

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

VÝSKYT VĚTRNÉ EROZE V ČR A PŘEHLED OPATŘENÍ  
POUŽÍVANÝCH NA OCHRANU PŘED VĚTRNOU EROZÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Olga Čermáková

Bakalant: Petra Černá

2014

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra biotechnických úprav krajiny

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Černá Petra

Územní technická a správní služba

Název práce

**Výskyt větrné eroze v ČR a přehled opatření používaných na ochranu před větrnou erozí**

Anglický název

**Wind erosion in the Czech Republic and an overview of how to protect against it**

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat rešerši o problematice působení větrné eroze v České republice se zvláštním zaměřením na území Nymburska.

### Metodika

Bakalářská práce bude zpracována formou literární rešerše na základě studia odborné literatury (domácí i zahraniční) zabývající se větrnou erozí. Součástí bude souhrn základních informací o výskytu větrné eroze a představení a specifikace základních typů opatření používaných na ochranu proti větrné erozi. Součástí práce bude i posouzení ohroženosti území Nymburska větrnou erozí s možností opatření proti tomuto jevu.

Práce bude rozdělena do několika částí:

1. Úvod a cíle práce
2. Větrná eroze (ovlivňující faktory, potenciální ohroženost, výpočet intenzity, rozšíření v ČR se zvláštním zaměřením na oblast Nymburska), příčiny a následky větrné eroze
3. Opatření na ochranu před větrnou erozí na Nymbursku včetně charakteristiky tohoto území
4. Diskuse a závěr

### Harmonogram zpracování

IV-VIII 2013: příprava materiálů a podkladů

IX-XI 2013: studium materiálů a podkladů

XII 2013 - I 2014: vypracování literární rešerše

II 2014: uspořádání literární rešerše

IV 2014: odevzdání BP

---

## Rozsah textové části

min. 50 stran, včetně tabulek, grafů, schémat a obrázků

## Klíčová slova

větrná eroze, půda, protierozní opatření, Nymbursko

## Doporučené zdroje informací

- Janeček M. a kol., 2008: Základy erodologie: pro posluchače FŽP, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 165.
- Janeček M., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 113.
- Janeček M., 2003: Ochrana proti větrné erozi. Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků, Praha, 11
- Podhrázká J. a kol., 2011: Hodnocení účinnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno, 36.
- Podhrázká J. a kol., 2008: Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno, 24.
- Vojen L., Čilek V., Kubíková J. a kol., 2003: Střední Čechy: příroda, člověk, krajina. Dokořán, Praha, 127.
- Culek M., 1996: Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha, 347.
- Hůla J. a kol. 2005: Agrotechnical erosion control measures. Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha, 48.
- Burri K., Gromke C., Graf F. 2013. Mycorrhizal fungi protect the soil from wind erosion: a wind tunnel study, Land degradation & development 24: 385-392.
- W.M. Cornelis, D. Gabriels, Optimal windbreak design for wind-erosion control, Journal of Arid Environments, Volume 61, Issue 2, April 2005, Pages 315-332.

## Vedoucí práce

Čermáková Olga, Ing.

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22.1.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

## Prohlášení

„Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně pod vedením Ing. Olgy Čermákové. Veškeré prameny, z nichž jsem při zpracování čerpala, cituji a uvádím v přehledu literatury a použitých zdrojů.“

V Dobřichově 6. 4. 2014

---

Petra Černá

## Poděkování

Děkuji především za odborné rady, připomínky a vždy přítomnou pomoc mé vedoucí bakalářské práce Ing. Olze Čermákové. Velký dík patří i mé rodině a přátelovi za jejich podporu a trpělivost.

## ABSTRAKT

Cílem této práce je přiblížení problematiky větrné eroze v České republice. Jsou zde specifikovány antropogenní i přírodní faktory, které ji nejvíce ovlivňují a dále způsoby hodnocení její intenzity. Další část se věnuje určení potenciální ohroženosti zemědělské i orné půdy větrnou erozí, při které se využívá provedené bonitace půdy. Větrná eroze postihuje především ornou půdu v úrodné části Polabí a na jižní Moravě. Tato území patří k předním zemědělským oblastem v ČR, proto je nutné je chránit před poškozením. Z tohoto důvodu je soustředěna pozornost na uplatnění organizačních, agrotechnických a technických opatření při ochraně proti větrné erozi. Nicméně je třeba si uvědomit, že pouze komplexní využití těchto opatření může zajistit požadovaný efekt. Závěrečná část práce se věnuje okresu Nymburk, který je především ve své západní části potenciálně ohrožen vlivy větrné eroze. Pro doplnění bylo provedeno vlastní terénní šetření zaměřené na metody ochrany proti větrné erozi využívané v tomto okrese.

Klíčová slova: větrná eroze, půda, protierozní opatření, Nymbursko

## ABSTRACT

The aim of this thesis is to study wind erosion issue in the Czech Republic. The theoretical part of the thesis specifies anthropogenic and natural factors, which influence the erosion most and the methods of evaluating its intensity. The next part is focused on determining the potential threat of agricultural and arable soil by wind erosion, which uses soil bonitation. Wind erosion affects mainly arable land in the fertile part of the Elbe Lowland and South Moravia. These areas are the main agricultural ones in the Czech Republic; it is therefore necessary to protect them from damage. For this reason, attention is focused on the application of organizational, agro-technical and technical measures to protect soil against wind erosion. However, it should be noted that only a comprehensive use of these measures can ensure the desired effect. The final part explores the district of Nymburk, which is mainly in its western part at risk from wind erosion. To supplement the practical part, own filed research focused on methods of protection against wind erosion used in this district was carried out.

