

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL



**MOŽNOSTI REALIZACE OCHRANY PŮDY
PROTI VĚTRNÉ EROZI V RÁMCI NASTAVENÍ
DZES 5**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalant: David Vetešník

Vedoucí: Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Vetešník

Územní plánování

Název práce

Možnosti realizace ochrany půdy proti větrné erozi v rámci nastavení DZES 5

Název anglicky

Possibilities of implementing soil protection against wind erosion within the setting of DZES 5

Cíle práce

Cílem práce je příprava podkladů využitelných např. státní správou, které by jí v kontextu ochrany půdy a udržitelného hospodaření umožnily komplexně uchopit problematiku větrné eroze v ČR, včetně jejich dopadů na vysušování krajiny a racionální rozlohu osevů jedné plodiny na půdním bloku.

Metodika

Rešeršní část práce shrne problematiku vodní a větrné eroze, protierozních opatření na zemědělské půdě a Standardů DZES.

Součástí bude i přehled legislativních podkladů a srovnání podkladů a podmínek pro vodní a větrnou erozi. Výstupem bude návrh úpravy předpisu DZES 5 pro potřeby ochrany zemědělské půdy před větrnou erozí.

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č. 1/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

větrná eroze, degradace půdy, DZES, vysušování krajiny

Doporučené zdroje informací

BORRELLI, Pasquale, et al. Wind erosion susceptibility of European soils. *Geoderma*, 2014, 232: 471-478.

SKIDMORE, E. L. Wind erosion. In: *Soil erosion research methods*. Routledge, 2017. p. 265-294.

SONG, Yang, et al. A review of soil erodibility in water and wind erosion research. *Journal of Geographical Sciences*, 2005, 15: 167-176.

ZOBECK, Ted M. Soil properties affecting wind erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1991, 46.2: 112-118.



Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jana Kalibová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2024

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2024

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Možnosti realizace ochrany půdy proti větrné erozi v rámci nastavení DZES 5* vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení §35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Mělníku dne 28.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval své vedoucí Ing. Janě Kalibové, Ph.D., za odborné konzultace a ochotu během zpracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl vyjádřit svůj vděk za podporu rodině, přátelům a přítelkyni.

Možnosti realizace ochrany půdy proti větrné erozi v rámci nastavení DZES 5

Abstrakt

Zemědělská půda je ohrožena procesy vodní a větrné eroze. Z hlediska klimatické změny se střídavě objevují dlouhá období sucha s krátkým obdobím přívalových dešťů, což představuje velké riziko a potenciál pro rozvinutí větrné eroze, kterou je potřeba řešit. Tato práce poskytne literární rešerši na erozní procesy, legislativní zázemí pro boj s erozí a diskutuje možné úpravy stávajících předpisů tak, aby pokryly potřeby ochrany půdy před erozí větrnou.

Klíčová slova

degradace půdy, modelování, protierozní opatření, větrná eroze, vodní eroze

Possibilities of implementing soil protection against wind erosion within the setting of DZES 5

Abstract

Agricultural land is threatened by the processes of water and wind erosion. In terms of climate change, long periods of drought alternate with short periods of torrential rainfall, posing a high risk and potential for wind erosion to develop and need to be addressed. This bachelor thesis will provide a literature search on erosion processes, the legislative background for erosion control and discuss possible modifications to existing regulations to cover the needs of soil protection from wind erosion.

Keywords

soil degradation, modeling, erosion prevention, wind erosion, water erosion

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce	2
3 Metodika	3
4 Eroze půdy	4
5 Větrná eroze	5
5.1 Proces větrné eroze	5
5.1.1 Pohyb půdních částic.....	5
5.2 Příčina vzniku větrné eroze	6
5.3 Faktory větrné eroze	6
5.3.1 Půdní faktor.....	6
5.3.2 Klimatický faktor	7
5.3.3 Lidský faktor	7
5.3.4 Vegetační faktor	8
5.4 Důsledky větrné eroze půdy	8
5.5 Protierozní opatření organizačního charakteru	9
5.5.1 Tvar a velikost pozemku	9
5.5.2 Výběr pěstovaných plodin a delimitace druhů pozemku	10
5.5.3 Pásové střídání plodin	10
5.6 Protierozní opatření agrotechnického charakteru	11
5.6.1 Zlepšení vlhkostního režimu	11
5.6.2 Ochranné obdělávání půdy.....	11
5.6.3 Úprava struktury půdy.....	11
5.7 Protierozní opatření technického charakteru	12
5.7.1 Umělé bariéry.....	12
5.7.2 Větrolamy.....	12
6 Stanovení odnosu půdy větrnou erozí	14
6.1 Přímé stanovení	14
6.2 Nepřímé stanovení	15
6.2.1 WEQ.....	16
6.2.2 EPIC	16
6.2.3 WEPS	16
6.2.4 WEELS	17
6.2.5 SWEEP.....	17
6.2.6 TEAM	18
6.2.7 RWEQ.....	19
6.2.8 ILSWE.....	19
6.2.9 Stanovení potenciální větrné eroze	20

6.2.10	Stanovení náchylnosti těžkých půd k větrné erozi.....	21
6.2.11	GIS-RWEQ	21
7	Vodní eroze	23
7.1	Protierozní opatření organického charakteru	23
7.1.1	Optimální tvar a velikost půdního bloku.....	23
7.1.2	Vhodné umístění pěstovaných plodin a ochranného zatravnění.....	24
7.1.3	Pásové střídání plodin	24
7.2	Protierozní opatření agrotechnického charakteru	25
7.2.1	Setí nebo sázení po vrstevnici	25
7.2.2	Ochranné obdělávání.....	25
7.2.3	Setí kukuřice do úzkého řádku.....	25
7.2.4	Hrázkování a důlkování	26
7.2.5	Plečkování, dlátování, podryvání.....	26
7.3	Protierozní opatření technického charakteru.....	27
8	Kontrola podmíněnosti	28
9	Standardy DZES.....	29
9.1	Podpora trvale udržitelného hospodaření na zemědělské půdě.....	30
9.2	Kontrola plnění užití půdoochranných technologií.....	30
9.3	DZES 1: Dodržení ochranných pásů podél vodních toků.....	31
9.4	DZES 2: Povolení pro užívání zavlažovacích soustav	31
9.5	DZES 3: Ochrana podzemních vod proti znečištění	31
9.6	DZES 4: Minimální pokryv půdy	32
9.7	DZES 5: Minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze..	32
9.8	DZES 6: Zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť.....	33
9.9	DZES 7: Zachování krajinných prvků, ořez stromů a opatření proti invazivním druhům rostlin	34
10	DZES 5.....	35
11	Výsledky a diskuse.....	38
12	Závěr a přínos práce	42
13	Přehled literatury a použitých zdrojů	43
13.1	Odborné publikace	43
13.2	Legislativní zdroje	50
13.3	Internetové zdroje	51
13.4	Ostatní zdroje	53
14	Seznam obrázků	55

1 Úvod

Půda se řadí mezi neobnovitelné přírodní zdroje a její absence by znamenala konec žití. Přírozená obnova půdy je velice zdlouhavý proces, a proto její degradace je na vysokých hodnotách (Vopravil a kol. 2010). Očekávané klimatické změny se budou dotýkat určitých erozních faktorů a ovlivní tím intenzitu erozních procesů a následně i erozní ohroženost půd (Toman, 1994). Projevy degradace půdy se v posledních 30 letech značně zvýšily. Velký podíl na tom má eroze půdy, hlavně kvůli intenzifikaci zemědělství a změně preferencí pěstování některých plodin. V prostředí ČR půdu ohrožuje nejvíce eroze vodní a větrná (VÚMOP ©2019c).

V rámci potlačení erozní ohroženosti existují dotační nástroje, které pomáhají zemědělcům bojovat proti erozi. Konkrétně erozním procesům se pak věnuje dotační program DZES 5. Tento program je ovšem nastaven pouze na ochranu půdy před erozí vodní. S příchodem klimatických změn však nabývá na důležitosti řešení eroze větrné.

2 Cíl práce

Cílem práce je zjistit, jaký je celkový vývoj eroze v České republice a zda nejsou dopady větrné eroze na zemědělskou půdu podhodnocovány oproti dopadům eroze vodní. Následně pak připravit podklady využitelné například státní správou, které by jí v kontextu ochrany půdy a udržitelného hospodaření umožnily komplexně uchopit problematiku větrné eroze v ČR.

3 Metodika

Teoretická část práce je vypracována na základě rešerše internetových a literárních zdrojů. Data z odborných publikací byla získána v odborných databázích jako je například Google Scholar. Rešeršní část popisuje problematiku vodní a větrné eroze, stanovení erozních procesů, protierozních opatření na zemědělské půdě a Standardů DZES. Součástí je i přehled legislativních podkladů a srovnání podkladů a podmínek pro vodní a větrnou erozi.

Praktická část práce představuje návrh úpravy předpisu DZES 5 pro potřeby ochrany zemědělské půdy před větrnou erozí na základě poznatků zjištěných z rešeršní části práce. Dále pak obsahuje návrh nové hodnotící tabulky ohroženosti vodní a větrnou erozí na základě naměřených dat doplněný o grafický podklad.

4 Eroze půdy

Rostoucí populace a příjmy způsobují, že je stále obtížnější uspokojit světovou poptávku po zemědělských produktech. V této souvislosti má ochrana světové půdy a prevence půdní eroze vysokou prioritu (Wuepper a kol. 2019). Eroze půdy je jednou z nejzávažnějších hrozeb, kterým čelí světová produkce potravin. Každý rok se v důsledku eroze půdy ztratí přibližně 10 milionů hektarů orné půdy, čímž se sníží orná půda dostupná pro světovou produkci potravin. Celkově se půda ztrácí ze zemědělských oblastí 10 až 40krát rychleji, než je rychlost její tvorby (Pimentel a Burgess, 2013).

V České republice je erozí ohroženo až 47 % zemědělských půd, z toho je 18 % ohroženo extrémně. Nemalý procentuální podíl na tom má vodní eroze, které se přisuzuje výskyt až na 40 % zemědělských půd, větrná eroze je pak přítomna pouze na 7,5 % zemědělských půd (MŽP ©2023). Mezi nejohroženější oblasti zařadil Pasák (1984) Čechy a Moravu. Postižení větrnou erozí je pak vnímáno u 23 % výměry zemědělské půdy v Čechách a 40 % na Moravě. V roce 2019 už větrná eroze celkově ohrožovala 33 % zemědělských půd v České republice. To je zaznamenaný údaj, který se v následujících letech bude nadále zvyšovat (VÚMOP ©2020).

Ve znění zákona č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu dle § 3: „Je zakázáno b) způsobovat ohrožení zemědělské půdy erozí překračováním přípustné míry jejího erozního ohrožení stanovené prováděcím právním předpisem; přípustná míra erozního ohrožení se stanoví na základě průměrné dlouhodobé ztráty půdy vyjádřené v tunách na 1 ha za 1 rok v závislosti na hloubce půdy“.

5 Větrná eroze

5.1 Proces větrné eroze

Větrná eroze je přirozený proces, kdy dochází k mechanickému narušení půdního povrchu silou větru (tzv. abrazi), přičemž se uvolňují svrchní části půdy a dochází k jejich usazení na jiné místo (tzv. akumulaci) (Zobeck a Van Pelt, 2011). Nickling (2004) tento děj rozdělil na tři části, a to uvolnění půdních částic, jejich následný transport a depozici neboli uložení.

5.1.1 Pohyb půdních částic

Přenos jemných částic na kratší vzdálenosti rozdělujeme na sunutí (z anglického creep), suspenzi (z anglického suspension) a skoky (z anglického saltation). Dalším typem větrné neboli eolické eroze, jsou prašné bouře, při kterých dochází k volnému vznášení půdních částic ve vzduchu a jejich transportu na větší vzdálenosti (MZe ©2021a).

Z 50 až 70 % jsou půdní povrchy odnášeny skoky, suspenze tvoří 30 až 40 % transportu materiálu a nejmenší podíl, tedy 5 až 25 %, se klasifikuje jako sunutí po povrchu (Blanco-Canqui a Lal, 2008; Janeček, 2008).

Přesun materiálu sunutím je omezen jen na několik metrů, ve výjimečných situacích se transport materiálu tímto stylem dostane za hranici běžné vzdálenosti odnosu. Uložení částic půdy pak vznikají přesypy, čeřiny, barchany a duny.

Při přesunu materiálu skoky dochází k uvolnění půdních částic od povrchu půdy působením vztlaku větru a skokem se přesouvají do proudění vzduchu. Dopadem do okolního prostředí vytvoří částice tzv. lavinový efekt, kdy silou nárazu uvede do pohybu ostatní půdní částice. Vznesený materiál se může dostat do výšky až 120 cm, ale největší obsah půdních složek se nachází ve 30 cm nad zemí. Skokový přesun je možný až do 3 m, avšak jeho repetitivní proces se může dostat na několik stovek metrů. Tento typ odnosu povrchu ohrožuje klíčící rostliny a ponechává značné škody.

Suspenzní transport materiálu spočívá ve vznášení drobných půdních částic vertikálním směrem. Půdní materiál se může vyskytovat ve výšce až několik set metrů. V takové výši se dokáže přesunout na kolosální vzdálenosti (tisíce km) (Doležal a kol. 2017).

Větrná eroze neodnáší pouze půdní částice, ale i hnojiva, prostředky na ochranu rostlin, dále pak způsobuje obnažování kořínků a přesekávání jemných stonků mladých rostlin větrem vzatými zrnky zeminy. Odnoš půdy pak plní příkopy a špiní komunikace apod. (Dufková, 2004).

5.2 Příčina vzniku větrné eroze

Proces větrné eroze je přítomen v moment, kdy působení větru nabývá dostatečných hodnot k eliminování půdní rezistence. Tento proces ovlivňuje nejen působení rychlosti větru, ale i velikost srážek, drsnost povrchu, půdní textury a agregace, vlhkost půdy, zemědělské aktivity, vegetační kryt a přinejmenším velikost pozemku (Khel a kol. 2017). Jednou z typických příčin větrné eroze je pěstování jedné plodiny na rozlehlém pozemku bez půdoochranných technologií jako jsou uměle vysazované či přirozené větrolamy (MZe ©2021a).

5.3 Faktory větrné eroze

Intenzita větrné eroze je ovlivněna klimatickými, půdními, geologickými a vegetačními činiteli či geomorfologií nebo antropogenními faktory (Podhrázská a kol. 2013). Mezi klimatickými vlivy jsou stěžejní směr a rychlost větru (Dufková, 2004), dále pak teplota a vlhkost vzduchu. Zásadní je i půdní profil, tedy povaha horninového substrátu, půdní druh a typ, nebo drsnost půdního povrchu. Čím je povrch jemnější, tím jsou půdní částice náchylnější k odnošu větrem a půdní povrch snáze eroduje (Podhrázská a kol. 2013).

