dostatek kyslíku, zatímco uvnitř agregátů je kyslíku málo a panují zde téměř anaerobní podmínky. Samotný proces zahrnuje rozkladné, ale i syntetické pochody. Nejdůležitější je při humifikaci výchozí materiál, který podléhá rozkladu. Škroby, bílkoviny a celulóza snáze podléhají rozkladu, na rozdíl od tuků, vosků nebo ligninu a dalších látek fenolické povahy. Při této reakci se tvoří typické meziproducty, mezi které patří kyselina citrónová, šťavelová, vinná a další. V běžných podmínkách je výskyt těchto látek v půdním roztoku obsažen pouze v malém množství, jelikož jsou rychle spotřebovávány organismy žijícími v půdě. Zvýšený výskyt těchto látek lze pozorovat v rhizosféře, kam jsou vylučovány kořeny rostlin, nebo v organickém půdním horizontu, kde vznikají pomocí dekompozice. Půdní houby se podílejí na rozkladu ligninu, z kterého vznikají fenoly a další fenolické kyseliny. Typickým příkladem těchto kyselin jsou kyselina protokatechová, gallová a kávová. Mezi další zástupce této skupiny patří polymerní fenoly, katechin a gallokatechin, ty se souhrně nazývají flavonoidy. Tyto látky mohou v půdním prostředí volně setrávat a stávají se součástí takzvané rozpustné organické hmoty. V procesu humifikace však dochází ke spojování těchto látek různými fyzikálně-chemickými, popřípadě chemickými vazbami. Produkty těchto reakcí jsou huminové látky, mezi které patří huminové kyseliny, fulvokyseliny a humin. Huminové látky jsou specificky půdní, stabilní a je v nich pevně poután uhlík spolu s energií. Tyto látky jsou podobné svojí strukturou a vyvíjí se velice pomalu, řádově desítky až stovky let. Nejsou to jasně definované látky, které mají konkrétní chemický vzorec. Jedná se o směs látek, v jejichž chemickém složení se promítá složení samotného původního humusotvorného materiálu, ale také prostředí vněmž vznikly. Společným základem všech huminových kyselin je aromatický základ, na kterém se nachází takzvané postranní alifatické řetězce. Tabulka 1 obsahuje vlastnosti jednotlivých složek (Pavlů 2018).

Tabulka 1: Přehled vlastností huminových látek (Zdroj: Pavlů 2018).

Fulvokyseliny		Huminové kyseliny		Huminy
Světle-žlutá	Žluto-hnědá	Tmavě-hnědá	Šedo-černá	Černá

→vzrůst intenzity barvy →
 →vzrůst intenzity polymerace →
 2000 →vzrůst molekulární hmotnosti → 300 000
 45 % → vzrůst obsahu kyslíku → 62 %
 48 % →pokles obsahu kyslíku → 30 %
 → pokles výměnné kyselosti →
 → pokles stupně rozpustnosti →

Humus je soubor organických látek vzniklých procesem humifikace z odumřelých zbytků živočichů rostlin a mikrobů, které jsou smíchány s minerální částí půdy v různém stupni rozkladu. Základním znakem humusu je jeho heterogenita a labilita, která způsobuje poměrně velkou aktivitu v dynamice půdních pochodů, díky které má výrazný vliv na

úrodnost půdy. Obsah humusu v půdě je relativně stálý, ale pouze za předpokladu, že se zajišťuje trvalý přísun látek organické povahy do půdy. Stáří uhlíku v huminu, huminových kyselinách a fulvokyselinách je v řádu několika stovek let. Bez vyrovnané bilance všech organických látek je snižován obsah živého i trvalého humusu a spolu s tím je zhoršována řada půdních vlastností. Doporučuje se zajištění pravidelného přísunu těchto látek v množství alespoň 1,5 – 2 t/ha/rok. Pravidelné dodávání těchto látek v podobě organické hmoty je tak v našich podmínkách základem pro hnojení a hnojařský plán. Předpokládá se, že pokud nebude docházet ke snižování obsahu organických látek v půdě, nebude docházet ani ke snižování obsahu humusu (Vrba & Huleš 2006).

3.2.2.1 Obsah humusu v půdě

V půdách v České republice je obsah humusu většinou nízký, pohybuje se v intervalu 1,8 – 2,2 %. Různé typy půd mají různý obsah humusu, zemědělské půdy mají obsah humusu mezi 0,5 – 10 %, antropogenní okolo 20 % a půdy rašelinové až 90 %. U zemědělských půd se jedná především o kvalitní, nasycený humus (černozemě) nebo nenasycený humus (kyselé chudé půdy, podzoly). Tabulka 2 znázorňuje rozdělení půd podle obsahu humusové složky (Vrba & Huleš 2006).

Tabulka 2: Dělení půd podle obsahu humusu (Zdroj: Vrba & Huleš 2006).

slabě humózní	pod 1 %	minerální půdy
mírně humózní	1 – 2 %	minerální půdy
středně humózní	2 – 3 %	humózní půdy
silně humózní	3 – 4 %	humózní půdy
velmi silně humózní	4 % a více	humózní půdy

Humus se v půdním profilu vyskytuje v jeho povrchové části v jednotlivých vrstvách o různé mocnosti, v takzvaném humusovém horizontu. V případě lesních půd se mocnost tohoto horizontu pohybuje řádově pouze v několika málo centimetrech. U zemědělských půd jsou ve výskytu humusového horizontu značné rozdíly, takzvaná drnová půda má mocnost jen pár centimetrů, zatímco černozemě a smonice můžou mít hloubku humusového horizontu až několik metrů (Vrba & Huleš 2006).

3.2.2.2 Kvalita humusu v půdě

Kvalitu humusu lze určit několika způsoby. Přibližně se dá stanovit pomocí barvy půdy, přičemž čím tmavší barva, tím lepší kvalita humusu, dále podle struktury rozkladu organické hmoty, typu půdy nebo půdní reakce. Kvalita se měří také pomocí poměru huminových a fulvinových kyselin nebo podle poměru uhlíku a dusíku a je znázorněna v tabulce 3 (Vrba & Huleš 2006).

Tabulka 3: Kvalita humusu na základě poměru HK/FK a C/N (Zdroj: Vrba & Huleš 2006).

	humínové/fulvínové kys.	uhlík/dusík
kvalitní humus	> 2 (černozemě)	9 - 10
nekvalitní humus	< 0,5 (podzol, rašelina)	20 - 60

3.2.3 Další půdotvorné procesy

Eluviace je proces, při kterém dochází k ochuzování vrchní části půdy, například vyplavováním. Jednotlivé složky půdy ve formě roztoků prosakují do spodních částí půdy. Podle intenzity lze eluviaci dělit na vyluhování, degradaci, illimerizaci a podzolizaci. Patří sem i slancování, což je forma vyluhování, která probíhá na zasolených půdách. Iluviace působí v opačném směru než eluviace, dochází k hromadění těchto látek v určité vrstvě (Tomášek 2009).

Glejové procesy a oglejení probíhají v zamokřených půdách. Oglejení probíhá při stálém opakovaném převlhčování půdy povrchovou vodou, dochází při něm ke střídání redukčních a oxidačních pochodů současně s převlhčováním a následným vysycháním svrchních vrstev půdy. Dochází k uvolňování sloučenin železa a v době vysychání se tyto sloučeniny shlukují do železitých bročků. Při silnějším působení tohoto procesu vznikají typické mramorované horizonty, které se při zvyšující se hloubce ztrácejí. Principem glejového procesu je redukce sloučenin železa za anaerobních podmínek, tedy nedostatku vzduchu. Současně dochází k zvýšení obsahu organických látek a rozkladu primárních minerálů, což je způsobeno vysokou půdní kyselostí. V půdě pak lze pozorovat zajilení, šedé, zelené nebo až namodralé zbarvení zeminy způsobené dvojmocným železem nebo nerostem zvaným vivianit. Při mírnějším působení tohoto procesu vznikají rezivé skvrny. Těchto znaků s rostoucí hloubkou přibývá (Tomášek 2009).

Slancování je charakteristické vymývání solí z povrchových vrstev půdy a jejich hromadění ve spodině, při solončakování se do půdního profilu vnášejí jednoduše rozpustné soli (sírany, uhličitany, chloridy a další). V našich zeměpisných podmínkách se nejvíce projevuje vynášení soli, které je způsobeno vzlínáním silně mineralizovaných podzemních vod (Tomášek 2009).

3.3 Eroze

V nejširším pojetí lze erozi označit jako rozrušování pedosféry, zapříčiněné pohybem hmoty erogenního původu. V současnosti je eroze definována jako komplexní proces, který zahrnuje rozrušování povrchu půdy, kde jednotlivé uvolněné půdní částice jsou transportovány a sedimentovány z místa na místo. Obvykle se tak stává za působení vody, ledu, větru nebo jiných erozních činitelů (Janeček et al. 2007). Mezi jiné erozní činitele se

řadí i biologické a antropogenní vlivy, tedy například činnost člověka (Vráblíková & Vráblík 2008).

Vlivem eroze je zemský povrch na jednom místě degradován a snižuje se, ale na druhém místě dochází k vyvyšování – agradaci, v důsledku hromadění se usazovaných částic. Působením těchto dvou protichůdných sil dochází k planaci, při které se zemský povrch zarovnáává. K planačnímu procesu dochází jen tehdy, když výchozí hmota vyvýšených částí terénu je rozpojitelná. Zmíněnou rozpojitelnost zajišťuje proces zvětrávání jednotlivých hornin, kde čím členitější povrch hornina má, tím intenzivněji proces zvětrávání může probíhat (Janeček 2008).

Proces půdní eroze je přirozeným přírodním jevem a nelze ho úplně zastavit. Rozlišuje se eroze normální a zrychlená. Při normální erozi dochází k neustálému přetváření reliéfu, je to přirozený proces, který na krajinu působí postupně a lidským okem je v průběhu generace prakticky nepozorovatelný a děje se spolu s půdotvornými procesy. V případě zrychlené eroze dochází ke smyvu půdních částic v rozsahu, který nestihá být kompenzovaný půdotvorným procesem. Zrychlená eroze je ovlivňována způsobem hospodaření, lidskou činností a velikostí jednotlivých půdních bloků a půdu je před tímto procesem nutno chránit (Novotný et al. 2017).

Eroze je velkou hrozbou pro půdní zdroje a narušuje produkční schopnosti půdy. To se odráží ve strategii ochrany půdy vedené Evropskou komisí, která doporučuje pro monitorování přístup založený na výchozích ukazatelích půdního šetření. Definované základní a prahové hodnoty erozního ohrožení jsou nezbytné pro správné vyhodnocení údajů z monitorované půdy. Proto jsou vyžadována přesná prostorová data týkající se přímé ztráty půdy, půdní geneze a je brán velký ohled na změny klimatických vzorců, především pak na frekvenci, sezónní rozložení a intenzitu dešťových srážek (Verheijen et al. 2012). Pro zachování úrodné půdy pro budoucí generace je důležitá prevence proti těmto vlivům (Meyer & Wischmeier 1969). Přirozenou rychlost obnovy půdy lze použít jako základ pro stanovení tolerovatelných hodnot rychlostí půdní eroze, přičemž tvorba nové půdy spočívá v minerálním zvětrávání a usazování prachových částic (Verheijen et al. 2012).