Keywords: wind erosion, the soil, anti erosion measures, the district of Nymburk

Obsah:

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce .....	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Větrná eroze .....	12
3.1.1	Faktory ovlivňující větrnou erozi.....	13
3.1.2	Stanovení intenzity větrné eroze .....	16
3.1.3	Stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erozí .....	19
3.1.4	Rozšíření větrné eroze v ČR .....	21
3.1.5	Příčiny a následky větrné eroze.....	25
3.1.6	Opatření na ochranu před větrnou erozí.....	27
3.1.6.1	Organizační opatření.....	28
3.1.6.2	Agrotechnická opatření.....	29
3.1.6.3	Technická opatření.....	34
3.2	Větrná eroze a protierozní opatření v okrese Nymburk .....	39
3.2.1	Popis zájmového území.....	39
3.2.2	Potenciální ohroženost větrnou erozí v okrese Nymburk .....	40
3.2.3	Protierozní opatření v okrese Nymburk .....	44
4	Diskuse.....	53
5	Závěr .....	55
6	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	56



7	Seznam obrázků, tabulek a fotografií.....	62
8	Přílohy.....	65

# 1 Úvod

Vítr je vedle vody, ledu, sněhu jeden z hlavních činitelů způsobující erozi půdy. Tito činitelé v přirozených podmínkách působí zvolna a nepozorovaně vytváří zemský reliéf. V intenzivně využívané krajině se však eroze výrazně zrychluje. Při zrychlené erozi dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemůžou být nahrazeny půdotvorným procesem jako u eroze normální (Holý, 1994), (Kukal et al., 2005), (Janeček et al., 2008).

Největší škody působí vodní a větrná eroze. Oldeman (1992) uvádí světový rozsah půd jimi ohrožených (Tab. 1).

Tab. 1: Rozsah ploch půd ohrožených vodní a větrnou erozí (v mil. ha)

Světadíl	Eroze	
	vodní	větrná
Asie	441	222
Afrika	227	186
Severní Amerika	60	35
Střední a Jižní Amerika	169	47
Evropa	114	42
Oceanie	83	15
Svět	1 094	548

Zdroj: Oldeman, 1992

Dané téma jsem si zvolila proto, že v současné době je v České republice ohroženo nebo jeví známky náchylnosti k vodní erozi okolo 50 % a k větrné erozi okolo 20 % zemědělské půdy (MZe, 2012). Větrná eroze představuje sice menší riziko než vodní eroze, ale přesto dokáže způsobovat značné škody v různých hospodářských odvětvích, zejména pak v zemědělství. Půda je nenahraditelný přírodní zdroj, proto se v práci věnuji i možnostem, jak půdu chránit před účinky větrné eroze.

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je přiblížení problematiky působení větrné eroze v České republice a shrnutí opatření používaných na ochranu před větrnou erozí na našem území. Součástí je i bližší zaměření na výskyt větrné eroze v okrese Nymburk a přehled půdoochranných metod používaných na ohrožené půdě.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Větrná eroze

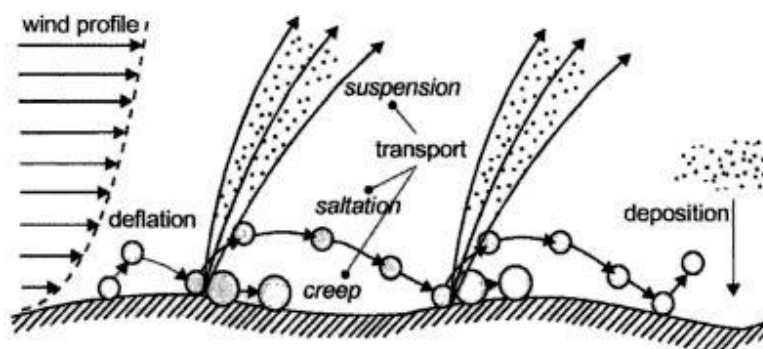
Hlavním činitelem větrné eroze je vítr (Janeček et al., 2008). Pod pojmem vítr rozumíme horizontální proudění vzduchu v atmosféře. Je vyvolaný rozdíly tlaku vzduchu (Wegeová, 2000) a směřuje z oblastí s vyšším tlakem vzduchu do oblastí s nižším atmosférickým tlakem. Na jeho směr působí uchylující síla zemské rotace, odstředivá síla, síla tření a vlastnosti zemského povrchu (Tolasz et al., 2007).

Větrná, neboli eolická eroze je přírodní proces, způsobující škody na půdním povrchu. Pro proces uvolňování půdních částic se využívá pojem abraze, uvedení těchto částic do pohybu se nazývá deflace. K těmto jevům může docházet i při malých rychlostech větru za působení turbulentního proudu přízemního větru s energií, která převyšuje gravitační síly půdní hmoty. Při snížení větrné síly, kdy větrná energie klesne pod danou hranici, dochází naopak k akumulaci vznesených částic na různých místech. Tyto etapy na sebe úzce navazují (Pasák et al., 1984), (Dufková, 2008), (Janeček et al., 2008).

Jinou podobou větrné eroze představuje koraze. Větrem odnášené půdní částice tvarují lehce zvětrávané horniny. Koraze je závislá na drsnosti a množství neseného materiálu, síle větru a na úhlu dopadajícího větru. Korazí vznikají skalní útvary např. skalní sloupy, skalní mosty či viklany (Holý, 1994).

Více autorů (Holý, 1994), (Janeček et al. 2008), (Shao, 2008) se shoduje, že množství částic a vzdálenost, na kterou jsou unášeny, závisí na jejich velikosti a síle větru. Jemnější půdní částice o průměru menším než 0,01 mm jsou přesouvány v podobě suspenze do velkých vzdáleností. Jejich klesání zpět na zem je velmi pomalé. Středně velké částice v průměru o velikosti 0,1 až 0,4 mm jsou přesouvány skokem neboli saltací. Při tomto pohybu dochází k největším přesunům půdní hmoty. Poslední druh pohybu je sunutí po povrchu. Tím jsou přemísťovány částice o velikosti 0,5 až 2,0 mm na nejmenší vzdálenosti, protože jsou natolik těžké, že je síla větru nezdvihne z povrchu. Všechny druhy pohybů jsou znázorněny na obrázku 1. Janeček et al., (2008) ve své publikaci uvádí, že nejvíce podléhající přesunu větrem jsou částice o velikosti 0,25 – 0,4 mm.

Obr. 1: Pohyby půdních částic



Zdroj: Cornelis, 2006

Větrná eroze se projevuje především na územích s lehkými půdami bez trvalé vegetace nebo tam, kde je rostlinná pokrývka jen málo vyvinuta za dlouho působícího silného větru, který půdu vysušuje (Janeček et al., 2008). Zřídka se vyskytuje jen v pásech, většinou působí na celou plochu ve směru vátí větru (Holý, 1994). Typicky se větrná eroze vyskytuje na území, která se vyznačují nižším úhrnem srážek než je jejich vsak a výpar – tzv. aridní oblasti (Svoboda et al., 1983), eventuálně v semiaridních oblastech. Mimo již zmíněné se s větrnou erozí setkáme i v humidních oblastech, obzvláště v sušších oblastech s nepříznivými fyzikálními podmínkami (Holý, 1994). Může se vyskytovat v podstatě po celý rok. Nejsilněji se projevuje po suché zimě, kdy kvůli nízkému úhrnu srážek silný vítr ničí vyprahlou ornici, která je ještě nepokrytá nebo málo zakrytá rostlinami. Značné škody působí také na podzim, kdy půdní povrch opět nechrání vegetace (Dufková, 2008).