5.3.1 Půdní faktor

Mezi primární půdní faktory nesoucí vliv na přesun půdních částic za působení větru je zrnitostní a agregátová skladba půdy. Stěžejní je přitom rozměr půdních částic, naopak tvarové rozdíly mají jen minimální vliv (Huawei a kol. 2019).

Několik velikostně odlišných vzorků zeminy bylo vystaveno větrnému proudu v aerodynamickém tunelu, za účelem změření odnošu půdních částic. Výsledkem bylo zjištění odnošu několika částic určitých velikostí. Určena byla meze mezi erodovatelnými a neerodovatelnými půdními částicemi na 0,84 mm, tzv. kritické minimum. Částice o rozměrech 0,84 až 6,40 mm mají nevyšší odolnost vůči působení větru. Kultivací vytvořené kusy větší jak 6,40 mm vykazují vysokou rezistenci a míru

obranyschopnosti a jejich formování je silným nástrojem proti větrné erozi. Nejnáchylnějšími částicemi jsou zrna o velikosti 0,25-0,40 mm. Jako erozně rezistentní částice lze vyjádřit velikost menší jak 0,05 mm a větší než 1,00 mm, kdy byl zaznamenán minimální odnos větrem (Chepil, 1958).

Díky výzkumu na jižní a jihovýchodní Moravě zjistil Švehlík (1973), že jsou větrnou erozí ovlivněny i částice rozměrově větší. Stanovena byla tabulka erodovatelnosti jednotlivých typů půd, jmenovitě půdy lehké o velikosti částic 0,82 mm, váté písky 1,12 mm, střední půdy 1,51 mm a půdy těžké 2,00 mm. Avšak v některých případech dochází k odnosu zrn větších než 4,00 mm.

Spojením jemných tmelících materiálů, vlhkostí půdy, kultivací půdy a činností organismů se utváří druhotné agregáty, tzv. hrudy. Hrudovitá struktura vede k snížení působící rychlosti větru a snižuje jeho erozní kapacitu. Významný vliv na ustálení půdních částic má především voda, a to v přítomnosti organických i anorganických jemných látek s pojíci vlastnostmi. Obzvláště se jedná o jílnaté částice menší jak 0,01 mm, jež formují hrudy a povrchové kůry (škráloupy). Vysušená půda zahrnuje nízké množství druhotných agregátů rezistentních proti větrné erozi, kvůli kterým je tato půdní skladba ukazatelem erodovatelnosti půdy (Pasák, 1970).

5.3.2 Klimatický faktor

Eroze způsobuje ztrátu tisíců km² zemědělské půdy na Zemi, a to každým dalším rokem. Jeví se tak problémem celosvětovým. V posledních letech se k zvýšení erozní ohroženosti přidává změna klimatu, která působí na celkové využívání krajiny a půdy. Klima jako takové intenzivně působí na jižní Moravě a způsobuje větší výskyt větrné eroze, a to zejména v suchých regionech. Nepříznivé vlivy klimatické změny se zobrazí nejprve v těchto oblastech. Ohledy se musí brát na to, že větrná eroze v průběhu následujících let ohrozí i ty půdy, na kterých se s jejím výskytem z prvotních dojmů nepočítalo, přinejmenším ne v takové intenzitě (Dufková, 2004). Za působení možné klimatické změny se odhady pro zvětšení erozně ohrožené půdy ucelí nejméně na 10 % (Duniway a kol. 2019).

5.3.3 Lidský faktor

Velký vliv na snížení půdního profilu má lidský faktor. Člověk ovlivňuje umělé zavlažování půdy, rozhoduje o orientaci pozemku k převládajícímu směru větru, který

je pro větrnou erozi klíčový, nebo i o metodě obdělávání zeminy. Přes zimní období je půda náchylnější k poškození vlivem proudění vzduchu, když zůstává ponechána bez vegetačního pokryvu, nebo zbytků ze sklizně. Po vyklizení jarních vegetačních zbytků, při použití několikaletého bezorebného procesu, dochází k větší náchylnosti ztráty půdy vlivem větru, nežli při použití konvenčního typu obhospodařování pozemku za dobu několika let (Podhrázská a kol. 2022).

Negativními důsledky rozsáhlé intenzifikace zemědělství je stále se zvyšující eroze půdy, utužení půdy, pokles půdní organické hmoty vedoucí ke ztrátě přirozené půdní úrodnosti a kontaminace půdy pesticidy a těžkými kovy (Stoate a kol. 2001).

5.3.4 Vegetační faktor

Zohlednit je také třeba vegetační činitele, jako je například rostlinný povrch, který hraje svou roli při působení větru na zemní složku (Podhrázská a kol. 2013). Na zemědělsky zatěžovaných půdních blocích, dochází k ztrátě vegetačních pokryvů, a proto vzniká ideální stav pro zrod zrychlené eroze (Holý, M. 1994).

Dufková (2007) uvádí, že je možné větrnou erozi zaznamenávat po celý rok. Avšak v jarním období, při kterém těžký vítr odnáší suchou vrstvu půdy, která není kryta vegetací, páchá nejvíce škod. Zvýšený monitoring větrné eroze je možný i v podzimním období, kdy opět půdní povrch nechrání žádná vegetace. Přítomnost větrné eroze je převážně registrována na půdních blocích s nízkou mírou vegetace nebo dokonce i žádnou. 90 % větrné eroze se objeví na kultivované půdě.

Sázené plodiny kategorizujeme dle výše ochranné funkce na plodiny s nízkou ochrannou funkcí (NOF), kam řadíme kukuřici, brambory, řepu, bob, čirok, slunečnici a sóju. Do této skupiny se řadí i plochy půdy bez plodin a porostu. Další kategorií jsou plodiny se střední ochrannou funkcí (SOF), mezi které se řadí řepka a ostatní obiloviny vyjma kukuřice a čiroku, a poslední skupinou jsou plodiny s vysokou ochranou funkcí (VOF), jimiž jsou všechny ostatní plodiny (MZe ©2019).

5.4 Důsledky větrné eroze půdy

Důsledky působení větrné eroze jsou zřetelně obdobné jako u eroze vodní. Nejvýraznějším ukazatelem je odnos a snížení půdního profilu, a to úbytkem ornice. Zaznamenáno je i narušení fyzikálních i chemických vlastností půd, a dále pak zvýšená neúrodnost. Větrnou erozí se v menším měřítku můžou zanášet i vodní

toky (Vopravil a kol. 2013a). Dalším negativním faktorem větrné eroze je její prašnost, kdy způsobuje znečištění komunikací, příkopů a ovzduší. Při pěstování zemědělských plodin má větrná eroze největší vliv v jarním období, kterému předcházela suchá zima, protože pak dochází k poškozování mladých porostů. Vážnější jsou ale dopady větrné eroze na zdraví obyvatelstva. Při význačně dlouhém bezesrážkovém období může větrná eroze zapříčinit vyšší výskyt polétavého prachu v ovzduší. Se současně začínající nebo končící topnou sezonou může docházet i k překročení lokálních imisních limitů. Fyzické vlastnosti polétavých částic jim dovolují na sebe navázat mnohé další znečišťující látky s nebezpečným indexem zdravotní rizikovosti. Drobné půdní částice dokážou nést pozůstatky agrochemikálií, jež mohou nepozorovaně vdechnout živočichové a v neposlední řadě lidé. Je známo, že i dočasné obměny koncentrace vzneseného prachu mohou vést k zdravotním potížím v oblasti dýchacích cest, jako jsou zánětlivé plicní reakce a respirační symptomy. K ohrožení také může dojít u kardiovaskulárního systému. Pravidelné vystavování se prachu obohaceného o nebezpečné látky může vést k nárustu výskytu chorob dolních cest dýchacích, chronickým obstrukčním plicním onemocněním, redukcí plicních funkcí a v neposlední řadě k snížení předpokládané délky dožití, obzvláště vlivem kardiopulmonální mortality a pravděpodobně i rakovinou plic (MZe ©2021a).

5.5 Protierozní opatření organizačního charakteru

Tato kapitola rozebírá známá organizační opatření proti větrné erozi. Zmiňuje, jaký typ plodiny zvolit pro omezení větrné eroze, dále jak tvarem pozemku lze snížit působení větrné eroze, nebo jakým způsobem pásové střídání plodin zabraňuje odnosu půdního materiálu.

5.5.1 Tvar a velikost pozemku

Uspořádání pozemku je pilířem organizačního opatření ochrany půdy proti větrné erozi. Orientace pozemku by měla být delší stranou kolmo na směr převládajících větrů, při obdélníkovém tvaru pozemku (VÚMOP ©2019a). Janeček a kol. (2012) uvádí, že nástrojem pro zhotovení vhodné orientace pozemku jsou pozemkové úpravy, kdy pomocí scelování a dělení lze dosáhnout nových vhodných půdních celků. Avšak je nutno vnímat ostatní požadavky na ochranu a tvorbu krajiny, hlavně pak nároky vlastníků. Při absenci ochranného prvku

(ochranný lesní pás, alej, stromořadí apod.) je pak důrazně vnímána délka pozemku s písčitou skladbou půdy, ta nesmí přesáhnout 50 m ve směru převládajících větrů.

5.5.2 Výběr pěstovaných plodin a delimitace druhů pozemku

Jako nejvýznamnější protierozní opatření se ale jeví trvalé travní porosty (VÚMOP ©2019a). Za nejlepší protierozní ochranu považuje Janeček a kol. (2012) trvalé travní porosty, které svými vlastnostmi nejlépe ochraňují půdu před působením větrem, a to zejména zadržováním vlhkosti. U silně erozně ohrožených půd je tak nejlepším řešením vytvoření trvalého porostu. Při osevních postupech těchto půd je tedy vhodné zvolit víceleté pícniny či ozimé obilniny. Podstatnou ochrannou funkci mají i ozimé meziplodiny ve spojení s přímým výsevem následné plodiny do jejich strniště. Například plodiny jako kukuřice, slunečnice, okopaniny, zelenina nebo mák je důležité ochraňovat zejména v jejich počáteční růstové fázi. V tomto stádiu nejvíce podléhají na působení větru a jsou jím ohroženy.

5.5.3 Pásové střídání plodin

Fundamentálním postupem při ochraně před větrnou erozí je pásové střídání plodin. S nejvyšší mírou účinnosti jsou pásy plodin v pravém úhlu lokalizovány na směr převládajících větrů, za provádění veškerých agrotechnických činností ve stejném směru (VÚMOP ©2019a).

Janeček a kol. (2012) uvádí, že při pásovém střídání plodin na území vystaveném silné větrné erozi je žádoucí použití vazby pásů orné půdy a trvale zatravněných pásů. Na územích méně vystavených působení silných větrů lze pěstovat plodiny mírně odolné a odolné ve střídajících se pásech. Pás s plodinou schopnou rezistencí proti větrné erozi nebo strniště mají za následek oslabení působení větru na zemní povrch. Snižují tak odnos půdní složky nebo ho přímo eliminují a v místech polí nechráněných plodinami omezují výpar vody. Rozměrově se dané pásy projektují o šířce od 40 až 50 m do 100 až 200 m. Co se týče půd hlinitých, tam se mohou pásy rozšířit oproti půdám písčitým. Například u ochranného pásu kukuřice, který chrání ohrožené plodiny, je aktivní ochranná vzdálenost do 20-ti násobku výšky kulisy v závětrí a 10 násobku výšky kulisy v návětrí. V zimě pak taková šířka ochranného pásu kukuřice o výšce 2 m bude dosahovat cca 60 m.

5.6 Protierozní opatření agrotechnického charakteru

V kapitole jsou rozebrány tři typy agrotechnických opatření, zabývající se zlepšením vlhkostního režimu půd, úpravou struktury půd, nebo funkcí ochranného obdělávání půdy.

5.6.1 Zlepšení vlhkostního režimu

Důraz se klade na uchování vlhkosti v půdě, čímž se docílí půdní soudržnosti a odolnosti proti větru. Není vhodné provádět kultivační procesy u půd trpících na větrnou erozi v moment, kdy půdní vlhkost není dostačující k utváření druhotných agregátů, zdrsňujících povrch půdy. V případě kypření písčitých půd je takový postup velmi nevhodným řešením a jeho provádění je nutno přestat aplikovat (VÚMOP ©2019a).

5.6.2 Ochranné obdělávání půdy

U ochranné obdělávání půdy jsou postupy jako přímý výsev do ochranné plodiny nebo strniště, mulčování, využívání mezplodin a minimalizace pracovních postupů. Užitím těchto postupů se navyšuje drsnost povrchu půdy, nebo dochází k zmenšení přímého účinku větru na povrch půdy, zlepšení půdní struktury, zvýšení půdní vlhkosti a v neposlední řadě zkrácení mezporostního období. Právě užití technologií zkracujících bezporostní období je pro eliminaci větrné eroze stěžejní. Využíváním rostlinných zbytků předplodin a mezplodin lze dosáhnout podobného výsledku ochrany půdy jako při erozi vodní, a to přímým setím do nezpracované půdy. Ponechané strniště se podřízne širokými šípovými radlicemi, což zamezí prorůstání nežádoucích plevelů. Strniště má lepší ochrannou funkci proti větrné erozi než ponechaná sláma. Tu totiž samotný vítr odnáší a omezuje tím její účinek ochrany. Ke snížení doby bez porostního krytu pomáhá včasné zakládání porostu mezplodiny do mělce zpracovaných půd nebo strnišť (Janeček a kol. 2012).

5.6.3 Úprava struktury půdy

Úprava struktury půd pojednává o vylepšování fyzikálních a chemických vlastnostech lehkých zemin. Úprava postřikem vyžaduje zapojení tmelících prostředků, které pomohou půdním částicím vytvářet agregáty odolné vůči působení

větru. Zvolení této techniky však znamená větší finanční náročnost a opatření působí pouze dočasně.

Pěstováním jetelovin a trav, ponecháním posklizňových zbytků, zeleným hnojením nebo pravidelným hnojením organickými hnojivy lze docílit navýšení obsahu půdních agregátů. Jedná se hlavně o zvýšení přísunu organické hmoty do půdy (VÚMOP ©2019a).

5.7 Protierozní opatření technického charakteru

Protierozní opatření technického charakteru zabraňují působení sil větru na půdní povrch. Dělí se na dvě kategorie, umělé bariéry a větrolamy. Větrolamy se dále kategorizují na tři skupiny dle míry propustnosti větru skrz ochranný prvek.