Výzkum půdní eroze se tradičně zaměřuje na erozi způsobenou vodou a v menší míře větrem. Za posledních 10 – 15 let se však výzkumy zaměřují na další důležité typy eroze, například erozi způsobenou orbou, sklizní plodin a dále terasováním a urovnáním půdy. Odhady pro míru erozního ohrožení musí zohledňovat všechny typy eroze, ačkoli by měl být brán zvýšený ohled především na dominantní typy na konkrétním místě (Verheijen et al. 2012).

Rozsah obvykle uváděných rychlostí půdní eroze u zemědělských půd je mnohonásobně vyšší než rychlost přirozené obnovy půdy. Tento fakt je způsoben tím, že proces obnovy půdy je lidskými aktivitami ovlivněn jen málo, zatímco činnost člověka výrazně urychluje erozní procesy (Verheijen et al. 2012). Boardman & Poesen (2006) uvádí, že na obdělávání

zemědělské půdy připadá až 70 % eroze půdy v Evropě. Yang et al. (2003) vyvinul globální model, podle kterého odhadoval, že až 88 % eroze půdy v Evropě je způsobeno člověkem.

Maximální hranice půdní ztráty vlivem eroze je stanovena na 1,4 t/ha/rok, spodní limit je pak nastaven na 0,3 t/ha/rok, přičemž skutečná ztráta půdy se pohybuje v rozmezí 3 – 40 t/ha/rok. Tyto hranice jsou nastavovány pro podmínky na většině území Evropy. Hodnoty skutečných stavů eroze půdy se mnohem více liší od reálných hodnot obnovy půdy (Verheijen et al. 2012). Pimentel (2006) uvádí, že skutečná míra erozního ohrožení pro obdělávanou půdu v Evropě je v průměru 10krát až 40krát vyšší, než jaká je nastavená horní hranice tolerance.

Erozi můžeme z pohledu erozních činitelů rozdělit na erozi vodní, větrnou, ledovcovou a sněhovou, gravitační, biologickou nebo erozi antropogenního původu (Janeček 2012). Česká republika je nejvíce zasažena především vodní, větrnou a antropogenní erozí (Vráblíková & Vráblík 2008).

3.3.1 Vodní eroze

Vodní erozí je u nás ohroženo až 40 % orných půd (Vlček 2015), je způsobena destruktivním působením kapek deště, povrchovým odtokem a s tím souvisejícím přemísťováním uvolněných částic půdy povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je ovlivněna charakterem srážek a morfologií území, kam je zahrnovaný sklon, tvar a délka svahu. Dále je ovlivněna půdními poměry, vegetačními poměry a způsobem využívání pozemku, ale i jednotlivými agrotechnickými opatřeními. Půdní částice mohou být uvolněny i vodou odtékající z tajícího sněhu a ledu (Janeček et al. 2007).

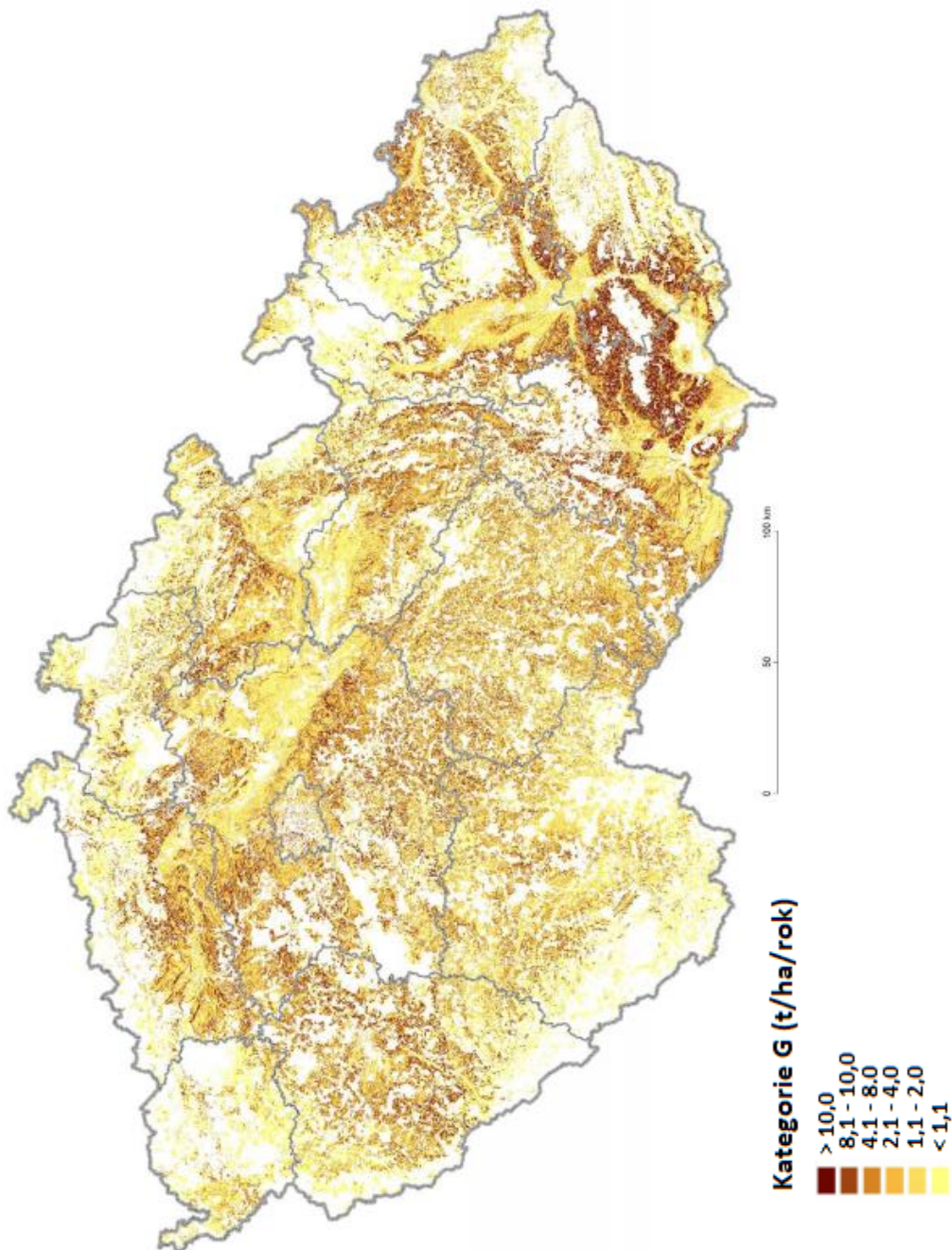
Erozivní účinek dešťových kapek je dán především intenzitou srážek a jejich kinetickou energií. Dochází k uvolňování půdních částic a jejich rozstříku do okolí, zároveň s tím je povrch půdy utužován a půdní mikropóry jsou ucpávány uvolněnými částicemi půdy. V důsledku tohoto jevu se na povrchu půdy tvoří tenký film, který snižuje jeho permeabilitu (Fulajtár & Jánský 2001).

Principy vodní eroze úzce souvisí s cestou, kterou dešťové kapky pronikají přes vegetační kryt těsně před dopadem na povrch půdy. Během intenzivních dešťů dopadá část srážek rovnou na povrch vlivem nedostačujícího pokrytí vegetací nebo velkými mezerami mezi ní. Určitá část dopadající vody se zachycuje na listy rostlin, odkud steče do půdního profilu nebo je odpařována zpět do atmosféry, což je takzvané odvodnění listů. Voda nashromážděná ze srážek se může držet na povrchu nebo prosakovat do půdy. Přebytečná voda je pak nucena odtékat povrchovým odtokem (Morgan 2005).

K povrchovému odtoku dochází až tehdy, když intenzita dopadajícího deště převyšuje vsakovací schopnost půdy. V počátečních fázích je však do půdy nejvyšší a poté s časem klesá. Voda se do půdního profilu dostává hrubými póry pomocí gravitačního účinku, při naplnění hrubých pórů je však podstatně limitován a voda tak do půdního profilu proniká už

jen kapilárně (Cablík & Jůva 1963). Podle formy působení jednotlivých erozních činitelů na profil půdy lze vodní erozi rozdělit na erozi povrchovou a podpovrchovou (Holý 1994).

Zvláštní pozornost si zaslouží půdy na strmých svazích v znevýhodněných oblastech, kde riziko vodní eroze více eskaluje (Navas et al. 2012). Jedinou účinnou kombinací jsou kontrolní opatření týkající se zemědělských postupů, jako je například střídání jednotlivých plodin a další agrotechnická opatření. Správná zemědělská praxe vyžaduje znalosti hospodaření s půdou na úrovni jednotlivých podniků (Kessler et al. 2010).



Obrázek 1: Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd vlivem vodní eroze (Zdroj: VÚMOP 2016).

3.3.2 Větrná eroze

Větrná neboli eolická eroze je přirozeným procesem v přírodě, při kterém je půda rozrušována silou větru. Půdní částice jsou stejně jako v případě vodní eroze transportovány do různých dálek v závislosti na síle větru, přičemž při poklesu jeho rychlosti dochází k ukládání těchto částic (Buzek 1984). V České republice se jedná o druhou nejvíce rozšířenou formu eroze ovlivňující místní půdy (Sklenička 2003). Míra erozního působení větru je závislá především na síle, podloží, zastoupení vegetace na dané ploše a jeho směru (Buzek 1984). Intenzitu erozního ohrožení ovlivňují i další klimatické a pedologické podmínky, především pak srážky, výpar, vlhkost půdy a její složení. Vlhká půda má vyšší hmotnost a je spjatější, tudíž nedochází k tak objemnému přenosu částic. Ochrannou funkci má i přítomnost vegetačního pokryvu, jelikož kryje půdu pod ním, stejně tak jako kořeny, které mají schopnost zpevňovat půdu a chránit jí tak před vlivy větrné eroze. Z hlediska tohoto typu eroze jsou nejvíce ohroženy lehké půdy písčité nebo hlinitopísčité bez ochranného vegetačního pokryvu, jejich konzistence je nesoudržná a nejméně odolná, tím dochází k masivnímu transportu částic do okolí (Sklenička 2003). V závislosti na způsobu odnosu částic může být eroze způsobená větrem rozdělena na posuvnou erozi a prachovou bouři (Cáblík & Jůva 1963).

K posuvné erozi dochází převážně na písčitých plochách, kde není zastoupený ochranný vliv vegetačního krytu. Půdní částice jsou pomocí síly větru transportovány v malé výšce nad zemí do blízkého přilehlého okolí. Výsledkem tohoto procesu je tvorba písečných přesypů, které se nejvíce vyskytují na pobřeží moří, popřípadě ve vnitrozemských oblastech, kde jsou přítomny písečné pouště. K tvorbě písečných přesypů může docházet i na březích velkých vodních toků. Na území České republiky se tento jev v menší míře vyskytuje na území Polabí a Jižní Moravy. Typickými útvary vytvářenými posuvnou erozí jsou čeřiny, barchany a duny. U čeřin dosahuje zvlnění výšky okolo 3,5 centimetrů, nejvýše však 10 centimetrů výšky. Barchany jsou podstatně větší a dosahují výšek okolo 10 – 20 metrů, v ojedinělých případech mohou být vysoké až 70 metrů. Největšími útvary jsou písečné duny, které obvykle dosahují výšek od 50 do 70 metrů a tvoří obrovské písečné vlny. Na určitých místech však mohou duny dosahovat výšky až 150 metrů (Cáblík & Jůva 1963).