### 3.1.1 Faktory ovlivňující větrnou erozi

Mechanismus erozních dějů je ovlivněn vzájemným působením přírodních a antropogenních faktorů, které jej ovlivňují a způsobují (Holý, 1994). Antropogenní faktory zahrnují zejména **délku a orientaci pozemků**, včetně **způsobu hospodaření** na pozemcích a užití umělé závlahy. Mezi přírodní faktory patří **klimatické** (směr a rychlost proudění vzduchu, atmosférické srážky, teplota a vlhkost vzduchu), **vegetační** (rostlinný kryt, posklizňové zbytky), **geomorfologické** (tvar a rozmístění svahů, výskyt rovin a závětrných lokalit), **půdní a geologické** (geologická skladba

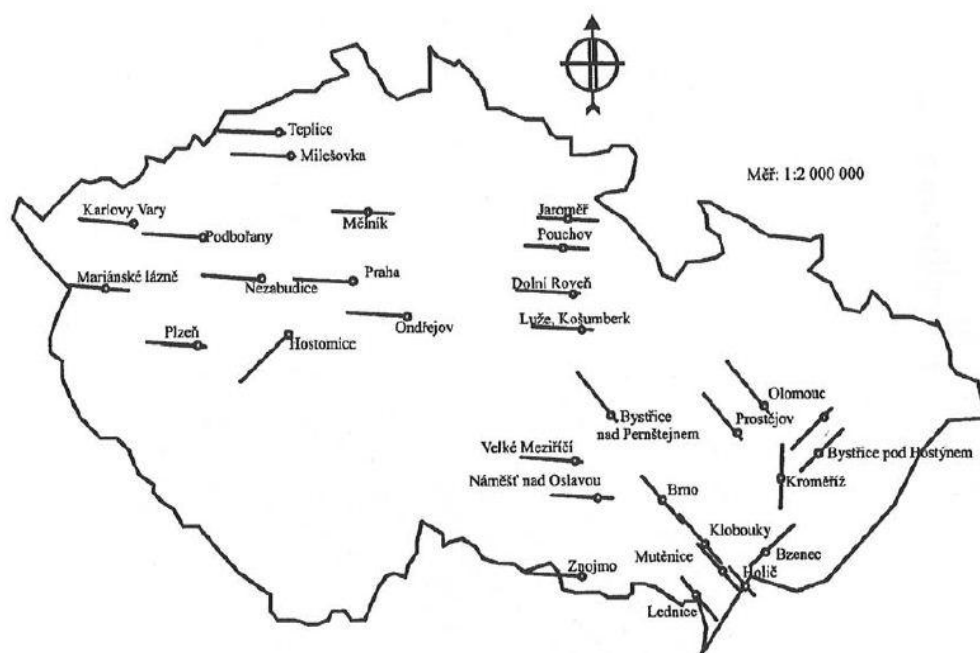
území, velikost a tvar půdních částic, vlhkost půdy, půdní struktura, drsnost půdního povrchu) (Podhrázká et al., 2011). Odpor půdních částic k přesunu větrem a síla větru jsou dva nejdůležitější faktory, na kterých závisí pohyb půdní hmoty, jak uvádí Pasák et al., (1984).

Nejintenzivněji podléhají deflaci plochy rovnoběžné se směrem vzdušného proudu. Délka území a sklonitost má také podstatný vliv na náchylnost půdy k erozi neboli erodovatelnost půd větrem. S rostoucí délkou území ve směru vzdušného proudění stoupá množství uvolněné půdní hmoty. Intenzita deflace klesne díky rozdělení území na více menších celků. Odnosná síla větru se rovněž zvětšuje nad terénními nerovnostmi sklonitého pozemku, proto vodorovný pozemek je méně erodovatelný (Janeček et al., 2008), (Janeček et al., 2012).

Zásadní ochranu při ničivých účincích větru vytváří rostlinný kryt, neboť větrná eroze se vyskytuje převážně na vegetací málo chráněných či holých půdách (Janeček et al., 2012). Vegetační porost funguje jako kryt půdních částic. Snižuje rychlost větru, pomáhá zachytit částice, které jsou již v pohybu a zároveň zpevňuje povrch půdy svými kořeny. Zvyšující se obsah organické hmoty v půdě napomáhá omezit její náchylnost k větrné erozi. Organická hmota se rozkládá, a vznikající půdní humus je významný při tvorbě hliněných hrud, které mají za následek méně erodovatelnou půdní strukturu (Uli et al., 2006).

Převládající směr působení, rychlost a doba trvání větru ovlivňuje velikost pohybu půdy (Janeček et al., 2003). Dle atlasu podnebí Česka se na většině našeho území průměrná roční rychlost větru pohybuje v rozmezí 2 – 4 m.s<sup>-1</sup>. Na jižní Moravě a západně až severozápadně od Prahy jsou oblasti s vyšší rychlostí 4 – 5 m.s<sup>-1</sup>. Nejnížší rychlosti větru jsou v letních měsících, naopak nejvyšší průměrné rychlosti přináší zimní sezóna, kdy je rychlost větru 7 – 10 m.s<sup>-1</sup>. Na moravských meteorologických stanicích je nejčastější směr severozápad-jihovýchod, výjimečně sever-jih, ale na většině našeho území převládají jihozápadní a západní směry větru (Obr. 2) (Tolasz et al., 2007).