5.7.1 Umělé bariéry

Podhrázská a kol. (2008) uvádí, že k souvislému omezení působnosti větru možno dojít např. pomocí vybudování umělé bariéry nebo ochranného lesního pásu neboli větrolamu.

Za umělou časově omezenou překážku je možno brát přenosné ploty z odpadových prken, odpadní hliníkové folie, rákos apod. Nejlépe funguje proti větrné síle síťové uspořádání zábran. V případě dočasné ochrany plodin před působením větru se používají právě tyto umělé bariéry. Za nejvýznamnější ochranu proti větrné erozi jsou pak považovány větrolamy (Janeček a kol. 2012).

5.7.2 Větrolamy

Větrolamy jsou linie vysokých a nízkých dřevin, jako jsou stromy a keře s protierozní a půdoochrannou funkcí, při orientaci s pravým uhlím na převládající směr větru. Vysokého vlivu větrolamy dosahují v regionech se značným výskytem větrné eroze, jsou to oblasti s minimálními proměnlivými srážkami, častým výskytem sucha, rapidními změnami teplot, vysokým vypařováním půdy a v neposlední řadě prudkým proměnlivým prouděním větru (Dufková a Toman, 2004). Účinky větrolamů na redukci proudění vzduchu určil Bird a kol. (1992) kolem třiceti až padesáti procent v suchém prostředí, ztráta půdy je pak snížena až o osmdesát procent.

Větrolam nabývá užitku v terénu svojí vnější a vnitřní strukturou, přičemž vnitřní struktura znamená množství a uspořádání větví, listů a kmenů stromů nebo keřů, vnější struktura je naopak dána šířkou, výškou, tvarem a orientací (Brandle a kol. 2004).

U větrolamů je pro společnost čím dál více stěžejní i ekologický význam. Zastupují odstraněnou roztroušenou zeleň v rámci utváření velkých půdních bloků, pozitivně působí na mikroklima okolí a tvoří krajinu z hlediska estetiky (VÚMOP ©2019a).

Podhrázká a Dufková (2005) popsaly tři typy větrolamů na základě jejich propustnosti a účinnosti. První větrolamy prodouvané, dále pak poloprodouvané a neprodouvané. Prodouvavé větrolamy se skládají z jedné až dvou řad stromů s absencí keřového patra mezi kmeny. Volný prostor mezi kmeny dává větru možnost vytvářet nevhodný triskový efekt. Kvůli nepřítomnosti keřového patra se k ochraně proti větrné erozi nehodí. Neprodouvané větrolamy mají více řad stromů a spodní část je doplněna o keřové patro. Hustá zástavba dřevin má za následek nepronikání větru skrz větrolam, větrolam je tedy uzavřen z obou stran. Na závětrné straně dochází k výraznému poklesu rychlosti větru, ale s narůstající vzdáleností se zvyšuje i rychlost působícího větru. Zcela nejvhodnější ochranu proti větru poskytují poloprodouvané větrolamy. Keřové patro umožňuje omezenou prostupnost větru a nevýrazné zapojení korunové vrstvy umožňuje větru snáze větrolam obtékat. Proudění obou směrů větrů se za větrolamem spojuje, ale ve výrazně delší vzdálenosti, než je tomu u větrolamu neprodouvavého (Litschmann a kol. 2007).

6 Stanovení odnosu půdy větrnou erozí

6.1 Přímé stanovení

Výzkumníci větrné eroze potřebují terénní vybavení a techniky pro zjištění prahových rychlostí větru a množství a vertikální distribuce erodovaných půdních částic. Pro detekci pohybujících se půdních částic a eroze pole byly vyvinuty senzory a vzorkovače půdy pro měření povrchového toku a částic přenášených vzduchem (Fryrear a kol. 1991).

Vertikální štěrbinový vzorkovač, který navrhl Bagnold (1941), byl prvním přístrojem pro sběr erodovaného písku v terénu, avšak nepřizpůsoboval se změnám směru větru. Bagnoldův vzorkovač upravil Chepil (1957) tak, aby se otáčel, ale upravený vzorkovač nebyl vhodný pro vysoce erodovatelné půdy. Ventilované vertikální vzorkovače (Fryberger a kol. 1979; Merva a Peterson, 1983) se všechny otáčely proti větru, ale měly kovový okraj, který se pohyboval po povrchu půdy. Fryrear (1986) si uvědomil problémy s kovovou hranou klouzající po erodujícím povrchu půdy a vyvinul vzorkovač pro odběr polétavého materiálu nad povrchem půdy. Tento vzorkovač se nazývá vzorkovač větrné eroze BSNE. BSNE se nedotýká půdního povrchu a byl prvním z řady vzorkovačů pro větrnou erozi, který umožňoval přesný odběr vzorků erodovaného materiálu. Vzorkovače BSNE poskytly první rozsáhlé terénní údaje o rozložení polétavého materiálu od výšky 0,05 m do výšky 6 m napříč erodovanými poli, ale BSNE neměří povrchové plazivé nebo solné proudění pod 0,05 m.

Stout a Fryrear (1989) vyvinuli vzorkovač pro povrchové sunutí a skokové procesy (saltaci), jenž odebírá erodovaný materiál z povrchu půdy do výšky 0,2 m. Stoutův vzorkovač je mimořádně přesný a jeho rotující část se nedotýká povrchu půdy. Vzorkovač je robustní a úspěšně pracuje na extrémně erodovatelných půdách. Kombinace vzorkovače BSNE a Stoutova vzorkovače umožňuje měřit erozní tok z povrchu půdy do výšky nejméně 6 m. Pomocí senzoru, který vyvinuli Gillette a Stockton (1986), je možné určit přesný okamžik začátku odnosu půdy. Kromě počtu částic lze také vypočítat kinetickou energii částic přenášených větrem. Tento snímač, nazývaný SENSIT, umožňuje výzkumnému technikovi také přesně určit dobu trvání větrné eroze a ve spojení se snímači směru větru i směr erodovaného materiálu. Mění se erodovatelnost půdy, zbytky plodin nebo drsnost povrchu ovlivní statické

i dynamické prahové rychlosti. SENSIT je prvním polním přístrojem, který je schopen tyto důležité informace poskytnout.

Vzorkovače BSNE a MWAC se zdají být nejoblíbenějšími vzorkovači sedimentů pro terénní studie skoků půdních agregátů (Fryrear, 1986). Při podrobných testech pěti eolických pískových pastí Goossens a kol. (2000) zjistili, že ačkoli oba vzorkovače mají podobnou účinnost vzorkování, účinnost vzorkovače MWAC je méně ovlivněna rychlostí okolního větru.

Meteorologická stanice by měla obsahovat anemometr a větrnou lopatku, čidla teploty vzduchu, slunečního záření a relativní vlhkosti, srážkoměr, čidlo teploty a vlhkosti půdy a záznamník dat. Tyto přístroje se doporučují pro poskytování údajů používaných v modelech eroze. Přesné a spolehlivé metody měření větrem navátých sedimentů jsou potřebné k zlepšení modelů eroze, posouzení intenzity eolických procesů a souvisejícího poškození. Typy vzorkovačů používaných pro odběr vzorků eolického sedimentu se budou lišit v závislosti na typu měřeného sedimentu. Vzorkovače Big Spring Number Eight (BSNE) a Modified Wilson and Cooke (MWAC) se zdají být nejpobulárnější pro terénní studie saltace. Tok suspenze může být měřen komerčně dostupnými přístroji poté, co jsou provedeny úpravy pro zajištění izokinetických podmínek při vysokých rychlostech větru. Meteorologická měření by měla zahrnovat rychlost a směr větru, teplotu vzduchu, sluneční záření, relativní vlhkost, množství srážek, teplotu a vlhkost půdy. Měření větrné eroze v terénním měřítku lze provádět mnoha způsoby s využitím různých typů vzorkovačů, velikostí polí, uspořádání experimentů a analytických technik. Použité metody a přístrojové vybavení jsou často otázkou preferencí nebo jednoduše vycházejí z dostupnosti vybavení a rozpočtu (Zobeck a kol. 2003).

6.2 Nepřímé stanovení

S rozvojem výpočetní techniky a geografických informačních systémů dochází k vývoji matematických modelů větrné eroze. Pro odhad erozního zatížení území existuje v současnosti velké množství postupů. Jejich vývoj a přínos v praxi je rozepsán v následujících podkapitolách. Některé modely využívají odlišná vstupní data, jiné se zase opírají o známé postupy a doplňují chybějící faktory větrné eroze, které jiný model nezahrnoval.

6.2.1 WEQ

WEQ (Wind Erosion Equation) předpovídá průměrnou větrnou erozi podél liniového transektu přes široký, nezastíněný, izolovaný, holý, hladký, nezpevněný povrch v hmotnosti na jednotku plochy za rok. (Woodruff a Siddoway, 1965; Fryrear a kol. 1999). V modelu WEQ se při předpovědi potenciální roční větrné eroze z pole berou v úvahu různé faktory jako erozivita půdy, klimatický faktor, délka pole, vegetační faktor a faktor drsnosti půdního povrchu (Woodruff a Siddoway, 1965).

6.2.2 EPIC

Zdokonalení modelu WEQ vedlo ke vzniku modelu EPIC, původně nazvaného Erosion Productivity Impact Calculator, který byl navržen ke stanovení vztahu mezi erozí půdy a produktivitou půdy v USA. Model EPIC je empirický počítačový model, který zahrnuje předpověď míry ztráty půdy větrem a vodou na denní bázi v reakci na rozhodnutí o hospodaření. Model je také schopen podrobněji posoudit vztah mezi erozí půdy a její produktivitou (Williams a kol. 1984). Množství ztrát půdy způsobených větrnou a vodní erozí je možné simulovat pomocí modelu EPIC, avšak tento model se pro odhady větrné eroze příliš nepoužívá, protože chybí jeho testování v terénu (Potter a kol. 1998).

6.2.3 WEPS

Model WEPS (Wind Erosion Prediction Systém) funguje na bázi denní simulace počasí a hodinové simulace rychlosti větru. Model WEPS disponuje pěti dalšími submodely simulujícími růst plodin, hydrologii, stav půdy a hospodaření. Erozní model monitoruje rychlost větru působící na zemní povrch a zaznamenává moment, kdy třecí síla větru překročí prahovou hodnotu, při které je půdní materiál náchylný k odnosu a následně modeluje ztrátu půdy v rámci jedné hodiny (Hagen a kol. 1999).

Během eroze WEPS simuluje různé procesy větrné eroze, jako jsou skoky, sunutí, suspenze a emise PM10, a to odděleně v závislosti na rychlosti a směru větru, geometrii pole a povrchových podmínkách, což umožňuje užitečné posouzení dopadů větrné eroze na lokalitu a mimo ni (Hagen, 2004; Feng a Sharratt, 2007). Výpočty WEPS se provádějí denně a uživatelé mohou určit intervaly výstupů od jednotlivých událostí až po několik let. Současným omezením systému WEPS je jeho

nepřizpůsobivost zvlněnému terénu. WEPS vyžaduje podrobné vstupní údaje o počasí ve studované oblasti, podmínkách půdního povrchu, vegetaci a hospodaření, které nemusí být snadné získat ani pro malou oblast (Tatarko a kol. 2019). WEPS je považován za jedinečný model větrné eroze díky tomu, že určuje náchylnost povrchu půdy k větrné erozi na základě podrobnějších informací na denní a hodinové bázi, zatímco jiné modely, nejsou schopny určit stav povrchu (Wagner, 2013). Sharratt a kol. (2015) určili, že WEPS s jistotou lze použít k odhadu větrné eroze pro minulé i budoucí klimatické podmínky.

6.2.4 WEELS

WEELS (Wind Erosion on European Light Soils) je dobrým příkladem integrovaného modelu a je prvním procesně orientovaným hodnocením pro evropské půdy. V projektu WEELS bylo hlavním cílem posoudit rizika prostorového rozložení větrné eroze prostřednictvím vývoje prostorově distribuovaného modelu větrné eroze, který může pracovat s různými časovými měřítky od hodin po desetiletí a také zohlednit různé způsoby řízení, jako je období střídání plodin a klimatické scénáře. Struktura modelu WEELS obsahuje kombinaci různých algoritmů a přístupů se vstupy z topografických a klimatologických dat. Tento model se skládá ze dvou různých skupin modulů. První skupina obsahuje moduly Wind, Wind Erosivity a Soil Moisture, které zohledňují časové změny klimatické erozivity. Druhá skupina obsahuje modely Soil Erodibility, Surface Roughness, a Land Use pro časové proměnné půdy a plodin, jenž zohledňují erodibilitu (Böhner a kol. 2003). Model WEELS umožňuje nahlédnout do obecných změn erozního ohrožení v jednotlivých měsících, na základě čehož lze odhadnout škody způsobené větrnou erozí a formulovat určitá opatření pro ochranu přírody v jednotlivých regionech (Goossens a Riksen, 2004). Model WEELS je omezen na horizontální rychlost transportu sedimentů v procesu skoků. Kromě toho tento model nevyhodnocuje rychlost transportu sedimentu ve formě suspenze, a proto nemohou být vypočteny čisté ztráty půdy (Böhner a kol. 2003).

6.2.5 SWEEP

SWEEP (The Single-event Wind Erosion Evalaution Program) je model události, který využívá stejný erozní submodel a počítačový kód jako v systému WEPS. Kromě erozního submodelu WEPS má SWEEP grafické uživatelské rozhraní

(GUI) umožňující snadnější přístup ke vstupům a výstupům. Toto rozhraní funguje nezávisle na modelu WEPS (Tatarko a kol. 2019). Vstupní parametry SWEEP jsou seskupeny na základě parametrů pole (délka, šířka, orientace a případné bariéry), rostlinného materiálu (plošná mrtvá biomasa, výška biomasy a index plochy listů a stonků), půdních vrstev (distribuce velikosti částic a kameniva, objem hornin a ustota kameniva a stabilita), půdního povrchu (pokryv kůry a sypkého materiálu, stabilita kůry, hřebenová a náhodná drsnost a povrchová půdní a parametry větru (rychlost a směr) s průměrnou hodnotou v intervalech od 5 do 60 min (Feng a Sharratt, 2009; Tatarko a kol. 2016). SWEEP simuluje všechny stejné erozní procesy jako WEPS pro jeden den uživatelem zadanými povrchovými podmínkami a v případě potřeby poskytuje výsledky po hodinách (Tatarko a kol. 2016). Feng a Sharratt (2009) testovali erozní modely WEPS a SWEEP pro velmi malé bouřky a zjistili, že model podhodnocuje erozi nadhodnocením prahové rychlosti tření.