V případě prachových bouří dochází k transportu půdních částic na velkou vzdálenost, řádově až na několik set kilometrů. Jemné částice jsou vyzvednuty vysoko do ovzduší a následně odnášeny větrnými proudy, při snížení intenzity větru se ukládají na povrch v podobě jemné prachové navátiny. Jednotlivé částice jemného prachu se v ovzduší nadále vyskytují i po zeslabení intenzity větru, z ovzduší se vyloučí až působením dešťových srážek. Prachové bouře jsou nejvíce zaznamenávány v oblastech polopouští a pouští, odkud jsou částice prachu roznášeny téměř do celého světa (Cáblík & Jůva 1963).

3.4 Eroze v Evropě

Podle Janečka (2002) jsou půdy v České republice charakteristické svojí svazitostí jednotlivých pozemků. Udává se, že více jak 50 % půd České republiky je ohroženo erozí. Pozemky zde disponují vysokou mírou zornění a také největší průměrnou velikostí jednotlivých pozemků. Členění jednotlivých pozemků na takto velké celky bylo způsobeno především kolektivizací, která probíhala v polovině 20. století (Janeček 2002). Na většině ploch ohrožených erozí nedochází k žádné systematické ochraně, která by snížila ztrátu půdních částic maximálně na nejvyšší přípustnou hodnotu. V ideálním případě by vlivem těchto opatření došlo k zastavení stále pokračujícího snižování mocnosti profilu půdy v důsledku neustávajícího erozního procesu. Na konci 80. let 20. století se očekávaly velké změny v přístupu lidstva k využívání a ochraně zemědělské půdy, aby hospodaření na půdách bylo šetrnější a došlo opět k utvoření menších výrobních celků, jako v sousedním Rakousku. Privatizace však žádné z těchto změn do zemědělské výroby nepřinesla, tudíž nedošlo k žádnému zmenšení obhospodařovaných pozemků ani ke zvýšení diverzity jednotlivých polních plodin (Janeček et al. 2007).

Breshears et al. (2003) zkoumali relativní význam půdní eroze způsobené vodou a větrem ve středomořském ekosystému a zjistili, že větrná eroze převyšuje vodní erozi z lesních a křovinných porostů, ale ne z travních. Transport půdního materiálu pomocí větru z měření horizontálního toku byl promítán na roční časové ose, kde pro křoviny bylo množství odnošeného materiálu přibližně 55 t/ha/rok, z travních porostů 5,5 t/ha/rok a přibližně 0,6 t/ha/rok z lesních porostů. V obdobné studii prováděné v Dolním Sasku v Německu, byla pro ornou půdu stanovena hodnota odnosu 9,5 t/ha/rok.

Owens et al. (2006) navrhli předběžné srovnání mezi různými formami ztráty půdy, včetně procesu vodní eroze na území Anglie a Walesu. Jimi uvedené hodnoty naznačují, že předpokládané množství ročních ztrát půdy může být u všech druhů eroze téměř totožné. Samozřejmě existují časové a prostorové rozdíly v rozsahu poškození a samotných erozivních procesů. Předpokládá se, že orná půda je náchylná k působením všech druhů eroze, neobdělávaná půda pak převážně vodní erozí a u písčitéch a rašelinových půd erozí větrnou. V kontextu eroze je základem množství půdy, která se za současných podmínek prostředí ztratí z určité definované jednotky plochy. Nelze však stanovit univerzální metodu pro měření skutečné ztráty půdy způsobené erozí pro celou Evropu. Přijatelnější metoda spočívá na průzkumu faktorů, o nichž je známo, že způsobují erozi. Ověřují se data o výchozích ztrátách půdy pomocí skutečných měření v terénu z několika experimentálních míst, která v současné době existují a rozšiřují se o další měření z ostatních srovnávacích míst (Verheijen et al. 2012).

U půd vedených jako zemědělská půda uvádí hned několik vědců, že se míra eroze na území Evropy pohybuje v rozmezí 10 – 20 t/ha/rok (Richter 1983), zatímco Clarke & Evans (1993) uvádějí, že míra vodní eroze v Británii kolísá mezi 1 – 20 t/ha/rok, přičemž horní hranice 20 t jsou vzácné a lokalizované pouze na určitém území. Boardman (1998)

zpochybnil užitečnost výpočtu průměrné rychlosti eroze půdy pro Evropu, protože se příliš liší v čase a prostoru. Není tedy možné určit přesnější hodnoty erozního ohrožení v celoevropském měřítku tak, aby mohl být daný způsob implementovaný na jakoukoliv lokalitu. Povětrnostní faktory, které nelze ovlivnit, mají vliv na výslednou erozi, avšak důležitější je pro posouzení eroze samotné obhospodařování půdy a půdní pokryv.

Eroze půdy se může zesilovat nesprávným hospodařením s půdou, například zhutněním půdy způsobené technikou nebo nevhodným využíváním mechanizace v místních podmínkách (Petersen & Hoogeveen 2004).

Všechny tyto antropogenní vlivy lze ovlivnit opatřeními nastavenými v rámci jednotlivých států. Kromě toho by politika a výzkum půdní eroze měl brát zřetel na širokou škálu prostorových a časových měřítek. Dokud nebudou vztahy mezi jednotlivými aspekty lépe pochopeny, bude nadále docházet ke ztrátám půdy. Je zřejmé, že prostorová a časová variabilita hraje nedílnou složku výzkumu a s postupem času může zesilovat vlivem klimatických změn a obhospodařování půdy (Verheijen et al. 2012).

3.5 Zemědělský půdní fond a jeho ochrana

Obecné principy ochrany půdy proti erozi jsou v legislativě České republiky zakotveny v zákoně 334/1992 Sb., O ochraně zemědělského půdního fondu.

Do zemědělského půdního fondu patří zemědělsky využívané pozemky jako orná půda, trvale travní porosty, vinice, chmelnice, zahrady a další. Z hlediska tohoto zákona sem patří i polní cesty, odvodňovací příkopy a další pozemky k zajištění zemědělské výroby. Při využívání zemědělské půdy nesmí docházet k ohrožení její kvality a kvantity vlivem eroze, která je zapříčiněná překračováním přípustné míry erozního ohrožení. Přípustná míra pro ohrožení erozí se stanovuje na základě průměrných dlouhodobých ztrát půdy, které se vyjadřují v tunách na jeden hektar za rok (t/ha/rok) v závislosti na mocnosti půdního profilu. Přípustné míry erozního ohrožení jsou vázány ke standardům Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy, takzvaných DZES (Zákon č. 334/1992).

3.5.1 Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy

Tyto standardy zajišťují hospodaření na zemědělských půdách v souladu s ochranou životního prostředí a jsou nedílnou součástí takzvané Kontroly podmíněnosti. Obhospodařování půd v souladu s DZES patří mezi jednu z podmínek, na které závisí poskytování plné výše přímých podpor a některých podpor Programu rozvoje venkova. Dodržování těchto standardů je kontrolováno Státním zemědělským intervenčním fondem (SZIF). Při jednotlivých kontrolách se ověřuje skutečný aktuální stav v terénu, děje se tak na veškerých zemědělských půdách, které žadatel obhospodařuje a je povinen je evidovat v registru půdy (LPIS). Kontroly jsou prováděny na základě evidence jednotlivých půdních

bloků, vytvořených pomocí digitálního modelu terénu, který obsahuje průměrné sklonitosti, kódy BPEJ, ortofotografické letecké snímky nebo katastrální mapy (Novotný et al. 2017).

Podmínky pro zachování DZES jsou řešeny pomocí sedmi standardů týkajících se:

- 1) ochranných pásů podél vodních toků
- 2) zavlažovacích soustav
- 3) ochrany podzemních vod před znečištěním
- 4) minimálního pokryvu půdy
- 5) minimální úrovně obhospodařování půdy k omezení eroze
- 6) zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť
- 7) zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin

V souvislosti s erozí jsou klíčové především standardy 4 a 5 (Novotný et al. 2017).

3.5.1.1 DZES 4

Cílem standardu DZES 4 je ponechání minimálního pokryvu půdy během období nastávajícího po sklizni a také v mimo-vegetačním období, aby bylo omezeno množství vody z povrchového odtoku. Tento pokryv dále snižuje sílu působení větrné a vodní eroze a zachovává pozitivní vláhovou bilanci půdy. Tímto standardem jsou řešena opatření v rámci problematiky protierozní ochrany, která je prováděna pomocí půdoochranných opatření. Dochází k omezení smyvu půdních částic, snížení intenzity povrchového odtoku, ale i k zvýšení schopnosti krajiny zadržovat vodu. Kvalita půdy se nadále zvyšuje pomocí zapravování hnojiv do půdy. Všechna zmíněná opatření zároveň hrají důležitou roli ve snižování rizika povodňových událostí a jimi způsobených škod. Podmínky DZES 4 jsou vztahovány k jednotlivým dílům půdních bloků v kategorii standardní orné půdy, u které průměrná sklonitost pozemku přesahuje 4 stupně (Novotný et al. 2017).

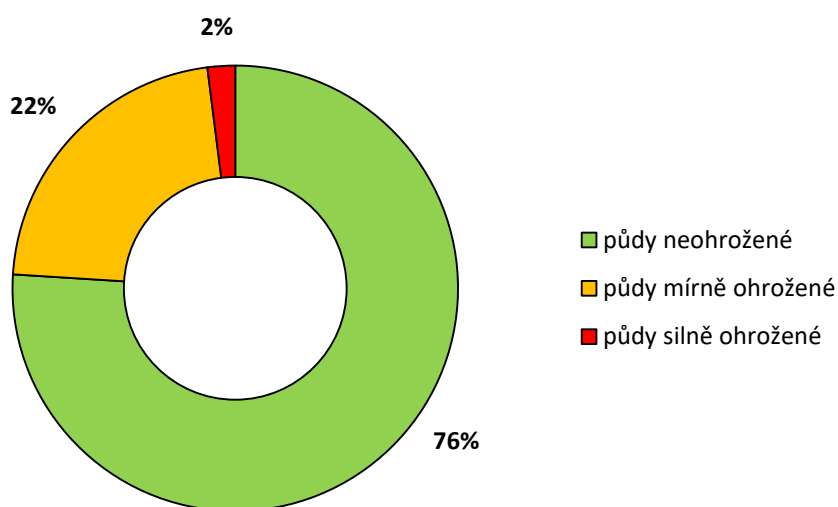
Žadatel po sklizni hlavní plodiny na takovýchto pozemcích zajistí založení nového porostu ozimé plodiny, popřípadě víceleté pícniny nebo provede některé z následujících opatření:

- a) Ponechá strniště vzniklé po sklizení plodiny až do založení nového porostu jarní plodiny.
- b) Podmítne strniště po sklizení plodiny a následně ho ponechá bez orby až do založení nového porostu jarní plodiny.
- c) Oseje takový díl půdního bloku meziplodinou nejpozději do 20. září a zachová souvislý porost meziplodiny minimálně do 31. října.