Obr. 2: Převládající směry větru v ČR



Zdroj: Podhrázská et Dufková, 2005

K zahájení pohybu půdního materiálu je zapotřebí větší rychlosti větru než pro jejich udržení v pohybu (Holý, 1994). Pasák et al., (1984) stanovili počáteční rychlost větru pro odnos půdních zrn na  $2 - 3 \text{ m.s}^{-1}$ . Velikost unášecí síly větru závisí na velikosti unášené půdní částice. Aby mohl nastat odnos půdy, je pro zvednutí půdního zrna určitého průměru potřeba určitá kritická rychlost větru (Švehlík, 1985). Kritická rychlost větru je rychlost větru, při které nastává větrná eroze, která dosahuje až k horní hranici přípustného množství odnosu půdy a liší se pro různé typy půd (Janeček et al., 2008). Kritická rychlost větru pro jednotlivé druhy půd s ohledem na jejich vlhkost jsou uvedeny v tabulce 2 (Janeček et al., 2003).

Tab. 2: Kritické rychlosti větru pro různé druhy půd

Druh půdy	Suchá půda	Vlhká půda
	Kritická rychlost ( $\text{m.s}^{-1}$ )	
Písčitá	3,3	8,0
Hlinitopísčitá	3,3	20,0
Písčitohlinitá	6,4	11,3
Hlinitá	22,0	22,0

Zdroj: Janeček et al., 2003

Erodatelnost půdy je ovlivněna do určité míry velikostí, tvarem a hustotou půdních částic a do určité míry závisí na jejich vzájemné soudržnosti (Chepil, 1958). Rozdílné tvary půdních jednotek ovlivňují deflaci velmi málo, rozhodující podíl má hlavně jejich velikost (Pasák et al., 1984). Chepil (1958) stanovil hranici mezi erodovatelnými a neerodovatelnými půdními částicemi na 0,84 mm. V těžkých půdách je tato hranice 2,0 mm, jak uvádí Pasák et al., (1984).

Půdní struktura má přímý vliv na rychlost pronikání vody do půdy. Větrná eroze se obecně snižuje s rostoucí vlhkostí půdy. To platí především u půd písčitých a hlinitopísčitých, protože vodní film obklopující částice má tendenci zvyšovat jejich soudržnost (Uli et al., 2006). Půdní vlhkost vždy závisí na množství a výskytu srážek. Ovlivněna je teplotou, slunečním zářením, vlhkostí ovzduší a směrem a silou větru. Půdní druh a způsob obdělávání půdy, vegetační kryt, tvar terénu a vodní systém v půdě jsou ostatní vlivy, které působí na míru vlhkosti půdy (Dufková et Pokladníková, 2004).

Hrudovitá struktura půdy přispívá ke snížení erodovatelnosti větrem. Jílnaté částice spolu s vodou umožňují tvorbu hrud a škraloupu na povrchu půdy (Pasák, 1970). K tomuto jevu napomáhá prudké střídání suchého a mokrého období (Dufková et Toman, 2005). Drsný půdní povrch brzdí rychlost přízemního větru lépe než hladký a díky povrchové nerovnosti dochází k zachycování půdních částic. K větší síle a zvýšení turbulence větru naopak přispívá příliš zratelná povrchová drsnost s vyvýšeninami (Janeček et al., 2008). Mnoho autorů (Pasák, 1970), (Dufková et Toman, 2005), (Janeček et al., 2008), (Uli et al., 2006) uvádí, že na půdách lehkých, suchých, rovných, hladkých a jemně prašných dochází k odnosům půdní hmoty v největší míře. Tedy půda s vyšším obsahem jílu je obecně méně erodovatelná než ta s nižším obsahem jílu (Pasák et al., 1984), (Janeček et al., 2008), ačkoliv bývají méně propustné (Uli et al., 2006).

### 3.1.2 Stanovení intenzity větrné eroze

Intenzita větrné eroze se určuje ztrátou půdy z jednotky plochy za určité období a je ovlivněna mnoha přírodními a antropogenními faktory (Holý, 1978). Lze určit skutečnou erodovatelnost nebo také erodovatelnost, která je pro danou oblast s určitými podmínkami charakteristická, předpokládaná či typická. Ta se označuje



jako potenciální. Její výpočty zpravidla vycházejí z jednotlivých faktorů podílejících se na vzniku větrné eroze (Podhrázká et al., 2008). Souhrnné působení všech faktorů ovlivňující větrnou erozi, je poměrně složité, proto se mnoho autorů zaměřilo na hodnocení dílčích činitelů (Holý, 1994).

Pro stanovení potenciální větrné eroze lze použít vzorec dle Pasáka (1984), jenž zahrnuje vztah, ve kterém je erodovatelnost jednotlivých druhů půd závislá na obsahu jílnatých částic a předpokladu erozního účinku větru, který se vyskytuje 4 dny v roce. Vzorec je ve tvaru:

$$E = 875,52 * 10^{-0,0787 M}$$

E značí odnos půdy větrem a je vyjádřen v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . M je procentní obsah jílovitých částic ( $<0,01$  mm) v půdě. Je-li znám obsah jílnatých částic v půdě, je možné přímo stanovit hodnotu odnosu půdy z grafu (Příloha 1) (Janeček et al., 2008).

Skutečnou náchylnost půdy k větrné erozi lze přímo měřit a sledovat v krajině. K tomu je nutno znát aktuální vlhkost půdy a sílu větru, což jsou hodnoty momentální. Zjišťování těchto hodnot probíhá v terénu, daná situace se může měnit a tím i velikost eroze, proto výsledek velikosti eroze platí jen pro daný okamžik (Janeček et al., 2008).

K výpočtu erodovatelnosti, která zachycuje aktuální vzájemné působení všech hlavních vlivů na proces větrné eroze, lze využít rovnici ve tvaru:

$$E = 22,02 - 0,72P - 1,69V + 2,64R$$

E značí erodovatelnost půdy větrem ( $g \cdot m^{-2}$ ). P vyjadřuje procentní obsah neerodovatelných částic ( $>0,8$  mm) v půdě. Zjišťuje se pomocí síta s průměrem ok 0,8 mm, kterým se prosévá průměrný vzorek půdy z povrchové vrstvy. Porovnáním váhy celkového vzorku a vzorku po přesetí sítem se určí procentní obsah neerodovatelných částic v půdě. Poměrnou vlhkost půdy značí V. Je výsledkem poměru okamžité vlhkosti ( $V_0$ ), která se zjišťuje přímo na zkoumaném území a nepřístupné vody ( $V_n$ ).  $V_n$  se vypočítá jako podíl obsahu jílnatých částic ( $<0,01$  mm) v půdě ku 2,4. R vyjadřuje rychlost větru při povrchu půdy ( $m \cdot s^{-1}$ ). Rovnice udává

jednorázovou ztrátu půdy větrem. Pro snadné určení výsledku slouží spojnicový nomogram (Příloha 2) (Pasák et al., 1984).