6.2.6 TEAM

TEAM (Texas Tech Erosion Analysis Model) dokáže simulovat rychlost oddělování půdy a maximální transport i zatížení životního prostředí prachem a poskytuje protokoly pro navrhování opatření proti větrné erozi (Gregory a kol. 2004). Model TEAM se skládá ze dvou hlavních funkcí popisujících mechanismus větrné eroze a vzniku prachu. První funkcí je složka maximálního přenosu, která je velmi citlivá na rychlost větru, vegetační pokryv, povrchové zbytky, pokrytí půdy agregáty, distribuci velikostí půdních částic a vlhkost půdy. Druhou funkcí je faktor délky, který se pohybuje v rozmezí 0 až 1. Pohyb půdních částic na povrchu půdy se tedy hodnotí od velkých agregátů až po ztrátu jednozrnných písků (Singh a kol. 1997). Dva hlavní faktory, délka pole a abraze půdních agregátů, mají vliv na tvorbu prachu a znečištění ovzduší v životním prostředí, proto lze v modelu použít integraci těchto dvou funkcí pro výpočet rychlosti pohybu půdy (Singh a kol. 1997; Gregory a kol. 2004). Následně se celková ztráta půdy vypočítá vynásobením nejvyšší rychlosti transportu koeficientem délky. TEAM je model, který zahrnuje různé faktory jako je relativní vlhkost, faktor nárazů větru a faktor dynamické délky. Vzhledem ke všem těmto faktorům se TEAM poměrně snadno používá a rychle vypočítává pohyb půdy (Gregory a kol. 2004). Na druhou stranu TEAM postrádá schopnost upravovat erodovatelnost půdy v závislosti na srážkách a cyklech zvlhčování a vysychání, což je jeho slabinou (Singh a kol. 1997).

6.2.7 RWEQ

Pro měření větrné eroze byla vyvinuta verze revidované rovnice větrné eroze neboli RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) (ESDAC ©2024). Model RWEQ je založen na modelu WEQ a obsahuje jak empirické, tak procesní složky se schopností popisovat fyzikální procesy větrné eroze kombinací terénních datových souborů s počítačovým modelem pro předpověď. Tento model tedy není zcela fyzikálně založeným modelem (Fryrear a kol. 1999; Blanco-Canqui a Lal, 2008).

RWEQ spojuje empirické a procesní modelování určené pro predikci ztráty půdy na zemědělských polích (Fryrear a kol. 2000). V daném časovém úseku rovnice určuje kvantum erodované a přenesené půdy větrem ve dvou metrech výšky (Fryrear a kol. 1999). Stěžejním faktorem rovnice je vítr. Model predikuje kvantum erodované půdy, ale jen do množství, které je schopen vítr přenášet. Rovnice nezohledňuje typ zeminy. Ztráta půdy neboli SL (soil loss) pro konkrétní pole se vypočítává včetně trendu úbytku půdy a toků sedimentů v poli po větru (Fryrear a kol. 2000).

RWEQ zahrnuje faktor počasí (WF), faktor půdní krusty (SCF), faktor erodovatelnosti zemin (EF), drsnost (K) a vegetaci/zbytky plodin na zemi (COG), velikost a orientaci pole a rychlost větru, která závisí na sklonu a výšce kopců. (Youssef a kol. 2012). Počasí, půda, vegetace a drsnost jsou hlavními faktory modelu WEQ i RWEQ. Manipulací s jedním parametrem ve vztahu ke každému z ostatních faktorů lze určit dopady každého jednotlivého parametru na míru ztráty půdy. To následně umožňuje uživatelům zjistit, který parametr primárně ovlivňuje ztrátu půdy, což lze uplatnit při rozhodování o managementu pro kontrolu eroze (Fryrear a kol. 1999; Tatarko a kol. 2013).

6.2.8 ILSWE

K posouzení náchylnosti půdy větrnou erozí byla vytvořena metoda ILSWE (Index of Land Susceptibility to Wind Erosion), která porovnává čtyři faktory ovlivňující erozi půdy (Borrelli a kol. 2014). Prvním faktorem je klimatická erozivita (WF_m), jež je ovlivňována rychlostí větru, srážkami, teplotou nebo například vlastnostmi půdy. Udává se jako kubická míra ročních průměrů rychlostí větrů (ms^{-1}) a poměr potencionálního výparu ke srážkám (Skidmore, 1986; Fryrear a kol. 2000). Druhým faktorem je větrem erodovatelná frakce půdy (EF), jež vyjadřuje vztah mezi ztrátou půdy větrem a vlastnostmi půdního povrchu (Chepil a Woodruff, 1954).

Prosévání půdy a experimenty v aerodynamickém tunelu prokázaly, že kamenivo o průměru větším než 0,84 mm bylo v terénním pozorování neerodovatelné (Woodruff a Siddoway, 1965; Fryrear a kol. 2000).

Existence vegetačního povrchu (VC_m) na půdě rozptyluje intenzitu větru. Fryrear (1985) udává, že 40% pokrytí půdy lze považovat za dostatečné k ochraně náchylné půdní oblasti. Posledním vlivem v modelu ILSWE je drsnost krajiny (LR). Různorodost krajiny napomáhá k snížení větrné eroze. V zásadě se jedná o dominantní vegetaci a zastavěné plochy v krajině (Funk a Reuter, 2006).

Tyto zmíněné čtyři parametry slučuje metoda $ILSWE_m$, která vyjadřuje měsíční index náchylnosti půdy k hodnotám větrné eroze. Tato rovnice je agregována v ročním ILSWE. Unikátní schopnost rovnice RWEQ spočívá v predikci eroze buďto v rámci jednoho dne nebo po celoroční období (Fryrear a kol. 2001), zatímco metoda ILSWE vyhodnocuje potenciální ztrátu za měsíční až roční období.

6.2.9 Stanovení potenciální větrné eroze

Erodovatelnost je možno určit jako skutečnou (aktuální), nebo potenciální, avšak při použití rovnice pro výpočet skutečné erodovatelnosti je nutno k výpočtu užití hodnot naměřených přímo v terénu a výpočet se tak vztahuje pouze k danému časovému intervalu. K návrhovým a projekčním činnostem v rámci ochrany před působením větrné eroze je používáno stanovení potenciální erodovatelnosti půdy větrem, která se k vybranému území váže svými specifickými podmínkami.

K vytyčení potenciální větrné eroze půdy lze dosáhnout pomocí vztahu, ve kterém je erodovatelnosti půd podřízená obsahu jílovitých částic.

Do rovnice se promítají tyto faktory:

E je erodovatelnosti půdy větrem ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$),

M obsah jílnatých částic v půdě (%).

Rovnice byla odvozena z experimentů provedených v aerodynamickém tunelu z hodnot odnosu půdy v $g \cdot m^{-2}$ za dobu 15 minut při rychlosti větru $15 m \cdot s^{-1}$. Ve vztahu pro určení potenciální větrné eroze byla zahrnuta předpokládaná situace, kdy erozi způsobují větry, které se objevují čtyři dny v roce (rozděleno na dva jarní dny a dva dny podzimní, v tyto dny je půda náchylnější, jelikož jí chybí ochranný prvek v podobě vegetace). Lze kombinovat hodnoty přípustné ztráty půdy, které slouží pro hodnocení

ohroženosti vodní erozí, za cílem stanovení přípustného odnosu půdy větrem. Rovnici je možné využít k výpočtu intenzity větrné eroze na půdách s nízkým obsahem jílnatých částic, tzv. lehkých půdách. V současné době není znám typ výpočtu intenzity větrné eroze na půdách těžkých, kdy půdní složka obsahuje vysoký obsah jílnatých částic. Současné užívané výpočetní metody pracují s předpokladem, že se větrná eroze na těžkých půdách nevyskytuje (Janeček a kol. 2012).

6.2.10 Stanovení náchylnosti těžkých půd k větrné erozi

Sestavení rovnice proběhlo za podmínek laboratorních experimentů, které se zabývaly mechanismem rozpadu půdních agregátů působením nízkých teplot, terénními měřeními teploty, vlhkosti půdy a teploty vzduchu.

Faktory promítnuté do rovnice jsou:

NEF_K výsledný obsah neerodovatelné frakce větší než 2 mm po vystavení několika cyklům procesu FT/FD (%),

NEF_P počáteční obsah neerodovatelné frakce větší než 2 mm před působením procesu FT/FD (%),

FT počet cyklů procesu zmrznutí – rozmrznutí půdy,

FD počet cyklů procesu vysušení půdy mrazem,

V vlhkost půdy v době zmrznutí (% obj.),

M obsah jílnatých částic v půdě (%).

Rovnice není schopna přesně stanovit konkrétní množství oderodované půdy, na základě vypočítaného obsahu neerodovatelné frakce půdy a předpokladu 40% hranice erodovatelnosti. Avšak hrubým odhadem může určit, zda těžká půda, která byla několikrát vystavena procesu přemrznutí, bude mít v jarním období tendenci k odnosu větrem nebo ne (Janeček a kol. 2012).

6.2.11 GIS-RWEQ

V původní verzi RWEQ (Fryrear a kol. 2000) je simulační oblastí modelu specifické pole s danou velikostí, tvarem, orientací, klimatem a dynamikou vegetačního pokryvu. Vstupní data potřebná ke spuštění modelu jsou obecně přímo naměřená data.

GIS-RWEG vychází z prostorově distribuovaného přístupu založeného na mřížkové struktuře, který běží ve skriptech R a Python. Modelové schéma je navrženo tak, aby popisovalo denní potenciál ztráty půdy ve velkém měřítku. Simulační oblast modelu GIS-RWEQ byla reprezentována mřížkovou buňkou (cca 1×1 km, MODIS cca 250 m buňkou o velikosti buňky). Potenciál ztráty půdy byl vypočítán na denní bázi pro každou simulovanou podoblast za celé období od ledna 2001 do prosince 2010 kombinací půdních vlastností a denních údajů o srážkách, rychlosti větru, evapotranspiraci, vlhkosti půdy a pokryvu korun plodin. Schéma GIS-RWEQ je však schopno provádět komplexnější transformaci GIS než předchozí rozsáhlé aplikace RWEQ, což z něj činí dynamičtější nástroj (Borrelli a kol. 2016).

7 Vodní eroze

Vodní eroze je přirozený proces, který vzniká rozrušováním půdního povrchu pomocí dešťových kapek a povrchovým odtokem, jenž má za následek odnos půdního materiálu (Vopravil a kol. 2013b). Lze rozlišit erozi dva typy, a to erozi normální a zrychlenou. Při normální erozi je půdní plocha tvarována naturálně a eroze jako taková je součástí přirozeného procesu tvoření krajiny, který z pohledu lidské generace nelze zaznamenat. U zrychlené eroze je přítomen zásah lidské činnosti a odnos půdního povrchu se stává neudržitelným. Pro takovýto typ eroze je více než nutné půdní bloky chránit (VÚMOP ©2019b). Na českém území je vodní eroze významná na obzvláště sklonitých pozemcích, kde je výrazně nutná protierozní ochrana (MZe ©2021c). Avšak eroznímu působení jsou také vystaveny půdní bloky s mírným sklonem, které ve spojení s nepřerušením délky svahu nevyhovují pro pěstování erozně ohrožených plodin (VÚMOP ©2019b). Zvýšení zemědělské výroby mělo za následek zvětšování půdních bloků, a to výrazně napomáhá k většímu výskytu vodní eroze. Takovéto scelování pozemků polím vzalo přirozenou obranyschopnost. Krajina bez polních cest, mezí, zatravněných údolnic, rozptýlené zeleně apod. ztrácí erozní ochranu. Kromě sklonitosti pozemku k hlavním příčinám vodní eroze patří také délka pozemku po spádnici, vegetační pokryv a četnost přivalových dešťů (MZe ©2021c). Dále pak Vopravil a kol. (2013a) uvádí vlastnosti půdy a její náchylnost k erozi a přítomnost protierozních opatření jako největší vliv. Vodní eroze působí škody nejen na půdním profilu (degradace půdy, zmenšení mocnosti půdního profilu, ztráta ornice, atd.), ale omezuje průtočnou kapacitu toků, zakaluje povrchové vody, zanáší vodní toky a akumulární nádrže a ohrožuje vodní organismy.

7.1 Protierozní opatření organického charakteru

7.1.1 Optimální tvar a velikost půdního bloku

Obdobně jako u eroze větrné je základním prvkem ochrany pozemku před vodní erozí jeho uspořádání nebo situování. Principem je pak natočení pozemku ve směru vrstevnic a výsledkem je podněcování zemědělců k obdělávání půdy po vrstevnici a zkracování délky po spádnici. Při situování pozemku je třeba dbát na celkovou délku odtokových linií, které nesmí překročit maximální přípustnou délku, neboli odtok vedený skrz více než jeden pozemek nesmí překonat danou maximální

délku. Tuto maximální délku je možno stanovit výpočtem např. dle Univerzální rovnice ztráty půdy (VÚMOP ©2019d).

7.1.2 Vhodné umístění pěstovaných plodin a ochranného zatravnění

Pěstované plodiny, výhradně ty erozně nebezpečné, by se měly zakládat na erozně neohrožených nebo jen mírně ohrožených půdních blocích. Zatravnění silně erozně ohrožený ploch a jejich pravidelné kosení je zřetelně doporučováno. Ochranné travní porosty snižují povrchový odtok a pomáhají půdě lépe vsakovat vodu (Novotný a kol. 2014). Vhodné umístění pěstovaných plodin s nedostatečnou ochrannou funkcí proti ztrátě půdy je v rámci pozemků s minimálním sklonem nebo nejlépe žádným. Při půdě se středně velkým erozním ohrožením je nutné chybějící ochranný prvek širokořádkových plodin doplnit střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých pícnin, ale v rámci pěstování obilnin lze využít celý pozemek (Janeček a kol. 2012).

7.1.3 Pásové střídání plodin

Principem pásového střídání plodin je pěstování pásů silně erozně ohrožených plodin s pásy jiné plodiny, jež má větší erozní rezistenci v různých šířkách. Tyto pásy se zakládají ve směru vrstevnic s maximální doporučenou odchylkou do 30 stupňů. Tímto opatřením je možno dosáhnout až 100% účinnosti ochrany pro daný pozemek (MZe ©2011).

Opatření jako zasakovací pásy, osetí souvratí a přerušovací pásy jsou vedeny v hodnotících kritérií v rámci plnění standardu DZES 5 (VÚMOP ©2019d). Délka svahu, propustnost půdy, náchylnost půdy k erozi a šířka záběru strojů, to vše se pojí k navrhované šířce pásu. Dle pravidel se šíře pásu pohybuje okolo 20 až 40 metrů (dle sklonu pozemku). Celkové množství pásů se podřizuje délce svahu, kterou lze omezit vybranými technickými opatřeními. U vrstevnicových pásů platí, že pěstovaná plodina se nachází ve stejně širokém pásu a ochranný pás např. z jetelovin je umístěn mezi plodiny při nepravidelné šíři, odvíjecí se na proměnlivý sklon terénu (Janeček a kol. 2012).