Výše zmíněná opatření se neuplatňují v případě, kdy jsou v rámci agrotechnických postupů zapravovány do půd tuhá statková hnojiva, s výjimkou hnojiva pocházejícího z chovu drůbeže, nebo kompostu při minimální dávce čítající 25 tun na hektar. Při zapravování posklizňových zbytků z pěstování rostlin, například slámy, není zákonem o hnojivech ošetřena minimální dávka (Novotný et al. 2017).

3.5.1.2 DZES 5

Standard DZES 5 zajišťuje ochranu půdy před vodní erozí a předchází jejím důsledkům, aby nedocházelo k zanášení a zaplavování staveb a komunikací splavenou půdou. Jsou stanoveny požadavky na způsob pěstování hlavních vybraných plodin na půdách mírně a silně erozně ohrožených, evidovaných v registru LPIS. Na rozdíl od DZES 4 jsou podmínky tohoto standardu vztahovány na veškerou zemědělskou půdu. Graf 1 znázorňuje ohroženost půd dle standardu DZES 5 (Novotný et al. 2017).



Graf 1: Ohroženost půd v ČR podle standardu DZES 5 (Zdroj: Půda v číslech 2019).

Žadatel na ploše jednotlivých dílů půdního bloku označených v registru evidence půdy jako:

- Na silně erozně ohrožených půdách vlivy vodní eroze žadatel zajistí, že nebude docházet k pěstování plodin erozně nebezpečných, jako například brambor, kukuřice, bobu setého či slunečnice. U takto označených ploch musí být porosty řepky olejné a ostatních obilnin zakládány s využitím půdoochranných technologií, tato podmínka nemusí být dodržena v případě, že jsou jmenované plodiny pěstovány s podsevem travních a jetelotavních směsí, popřípadě samotných jetelovin.
- U ploch mírně erozně ohrožených musí být zajištěno, že plodiny erozně nebezpečné (brambory, kukuřice, bob setý, řepa sója) budou zakládány výhradně s využitím půdoochranných technologií (Novotný et al. 2017).

Výše uvedené podmínky nemusí být dodrženy na plochách, u kterých jejich celková výměra nepřesahuje 0,4 ha zemědělské půdy z celkové plochy obhospodařované žadatelem v případě, že směr řádků zde vyjmenovaných plodin bude orientován ve směru vrstevnic při maximální odchylce do 30 stupňů od vrstevnice. Pod plochou plodin erozně nebezpečných je samostatný pás zemědělské půdy s minimální šíří 24 m, navazující na erozně významnou

plodinu, pomocí kterého jsou přerušovány odtokové linie právě z této plodiny. Nemusí se dodržovat také při pěstování travního porostu nebo víceletých píceňin a dalších rostlin, které nejsou z hlediska eroze nebezpečné (Novotný et al. 2017).

3.6 Legislativní limity a harmonogram dalšího postupu

3.6.1 Legislativní limity

V České republice jsou půdy nejvíce ohrožovány vodní erozí. Míru samotného erozního ohrožení jednotlivých pozemků udává dlouhodobý průměrný smyv půdy (G), který je vypočítán pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE). Rovnice byla odvozena roku 1965 v Americe a jejími autory jsou W. H. Wischmeier a D. D. Smith (Novotný et al. 2017). Dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy G lze vidět v grafu 2.

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy (t.ha-1.rok-1)

R – faktor erozní účinnosti deště, vyjádřený v závislosti na kinetické energii a intenzitě erozně nebezpečných dešťů

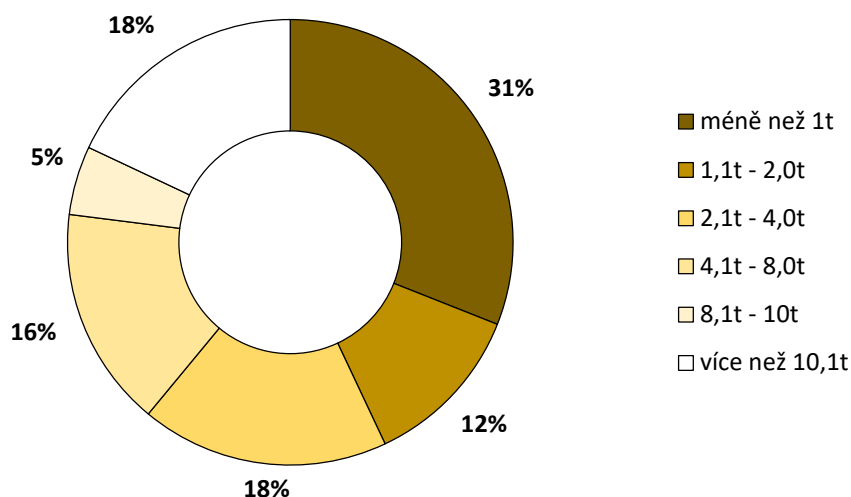
K – faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu

L – faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S – faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí

C – faktor ochranného vlivu vegetace, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P – faktor účinnosti protierozních opatření (Novotný et al. 2017)



Graf 2: Dlouhodobá průměrná ztráta půdy G (Zdroj: Půda v číslech 2019).

Pokud hodnota dlouhodobého průměrného smyvu půdy nepřekročí hodnotu přípustné ztráty půdy (G_p), nedochází na dané lokalitě ke zrychlené erozi, která by měla z hlediska erozního ohrožení význam a lokalita tak není ohrožena vodní erozí a jsou zachovány funkce půdy a její úrodnost, tedy $G_p \geq G$ kde: G_p je přípustná ztráta půdy (t/ha/rok) (Novotný et al. 2017).

Pokud však hodnoty dlouhodobého průměrného smyvu půdy překročí hodnoty přípustné ztráty půdy (tedy $G_p < G$), dochází vlivem vodní eroze k nadlimitní ztrátě půdy a tím i k ztrátě funkcí půdy a snižování její úrodnosti. Rozdíl mezi dlouhodobým průměrným smyvem a přípustnou ztrátou půdy současně vyjadřuje i míru erozní ohroženosti dané lokality. Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. Hloubka půdy je charakterizována mocností půdního profilu, kterou omezuje skalní podklad, nebo vysoká skeletovitost a to na základě bonitace půdy, vyjádřené kódem BPEJ. Hloubka půdy je vyjadřovaná 5. číslicí v kódu BPEJ. U pozemků s hloubkou do 30 cm je doporučováno převedení do trvale travních porostů. Tabulka 4 uvádí přípustné ztráty vlivem eroze v závislosti na hloubce půdy (Novotný et al. 2017).

Tabulka 4: Přípustná ztráta půdy vlivem eroze v závislosti na její hloubce (Zdroj: Janeček et al. 2012).

Hloubka půdy (cm)	Kód kombinace hloubky půdy a skeletovitosti	Přípustná ztráta půdy (t/ha/rok)
mělká (< 30)	5, 6	doporučeno převést na TTP
středně hluboká (30-60) hluboká (>60)	0, 1, 2, 3, 4, 7	4,0

Z hlediska hospodaření na orných půdách je v souvislosti s erozním ohrožením ovlivnitelná pouze účinnost jednotlivých protierozních opatření a ochranná funkce vegetace. V důsledku toho je z rovnice USLE odvozen model, který hodnotí erozní ohrožení na základě maximální přípustné hodnoty faktoru ochranné funkce vegetace a protierozního opatření. Upravená rovnice má tvar $C_p \cdot P_p = G_p / (R \cdot K \cdot L \cdot S)$. Levá strana rovnice udává požadovaný ochranný vliv zajištěný vegetací a protierozními opatřeními vzhledem k pravé straně, obsahující přípustnou ztrátu půdy. Znázorňuje tedy součin mezi maximální přípustnou hodnotou ochranného vlivu vegetace a protierozních opatření, kdy při překročení dojde i k překročení hodnoty přípustné ztráty půdy. Toto lze vypočítat pro každý půdní blok nebo jeho díl. V následující tabulce 5 lze vidět vhodná opatření na základě hodnot ochranného vlivu vegetačního pokryvu (Novotný et al. 2017).

Tabulka 5: Vhodná rámcová organizační a agrotechnická opatření (Zdroj: Novotný et al. 2017).

Hodnoty $C_p \cdot P_p$	Jednotlivá opatření
< 0,005	ochranné zatravnění
0,006-0,020	víceleté pícniny nebo ochranné zatravnění
0,021-0,100	vyloučení erozně nebezpečných plodin a vyšší zastoupení víceletých pícnin
0,101-0,200	vyloučení erozně nebezpečných plodin a použití protierozních technologií
0,201-0,240	pásové střídání plodin nebo úplné vyloučení erozně nebezpečných plodin
0,241-400	erozně nebezpečné plodiny pěstovat spolu s protierozními technologiemi
> 0,401	žádné omezení

Vegetační pokryv půdy má přímý vliv na smyv jednotlivých půdních částic a projevuje se aktivní ochranou půdního povrchu před destruktivním působením dopadajících kapek deště a zpomaluje rychlost povrchového odtoku. Rostlinný pokryv pak nepřímě ovlivňuje vlastnosti půdy, především pórovitost, propustnost a také mechanicky zpevňuje půdu pomocí kořenových systémů. Ochranný vliv rostlin je přímo úměrný hustotě daného porostu a jeho pokryvnosti v období od dubna do září, kdy dochází k výskytu přívalových dešťů. Při pěstování klasických širokořádkových plodin běžným způsobem je ochranná funkce porostu nedostatečná a dochází tak k silnějšímu působení eroze. Ideální protierozní ochranu zajišťují porosty trav a jetelovin. Na erozi půdy je nutno se dívat z dlouhodobého hlediska, jelikož k rozhodujícím ztrátám půdy nedochází rovnoměrně v průběhu let, ale za působení silných srážkových epizod (Novotný et al. 2017).

3.6.2 Harmonogram nastavování přípustných ztrát

Pro účely standardu DZES 5 je přípustná ztráta půdy stanovena tak, aby byla zajištěna konečná celková výměra ploch erozně ohrožených na orných půdách, úhorech a travním porostu. Vše je vyhodnocováno v souladu s požadavky Ministerstva zemědělství, kde se zohledňuje především ekonomická náročnost realizace jednotlivých protierozních opatření. Toto opatření je současně v souladu se strategií Ministerstva zemědělství, která stanovuje závazný harmonogram aktualizace půdních ztrát s výhledem do roku 2030 (Novotný et al. 2017).

Od 1. 1. 2018 je plocha ochrany 25 % orné půdy při přípustné ztrátě pro hluboké a středně hluboké půdy 17 t/ha/rok a pro půdy mělké 4 t/ha/rok. Od téhož roku probíhá kontinuální sledování zemědělců při tvorbě či výběru erozních parcel, aplikovaných půdoochranných technologií, reálných finančních i časových nákladů nebo úspor, spojených s redesignem. Dále se také zkoumá dopad opatření na úroveň ochrany půdy (Novotný et al. 2017).

Od 1. 1. 2022 by měla být plocha ochrany na orných půdách 35 % s přípustnou ztrátou půdy pro hluboké a středně hluboké půdy 12 t/ha/rok a pro mělké 3 t/ha/rok. V roce 2026 by měla výměra chráněných půd stoupnout na 45 % při přípustné ztrátě 9 t/ha/rok pro hluboké a středně hluboké půdy a 2 t/ha/rok pro půdy mělké. V roce 2030 by výměra chráněné půdy měla dosahovat 60 % celkové výměry orné půdy při ztrátě maximálně 5 t/ha/rok v případě hlubokých a středně hlubokých půd a 1 t/ha/rok u půd mělkých (Novotný et al. 2017).