Přípustná hodnota přesunu půdní hmoty se rovná  $1,4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ . Byla stanovena s ohledem na to, aby nedocházelo k poklesu úrodnosti půdy. Tato hranice slouží pro porovnání výsledné velikosti eroze na daném pozemku (Janeček et al., 2008).

Komplexní hodnocení zásadních vlivů na proces eolické eroze přináší i rovnice k výpočtu intenzity větrné eroze dle N. P. Woodruffa et F. H. Siddowaye, kterou pro naše poměry upravil K. Vrána (Janeček et al., 2008).

Dále lze využít metody hodnocení erozních procesů, a to (Holý, 1994):

1. stanovení míry erozního ohrožení podle O. Riedla,
2. stanovení náchylnosti půdy k větrné erozi podle R. Švehlíka a D. Zachara,
3. stanovení erodovatelnosti půdy podle A. I. Sarajeva a G. O. Schwaaba,
4. stanovení potenciální větrné eroze podle W. S. Chepila,
5. stanovení erodovatelnosti půdy podle A. I. Barajeva.

Metoda 1. a 2. stanovují ohroženost území větrnou erozí na základě zvolených kritérií. Množství ztráty půdy větrnou erozí na základě aktuálních hodnot jednotlivých faktorů umožňuje 3. a 4. metoda (Podhrázská et al., 2008). Navíc 4. postup zahrnuje vlivy spolupůsobení řady erozních činitelů do souhrnného vztahu (Holý, 1994). Poslední metoda hodnotí vliv vegetace na erodovatelnost půdy větrem (Janeček et al., 2002).

K hodnocení intenzity větrné eroze je tedy možno přistoupit mnoha způsoby. Podhrázská et al. (2008) upozorňuje, že výpočty ke stanovení potenciální i skutečné erodovatelnosti půdy větrem vyplývají z domněnky, že eroze postihuje jen lehké půdy. Ovšem za konkrétních klimatických podmínek jsou i půdy těžké erozně ohrožené, proto se stále hledají nové metody a postupy pro posouzení erodovatelnosti i těžkých půd.

### 3.1.3 Stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erozí

Stanovením potenciální ohroženosti půd větrnou erozí v České republice se zabývají ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP). Využívají k tomu informace a údaje z jednotné celostátní půdoznalecké databáze o BPEJ - bonitovaných půdně-ekologických jednotkách (Janeček et al., 2000), což je pětimístný číselný kód vyjadřující hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a na její ekonomické ohodnocení. Tento kód lze nalézt v bonitačních mapách a datové bázi BPEJ, kde: 1. číslice udává příslušnost ke klimatickému regionu, 2. a 3. číslice určuje příslušnost k hlavní půdní jednotce, 4. číslice značí sestavu údajů o svažitosti a expozici ke světovým stranám a 5. číslice je kombinací údaje o skeletovitosti a hloubce půdního profilu (Vráblíková et Vráblík, 2008).

Ke stanovení stupně potenciální ohroženosti půdy větrnou erozí byly využity údaje o klimatických regionech a hlavních půdních jednotkách (HPJ), tedy faktorů, které přímo ovlivňují větrnou erozi (VÚMOP, 2011). Klimatický region charakterizuje území s přibližně stejnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. Je dán sumou průměrných denních teplot nad 10 °C, průměrnými ročními teplotami a průměrným ročním úhrnem srážek, pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období a vláhovou jistotou. HPJ je určena zejména genetickým půdním typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. V České republice bylo vymezeno 10 klimatických regionů, označených kódy 0 – 9 a 78 typů HPJ (Vráblíková et Vráblík, 2008).

Podle náchylnosti k větrné erozi byly odstupňovány HPJ, mimo HPJ 76-78 a mimo částí půdních bloků, které nejsou bonitovány a klimatické regiony. U klimatických regionů bylo použito prvních pět kódů (0 – 4), tedy velmi teplé, suché až mírně teplé a suché území. Ostatní byly považovány za nenáchylné, avšak pouze z hlediska klimatického regionu, nikoliv z hlediska půdních poměrů, které byly zohledněny ve všech regionech (VÚMOP, 2011).

Součin faktoru klimatického regionu a faktoru hlavní půdní jednotky vyjadřuje výsledné hodnocení potenciální erozní ohroženosti zemědělské půdy

(dle databáze BPEJ). Za předpokladu, že jen orná půda je ohrožena větrnou erozí, se používá varianta, kdy je výsledné hodnocení potenciální erozní ohroženosti vyjádřeno váženým průměrem součinů jednotlivých faktorů a plošného zastoupení jednotlivých kódů BPEJ pro půdní bloky orné půdy. Šesti kategoriemi ohroženosti je formulováno výsledné hodnocení potenciální erozní ohroženosti větrem (Tab. 3) (VÚMOP, 2011).

Tab. 3: Kategorizace ohroženosti větrnou erozí

Kategorie	Koeficient ohroženosti	Stupeň ohroženosti
1	< 4	bez ohrožení
2	4,1 – 7	půdy náchylné
3	7,1 – 11	půdy mírně ohrožené
4	11,1 – 17	půdy ohrožené
5	17,1 – 23	půdy silně ohrožené
6	> 23,1	půdy nejohroženější

Zdroj: VÚMOP, 2011

Toto stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erozí vychází z postupu Janečka et Pasáka (1971), kteří použili erozně klimatického faktoru, který je užíván jako index vlivu průměrné vlhkosti půdního povrchu a průměrné rychlosti větru na průměrnou erodovatelnost půdy větrem, k vymezení 5 stupňů náchylnosti k větrné erozi na území Československa. Následně Janeček (1997) zohlednil i půdní poměry a vymezil 6 kategorií ohroženosti území větrnou erozí v ČR.