7.2 Protierozní opatření agrotechnického charakteru

7.2.1 Setí nebo sázení po vrstevnici

Zvolením orby po vrstevnici za použití otočných pluhů lze dosáhnout značné ochrany před erozí. Podobný výsledek bude mít orba s mírným odklonem od vrstevnice, avšak tento sklon musí být do 30 stupňů (VÚMOP ©2019d). Půdu lze dále chránit dalšími agrotechnickými operacemi využívající tento způsob např. setí/sázení, ostatní kultivace a sklizňové práce. U vrstevnicového obdělávání je přítomna podmíněnost možností využití mechanizačních prostředků při práci na svahu (Vopravil a kol. 2013a).

7.2.2 Ochranné obdělávání

Principem ochranného obdělávání je ponechání mulče, tedy zachování posklizňových zbytků po předplodinách, a nezasahování do půdního profilu. Přílišným provzdušňováním půda přichází o humus, a tím se degradují její fyzikální vlastnosti. Ochranný stupeň je dán celkovým množstvím mulče rozprostřeným na půdě a v jeho výšce. Do tohoto ochranného vlivu zasahuje také počet pojezdů mechanizace, hloubka a způsob rozrušení půdního profilu, který při navyšujících se hodnotách má negativní vliv (Vopravil a kol. 2013a).

Dalšími možnostmi ochranného obdělávání jsou bezorebné setí, setí/sázení do mulče meziplodiny či předplodiny, setí do mělké podmítky a posledním postupem je setí hlavní plodiny s podplodinou v meziřadí. V případě plnění podmínek DZES 5 musí být u silně erozně ohrožených půd při zakládání porostu pokryvnost povrchu půd rostlinnými zbytky 30%. U mírně erozně ohrožených půd se míra pokryvnosti liší od 10 %, tedy zakryto musí být minimálně 20 % povrchu a do 30. června a po 1. červenci musí být vizuálně zřetelné, že se metoda při zakládání porostu využila (VÚMOP ©2019d).

7.2.3 Setí kukuřice do úzkého řádku

Setím kukuřice do úzkého řádku se poskytuje půdě větší ochrana proti erozi. Vhodný rozměr řádku je pak 37,5 cm. Tohoto rozměru se docílí pomocí zúžení rozteči řádku, díky které dojde k plošně rovnoměrnějšímu zapojení porostu. Zrna jsou tak seta

v trojúhelníkovém sponu při četnosti až 90 tisíc kusů na 1 ha. Jedná se novější technologii, kterou lze využít při technologii setí do mulče (Vopravil a kol. 2013).

7.2.4 Hrázkování a důlkování

Hrázkování se využívá při polích, kde se pěstují brambory. Specifikum této technologie je pak vytvoření ochranných hrázek v meziřadí hrůbků. Hrázkovačem se vytváří hráčky s totožnou vzdáleností mezi hrůbky, to utvoří mnohý počet rozměrově menších akumulacních příkopů. Takový příkop pak chrání od vytvoření soustředěného povrchového odtoku a zlepšuje zasakovací schopnost pozemku (Novotný a kol. 2014). Technologii důlkování lze také využít při pěstování brambor, avšak místo hrázek se v zemi tvoří důlky. Tyto důlky jsou od sebe vzdáleny v měřítku 30 – 40 cm. Vytvořením četného množství důlku lze zamezit povrchovému odtoku v meziřadí, totiž pomocí důlku se výrazně zvedne zasakovací schopnost půdy. Na jeden důlek připadají 2 litry vody, při 1 ha je možné mít až 28 000 důlku, v celku by tedy mohl počet zadržené vody dosahovat $53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (VÚMOP ©2019d).

7.2.5 Plečkování, dlátování, podrývání

Plečkování je proces kultivace mezi řádky během vegetačního období u kultur s širokým řádkováním. Jedná se o odplevelovací mechanický proces, u kterého se omezuje využití herbicidů. Nakypření půdy v meziřadí vytváří půdoochranný efekt znemožňující rychlý povrchový odtok, čímž eliminuje vodní erozi (Vopravil a kol. 2013a).

Hlubkové kypření neboli dlátování je obzvláště účinné u pěstování cukrové řepy. S pomocí pasivních dlát se provádí kultivace mezi řádky rostlin. Výsledkem je lepší zasakování povrchového odtoku, než je tomu u plečkování (VÚMOP ©2019d).

Podrývání je technika, která omezuje dopady vodní eroze a může také snížit míru zhutnění půdy. Jedná se v podstatě o velmi hluboké kypření půdy, minimálně do hloubky 35 cm. Hloubka podrývání by měla být nastavena tak, aby byla minimálně alespoň 5 – 10 cm větší než je hloubka orby. Tímto způsobem se zajistí efektivní prokypření půdy a zároveň se minimalizuje riziko poškození struktury půdy (Novotný a kol. 2014).

7.3 Protierozní opatření technického charakteru

Základním principem technických protierozních opatření je přerušení délky pozemku po spádnicí a bezpečné odvedení soustředěného povrchového odtoku. Tohoto lze dosáhnout vybudováním příkopů, průlehů nebo využitím údolnice. Dále technické opatření jako hrázky, sedimentační, retenční a suché nádrže umožňují zachycení povrchového odtoku a splaveniny, nebo jeho zdržení či neškodné odvedení. K omezení vodní eroze se také využívá změna sklonu pozemku vytvořením terasování, terénními urovnávky nebo využitím historické meze. Mezi další technická opatření patří vsakovací a sedimentační pásy, zatravněné údolnice, polní cesty s protierozní funkcí, protierozní meze a zatravněné dráhy soustředěného odtoku. K využití technických protierozních opatření se dochází až v posledním případě, jejich technická stránka je totiž složitější a realizace finančně nákladná (Vopravil a kol. 2013a).

8 Kontrola podmíněnosti

Kontrola podmíněnosti je dodržování standardů zachování půdy v Dobrém zemědělském a environmentálním stavu (DZES) a plněním obligatorních nároků na hospodaření v rámci DZES. K snížení nebo přerušení vyplacení podpor může dojít, pokud se žadatel dopustí nedodržení těchto nároků, a to v libovolnou dobu téhož roku. Dodržování těchto povinností je ověřováno prostřednictvím kontrolovaných kritérií. Každá země v EU určuje podobu a způsob kontroly v souladu s vlastními národními potřebami v souladu s předepsaným legislativním rámcem.

Kontrola podmíněnosti je prováděna vícero způsoby. Prvním typem kontroly je evidence dílu půdního bloku v LPIS s podkladem ortofotografických snímků. Dále se pak dosahuje kontroly za pomoci dálkového průzkumu země (DPZ), anebo fyzickou kontrolou na místě (FKNM) či administrativní kontrolou. Kontrola dálkového průzkumu země je prováděna prozkoumáváním časové řady aktuálních družicových snímků z konkrétního roku. K DPZ může být přidružena rychlá polní návštěva (RFV), kdy je díl půdního bloku (DPB) zkoumán v terénu. Během administrativní kontroly se zkoumají údaje ohledně konkrétní podpory (např. informace z LPIS), zatímco při fyzické kontrole na místě (FKNM) je vždy realizováno terénní šetření (MZe ©2021b).

9 Standardy DZES

DZES neboli standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy (z anglického Good Agricultural and Environmental Conditions-GAEC) zaopatřují zemědělské hospodaření v soudržnosti s ochranou životního prostředí. Jsou popsány v směrnících vlády jednotlivých dotačních titulů a jejich plnění je pro zemědělce v České republice obligatorní od roku 2004 (MZe ©2009).

Dodržování správného hospodaření kontroluje Státní zemědělský intervenční fond (SZIF). Dále, pro DZES 1 a DZES 3, monitoring provádí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Na základě kontroly se zjišťuje aktuální stav terénu půdy, kterou je majitel povinen zaznamenat ve veřejném registru půdy LPIS (Novotný a kol. 2017).

Od roku 2005 až do roku 2009 na území České republiky existovalo 5 standardů DZES. První z nařízení se zabývalo zákazem rušení či narušování krajinných prvků jako například mezi a stromořadí. Další standard se týkal zákazu pěstování silně erozně ohrožených plodin, jimiž jsou kukuřice, brambor, řepa nebo sója, na půdě s průměrnou svažitostí nad 12°. Dále standardy regulovaly vypouštění kejdy a močůvky na ornou půdu o průměrné svažitosti nad 3° do 24 hodin a užití hadicových aplikátorů k jejich vypuštění. Předposlední pravidlo zakazovalo záměny kultury travnatého porostu za kulturu orné půdy. Poslední omezení zakazovalo likvidaci rostlinných a bylinných přebytků na půdních dvorcích pomocí ohně.

Mezi lety 2009 a 2014 byly standardy DZES jednotlivě popsány členskými státy Evropské unie na principu omezení zapsaném v nařízení Rady (ES) 73/2009. Normy obsahovaly následujících 5 témat: eroze půdy, organické složky půdy, struktura půdy, minimální úroveň péče, ochrana vody a hospodaření s ní.

V roce 2010 se v České republice aplikovalo celkem 10 standardů DZES. O dva roky později byl dodán standard č. 11. Všechny tyto normy byly sepsány nařízením vlády č.479/2009 Sb. Dvanáctý požadavek DZES byl vytvořen v roce 2014 na základě norem SMR 2, které se zabývaly ochranou podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami.

Mezi lety 2014–2020 byly podmínky standardů několikrát upraveny na základě nastavení Společné zemědělské politiky (dále SZP). Nově nejsou v rámci Kontroly podmíněnosti aplikovány klauzule minimální péče o travní porosty, kterými se dříve

zabýval GAEC 9 a dále GAEC 8, jenž zamezuje přeměny travních porostů na ornou půdu. Normy ochrany trvalých travních porostů jsou SZP řešeny v rámci greeningu, tedy nespádají do protokolů DZES. Dále došlo k sloučení některých nařízeních, a proto je v současnosti evidováno 7 standardů DZES (MZe ©2021d).

9.1 Podpora trvale udržitelného hospodaření na zemědělské půdě

Pro docílení trvale udržitelného hospodaření na zemědělských půdách jsou zemědělcům poskytnuty dotace za využití půdoochranných technologií. Zemědělec, který chce využít finanční podpory, si dohledá, jaké osevní postupy musí zvolit pro splnění podmínek vyplacení dotací. V LPIS pak najde, zda se jeho pozemek nachází na SEO nebo MEO ploše a následně o dotaci zažádá (MZe ©2021e; VÚMOP ©2019e).

Na zemědělských územích jsou v rámci Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) určeny oblasti silně a mírně ohrožené erozí. Na těchto místech je nezbytné používat technologie na ochranu půdy, které by snížily riziko eroze půdy. Na základě splnění těchto podmínek jsou pak zemědělcům poskytovány dotace (VÚMOP ©2019e). Tyto dotace jsou ze sektoru podpor Programu rozvoje venkova a vybraných podpor společné organizace trhu s vínem. Na jejich plnou výši dosáhne zemědělec pouze pokud hospodaří dle nařízení DZES (MZe ©2021d).

9.2 Kontrola plnění užití půdoochranných technologií

Kontrola Státního zemědělského a intervenčního fondu v první řadě zhodnotí, zda byly při pěstování plodin s nízkou a střední ochrannou funkcí na DPB s výskytem MEO/SEO uplatněny technologie na ochranu půdy. Pokud tomu tak nebude, SZIF provede zaměření erozně nebezpečné plodiny pomocí satelitního systému GNSS. Nově se tedy spočítá erozní ohroženost parcely a zvolí vhodný návrh protierozního opatření (VÚMOP ©2019e).

Existuje celkem 7 dotačních programů, ze kterých si zemědělec může vybírat podle dané problematiky na jeho zemědělské parcele. Všech 7 standardů zaručuje zemědělství, které není v rozporu s životním prostředím a zároveň podléhá pravidlům Kontroly podmíněnosti (MZe ©2021d). Zaměření programů DZES je rozepsáno níže v kapitolách.

9.3 DZES 1: Dodržení ochranných pásů podél vodních toků

Cílem programu je zabránit znečištění vody v důsledku zemědělské činnosti a předejít případnému vzniku tohoto druhu znečištění. Norma stanoví tři kritéria pro udržení ochranného pásu kolem vodních toků, jak v oblastech s nižším, tak i s vyšším rizikem znečištění. Prvním kritériem je pás nehnojené půdy určený dle § 12 nařízení vlády č. 262/2012 Sb. o vzdálenosti alespoň 3 metry od břehové linie, dále pak u části půdního bloku s průměrným sklonem přesahujícím 7 stupňů bude vyhrazen ochranný pás o šířce alespoň 25 metrů od břehové linie, přičemž v tomto pásmu nebudou používána tekutá hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem. Dodržení předepsané vzdálenosti při aplikaci ochranného prostředku na rostliny s cílem chránit vodní organismy od břehové linie je posledním požadavkem.

Povinnost znemožnit pronikání hnojivých látek do vody je předmětem v § 39 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů. Normy se vztahují na veškeré díly půdních bloků sousedících s povrchovými vodními útvary, včetně těch mimo oblast nitrátové citlivosti (MZe ©2021f).

9.4 DZES 2: Povolení pro užívání zavlažovacích soustav

V normě je stanoven požadavek na vlastnictví povolení pro manipulaci s vodami u uživatelů technických zařízení pro zavlažování. Cílem je chránit vodu a spravovat ji dle platného zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Odpovědnost za splnění povinnosti spočívá na žadateli, jenž používá závlahový systém. Norma se týká pouze zavlažovacích systémů využívajících technická zařízení pro zavlažování, vyjma těch mechanismů, které spoléhají pouze na spád vody.

Požadavky platí pro žadatele, jež provozují technická zařízení pro zavlažování, která vyžadují dodávku elektrické, mechanické nebo jiné formy energie (MZe ©2021f).

9.5 DZES 3: Ochrana podzemních vod proti znečištění

Norma obsahuje nároky předepsané § 38 a 39 vodního zákona k ochraně povrchových a podzemních vod a životního prostředí při manipulaci, skladování a vypouštění závadných látek. Každý jednotlivec pracující s nebezpečnými látkami má

povinnost přijmout vhodná opatření k tomu, aby zabránil kontaminaci povrchových nebo podzemních vod těmito látkami. Požadavky platí pro žadatele, kteří manipulují s nebezpečnými látkami.