Pro zařazování částí monitorovaných DPB do skupiny mírně erozně ohrožených a silně erozně ohrožených musí být splněna jedna nebo více z uvedených událostí:

- erozní události se na DPB (nebo jeho části) opakují mimo rámec jednoho osevu
- dochází k vážnému ohrožení intravilánu měst nebo obcí
- jsou vážně ohroženy útvary povrchových vod
- vlivem erozních událostí dochází k ohrožení majetku právnických nebo fyzických osob
- vlivem erozních událostí dochází k ohrožení zemědělského půdního fondu
- agrotechnická opatření, stanovená na základě Komplexních pozemkových úprav, které zemědělec neakceptuje (Novotný et al. 2017)

Erozní události, které odpovídají podmínkám k možnému přeřazení, jsou vybírány podle níže určených podmínek. V případě následujících podmínek se postupuje chronologicky a musí být splněny obě ze zde uvedených:

- 1) Erozně ucelený celek, kde došlo k erozní události nebo událostem se nachází na již na erozně ohrožené ploše a střední hodnota ($C_p \cdot P_p$) na daném erozně ohroženém celku je menší nebo rovna 0,4.
- 2) Opatření související s aplikovaným osevním postupem a agrotechnikou, kdy přijatá opatření nedisponují patřičným ochranným účinkem a nevyhovují tak hodnotám

přípustné ztráty půdy. Hodnota součinu ($C \cdot P$) nabývá větších hodnot než střední hodnota ($C_p \cdot P_p$) na posuzovaném erozně uceleném celku. Vyhodnocení těchto hodnot je prováděno výhradně pomocí Protierozní kalkulačky dostupné na internetu (Novotný et al. 2017).

3.7 Tolerovatelné hodnoty ztráty půdy z dlouhodobě udržitelného hlediska

Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, v současné době jsou přípustné hodnoty eroze sice stanoveny s ohledem na udržitelnost využívání půdy jako přírodního zdroje, ale vlastní limity jsou spíše politickým konsensem než hodnotami vycházejícími z vědeckých studií. Již harmonogram zpřisňování přípustných ztrát půdy je toho jasným důkazem. V případě skriktního chápání udržitelnosti by měla míra přípustné eroze ale odpovídat rychlosti obnovy půdy (Novotný et al. 2017).

Zde je možné sledovat dva důležité aspekty obnovy půd. Jednak se jedná o tvorbu jemnozeme – půdotvorného substrátu, který je dalšími půdotvornými procesy přetvářen na půdu, který tvoří vlastní půdní hmotu. Dochází tak k obnově mocnosti půdního profilu. Druhým aspektem je rychlost obnovy humusu v půdách. V případě tvorby půd na zpevněných horninách jsou klíčové oba aspekty, v případě tvorby půd na nezpevněných sedimentech (spraše a další) první z aspektů víceméně odpadá a je důležitý pouze aspekt druhý (Verheijen et al. 2012).

Z hlediska obnovy mocnosti půd se také často věnuje pozornost depozici prachu, který může v dlouhodobém horizontu hrát významnou roli. Za účelem odvození celkové míry tvorby nové půdy se odhaduje depozice prachu v jižní Evropě na nejvýše 0,2 t/ha/rok a pro severní Evropu 0 t/ha/rok. Naproti tomu odhadovaná míra tvorby půdy procesem zvětrávání se v současných podmínkách Evropy pohybuje průměrně mezi 0,3 t/h/rok – 1,4 t/h/rok. Na rozdíl od nižších hodnot, které lze vidět v Austrálii, kde pro čedičový mateřský materiál jsou stanoveny hodnoty přibližně 0,004 t/h/rok (Pillans 1997). Oproti tomu lze nalézt i mnohem vyšší hodnoty tvorby půdy, příkladem je jihozápadní Japonsko, kde hodnoty dosahují až 5,7 t/h/rok (Wakatsuki & Rasyidin 1992). Tyto dva jmenované příklady mají však odlišné podmínky prostředí, které se na území Evropy nevyskytují (Verheijen et al. 2012).

Je proto odhadováno, že na většině území Evropy se pohybuje množství nově utvořené půdy v rozmezí 0,3 – 1,4 t/ha/rok. Bohužel nejsou prozkoumané rozdíly, které jsou dány prostorovou distribucí půdních částic na území celé Evropy a jak tyto jevy mohou být ovlivněny změnami klimatu, využíváním a obhospodařováním půdy v budoucnosti. Lze očekávat, že proces chemického zvětrávání se bude zvyšovat na místech, kde se zvyšuje roční úhrn srážek a zejména pak tam, kde je mateční materiál dobře odváděn do okolí. Současně se však může zvyšovat i rychlost eroze půdy způsobená zvyšující se intenzitou srážek. Uvádí se, že půdy tvořené z mateřských hornin vápence nebo granitu mají nižší rychlost formování, ale soubor důkazních materiálů není tak rozsáhlý a je proto nutný další

experimentální výzkum rychlosti tvorby půdy, jelikož pokrývají podstatnou oblast Evropy (Verheijen et al. 2012).

3.8 Hodnota tolerovatelné ztráty půdy T

Hodnota T udává tolerovatelné ztráty půdy z dlouhodobého hlediska a je základem pro posouzení, zda je daná půda potenciálně ohrožena erozí a tím související ztrátou produkčního potenciálu. Často slouží jako hlavní kritérium pro posouzení eroze a celkové kvality půdy (Johnson 2005), aby byla z dlouhodobého hlediska zachována produktivita a neporušenost životního prostředí. Kritéria pro posuzování erozně neohrožených a erozně ohrožených oblastí, stanovované hodnotou T, jsou jedním z důležitých principů pro provádění ochrany půdy proti erozi, proto musí být stanoveny racionálním vědeckým způsobem. Příliš přísné normy tolerance půdy by měly za následek nadměrné výdaje přírodních, finančních a pracovních zdrojů. Při vysokých T hodnotách jsou snižovány náklady na ochranu půdy, ale na druhou stranu dochází k nadměrné erozi a dalším problémům spojených se správnou funkcí půdy. Hodnoty T navržené americkým ministerstvem zemědělství byly už v dřívější době diskutovány (Cook 1982). Schertz (1983) vytvořil komplexní shrnutí těchto hodnot a prohlásil, že tolerantní hodnoty ztráty půdy nejsou posvátné a měly by se měnit pouze tehdy, když podle vědeckých výzkumů vyžadují změnu nebo pokud to sociální tlaky ve společnosti vyžadují. Diskuze ohledně tolerovatelných hodnot ztráty půdy je víc než kdy předtím důležitá, proto je nutné shromáždit data ze všech dostupných výzkumů a stanovit návrhy řešení tohoto problému do budoucna. Definic T hodnot je mnoho, všechny jsou ale převážně založené na množství ztracené půdy a vlivech těchto ztrát na produkční schopnosti půdy (Li et al. 2009).

Hodnota T byla poprvé uvedena v roce 1956 ve Spojených státech Amerických a obsahuje deset ovlivňujících faktorů:

- 1) rychlost tvorby půdy z mateční horniny
- 2) rychlost tvorby ornice z podloží
- 3) snížení výnosu plodin způsobené erozí
- 4) hloubka půdy
- 5) změny vlastností půdy příznivé pro růst rostlin způsobené erozí
- 6) ztráty živin dostupných pro rostliny způsobené erozí
- 7) pravděpodobnost vzniku erozních rýh a roklí
- 8) problémy s usazováním sedimentů na pozemku
- 9) depozice sedimentů z místa eroze
- 10) dostupnost a proveditelnost opatření z pohledu ekonomického, kulturního, sociálního a udržitelného v souladu s ochranou přírody

Ačkoliv byla tato kritéria mnohokrát pozměněna, nejdůležitější je stále rychlost obnovy půdy a její produktivita (Li et al. 2009).

3.8.1 Hodnota T a rychlost obnovy půdy

Celosvětové výzkumy týkající se tolerance ztráty půdy jsou založeny především na rychlosti tvorby nové půdy. Výzkum půdy by měl stabilizovat úrodnost půd a jejich dlouhodobou produktivitu, také by měla být udržována rovnováha mezi rychlostí ztráty půdy a rychlostí její obnovy (Pierce et al. 1984).

Při nastavování hodnot T jsou brány v úvahu dvě rychlosti tvorby nové půdy. První z nich je rychlost tvorby ornice. Jedná se o vysoce kvalitní a dobře agregovanou vrstvu zeminy < 250 mm, která umožňuje zakořenění, dobrou provzdušněnost, zadržování půdní vlhkosti s přiměřeným přísunem živin a organických látek, nezbytných pro růst rostlin. Za velmi příznivých podmínek, které jsou zajištěny dobrým vegetačním pokryvem, je rychlost tvorby nové ornice přibližně 0.025 – 0.085 mm za rok (Bennett 1939).

Druhou z nich je rychlost tvorby půdy z mateční horniny nebo podloží. Preferovaná hodnota pro T je založena na rovnosti dvou aspektů, míry erozního ohrožení a rychlosti tvorby půdy z mateční horniny. Danou míru je ale velmi obtížné určit, jelikož tvorba půdy probíhá v půdním profilu a značně se liší podle typu mateční horniny a podnebí (Li et al. 2009).

Rychlost půdotvorby je ovlivněna mnoha faktory, například hloubkou půdy, dobou využívání orné půdy, střídáním plodin, zpracováním půdy, množstvím použitého hnojiva a aktuální rychlostí půdní eroze. Rané studie ukázaly, že rychlost tvorby půdy z mateřského podloží a její produktivita souvisí s hloubkou půdního pláště. Byly potvrzeny dva modely simulující tvorbu nové půdy (Humphreys & Wilkinson 2007). Stanovení samotné rychlosti tvorby půdy je komplikované. Obecně existují dvě metody, první z nich je založena na rovnováze geochemické hmoty a druhá na využití kosmogenních radionuklidů. Pro první možnost je stanovena v globálním měřítku rychlost obnovy půdy průměrně na 0,058 mm za rok (Wakatsuki & Rasyidin 1992), výsledky druhého výzkumu uvádí, že rychlost půdotvorby na základě měření ^{10}Be a ^{26}Al se liší v různých regionech (Heimsath et al. 2002).

3.8.2 Hodnota T a půdní produktivita

Produktivita půdy je dána podmínkami panujícími na dané půdě, tyto aspekty jsou nevyhnutelně ovlivňovány působením eroze. Výnosy plodin silně závisí na půdní vlhkosti, jelikož všechny rostliny potřebují pro svůj správný růst dostatek vody. Voda je tedy jedním z nejvíce omezujících faktorů rostlinné výroby. Eroze půdy způsobuje ztrátu půdy a tím snižuje i hloubku ornice. To má za následek snižování půdní kapacity pro zadržování vody v ní a tím i výnosů pěstovaných plodin (Hall et al. 1985). Pimentel & Kounang (1998) ve své studii zjistili, že produkční schopnost půd se snížila o 20 – 40 % v souvislosti s využitím vodních zdrojů, kde jejich čerpatelnost klesla vlivem eroze o 10 – 20 %. Dalším důležitým zdrojem jsou půdní živiny, jejichž ztráta v ornici způsobená erozí je přímým důvodem poklesu půdní produktivity (Pimentel & Kounang 1998).