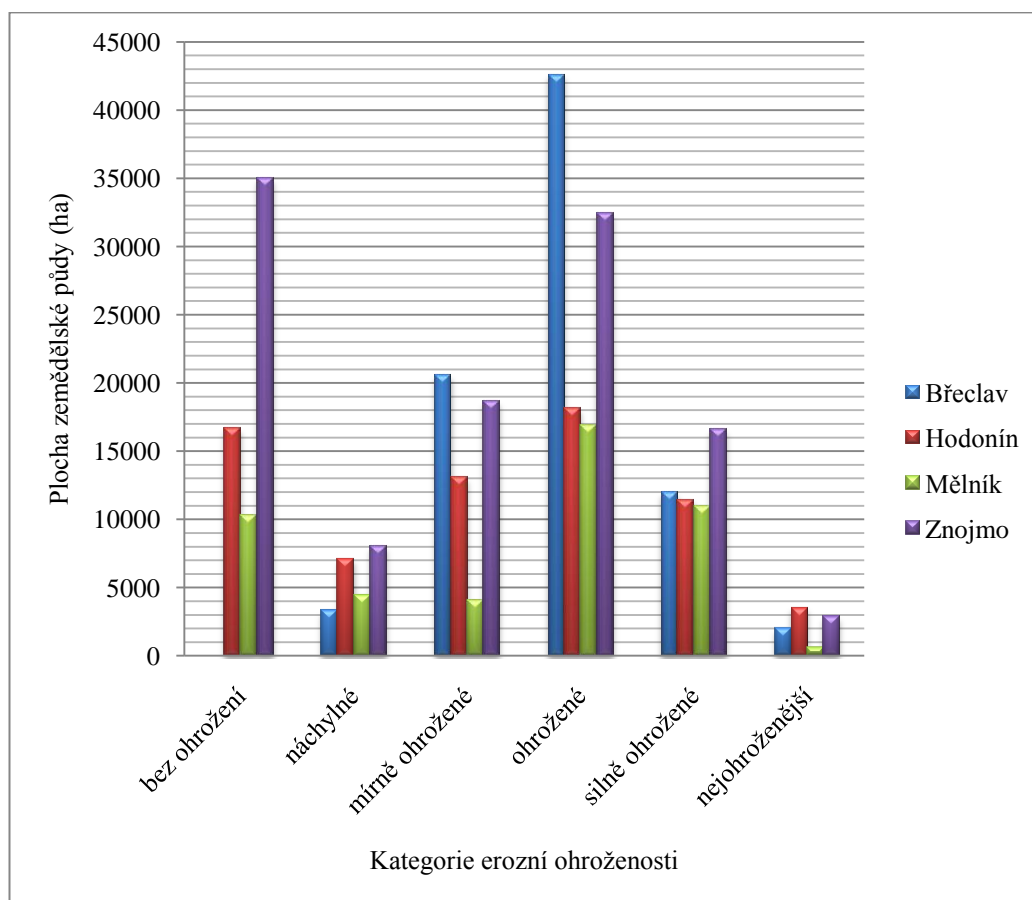
Prostřednictvím geografického informačního systému o půdě SOWAC GIS, který zřizuje VÚMOP, v. v. i. Praha lze nahlížet do mapového serveru, který obsahuje tematický mapový projekt Vodní a větrná eroze půd ČR. V tomto mapovém projektu jsou promítnuty stupně potenciálního ohrožení zemědělského půdního fondu i orných půd větrnou erozí v šesti kategoriích pro všechny katastry České republiky (VÚMOP, 2011a).

Plošné stanovení ohroženosti území větrnou erozí slouží především pro zakládání nových a pro úpravu stávajících větrolamů a je nutné pro projekční a návrhové účely, které poskytují návod na prostorové a funkční uspořádání opatření proti větrné erozi (Podhrázká et al., 2008)

### 3.1.4 Rozšíření větrné eroze v ČR

Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, větrnou erozí jsou ohroženy zejména relativně suché a teplé oblasti s lehkou písčitou půdou. Jedná se především o území jižní Moravy a Polabí (Janeček et al., 2012). Holý (1978) rozvádí výčet nejvíce postihovaných oblastí o oblast středočeskou, východočeskou a oblast Poohří. Na Moravě se jedná o oblast Znojma, Mikulova, Dolnomoravského a Dyjskosvrateckého úvalu. Mezi potenciálně nejvíce ohrožené okresy patří Znojmo, Hodonín, Břeclav a Mělník (Obr. 3), (Janeček et al., 2000).

Obr. 3: Plochy zemědělské půdy ohrožené větrnou erozí v (ha) dle kategorií



Zdroj: Janeček et al., 2000

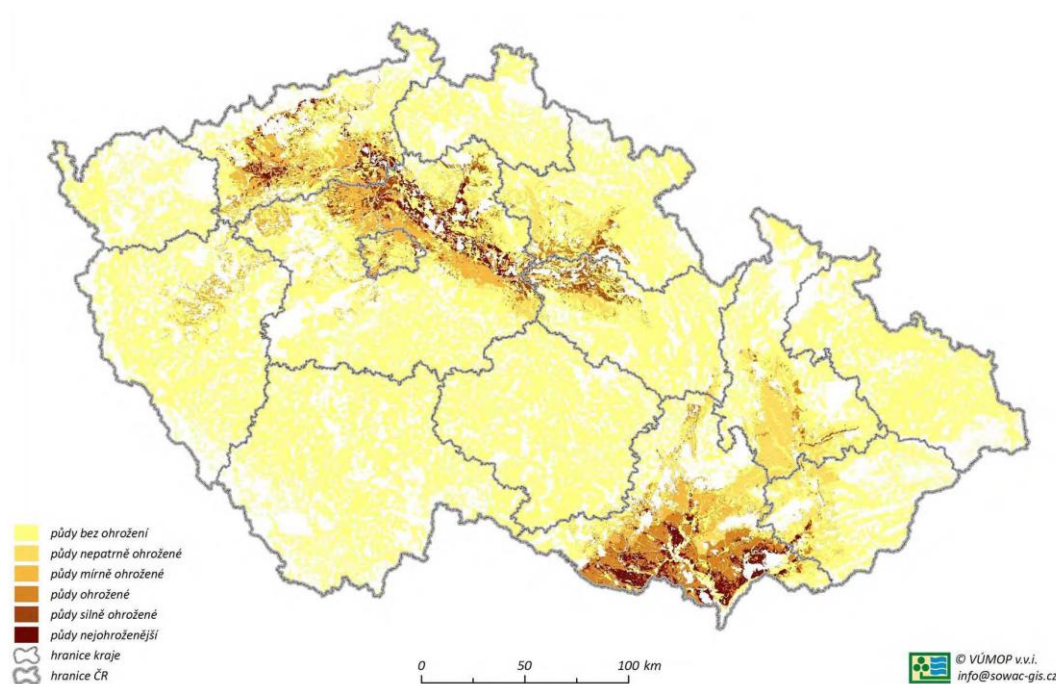
Téměř před 40 lety bylo uvedeno, že zemědělská půda v ČSSR je ohrožena větrnou erozí z 26 % v Čechách, ze 45 % na Moravě a z 24 % na Slovensku (Holý, 1978). V současné době je zemědělská půda v ČR ohrožená nebo jeví známky náchylnosti z 19,4 % (Tab. 4) (MZe, 2012). Oblasti zemědělské půdy potenciálně ohrožené jsou patrné z mapového zobrazení (Obr. 4).