Podmínka byla nově aktualizována o zakázání přímého vypouštění škodlivých látek podle § 38 vodního zákona. Kromě toho byly rozšířeny požadavky na technický stav jímek pro tekutá statková hnojiva (močůvka, kejda apod.), kapalná minerální hnojiva (např. DAM 390) a kapalná organická hnojiva (např. digestát). Tato rozšíření neplatí pouze pro ropné látky ve sjednocené podobě, jak je uvedeno v aktuálním požadavku PPH 1/8 (MZe ©2021f).

9.6 DZES 4: Minimální pokryv půdy

Cílem nařízení DZES 4 je, aby po sklizni a mimo vegetační období bylo ponecháno minimálního pokryvu půdy, díky kterému se omezí povrchový odtok vody. Dále působí proti vodní a větrné erozi a zachovává půdní vláhové bilance. Toto opatření se věnuje problematice provádění půdoochranných opatření, jež vedou k snížení odnosu půdy a povrchového odtoku, a tedy k lepšímu zadržování vody v krajině či zvýšení kvality půdy používáním hnojiv. Díky těmto nařízením se snižuje možnost vzniku povodní a jimi vzniklých negativních vlivů. Standard se týká zemědělské kultury standartní orná půda o sklonu větším než 4°. Po sklizni daného půdního bloku má žadatel povinnost zajistit zasetí porostu ozimé plodiny, víceleté pícniny, nebo provést jedno z ochranných opatření. Jedním z opatření je ponechání posklizňových zbytků plodin či podmítnutí strniště sklizené plodiny do následujícího jarního osevu, nebo dále lze ponechat půdu po pásovém zpracování do následujícího jarního osevu. Další možnost, jak zamezit odnosu půdy, je osít díl půdního bloku nejpozději do 20. září meziplodinou a následně zachovat díl souvislého porostu meziplodiny nejméně do 31. října (Novotný a kol. 2017).

9.7 DZES 5: Minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze

Přednostním bodem tohoto programu je ochrana půdy před vodní erozí a prevence před dopady erozních procesů jako je poškozování dopravních cest či ohrožení staveb splavenou zeminou. Pomocí stanovení požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně a mírně erozně ohrožených lokalitách,

kteře jsou zaznamenané v LPIS, se předchází erozi půdy. Pravidla se vztahují na veškeré zemědělské půdy.

V případě, že je půda evidována jako silně erozně ohrožená, žadatel nesmí na této ploše pěstovat erozně závadné plodiny kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, sóji, slunečnice, topinambur a čiroku. Pro řepku olejnou platí povolení pěstování pouze s půdoochrannými technologiemi, a to platí také pro ostatní obilniny (tj. všechny obilniny kromě kukuřice a čiroku) v případě, že nebudou pěstovány s podsevem jetelovin, travních nebo jetelotravních směsí. Pokud žadatel eviduje půdu jako mírně erozně ohroženou, je možné pěstovat plodiny kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, sóji, slunečnice a čiroku jen s použitím půdoochranných technologií. Výjimku z těchto podmínek tvoří pozemek, který má výměru do 0,40 ha zemědělské půdy, ale jen při dodržení směru řádků pole po směru vrstevnic s maximální odchylkou od vrstevnice do 30 stupňů. Dále se pod pozemkem musí být pás zemědělské půdy s šířkou alespoň 24 m, jenž je přímo napojen na erozně nebezpečnou plodinu a přerušuje odtok vody. Podmínkou pro tento pás je pěstování travního porostu, víceleté pícniny nebo jiné než erozně nebezpečné plodiny. DZES 5 se nevztahuje na pěstování meziplodin s erozně nebezpečným označením v rámci pěstování směsi s rozdílnou než erozně nebezpečnou plodinou (MZe ©2021d).

9.8 DZES 6: Zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť

Opatření DZES 6 zakazuje žadateli na jím užívaném půdním bloku pálit bylinné zbytky. Zároveň nařizuje na alespoň 20 % žadatelem užívané části bloku s druhem zemědělské kultury orná půda zajistit každoročně aplikování tuhých statkových, nebo organických hnojiv minimálně v dávce 25 tun na hektar (s výjimkou tuhých statkových hnojiv z chovu drůbeže minimálně v dávce 4 tuny na hektar), pokud žadatel nezpravuje zbytky ponechaných produktů po sklizni rostlin. V případě, že žadatel nesplní zmíněný krok, nařízení udává druhou variantu, a to pokrytí 20 % výměry v časovém rozmezí od 1. června do 15. července daného kalendářního roku porostem dusík vázících druhů plodin, a to cizrna, čočka, fazol, hrách, peluška, jetel, komonice, lupina, sója, štírovník, vojtěška, úročník, vikev, bob, vičenec, čičorka, hrachor, jestřabina, kozinec, pískavice, ptačí noha nebo tollice, popřípadě jejich směsí. Porosty

těchto druhů je možno založit jako podsev do krycí plodiny nebo jako směsi s travami, ale množství trav v porostu nesmí přesáhnout 50 % (MZe ©2021d).

9.9 DZES 7: Zachování krajinných prvků, ořez stromů a opatření proti invazivním druhům rostlin

Podmínky platí pro prvky krajiny, které jsou specifikovány v nařízení vlády č. 307/2014 Sb., týkající se podrobností evidence využití půdy v závislosti na uživatelských vztazích, dřevinné vegetaci a regulaci invazivních rostlin, konkrétně netýkavky žláznaté a bolševníku velkolepého. Norma určuje opatření, která přispívají k ochraně a uchování stanovených krajinných prvků a druhu zemědělské kultury rybník. Tato opatření zahrnují zákaz řezání křovin a stromů během období hnízdění a odchovu mláďat, a to v období vegetace (31. 3. – 1. 11.) a zamezují rozšiřování nechtěných invazivních rostlin na zemědělskou půdu a redukují zásoby jejich semen v půdě.

Krajinné prvky, jež jsou pozorovány, aby se zajistilo, že nejsou narušovány nebo poškozovány v důsledku zemědělské činnosti, jsou: mez, terasa, travnatá údolnice, skupina dřevin, stromořadí, solitérní dřeviny, příkop, mokřad a druh zemědělské kultury rybník. Od roku 2016 byl do kategorie krajinných prvků nově zařazen mokřad, který se definuje jako samostatný útvar neliniového charakteru s minimální rozlohou 100 m², sloužící k zadržování vody v krajině za účelem zachování přirozených podmínek pro život vodních a mokřadních ekosystémů podle § 2 odst. 2 písm. i) zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Zemědělec, který při hospodaření na zemědělské půdě chce omezit erozní procesy, si proto vybere dotační program DZES 5 (MZe ©2021f).

10 DZES 5

Hodnocení rizika půdní eroze v rámci DZES 5 je založeno na vrstvě reprezentující maximální hodnoty faktoru, který zohledňuje ochranu vegetace a protierozní opatření. Hodnotícím kritériem při ploše oseté kukuřicí, bramborem, řepou, bobem setým, sójou, slunečnicí a čirokem větší než 2 ha je výskyt na silně erozně ohrožené ploše.

Při výskytu na mírně erozně ohrožené ploše je hodnotícím prvkem pěstování s přítomností přizpůsobených půdoochranných technologií. Jsou to technologie jako zakládání porostu do ochranné plodiny nebo rostlinných zbytků, zakládání porostu po vrstevnici, podrývání (platí pro cukrovou řepu), dále pak technologie strip-till, odkameňování, pěstování luskoobilných směsí, obsetí ochrannými pásy nebo ochranné pásy samotné, či aplikace organické hmoty do půdy.

U pěstování ostatních obilnin a/nebo řepky olejné při rozloze pole nad 2 ha je navíc vyhodnocováno užívání technologií jako je podryv u řepky olejné a podsev. Naopak zakládání porostu po vrstevnici, odkameňování a pěstování luskoobilných směsí do této tohoto hodnocení nepatří (VÚMOP ©2019e).

Agrotechnická opatření omezují půdní erodovatelnost, pomáhají půdě udržovat vodu a odrážejí mechanické účinky deště. Orbou podél vrstevnic nebo s mírnou přípustnou odchylkou do 30 stupňů dochází k výraznému navýšení ochrany půdy před erozí. Navíc, pomocí překlápění půdy proti svahu, lze výrazně snížit tzv. „erozi orbou“, což je aspekt, který je dosud ve své důležitosti na českých polích podceňován.

Opatření strip-till je dáno vymezením půdy o šířce cca 15 cm a hloubce 15 až 25 cm v rámci jednoho pásu se současným uskladněním minerálního hnojiva. O možnosti tohoto nastavení se rozhoduje pouze v podzimním a jarním období, na základě půdních podmínek.

Podrývání je postup, který redukuje dopady vodní eroze a současně obměkčuje půdní povrch. Jde o proces, jenž spočívá především v hlubokém provzdušnění půdy (minimálně do hloubky 35 cm). K těmto výsledkům lze dojít za podmínky použití dlátových kypřičů, kombinovaných kypřičů nebo podrýváků. Využití těchto operací dojde k šetrnému provzdušnění půdy s minimálními následky. Výsledkem zmíněného technologického postupu je navýšení vsakovacích schopností půdy a snížení stupně

zhutnění, to vše má pozitivní dopad na náchylnost půdy před vodní erozí. Nastavení hloubky kypřiče nebo podryváku spočívá v hloubce zhutnění nebo vlhkosti půdy, tato hloubka však musí být minimálně zmíněných 35 cm. Zdali je nutné větší hloubkové kypření napoví půdní vlhkost daného vzorku, ta by měla být drobného charakteru. Nastavení hloubky podryvání půd je o 5 až 10 cm větší, jak zemědělcem využívána hloubka orby.

Ochranné obdělávání je způsobem ochrany půdy, při kterém ponecháním vysokého množství posklizňových zbytků z předchozích plodin vnika mulčový kryt a nedochází tak k rozrušování půdní struktury. Mnohočetným rozrušením půdního profilu pak dochází k přílišné akcelerace živin, půda tak strádá kvalitní humus a dochází k degradaci fyzikální vlastnosti půdy. Úroveň pokrytí půdy mulčem, výška a pravidelnost rozprostření a styl zpracování půdy (hloubka, počet vjezdů techniky na půdu) jsou zásadními prvky ochranného vlivu (Janeček a kol. 2012).

Zakládání porostu do ochranné plodiny nebo rostlinných zbytků ochraňuje půdu před působením erozních činitelů. U vodní eroze mulčový kryt poskytuje ochranu před erozní účinností kapek deště a u větrné eroze zase zabraňuje větru rozbourávat půdní vrstvy, čímž zamezí odnosu materiálu. Ochranné obdělávání půdy se dá tedy využít k ochraně půdy proti oběma rizikovým erozním procesům.

Pásové střídání plodin je v rámci DZES 5 požadováno na plochách SEO i MEO, ochranný pás přerušuje povrchový odtok vody, čímž chrání zemědělské pozemky i pozemky sousední. Z hlediska větrné eroze jsou ochranné pásy plodin také důležité. Ochranný pás narušuje účinek působícího větru a poskytuje tak erozně ohrožené plodině ochranu.

Tvar a velikost pozemku mají klíčový vliv na vývoj erozních procesů. U vodní eroze je sklon pozemku nejdůležitějším faktorem. V kombinaci s nepřerušným povrchovým odtokem vytváří vhodné podmínky pro výskyt vodní eroze. Sклон pozemku však není vlivným faktorem při větrné erozi. Jakákoliv drsnost nebo hrubost povrchu mají pozitivní účinky k omezení větrné eroze. Výskyt větrné eroze trápí spíše pozemky s rovinnými plochy, kdy větru není postavena jakákoliv překážka. Vhodnými opatřeními jsou tedy nastavení pozemku kolmo na směr převládajících větrů.

Technická opatření proti vodní erozi mají jako hlavní úkol přerušování povrchového odtoku na pozemku, jelikož jsou ale většinou doplněna o liniový prvek

zeleně, dalo by se považovat, že tato metodika by mohla odolávat účinkům větru a mohlo by se opatření považovat za větrolam.

Zmíněná protierozní opatření v rámci DZES 5 se převážně věnují vodní erozi. Některé z nich ale mohou pozitivně působit společně proti větrné erozi. Vhodná by byla úprava nastavení opatření DZES 5. Taková úprava by se týkala doplnění protierozních opatření snižující větrnou erozi, která podle dat získaných z rešerše sužuje až 33 % zemědělských půd v České republice.

11 Výsledky a diskuse

V případě DPB by měl směr orby směřovat kolmo na stranu převládající větru. Na sklonitých pozemcích, kdy by toto opatření znamenalo, že kolmice na směr převládajícího větru se rovná spádnici, bude vhodnější ustoupit potenciálním ztrátám při stěžejnější vodní erozi a zvolit tak příslušná opatření.

U zvolených půdoochranných pásů je potřebný výběr rostliny s funkcí zvyšující hydraulickou drsnost povrchu. Za předpokladu stejné orientace odtokové linie a směru převládajícího větru může ochranný pás eliminovat působení obou typů eroze. Při skutečnosti, kdy se odtoková linie bude lišit orientací oproti směru převládajícího větru, je nutno respektovat kritičtější následky působení vodní eroze. Půdoochranné pásy je důležité umisťovat před erozně náchylnější plodinu, tedy na návětrné straně převládajících větrů.

Potřebné větrolamy je důležité zakládat jako bariéru proti převládajícímu větru na okraj pole před ohroženou plodinu, dle metodiky zakládání větrolamů (Podhrázská, 2007; Podhrázská a kol. 2008, 2011).

Erozní ohroženost půd, která by se kategorizovala jako plochy NEO/MEO/SEO, by bylo vhodné z hlediska větrné eroze rozšířit na vícero kritérií dle tabulky č. 1. První dvě kategorie, tedy půdy nejohroženější a půdy silně ohrožené, by byly kategorizovány jako plochy SEO. Půdy ohrožené a mírně ohrožené by spadaly pod kategorii MEO a půdy nepatrně ohrožené a bez ohrožení by se řadily do NEO ploch.

Celková potenciální ohroženost větrnou erozí na:	zemědělské půdě		orné půdě	
	zastoupení (%)	výměra (ha)	zastoupení (%)	výměra (ha)
půdy nejohroženější	2,59	108 072	3,23	79 142
půdy silně ohrožené	1,48	61 783	1,81	44 474
půdy ohrožené	8,11	338 915	10,66	261 323
půdy mírně ohrožené	4,95	206 968	6,53	160 178
půdy nepatrně ohrožené	4,77	199 543	6,43	157 671
půdy bez ohrožení	78,04	3 261 532	71,33	1 749 302
nehodnoceno	0,05	2 266	0,01	183
Celkem	100,00	4 179 079	100,00	2 452 274

Tabulka 1: Zastoupení potenciální ohroženosti větrnou erozí na zemědělské a orné půdě (Khel a kol. 2017).