Hodnota T by proto měla být nastavena tak, aby brala v úvahu oba tyto aspekty a byla i nadále udržena stabilita produkce v souvislosti s využitými opatřeními (Li et al. 2009). Vztah mezi produktivitou půdy a erozí je poměrně komplikovaný, jelikož obě proměnné jsou ovlivňovány řadou podmínek, u kterých dochází k časové i prostorové změně (Toy et al. 2001). Výzkumy ukazují, že vztah mezi výnosy plodin a kumulativní ztrátou půdy má negativní exponenciální trend na většině území s tropickým a mírným podnebím (Stocking 2003). Výsledky dlouhodobých experimentů poukázaly na to, že eroze významně snížila půdní produktivitu i přes to, že erodovaná půda byla ošetřována vysokou aplikací hnojiv (Gantzer et al. 1990). Biggelaar et al. (2003) uvádí, že ztráta produkce dosahovala v globálním měřítku poklesu průměrně o 0,3 % za rok, přičemž při stejném erozním působení na již více narušených plochách byly poklesy ještě vyšší.

S rozvojem vědy, techniky a díky novým a vylepšeným odrůdám rostlin, hnojivům a boji proti škůdcům je však závažnost škod, způsobených erozí půdy, často zakryta. Problém však stále přetrvává a je kompenzován pouze opatřeními v zemědělství, které dokážou ztrátu výnosu vyrovnat. Bohužel tím nadále dochází ke zhoršování půdní situace z hlediska eroze a tento stav není dlouhodobě udržitelný. Stanovení hodnoty T by tudíž mělo brát v potaz i vývoj zemědělských technologií a využívat je způsobem dlouhodobě udržitelným (Li et al. 2009).

3.9 Opatření proti erozi

Při volbě správného opatření ke snížení dopadů eroze je nutné brát v potaz finální stránku věci a náročnost realizace. Z finančního hlediska se při návrhu jednotlivých protierozních opatření postupuje od realizačně i finančně nejjednodušších opatření. Do jednodušších a méně finančně náročných projektů patří opatření organizačního a agrotechnického charakteru. Nejvyšší finanční náročnost představují technická opatření, které však poskytují dlouhodobou nebo trvalou ochranu ohroženého území. Technická opatření jsou ve většině případů realizována pomocí pozemkových úprav ve veřejném zájmu (Novotný et al. 2017).

3.9.1 Ochrana půdy proti vodní erozi

Janeček et al. (2012) ve své metodice uvádí, že situování pozemků jejich delší stranou po směru vrstevnic je základem organizačních opatření. Opatření organizačního charakteru jsou na půdě navrhována spolu s ostatními protierozními opatřeními a pro jejich funkčnost je důležitá zainteresovanost a spolupráce jednotlivých hospodařících subjektů. Mezi tyto opatření patří:

- docílit optimální velikosti a tvaru pozemku, erozní parcely nebo dílu půdního bloku
- vhodně umístit pěstované plodiny společně s ochranným zatravněním
- využívat pásového střídání plodin

Podle Janečka et al. (2012) je erozí nejvíce ohrožena půda bez vegetačního pokryvu, proto jsou agrotechnická opatření založena především na zkrácení doby, kdy plochu nechrání žádný vegetační pokryv. Podle Hůly et al. (2003) je účinným proerozním opatření i samotná technologie zpracování půdy. Opatření agrotechnického charakteru zní následovně:

- sít nebo sázet po vrstevnici
- využívat ochranného obdělávání půdy (sít a sázet do mulče nebo mělké podmítky, využívat bezorebné setí, setí s podplodinou nebo do ochranné plodiny)
- důlkování, hrázkování
- podrývání, dlátování, plečkování
- sít kukuřici do úzkých řádků
- zpracovávat půdu v pásech

Technická opatření jsou dle Janečka et al. (2012) základním prvkem komplexního systému všech protierozních opatření. Tyto opatření se zejména uplatňují na pozemcích, kde v důsledku nepříznivého povrchového odtoku dochází k ohrožení zastavěné části obce. Jejich samotná účinnost se zvyšuje spolu s opatřeními agrotechnickými a organizačními. Mezi technologické opatření patří:

- zatravňování údolnic kde je dráha soustředěného odtoku
- tvorba příkopů a průleहů
- využívat polních cest s protierozní funkcí
- ochranné nádrže a hrázky
- terénní urovnávky, protierozní meze a terasy
- asanace výmolů a strží způsobených erozí

3.9.2 Ochrana půdy proti větrné erozi

Opatření proti větrné erozi jsou stejně jak v případě vodní eroze dělena do tří skupin – organizační, agrotechnická a technická. Je zde stejný postup co se týče finanční a časové náročnosti realizace. Většina již výše zmíněných opatření funguje ať už plně nebo částečně k zamezení nepříznivých vlivů větrné eroze (Novotný et al. 2017).

Organizační opatření zahrnují opět velikost a tvar pozemku a využívání pásového střídání plodin. Důležitý je i samotný výběr pěstované plodiny, kdy nejvyšší stupeň ochrany zajistí trvalé travní porosty nebo víceleté pícniny. Ochranu přes zimní období lze zajistit pomocí ozimých obilnin, které svým vegetačním pokryvem chrání půdu. Lze využívat i ozimých meziplodin v návaznosti na přímý výsev následující plodiny do jimi vytvořeného strniště (Janeček et al. 2012).

Do agrotechnických opatření patří především ochranné obdělávání půdy, přičemž velice důležité je podle Janečka et al. (2012) zlepšení vlhkostního režimu půdy a tím i zvýšení půdní soudržnosti. Toho lze dosáhnout:

- nevyužíváním plošeného kypření půdního povrchu
- mulčováním
- zadržením sněhové pokrývky na povrchu
- regulační drenáží
- závlahovými systémy

4 Metodika

Pro porovnání nastavení současných legislativních limitů a limitů vycházejících z přirozené obnovy byly vybrány 4 půdní jednotky, které jsou důležité pro zemědělskou produkci z hlediska plošného zastoupení nebo úrodnosti.

Vybrané půdní jednotky se také zároveň liší mnoha aspekty, jako například výchozím matečným substrátem, hlavním půdotvorným substrátem nebo zranitelností vůči erozi. V souvislosti s těmito vlastnostmi bude každá půda disponovat jinou mírou erozního ohrožení a také rozdílnou rychlostí přirozené obnovy půdy z půdotvorného substrátu.

V závislosti na výše uvedených skutečnostech byla vynaložena snaha na stanovení adekvátních limitů přípustné ztráty půdy z hlediska dlouhodobé udržitelnosti.

4.1 Výběr půdních jednotek

4.1.1 Černozemě

Tyto půdy jsou rozšířené především v nejteplejších a nejsušších oblastech České republiky, vznikaly zde pod původní stepí a lesostepí během ranných období postglaciálu. V současné době jsou uchovávány ve své původní podobě především díky zemědělské kultivaci. V těchto oblastech je průměrná roční teplota nad 8 °C a roční úhrn srážek činní 450 – 650 mm. Zpravidla se nacházejí v nadmořské výšce do 300 m, ale v oblasti Jížní Moravy se černozemě vyskytují i v pahorkatinném až vrchovinném reliéfu. Jedná se převážně o plochý, rovinatý terén. Matečným substrátem černozemí jsou obvykle spraše, jen na některých místech se tyto půdy tvoří ze zvětralin slínovců nebo vápnitých písků. Převládajícím půdotvorným procesem při vzniku těchto půd byla intenzivní humifikace, která utvářela půdu pod stepní vegetací. Půdní profil černozemí je charakteristický svým mocným, tmavě zbarveným humusovým horizontem, který většinou zasahuje až do hloubek okolo 60 – 80 cm. Humusový horizont se vyznačuje hojným edafonem, vodostálou a odolnou strukturou. Pro spraše je běžná přítomnost vápnitých žilek nebo povlaků. Černozemě jsou ve většině případů středně těžké půdy, bez skletu s vyšším až vysokým podílem kvalitního humusu. Jejich reakce je neutrální a disponují velmi dobrými sorpčními vlastnostmi, avšak někdy vlivem sucha tyto půdy trpí nadměrným vysycháním. V České republice se jedná o nejvíce cenné zemědělské půdy (Tomášek 2009).

4.1.2 Kambizemě

Kambizemě jsou hojně zastoupeny na pahorkatinách, vrchovinách i na horách, naopak se málo vyskytují v nížinných oblastech. Nejvíce se vyskytují v nadmořské výšce 450 – 800 m a jsou obvykle spojovány s členitým terénem. Roční úhrn srážek se zde většinou pohybuje okolo 500 – 900 mm a převažuje tu mírně teplé, humidnější klima. Průměrné roční teploty se v těchto oblastech pohybují mezi 4 – 9 °C. Původně se utvářely pod listnatými lesy,

především dubohabrovými nebo horskými bučinami. Matečným substrátem kambizemí jsou prakticky všechny horniny skalního podkladu, mezi které patří žuly, svory, čediče, pískovce a další. Půdotvorným procesem je při vzniku kambizemí intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Tyto půdy jsou vývojově velmi mladé a v méně členitém terénu by po delší době přešly v jiné půdní typy, například hnědozemě, podzoly a podobně. Mají mělký, méně kvalitní humusový horizont, pod kterým se nachází hnědá až rezavohnědá část, kde dochází k intenzivnímu vnitropůdnímu zvětrávání. Hluběji se pak nachází méně zvětralá hornina s jiným zbarvením, zpravidla světlejším. Kambizemě jsou většinou mělké a skeletovité, jejich zrnitostní složení je závislé na typu matečné horniny. Obsah humusu vykazuje silné kolísání a reakce je slabě kyselá až kyselá. Obsahem humusu jsou ovlivňovány sorpční vlastnosti, ale i zrnitostní složení. Jedná se o půdy s nejčastějším výskytem v České republice (Tomášek 2009).

4.1.3 Hnědozemě

Nacházejí se převážně na okrajových oblastech nížin nebo v nižším stupni pahorkatin. Podnebí zde panující je vlhčí než v případě černozemních oblastí, průměrná roční teplota dosahuje 7 – 9 °C a roční úhrn srážek se pohybuje mezi 500 – 700 mm. Tyto půdy vznikaly pod dubohabrovými lesy. Stejně tak jako u černozemí je půdotvorným substrátem nejčastěji spraš nebo sprašová hlína. Hnědozemě se nejčastěji rozkládají na plošinách nebo lehce zvlněných pahorkatinách v nadmořské výšce od 200 do 450 m. Jako hlavní půdotvorný proces je zde illimerizace. Při tomto procesu dochází k ochuzování svrchní části půdního profilu o jílnaté součásti, které jsou pomocí vsakující se vody přemísťovány do hlubších vrstev půdního horizontu. Obsahují humusový horizont, pod kterým se rozkládá slabě zesvětlený ochuzený horizont. Celkový obsah humusu bývá nižší než v případě černozemí, ale kvalitou je stále příznivý. Sorpční vlastnosti jsou zhoršeny a probíhá zde slabě kyselá půdní reakce. Půdy disponují poměrně příznivými fyzikálními vlastnostmi a nejsou tolik náchylné k vysychání jako černozemě (Tomášek 2009).