Tab. 4: Ohrožení zemědělských půd ČR větrnou erozí

Kategorie erozní ohroženosti	Zastoupení jednotlivých kategorií na ZP v rámci ČR (%)
Půdy nejohroženější	2,54
Půdy silně ohrožené	1,54
Půdy ohrožené	4,55
Půdy mírně ohrožené	5,68
Půdy náchylné	5,08
Půdy bez ohrožení	80,60

Zdroj: MZe, 2012

Obr. 4: Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí



Zdroj: VÚMOP, 2011

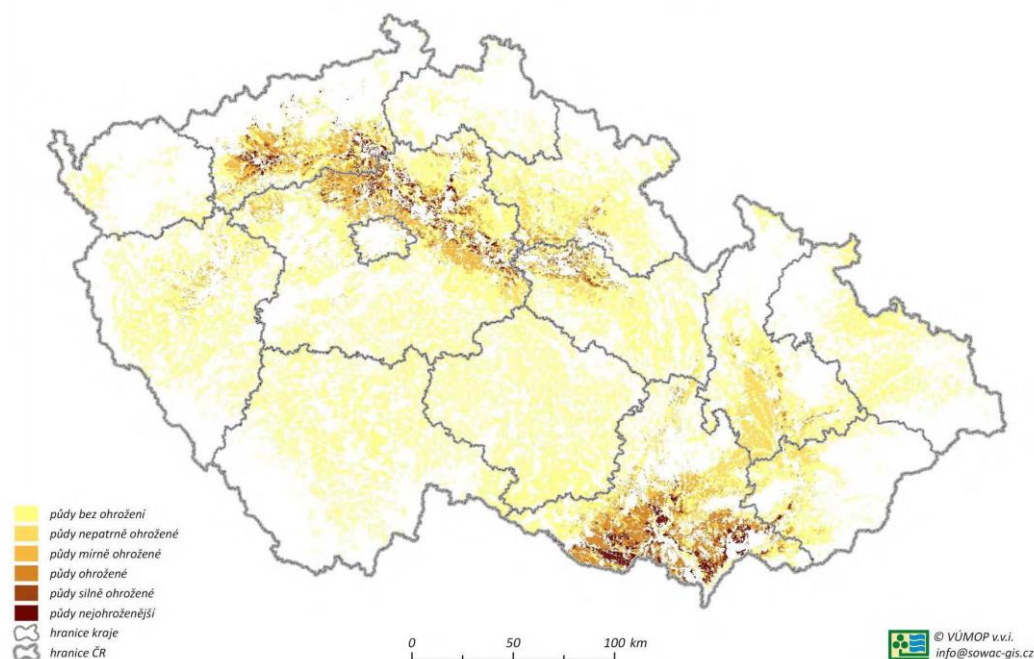
Škody způsobené větrnou erozí vznikají především na orných plochách. Potenciálně je ohroženo zhruba 25 % výměry orné půdy, tedy čtvrtina orné půdy je ohrožena či je náchylná k větrné erozi (VÚMOP, 2011). Ve Statistice půd ohrožených degradací v ČR za rok 2012 je uveden procentní podíl a výměra potenciální ohroženosti orné půdy větrnou erozí (Tab. 5), (Pírková et al., 2013). Rozložení oblastí orných půd, které jsou případně ohrožené procesy větrné eroze, je vidět na obrázku 5. Orná půda je potenciálně nejvíce ohrožená větrnou erozí v kraji Jihomoravském, Ústeckém a Středočeském. Naopak v kraji Jihočeském, Moravskoslezském, Libereckém, Karlovarském a v kraji Vysočina je bez ohrožení (SOWAC-GIS, 2013b).

Tab. 5: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí - zastoupení kategorií erozní ohroženosti v České Republice

Kategorie erozní ohroženosti	Podíl (%)	Výměra (ha)
Půdy nejohroženější	3,22	80 875
Půdy silně ohrožené	1,82	45 686
Půdy ohrožené	5,79	145 413
Půdy mírně ohrožené	7,42	186 433
Půdy náchylné	7,07	177 685
Půdy bez ohrožení	74,33	1 866 759
Nehodnoceno	0,34	8 627
<b>Celkem</b>	<b>100,0</b>	<b>2 511 478</b>

Zdroj: Pírková et al., 2013

Obr. 5: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí



Zdroj: VÚMOP, 2011

Potenciální ohrožení půdy větrnou erozí vychází z půdních vlastností a ze začlenění daného území do klimatického regionu. Z předpokladu, že k větrné erozi jsou náchylné pouze půdy lehké, se vycházelo při tvorbě těchto uvedených map (Pokladníková et al., 2010). Ovšem terénní průzkumy větrné eroze ukazují její intenzivní výskyt i v oblastech s těžšími jílovitohlinitými půdami (Dostál et al., 2006). To potvrzuje i Dufková (2008) a udává příklad, že větrná eroze dokáže záporně působit i na půdách těžkých, které jsou obecně považovány za méně erodovatelné větrem. Jedná se o území jihovýchodní Moravy pod Bílými Karpatami. Eolická eroze působí podle Dufkové (2008) při špatném obhospodařování, za nepříznivých klimatických podmínek, hlavně v zimním období na půdách s hlavní půdní jednotkou 06, 07 a 20. Půdní struktura se vlivem zamrzání a opětovného tání rozpadá, proto jsou zde půdy silně ohrožovány, i když v jiných územích se zrnitostně řadí k půdám neohroženým.