Vodní eroze má největší zastoupení na plochách sklonitých. Větrná eroze naopak působí zejména na plochách nesvažitých. Z toho plyne, že z hlediska vodní eroze se SEO plochy neslučují s plochami SEO větrnou erozí. Tedy rovinatá plocha

kategorizovaná jako SEO z pohledu eroze větrné nebude sužována erozními procesy vody nebo naopak. Hodnotící kritérium založené na sklonu pozemku se tedy nehodí pro proces větrné eroze. Z tohoto důvodu by měla existovat dvojí, na sobě nezávislá, hodnotící kategorizace pro erozi větrnou a vodní, která by ovšem byla náročná na evidenci a údržbu.

Řešením by mohlo být promítnutí hodnot ohroženosti větrné a vodní eroze do sebe neboli sčítání ohroženosti. Vytvořila by se tak nová stupnice ohroženosti vodní a větrnou erozí. Plochy NEO by měly hodnotu 1 bodu, MEO pak 2 body a SEO 3 body. Nejvyšším stupněm ohroženosti by byl stupeň ohrožení 6, kdy na pozemku dominují oba erozní procesy.

Stupeň ohrožení	Podíl vodní eroze	Podíl větrné eroze	Vhodné nastavení ochrany
6	SEO	SEO	Na pozemku jsou ve velké míře přítomny oba erozní procesy, tudíž se klade důležitost pro omezení obou erozních procesů vhodnými půdoochrannými opatřeními.
5	SEO	MEO	Na pozemek působí ve velké míře vodní eroze, ale je zde značný výskyt i eroze větrné. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se vodní eroze, ale (např. pomocí modelování erozních procesů) je potřeba zjistit, zda by tato opatření neměla i pozitivní vliv na omezení eroze větrné.
5	MEO	SEO	Na pozemek působí ve velké míře větrná eroze, ale je zde značný výskyt i eroze vodní. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se větrné eroze, ale (např. pomocí modelování erozních procesů) je potřeba zjistit, zda by tato opatření neměla i pozitivní vliv na omezení eroze vodní.
4	MEO	MEO	Z hlediska ochrany pozemku by bylo vhodné upřednostnit dopady vodní eroze před dopady eroze větrné, opatření by tedy spadala pod kategorii vodní eroze. Avšak pomocí modelování by se dalo zjistit, která tato opatření by měla pozitivní vliv i na snížení eroze větrné.
4	SEO	NEO	Na pozemek působí ve velké míře vodní eroze. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se vodní eroze.
4	NEO	SEO	Na pozemek působí ve velké míře větrná eroze. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se větrné eroze.
3	MEO	NEO	Pozemek je mírně ohrožen vodní erozí. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se vodní eroze.
3	NEO	MEO	Pozemek je mírně ohrožen větrnou erozí. Důraz se bude klást na využití protierozních opatření týkajících se větrné eroze.
2	NEO	NEO	Pozemek není ohrožen jakýmkoliv erozními procesy. Není potřeba protierozních opatření.

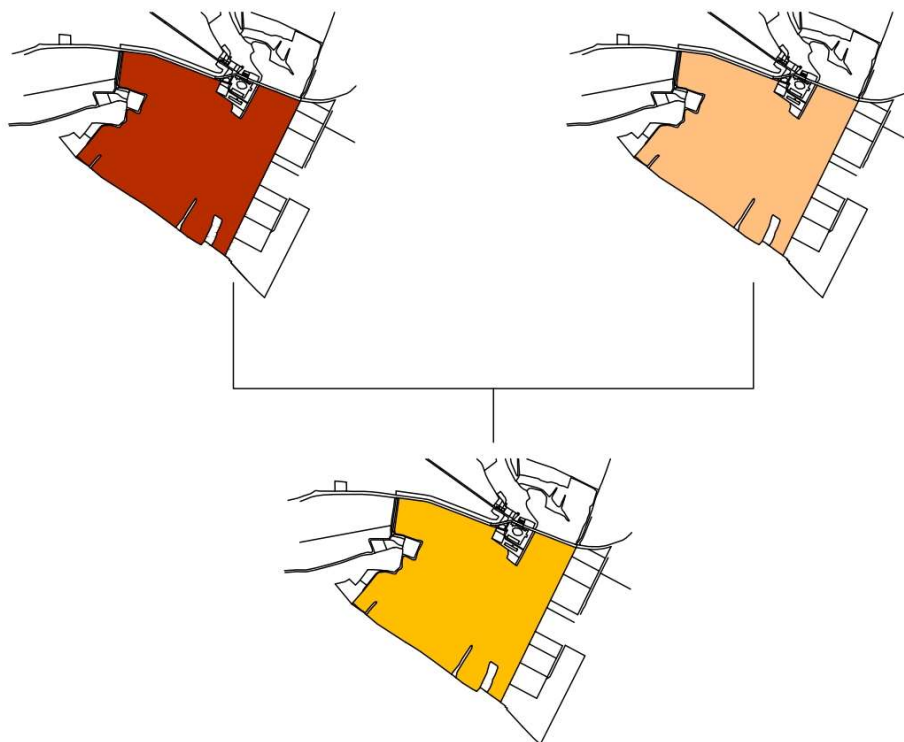
Tabulka 2: Návrh hodnocení ohroženosti vodní a větrnou erozí na zemědělské a orné půdě (vlastní zdroj, 2024).

Například pozemek na obrázku číslo 1, dosahující hodnoty ohrožení 5 (3 body SEO vodní erozí + 2 body MEO větrnou erozí), by bylo vhodné opatřit protierozním

opatřením proti vodní erozi. Ta na tomto pozemku totiž dosahuje kritičtějších hodnot, a proto je třeba upřednostnit právě opatření proti těmto hrozbám. Dále je vhodné zjistit, zda by zvolená půdoochranná technologie neměla i pozitivní vliv na omezení eroze větrné.

SEO plocha, 3b. Vodní eroze

MEO plocha, 2b. Větrná eroze



Nově hodnocená plocha 5b. ohroženosti

Obrázek 1: Nový způsob hodnocení erozní ohroženosti (vlastní zdroj, 2024)

Vodní a větrná eroze jsou jedny z hlavních příčin degradace půd na území České republiky. Vodní erozi je věnována relativně větší pozornost než erozi větrné, jak je patrné ze znění DZES 5. Daná hodnotící kritéria se věnují pouze působení vodní eroze na zemědělské pozemky.

Zemědělci, jejichž pozemky doplácí na působení větrné eroze, nemají možnost využívání dotačního programu DZES 5, jelikož hodnotící kritéria pro ohroženost větrnou erozí se v standardu DZES 5 nevyskytují. Avšak některá půdoochranná opatření zvolená pro omezení vodní eroze mají pozitivní účinky také na erozi větrnou. Pokud se ale na pozemku zemědělce nevyskytuje vodní eroze, pak nemůže čerpat dotační program, aby snížil důsledky eroze větrné.

Jak je patrné ze statistiky uvedené v kapitole 1., větrná eroze nabývá významu také hlavně kvůli klimatické změně či antropogenním vlivům. Zmíněný Zákon

334/1992 Sb. o ochraně ZPF pojednává o povinné ochraně zemědělského pozemku před erozí jakéhokoliv typu. Nástrojem pro lepší hospodaření na pozemcích postižených erozí jsou nařízení DZES. Nutno podotknout, že tyto dotační nástroje (DZES 4, 5 a 6) se zabývají problematikou pouze eroze vodní. Je tomu tak hlavně kvůli její celkové rozšířenosti a intenzitě na území České republiky. Dle statistik je ale možné považovat za vysoce rizikovou i erozi větrnou, zvláště kvůli klimatické změně či antropogenním vlivům. Jelikož chybí řada peněžně dotovaných ochranných nástrojů pro její zamezení, dá se očekávat, že se nadále bude v ČR rozšiřovat. Rostoucí budou také náklady na odstraňování škod způsobených větrnou erozí, ale pokud by se však povedlo plně aplikovat vhodná opatření například do standardu DZES 5, mohly by náklady výrazně klesnout. Ministerstvo zemědělství udává očekávaný pokles nákladů až o 50 % (Mze ©2021a).

12 Závěr a přínos práce

Přínosem bakalářské práce je v rámci rešeršní části vznesení povědomí o větrné a vodní erozi, jejich modelování, dotačních programů DZES a nedostačující pozornosti k zvyšujícím se rizikům větrné eroze. Klimatická změna bude mít neustále větší vliv na erozní procesy, z tohoto hlediska může větrná eroze ohrožovat čím dál více zemědělských půd. Momentální způsob ochrany není ale dostačující, jelikož zemědělci nemají nástroj, ze kterého by čerpali dotace pro omezení erozních procesů, tak jako to je u eroze vodní.

Cílem práce bylo vytvoření podkladů využitelných například státní správou ke komplexnímu uchopení tematiky větrné eroze. Možným řešením by bylo zahrnutí větrné eroze do dotačního programu DZES 5. Ohroženost polí větrnou erozí by bylo potřeba rozřadit na plochy SEO/MEO/NEO stejně tak, jako to je u vodní eroze. Na stejný pozemek, u kterého jsou přítomny oba erozní procesy, by tak zemědělec mohl čerpat obě dotace. Zemědělec by se pak orientoval v nové společné hodnotící tabulce pro oba erozní procesy, kde by zjistil, která erozní ohroženost má jakou váhu a jakým způsobem je potřeba řešit. Zapojením protierozních opatření proti větrné erozi do dotačního programu DZES 5 lze dosáhnout pozitivních výsledků při ochraně a degradaci půdy. Absence motivačního nástroje proti boji s větrnou erozí může vytvořit v ČR podmínky k jejímu celkovému rozšíření. Vzhledem k potenciálnímu rozšíření větrné eroze a možné časové náročnosti vybudování všech opatření je zahrnutí nových hodnotících prvků do programu DZES 5 žádoucí.

13 Přehled literatury a použitých zdrojů

13.1 Odborné publikace

BAGNOLD R. A., 1941: The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. Methuen & Co., London. 265 s.

BIRD P. R., BICKNELL D., BULMAN P. A., BURKE S. J. A., LEYS J.F., PARKER J.N. VAN DER SOMMEN F. J., VOLLER P., 1992: The role of shelter in Australia for protecting soils, plants and livestock. In: PRINSLEY R. T. (ed.): The Role of Trees in Sustainable Agriculture. Forestry Sciences. Springer Science + Business media B. V., Dordrecht. P. 59-86. ISBN 978-94-011-1832-3.

BLANCO-CANQUI H., LAL R. 2008: Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science + Business media B. V., Dordrecht, XXIV. ISBN 978-1-4020-8708-0.

BORRELLI P., LUGATO E. MONTANARELLA L., PANAGOS P., 2016: A New Assessment of Soil Loss Due to Wind Erosion in European Agricultural Soils Using a Quantitative Spatially Distributed Modelling Approach. Land Degradation & Development 28(1). P. 335-344.

BORRELLI P., PANAGOS P., BALLABIO C., LUGATO E., WEYNANTS M., MONTANARELLA L., 2014: Towards a Pan-European Assessment of land Susceptibility to Wind Erosion. Land Degradation & Development 27(4). P. 1093-1105.

BÖHNER J., SCHÄFER W., CONRAD O., GROSS J., RINGELER A., 2003: The WEELS model: methods, results and limitations. CATENA 52(3-4). P. 289-308.

BRANDLE J. R., HODGES L., ZHOU X. H., 2004: Windbreaks in North American agricultural systems. In: NAIR P. K. R., RAO M. R., BUCK L. E. (eds.): New Vistas

in Agroforestry. Springer Science + Business media B. V., Dordrecht. P. 65-78. ISBN 978-94-017-2424-1.

DUFKOVÁ J., 2007: Comparison of potential and real erodibility of soil by wind. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis 55(4). P. 15-21. ISSN 1211-8516.

DUFKOVÁ J., TOMAN F., 2004: Eroze půdy v podmínkách klimatické změny. In: ROŽNOVSKÝ J., LISTCHMANN T. (eds.): Extrémní počasí a podnebí. ČBkS a ČHMÚ, Praha. S. 1-9. ISBN 80-86690-12-1.

DUNIWAY M. C., PFENNIGWERTH A., FICK S. E., NAUMAN T. W., BELNAP J., BARGER N. N., 2019: Wind erosion and dust from US drylands: review of causes, consequences, and solutions in a changing world. Ecosphere 10(3). P. 1-28.

FENG G., SHARRATT B., 2007: Validation of WEPS for soil and PM10 loss from agricultural fields within the Columbia Plateau of the United States. Earth Surface Processes and Landforms 32(5). P. 743-753.

FENG G., SHARRATT B., 2009: Evaluation of the SWEEP model during high winds on the Columbia Plateau. Earth Surface Processes and Landforms 34(11). P. 1461-1468.

FUNK R., REUTER H. I., 2006: Wind erosion. In: BOARD-MAN J., POESEN J. (eds): Soil erosion in Europe. Wiley, Chichester. P. 563-582.

FRYBERGER S. G., AHLBRANDT T. S., ANDREWS S., 1979: Origin, sedimentary features, and significance of low-angle eolian "sand sheet" deposits, Great Sand Dunes National Monument and vicinity, Colorado. Journal of Sedimentary Petrology 49(3). P. 733-746.

FRYREAR D. W., 1985: Soil cover and wind erosion. Transactions of the ASAE 28(3). P. 781-784.

FRYREAR D. W., 1986: A field dust sampler. Journal of Soil and Water Conservation 41(2). P. 117-120.

FRYREAR D. W., CHEN W., LESTER C., 2001: Revised wind erosion equation. Annals of Arid Zone 40(3). P. 265-279.

FRYREAR D. W., STOUT J. E., HAGEN L. J., VORIES E. D., 1991: Wind erosion: field measurement and analysis. Transactions of the ASAE 34(1). P. 155-160.

FRYREAR D. W., SUTHERLAND P. L., DAVIS G., HARDEE G., DOLLAR M., 1999: Wind erosion estimates with RWEQ and WEQ. In: STOTT D. E., MOHTAR R. H., STEINHARDT G. C. (eds): Proceedings of Conference Sustaining the Global Farm, 10th International Soil Conservation Organization Meeting, Purdue University West Lafayette. P. 760-765.

FRYREAR D. W., BILBRO J. D., SALEH A., SCHOMBERG H. M., STOUT J. E., ZOBECK T.M., 2000: RWEQ: Improved wind erosion technology. Journal of Soil and Water Conservation 55(2). P. 183-189.

GILLETTE D. A., STOCKTON P. H., 1986: Mass momentum and kinetic energy fluxes of saltating particles. In NICKLING W. G. (ed.): Aeolian Geomorphy, Allen and Unwin, Boston. P. 35-36.