4.1.4 Referenční třída leptosoly

Do této skupiny půd patří litozem, rendzina, parendzina a ranker. Jedná se většinou o vývojově mladé půdy s malou mocností profilu. Převládajícím půdotvorným procesem je proces humifikace a jejich matečným substrátem jsou horniny skalního podkladu. Vzhledem k jejich hloubce a vlastnostem se ve většině případů jedná o produkčně nevýznamné půdy z hlediska zemědělství (Tomášek 2009).

5 Výsledky a diskuze

Janeček et al. (2012) uvádí, že přípustné ztráty půdy způsobené erozí, stanovované na základě dlouhodobého zachování půdních funkcí a její úrodnosti, je rozčleněna do kategorií podle mocnosti půdního profilu. V případě mělkých půd, jejichž mocnost nepřesahuje 30 cm, je doporučeno tyto půdy převést na trvale travní porosty a dále je nevyužívat k pěstování plodin. Pro středně hluboké půdy s mocností 30 – 60 cm a hluboké půdy s mocností přesahující 60 cm se doporučuje přípustná ztráta půdy pouze 4 t/ha/rok. Tyto limity se zdají být průchodné z dlouhodobého hlediska, avšak reálné hodnoty ztrát jsou v mnoha případech znatelně vyšší.

Ministerstvo zemědělství České republiky vytvořilo Harmonogram nastavování přípustných hodnot, končící rokem 2030, kdy by plocha chráněných orných půd měla dosahovat 60 % celkové výměry, s přípustnými ztrátami pro hluboké a středně hluboké půdy maximálně 5 t/ha/rok. U půd mělkých by tento limit měl být maximálně 1 t/ha/rok (Novotný et al. 2017).

V příštím roce 2022 by mělo dojít k opětovnému zpřísnění limitů tak, že bude chráněno 35 % z celkové výměry orných půd. Přípustná ztráta pro hluboké a středně hluboké půdy by měla dosahovat maximálně 12 t/ha/rok a pro mělké 3t/ha/rok (Novotný et al. 2017).

Richter (1983) uvádí, že již v minulých letech se míra eroze na evropském území pohybovala mezi 10 – 20 t/ha/rok. Při zpětném ohlédnutí za nastaveným harmonogramem lze vyčíst, že se míra eroze pohybuje stále na stejných úrovních ročních ztrát půdy. Vzhledem k neustále se rozvíjejícím zemědělským technologiím by tyto hodnoty měly klesat. Tento trend se však prakticky neprojevuje, popřípadě je velice pomalý, jelikož nikdo nemá důvod k vynakládání vyšších finančních prostředků na ochranu půdy a správnou zemědělskou praxi, jelikož to přijaté restriktce nevyžadují.

Hodnoty ochrany půdy stanovené legislativou se nyní vůbec nepřibližují výpočtům, které uvádí ve své publikaci Janeček et al. (2012). V kontextu rychlosti tvorby půdy, kterou Verheijen et al. (2012) stanovil pro většinu území Evropy na 0,3 – 1,4 t/ha/rok, se legislativní limity rozcházejí o to víc. Je jasné, že přípustné limity pro dlouhodobou ztrátu půdy nemohou reflektovat přímo rychlost půdní obnovy, jelikož by zde byl velký tlak na náročnost realizace a vynaložení finančních prostředků. V mnoha případech by došlo k situacím, kde by finanční prostředky na realizaci překročily únosnou výši vzhledem k zisku z plodin zde pěstovaných a pěstování s takto nastavenými limity by se stalo nerentabilní. Rychlost půdní obnovy a taktéž i faktor erozní ohroženosti je u každého půdního typu jiná (Tomášek 2009). Nejpřirozenější z hlediska erozní ohroženosti by tedy bylo sledovat a nastavovat limity pro každý půdní typ zvláště v závislosti na potencionální ohroženosti a jejich bonity.

V případě černozemí utvořených na spraších Tomášek (2009) píše, že se jedná o nejvíce ceněné půdy České republiky. Dále uvádí, že černozemě jsou poměrně náchylné k vysychání z důvodu vysokého obsahu humusu, který naopak půdě zajišťuje vysoký produkční potenciál a zachování tohoto potenciálu je zajišťováno především zemědělskou kultivací. Tyto půdy se

nacházejí především v nížinách, kde převažuje teplejší klima a nižší úhrn srážek. Černozemě tvoří pouze 11 % celkové výměry orných půd. V případě hnědozemí je situace podobná, ale většinou se nacházejí v humidnějších oblastech a humus již není tak kvalitní, jako v případě černozemí. Jsou také více erozně ohrožené z hlediska erozních událostí.

Tomášek (2009) ve své publikaci dále uvádí, že kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem. Tyto půdy nedisponují tak velkou produkční schopností, jako černozemě nebo hnědozemě. Rychlost jejich obnovy je pomalejší, jelikož se rozkládají na pevných horninách. Tyto půdy jsou z hlediska procentuálního zastoupení orných půd v České republice nejvíce zemědělsky využívány. Kambizemě tvoří přibližně 45 % celkové rozlohy orných půd. Kladou se na ně vysoké nároky a s nimi je spojené i velké riziko eroze. V tabulce 6 lze vidět současné nastavení limitů ztrát půdy pro jednotlivé půdní jednotky, jejich předpokládaný limit pro rok 2030 a ideální nastavení limitů z hlediska přirozené obnovy.

Tabulka 6: Tolerovatelné limity pro hluboké, středně hluboké a mělké půdy podle DZES 5.

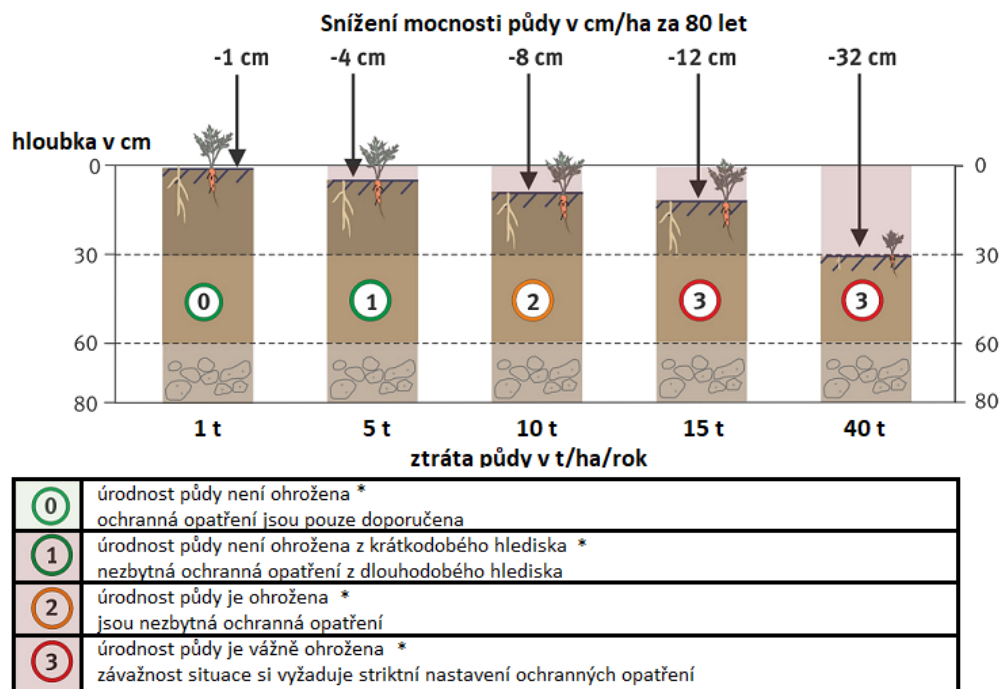
Tolerovatelné limity podle DZES 5 v t/ha/rok				
půdní typ	hloubka půdy	stav nyní	předpokládaný stav v roce 2030	tolerovatelné limity z hlediska obnovy
Černozemě Hnědozemě	hluboké	17	5	1,4
Kambizemě	středně hluboké	17	5	0,3
Litozemě Rendziny Parendziny Rankery	mělké	4	1	0,3

Z tabulky lze vidět, že současné nastavení limitů je z hlediska půdní obnovy nedostatečné, několikanásobně překračuje ideální stav. Je pravděpodobné, že se přijatý harmonogram zpříšňování limitů nebude výrazněji měnit, především z důvodu celkové únosnosti pro zemědělství. V následujících 10 letech by mělo tedy docházet k postupnému zpříšňování limitů ztrát půdy. Černozemě a hnědozemě mají na základě tvrzení Verheijen et al. (2012) přirozenou rychlost obnovy přibližně 1,4 t/ha/rok. Pro kambizemě je podle jeho tvrzení rychlost obnovy v závislosti na půdotvorném substrátu pouze 0,3 t/ha/rok. Ideální hranice limitu ztráty půdy by měla tedy reflektovat tento stav. Při takovém nastavení by došlo k vyrovnání ztrát samotnou půdní obnovou. Z hlediska udržitelnosti a samotné realizace by nejspíše tyto limity však nebyly schůdné. Janeček et al. (2012) proto uvádí, že ideální limity v kontextu dlouhodobé udržitelnosti pro hluboké a středně hluboké půdy by měly být nastaveny na 4 t/ha/rok. Takto nastavené limity by znatelně dokázaly zpomalit rychlost půdních ztrát a nebyly by tak komplikované z hlediska realizace a finančních

prostředků. V případě mělkých půd uvádí Verheijen et al. (2012) taktéž rychlost obnovy pouze 0,3 t/ha/rok. Vzhledem k charakteru těchto mělkých půd Janeček et al. (2012) doporučuje převést tyto půdy na trvale travní porosty. Převedení těchto pozemků na trvale travní porosty může být nakonec jediným řešením, kterým lze dosáhnout požadovaných hodnot.

Po zatravnění mělkých půd by samozřejmě vznikl ještě větší tlak na půdy hluboké a středně hluboké. Proto by bylo vhodné současně zvyšovat nároky na ochranu hlubokých a středně hlubokých půd, v závislosti na rychlosti převodu půd mělkých na trvale travní porosty.

Z obrázku 2 lze vyčíst závislost půdní ztráty na snižování mocnosti půdy za dobu 80 let. V bodě 0, kde roční ztráta půdy nepřesahuje 1 t/ha/rok, nedochází v daném časovém úseku k výraznějším změnám. Za 80 let se sníží mocnost půdy pouze o 1 cm, což je z hlediska půdní obnovy nejpříjemnější stav a půda nemusí být výrazněji chráněna. V bodě 1 dochází ročně ke ztrátě 5 t/ha/rok, což má za následek snížení mocnosti půdy o 4 cm za 80 let. Z krátkodobého hlediska není produkční schopnost ohrožena, ale je dobré zavést ochranná opatření z hlediska dlouhodobého. V bodě 2 dochází ročně ke ztrátě až 10 t/ha/rok a mocnost se tak během 80 let sníží o 8 cm, v tomto případě už dochází k poškození produkčních schopností půdy a jsou nezbytná ochranná opatření. V bodě 3 dochází ke ztrátě od 15 do 40 t/ha/rok a snížení mocnosti půdy o 12 – 32 cm během 80 let. Produkční schopnosti půdy jsou vážně ohroženy a musí být přijata striktní ochranná opatření. Nejpřirozenější a nejudržitelnější situace nastává tedy v bodě 0, kdy je půda z hlediska dlouhodobé udržitelnosti neohrožená a uplatňuje se zde vliv půdní obnovy.



*Stanovení úrovně rizika v hloubce 80 centimetrů

Obrázek 2: Snížení mocnosti půdy v cm/ha za 80 let (Zdroj: Umwelt bundesamt 2020).

Limity nastavené podle standardu DZES 5 a s nimi spojené dotace jsou za současného stavu velkým problémem. Novotný et al. (2017) uvádí podmínky pro plnění těchto standardů v závislosti na erozním ohrožení půd. Podle tohoto standardu je přibližně 76 % celkové výměry orných půd v České republice erozně neohroženo, mírně ohroženo je 22 % a silně erozně ohrožené půdy zastupují pouze 2 % z celkové výměry. Tudíž pouze na 2 % orných půd České republiky se nesmí pěstovat erozně nebezpečné plodiny. To v reálu znamená, že na většině orných půd lze pěstovat jakékoliv plodiny, prakticky bez jakéhokoliv ochranného opatření, čímž dochází například v případě širokořádkových plodin ke zvýšenému eroznímu riziku.

Vzhledem k tomu, že na DZES se váže velká část dotací v zemědělství v České republice, by tyto standardy měly být přehodnoceny a zpřísněny. Jejich nastavení je poměrně benevolentní, co se hodnocení ohroženosti půdy týče a je zde vidět poměrně velký politický vliv. Ačkoliv by tyto standardy měly především chránit půdní zdroje, které jsou nesmírně důležité pro pěstování plodin pro obživu obyvatelstva, slouží spíše jako pouhý základ pro posouzení nároku na dotace. Neustále tak dochází k znehodnocování těchto zdrojů, což bude mít v delším časovém měřítku fatální následky. Produkční vlastnosti půdy se vlivem odnosu ornice budou snižovat a závisle na tomto faktu porostou i cena vynaložené na nápravná opatření. Tato opatření budou jen nadále zakrývat skutečnost, že v půdním profilu dochází ke ztrátám, které jsou nenávratné z pohledu jednoho lidského života.

6 Závěr

Ochrana půdy a samotná problematika eroze je z hlediska legislativy České republiky nedostatečně nastavena, i přes veškerou snahu tyto zákony, vyhlášky a doporučení během minulých let zpřísnit a zlepšit. Dlouhodobá ztráta půdy na poměrně velké ploše orných půd přesahuje několikanásobně schopnost půdy se samoobnovovat a znovu utvářet. Tento jev je částečně zapříčiněn tím, že samotnou rychlost obnovy půdy může člověk ovlivnit jen v minimální míře, nebo spíše vůbec. Zatímco rychlost a četnost erozních událostí již člověkem ovlivnit lze, především za pomoci správné zemědělské praxe a dalších agrotechnických opatření.

Alespoň částečnou útěchou této problematiky je již zmíněný harmonogram Ministerstva zemědělství, který počítá se zlepšením situace v příštích 10 letech. Je však nutno říci, že přijatelnější limity z hlediska půdní obnovy, nastoupí v platnost až v roce 2030. Přičemž limity ztrát budou stanoveny opět vůči půdní hloubce. Bylo by dobré přehodnotit i potenciální ohroženost vzhledem k rozdílným půdním typům a z toho vycházejícím vlastnostem, protože půdy utvořené na pevných horninách budou mít nižší rychlost obnovy. Tudíž při stejném způsobu hospodaření na dvou různých půdách může docházet k rozdílům.

Přehodnocení by si zasloužil i samotný standard DZES 5, podle kterého je přibližně 76 % půd erozně neohrožených a nemusí se na nich dodržovat převážně žádná náročnější opatření. Přijatá ochranná funkce podle standardu DZES 5 nereflexuje skutečné hodnoty dlouhodobých půdních ztrát, ani reálné ohrožení zemědělských a ostatních půd vlivy eroze. Vzhledem ke skutečnosti, že tyto standardy jsou zásadní součástí podmínek pro udělení dotací zemědělci, bylo by dobré je více propojit s ostatními legislativními limity.

Nejpraktičtější by bylo vytvoření jednoho závazného ustanovení, na jehož základě by se zemědělci zavázali k snižování dlouhodobých půdních ztrát s konkrétní dosažitelnou hodnotou. Dále by na základě tohoto plnění byly vypláceny dotace v zemědělství a celý tento systém by byl kontrolovatelný například jedním příslušným úřadem. Současně s tím by mělo dojít alespoň k částečnému snížení nároků na administraci celé problematiky.

Nyní je nejvyšší čas začít tuto problematiku řešit, protože bez kvalitní a úrodné půdy se stejně tak jako bez vody žít nedá.

7 Literatura

- Bajer A, Kučera A, Vranová. 2014. Geologie. LDF, Mendelu. Brno.
- Bennett H. H. 1939. Soil Conservation. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Biggelaar C. D, Lal R, Wiebe K, Eswaran H, Breneman V, Reich P. 2003. The global impact of soil erosion on productivity I: absolute and relative erosion-induced yield losses. *Advances in Agronomy* 81.
- Boardman J, Poesen J. 2006: Soil erosion in Europe. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Boardman J. 1998. An average soil erosion rate for Europe: Myth or reality?. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Breshears D. D, Whicker J. J, Johansen M. P, Pinder J. E. 2003. Wind and water erosion and transport in semi-arid shrubland, grassland and forest ecosystems: Quantifying dominance of horizontal wind-driven transport. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Buzek L. 1984. Eroze půdy. Pedagogická fakulta v Ostravě. Ostrava.
- Cablík J, Jůva K. 1963. Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Clarke A, Evans R. 1993. Soil erosion and conservation in the United Kingdom. In: D. Pimentel (Editor), *World soil erosion and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cook K. 1982. Soil loss: a question of values. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Fulajtár E, Jánský L. 2001. Vodná erózia pôdy a protierozná ochrana. Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy.
- Gantzer C. J, Anderson S. H, Thompson A. L, Brown J. R. 1990. Estimating soil erosion after 100 years of cropping on Sanborn field. *Journal of Soil and Water Conservation* 45 (6).
- Hall G. F, Logan T. J, Young K. K. 1985. Criteria for determining tolerable erosion rates. In: Follet, R. F. Stewarts, B.A. (Eds.). *Soil Erosion and Productivity*. American Society of Agronomy. Crop Science Society of American. Soil Science Society of American. Madison. WI.
- Heimsath A. M, Chappell J, Dietrich W. E, Nishiizumi K, Finkel R. C. 2002. Late Quaternary erosion in southeastern Australia: a field example using cosmogenic nuclides. *Quaternary International*.
- Holý M. 1994. Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha.

- Hůla J, Janeček M, Kovaříček P, Bohuslávek J, Královcová K, Lhotský J. 2003. Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha.
- Humphreys G. S, Wilkinson M. T. 2007. The soil production function: a brief history and its rediscovery. *Geoderma* 139.
- Janeček M. 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: ISV nakladatelství.
- Janeček M, et al. 2007. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha.
- Janeček M. 2008. Základy erodologie. V Praze: Česká zemědělská univerzita.
- Janeček M, et al. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. 1. vyd. Praha: Powerprint.
- Johnson L. C. 2005. Soil loss tolerance: fact or myth [2]. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Kalina M. 2016. Hnojení půdy a kompostování v zahradě. Praha: Grada Publishing. Česká zahrada.
- Kessler A, De Graaff J, Olsen P. 2010. Farm-level adoption of soil and water conservation measures and policy implications in Europe. *Land Use Policy*.
- Li L, Du S, Wu L, Liu G. 2009. An overview of soil loss tolerance. *Catena*.
- Meyer L. D, Wischmeier W. H. 1969. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*.
- Morgan R. P. C. 2005. Soil erosion and conservation, National Soil Resources Institute, Cranfield University.
- Navas A, Gaspar L, Quijano L, López-Vicente M, Machín J. 2012. Patterns of soil organic carbon and nitrogen in relation to soil movement under different land uses in mountain fields (South Central Pyrenees). *Catena*.
- Novotný I, Papaj V, Podhrázková J, Kapička J, Vopravil J, Kristenová H, Mistr M, Žížala D, Pochop M, Dostál T, Krása J, Kadlec V. 2017. Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorace a ochrany půd, v. v. i., Praha.
- Richter G. 1983. Aspect and problems of soil erosion hazard in the EEC countries. In: A. G. Prendergast (Editor), *Soil Erosion. Commission of the European Communities Report No.*
- Owens M. K, Lyons R. K, Alejandro C. L. 2006. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover. *Hydrol. Process*.

- Pavlů L. 2018. Základy pedologie a ochrany půdy. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Petránek J, Březina J, Břízová E, Cháb J, Loun J, Zelenka P. 2016. Encyklopedie geologie. Česká geologická služba, Praha.
- Petersen J. E, Hoogeveen Y. 2004. Agriculture and the environment in the EU accession countries. Implications of applying the EU common agricultural policy. Copenhagen: European Environment Agency.
- Pierce F. J, Larson W. E, Dowdy R. H. 1984. Soil loss tolerance: maintenance of longterm soil productivity. Journal of Soil and Water Conservation.
- Pillans B. 1997. Soil development at snail's pace: evidence from a 6Ma soil chronosequence on basalt in north Queensland, Australia. Geoderma.
- Pimentel D. 2006. Soil erosion: a food and environmental threat. Environ Dev Sustain.
- Pimentel D, Kounang N. 1998. Ecology of soil erosion in ecosystems. Ecosystems 1.
- Půda v číslech. VÚMOP. 2019. Available from <https://statistiky.vumop.cz> (Accessed April 2021).
- Schertz D. L. 1983. The base for soil loss tolerance. Journal of Soil and Water Conservation.
- Sklenička P. 2003. Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha.
- Stocking M. A. 2003. Tropical soil and food security: the next 50 years. Science 302 (21).
- Tomášek M. 2009. Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha.
- Toy T. J, Foster G. R, Renard K. G. 2001. Soil Erosion: Process, Prediction, Measurement, and Control. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Umwelt bundesamt. 2020. Bodenverlust nach 80 Jahren bei bestimmten jährlichen Abtragsmengen. Available from <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/erosion#was-sind-die-folgen-von-bodenerosion-durch-wasser>. (Accessed May 2021).

Verheijen F. G. A, Jones R. J. A, Rickson R. J, Smith C. J, Bastos A. C, Nunes J. P, Keizer J. J. 2012. Concise overview of european soil erosion research and evaluayon. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science.

Vlček V. 2015. Kvalita a zdraví půdy. Mendelova univerzita v Brně.

Vráblíková J, Vráblík P. 2008. Aplikovaná pedologie. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí.

Vrba V, Huleš L. 2006. Humus – půda – rostlina (2) Humus a půda. Biom.cz. Available from <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>. (Accessed April 2021).

VÚMOP. 2016. Nabídka mapových a datových produktů. Available from <https://vumop.cz>. (Accessed April 2021).

Wakatsuki T, Rasyidin A. 1992. Rates of weathering and soil formation. Geoderma.

Yang J, Hammer R. D, Thompson A. L, Blancha R. W. 2003. Predicting soybean yield in a dry and wet year using a soil productivity index. Plant Soil.

Zákon č. 334/1992 Sb., Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu. In. Sbírka zákonů 30. 06. 1992.