GOOSEND D., RIKSEN M. J. P. M., 2004: Wind erosion and dust dynamics at the commencement of the 21st century. In: GOOSEND D., RIKSEN M. J. P. M. (eds.): Wind Erosion and Dust Dynamics: Observations, Simulations, Modelling. ESW Publications, Wageningen. P. 7-13.

GOOSENS D., OFFER Z., LONDON G., 2000: Wind tunnel and field calibration of five aeolian sand traps. *Geomorphology* 35. P. 233-252.

GREGORY J. M., WILSON G. R., SINGH U. B., DARWISH M. M., 2004: TEAM: integrated, process-based wind-erosion model. *Environmental Modelling & Software* 19(2). P. 205-215.

HAGEN L. J., 2004: Evaluation of the Wind Erosion Prediction System (WEPS) erosion submodel on cropland fields. *Environmental Modeling & Software* 19(2). P. 171-176.

HAGEN L. J., WAGNER L. E., SKIDMORE E. L., 1999: Analytical solutions and sensitivity analyses for sediment transport in WEPS. *Trans. ASAE* 42(6). P. 1715-1721.

HOLÝ M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. Vydavatelství ČVUT v Praze, Praha. ISBN 80-01-01078-3.

HUAWEI P., HUGGINS D. R., SHARRATT B., 2019: Dry aggregate stability of soils influenced by crop rotation, soil amendment, and tillage in the Columbio Plateau. *Aeolian research* 40. P. 65-73.

CHEPIL W. S., 1957: Width of Field Strips to Control Wind Erosion. *Tech. Bul.*, 92. Agricultural Experiment Station, Kansas State College of Agriculture and Applied Science, Manhattan, 16 s.

CHEPIL W. S., 1958: Soil conditions that influence wind erosion. *Tech. Bul.*, no 1185. US Department of Agriculture, Washington, 40 s.

CHEPIL W. S., WOODRUFF N. P., 1954: Estimations of wind erodibility of field surfaces. *Journal of Soil and Water Conservation* 9. P. 257-265.

JANEČEK M., 2008: *Základy erodologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-1842-7.

LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J., PODHRÁZSKÁ J., 2007: Využití optické porozity ke klasifikaci větrolamů. In: STŘELCOVÁ K., ŠKVARENINA J., LAŽENEC M. (eds.): *Bioclimatology and natural hazards*. International Scientific Conference, Pořana nad Detvou. S. 14-20. ISBN 978-80-228-17-60-8.

MERVA K. R., PETERSON G., 1983: *Wind erosion sampling in the North Central Region*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph.

NICKLING W. G., 2004: *Sediment transport and depositional processes*. *Catena* 65. P. 292-315.

PASÁK V., 1970: *Wind erosion on soils*. Scientific Monographs 3. P. 183.

PASÁK V., 1984: *Ochrana půdy před erozí*. Státní zemědělské vydavatelství, Praha.

PIMENTEL D., BRUGESS M., 2013: *Soil Erosion Threatens Food Production*. *Agriculture* 3(3). P. 443-463. ISSN 2077-0472.

PODHRÁZSKÁ J., 2007: Metoda hodnocení větrolamů jako podklad pro stanovení jejich účinnosti. *Acta Universitatis Mendelianae Brunensis* 55(5). S. 123-131.

PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J., 2005: *Protierozní ochrana půdy*. Mendelova zemědělská univerzita, Brno. 95 s. ISBN 80-7157-856-8.

PODHRÁZSKÁ J., KUČERA J., CHUCHMA F., STŘEDA T., STŘEDOVÁ H., 2013: Effect of changes in some climatic factors on wind erosion risks—the case study of South Moravia. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae er Silviculturae Mendelianae Brunensis* 61(6). P. 1829-1837.

POTTER K., WILLIAMS J., LARNEY F., BULLOCK F., 1998: Evaluation of EPIC's wind erosion submodel using data from southern Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* 78(3). P. 485-492.

SHARRATT B. S., TATARKO J., ABATZOGLOU J. T., FOX F. A., HUGGINS D., 2015: Implications of climate change on wind erosion of agricultural land in the Comlumbia plateau 10. P. 20-31.

SINGH U. B., GREGORY J. M., WILSON G. R., 1997: Texas Erosion Analysis Model: Theory and Validation. In: SKIDMORE E. L., TATARKO J. (eds.): *Proceeding of an International Symposium/Workshop*. United States Department of Agriculture (USDA), Manhattan. P. 1-23.

SKIDMORE E. L., 1986: Wind erosion climatic erosivity. *Climatic Change* 9(1). P. 195-208.

STOATE C., BOATMAN N. D., BORRALHO R. J., CARVALHO C. R., DE SNOO G. R., EDEN P., 2001: Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of environmental management* 63(4). P. 337-365.

STOUT J. E., FRYREAR D. W., 1989: Performance of a windblown-particle sampler. *Transactions of the ASAE* 32(6). P. 2041-2045.

ŠVEHLÍK R., 1973: Strukturální složení návratin v okrese Uherské Hradiště. *Meliorace* 9(1). S. 59-68.

TATARKO J., SPORCIC M. A., SKIDMORE E. L., 2013: A history of wind erosion prediction models in the United States Department of Agriculture prior to the Wind Erosion Prediction System. *Aeolian Research* 10. P. 3-8.

TATARKO J., WAGNER L., FOX F., 2019: The Wind Erosion Prediction System and its use in Conservation Planning. In: WENDROTH O., LASCANO R. J., MA L. (eds.): Bridging Among Disciplines by Synthesizing Soil and Plant Processes, Advances in Agricultural Systems Modeling Volume 8. ASA, CSSA, and SSSA, Madison. P. 71-102.

TATARKO J., VAN DONK S. J., ASCOUGH J. C., WALKER D. G., 2016: Application of the WEPS and SWEEP models to non-agricultural disturbed lands. Heliyon 2(12). P. 1-23.

TOMAN F., 1994: Možný dopad očekávaných klimatických změn na erozní ohrožení půdy. In: ROŽNOVSKÝ J., LISTCHMANN T. (eds.): Klimatická změna a zemědělství, Ústav krajinné ekologie v Brně, Brno. S. 50-52.

VOPRAVIL J., KHEL T., KULÍŘOVÁ P., HAVELKOVÁ L., 2013b: Nové metody hodnocení vodní eroze na VÚMOP, v.v.i. In: ROŽNOVSKÝ J., LISTCHMANN T., STŘEDOVÁ H., STŘEDA T. (eds.): Voda, půda a rostliny. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Křtiny. S. 1-48. ISBN 978-80-87577-17-2.

VOPRAVIL J., VRABCOVÁ T., KHEL T., NOVOTNÝ I., BANÝROVÁ J., 2010: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: ROŽNOVSKÝ J., LISTCHMANN T. (eds.): Voda v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha. S. 23–30. ISBN 978-80-86690-79-7.

WAGNER L. E., 2013: A history of Wind Erosion Prediction Models in the United States Department of Agriculture: The Wind Erosion Prediction System (WEPS). Aeolian Research 10. P. 9-24.

WILLIAMS J., JONES C., DYKE P., 1984: A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Transactions of the ASAE 27(1). P. 129-144.

WOODRUFF N. P., SIDDOWNAY F. H., 1965: A Wind Erosion Equation. Soil science Society of America Journal 29(5). P. 602-608.

WUEPPER D., BORRELLI P., FINGER R., 2019: Countries and the global rate of soil erosion. Nature sustainability 3(1). P. 51-55.

ZOBECK T. M., VAN PELT R. S., 2011: Wind erosion. In: HATFIELD J. L., SAUER T. J. (eds.): Soil management: Building a Stable Base for Agriculture. American Society of Agronomy and Soil Society of America, Madison. P. 209-227. ISBN 978-0-89118-853-7.

ZOBECK T. M., STERK G., FUNK R., RAJOT J. L., STOUT J. E., VAN PELT R. S., 2003: Measurement and data analysis methods for field-scale wind erosion studies and model validation. Earth Surface Processes and Landforms 28(11). P. 1163-1188.

13.2 Legislativní zdroje

Nařízení Rady (ES) č. 73/2009, ze dne 19. ledna 2009, kterým se stanoví společná pravidla pro režimy přímých podpor v rámci společné zemědělské politiky a kterým se zavádějí některé režimy podpor pro zemědělce a kterým se mění nařízení (ES) č. 1290/2005, (ES) č. 247/2006, (ES) č. 378/2007 a zrušuje nařízení (ES) č. 1782/2003.

Nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor.

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, v platném znění.

Nařízení vlády 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle uživatelských vztahů, v platném znění.

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

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

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

13.3 Internetové zdroje

EUROPEAN SOIL DATA CENTRE (ESDAC), ©2024: Wind Erosion (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Wind Erosion - ESDAC - European Commission \(europa.eu\)](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021a: Větrná eroze půdy (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Větrná eroze půdy | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021b: Rok 2021 (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Rok 2021 | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021c: Vodní eroze půdy (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Vodní eroze půdy | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021d: Standardy Dobrého zemědělského stavu půdy DZES (GAEC) (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES \(GAEC\) | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021e: O aplikaci Registr půdy (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Registr půdy - LPIS | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2021f: Shrnutí informací k podmínkám dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES (online)

[cit. 2023.10.13], dostupné z <[Shrnutí informací k podmínkám standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES | eAGRI](#)>.

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ (MŽP), ©2023: Úbytek půdy je stále alarmující (Zemědělec) (online) [cit. 2023.10.13], dostupné z <[Úbytek půdy je stále alarmující \(Zemědělec\) - Ministerstvo životního prostředí \(mzp.cz\)](#)>.

PODHRÁZSKÁ J., KUČERA J., PAPA J. V., SZTURC J., 2022: Rizika rozvoje větrné eroze v intenzivně obhospodařovaných oblastech a možnosti jejího řešení (online) [cit. 2024.01.15], dostupné z <[Rizika rozvoje větrné eroze v intenzivně obhospodařovaných oblastech a možnosti jejího řešení - Články - Agromanuál.cz \(agromanual.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2019a: Ochrana proti větrné erozi (online) [cit. 2023.10.11], dostupné z <[OCHRANA PROTI VĚTRNÉ EROZI – Webová encyklopedie \(vumop.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2019b: Teoretické minimum k vodní erozi (online) [cit. 2023.10.12], dostupné z <[TEORETICKÉ MINIMUM K VODNÍ EROZI – Webová encyklopedie \(vumop.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2019c: Ochrana proti větrné erozi (online) [cit. 2023.10.15], dostupné z <[Ochrana proti erozi zemědělské půdy – Webová encyklopedie \(vumop.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2019d: Ochrana proti vodní erozi (online) [cit. 2023.10.11], dostupné z <[OCHRANA PROTI VODNÍ EROZI – Webová encyklopedie \(vumop.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2019e: Nástroje ochrany – standard dobrého zemědělského a environmentálního

stavu DZES (online) [cit.2023.10.15], dostupné z <[NÁSTROJE OCHRANY - STANDARD DOBRÉHO ZEMĚDĚLSKÉHO A ENVIRONMENTÁLNÍHO STAVU DZES – Webová encyklopedie \(vumop.cz\)](#)>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. (VÚMOP), ©2020: Půda v číslech (online) [cit. 2023.10.15], dostupné z <[Půda v číslech \(vumop.cz\)](#)>.

13.4 Ostatní zdroje

DOLEŽAL P., PODHRÁDSKÁ J., KUČERA J., DOUBRAVA D., STŘEDOVÁ H., STŘEDA T., 2017: Řízení rizika větrné eroze: Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno. 52 s. ISBN 978-80-263-1158-4.

DUFKOVÁ J., 2004: Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. 162 s. (doktorská disertační práce). „nepublikováno“. Dep. NUŠL v Brně.

JANEČEK M., DOSTÁL T., DUFKOVÁ J., DUMBROVSKÝ M., HŮLA J., KADLEC V., KONEČNÁ J., KOVÁŘ P., KRÁSA J., KUBÁTOVÁ E., KOBZOVÁ D., KUDRNÁČOVÁ M., NOVOTNÝ I., PODHRÁZSKÁ J., PRAŽAN J., PROCHÁZKOVÁ E., STŘEDOVÁ H., TOMAN F., VOPRAVIL J., VLASÁK J., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.

KHEL T., ŘEHÁČEK D., KUČERA J., PAPAJ V., VOPRAVIL J., VACEK S., VACEK Z., 2017: Metodika hodnocení účinnosti a realizace větrolamů v krajině jako nástroj pro ochranu půdy ohrožené větrnou erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha. 211 s. ISBN 978-80-87361-70-2.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2019: Eroze od roku 2019. Ministerstvo zemědělství, Praha. 52 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2009: Kontrola podmíněnosti. Ministerstvo zemědělství, Praha. 98 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (MZe), ©2011: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha. 56 s.

NOVOTNÝ I., MISTR M., PAPA J., KRISTENOVÁ H., VÁŇOVÁ V., KAPIČKA J., VLČEK V., VOPRAVIL J., KULÍŘOVÁ P., KADLEC V., KOBRZOVÁ D., SRBEK J., POCHOP M., PODHRÁZSKÁ J., FIALA R., ŽÍŽALA D., DOSTÁL T., KRÁSA J., VAŇKOVÁ K., HALUZOVÁ J., JIRKŮ V., SMOLKOVÁ I., 2024: Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství, Praha. 73 s. ISBN 978-80-87361-33-7.

PODHRÁZSKÁ J., LITSCHMANN T., HRADIL M., STŘEDA T., STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J., DUFKOVÁ J., KOHOUT M., NOVOTNÝ I., JAREŠ V., 2011: Hodnocení udržitelnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha. 35 s. ISBN 978-80-87361-10-8.

PODHRÁZSKÁ J., NOVOTNÝ I., ROŽNOVSKÝ J., HRADIL M., TOMAN F., DUFKOVÁ J., MACKŮ J., KREJČÍ J., POKLADNÍKOVÁ H., STŘEDA T., 2008: Optimalizace funkcí větrolamu v zemědělské krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Praha. 81 s. ISBN 978-80-904027-1-3.

VOPRAVIL J., KHEL T., HAVELKOVÁ L., BATYSTA M., 2013a: Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky. Ministerstvo zemědělství, Praha. 51 s.

14 Seznam obrázků

Obrázek 1: Nový způsob hodnocení erozní ohroženosti (vlastní zdroj, 2024).

Tabulka 1: Zastoupení potenciální ohroženosti větrnou erozí na zemědělské a orné půdě (KHEL T., ŘEHÁČEK D., KUČERA J., PAPA J. V., VOPRAVIL J., VACEK S., VACEK Z., 2017).

Tabulka 2: Návrh hodnocení ohroženosti vodní a větrnou erozí na zemědělské a orné půdě (vlastní zdroj, 2024).