Díky přechodu k velkoplošnému zemědělství a intenzifikaci zemědělské produkce po roce 1950, kdy byly vytvořeny velké celky orné půdy, se mohla větrná eroze rozšiřovat i do míst, které dosud nebyly ohrožené (Dostál et al., 2006). Vopravil et al. (2010) upozorňuje, že větrná eroze ohrožuje 430 tis. ha zemědělské půdy a způsobila již škody na zhruba 6 tis. ha. Další rozšiřování větrné eroze do



prozatím nepostižených území předpokládají výzkumy týkající se klimatických změn (Pokladníková et al., 2010).

Takový výzkum předkládá např. Dufková et Pokladníková (2004), které sledovaly změny erozně klimatického faktoru ovlivněné proměnlivostí meteorologických prvků. K hodnocení vlivu klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze byly použity data týkající se rychlosti větru, množství srážek a teploty za období 1961–2003 z 16 meteorologických stanic jižní Moravy. Čtyři varianty budoucího vývoje klimatu do roku 2050 byly následně aplikovány na staniční data. Z dat klimatu současného i z klimatických scénářů byl vypočten erozně klimatický faktor. Zvýšení jeho hodnot odhadují scénáře klimatické změny a roste i během sledovaného období. Výsledné hodnocení poukazuje na zvýšení potenciální ohroženosti půdy větrnou erozí. Vlivem možné klimatické změny může větrná eroze ohrozit doposud nepředpokládaná území. Přírůstek výměry půd ohrožených větrnou erozí bude podle výzkumu Dufkové et Pokladníkové (2004) představovat odhadem minimálně 100 000 ha.

### 3.1.5 Příčiny a následky větrné eroze

Příčinou vzniku větrné eroze je zejména nadměrná velikost půdních bloků s jedním druhem plodiny. Příčiňují se také chybějící větrolamy, ať již přirozené nebo uměle vysazované stromořadí či remízky. Na odnos půdy větrem působí i další faktory uvedené v kapitole 3. 1. 1, které ovlivňují vazkost půdy a zvyšují odpor částic proti odnosu větrem, především se jedná o chybějící rostlinný pokryv (MZe, 2012).

Díky procesům eroze a nesprávnému obhospodařování půdy dochází k její degradaci, jež má za následek pokles kvality a zmenšení produkčního potenciálu půdy. Klesající množství organické hmoty, nepříznivé změny v koloběhu živin a změny ve struktuře a textuře půdy vypovídají o půdní degradaci (Janeček et al., 2012). Negativní následky větrné eroze se projevují i u dalších přírodních zdrojů – vzduchu a vody, které jsou znečišťovány uvolněnými a transportovanými látkami (Holý, 1994).

Větrná eroze poškozuje půdní strukturu, která má vliv na dostupnost vody pro rostliny (Janeček et al., 2002). Přesouvá svrchní část ornice, bohatou na živiny a organickou hmotu, čímž se snižuje stálá úrodnost půdy. Odnáší hnojiva a osivo, odhaluje kořínky klíčících rostlin, či naopak dochází k jejich překrývání. Poškozuje vzcházející zemědělské plodiny saltujícími částicemi. Nejvíce tím trpí zelenina a řepa cukrovka (Podhrázská et Dufková, 2005). Projev větrné eroze na Znojemsku v roce 2012 je vidět na obrázku 6.

Škody způsobuje větrná eroze i v ostatních odvětvích hospodářství, např. zavátí kultur, zavátí nebo poškození staveb, komunikací, kanálů a příkopů (Holý, 1994). Janeček et. al (2012) uvádí, že vlivem intenzivních erozních procesů způsobenými extrémně silnými větry vznikají prašné bouře v okolí Bánova a Suché Lozi. Dochází zde k zanášení příkopů cest (Obr. 7) a koryt vodních toků a utvářejí se zde prachové závěje vysoké až několik metrů způsobující obtíže obyvatelům místních obcí. Polétavý jemný prach vniká do obytných místností a do stojů, které může poškodit. Zhoršená kvalita vzduchu vzniklá v důsledku větrných událostí, může mít negativní následky i na lidském zdraví (Janeček et al., 2002). Pasák (1984) se zmiňuje, že v oblasti jižní Moravy se výrazné škody způsobené větrnou erozí opakují po čtyřech až šesti letech, avšak k menším škodám dochází každoročně.

Obr. 6: Větrná eroze



Zdroj: ČT 24, 2012

Obr. 7: Zavátý příkop u cesty



Zdroj: Janeček et al., 2002

### 3.1.6 Opatření na ochranu před větrnou erozí

Úkolem protierozní ochrany je zabránění nepříznivým následkům, které by mohly poškozovat zejména zemědělskou výrobu. Pro dosažení nejpříznivějšího účinku je nezbytné soubor protierozních opatření sladit s požadavky zemědělské výroby, vodního hospodářství, dopravy, průmyslu a dalších oblastí hospodářství (Holý, 1994).

V podrobném posuzování náchylnosti zejména půd zemědělských, je nutné pokaždé určovat momentální erodovatelnost půd větrem. Na tomto základě spolu s vyhodnocením terénních šetření je pak možné zvažovat potřebné protierozní opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru (Dufková, 2004), (Janeček et al., 2008). Větrnou erozi můžeme omezit udržováním vegetačního krytu půdy, zvyšováním povrchové hrubosti a zkracováním šířky polí, na které kolmo působí síla větru. Jednotlivé postupy ochrany mohou být účinné, kombinace postupů je však základním požadavkem pro plánování protierozních opatření (Tibke, 2006). Janeček et al. (2002) zároveň upozorňuje, že preventivní protierozní ochrana je mnohem efektivnější, než následná snaha různými zúrodňujícími opatřeními vrátit erozí poškozenou půdu do původního stavu.

### 3.1.6.1 Organizační opatření

Správné uspořádání pozemků, vhodný výběr užitkových rostlin a vymezení ploch k jejich pěstování je podstatou tohoto opatření. Ideální tvar zemědělského pozemku je obdélníkovitý. Jeho delší strana by měla být kolmo na směr převládajícího směru větru, aby protivětrná a kultivační opatření byla prováděna kolmo na převládající směr větru. Šířka pozemku musí umožňovat pásové střídání plodin v dostačujícím počtu a šířce pásů, ovšem na písčítých půdách neohraněných vegetací by neměla přesáhnout 50 m ve směru převládajícího větru. Velikost pozemků závisí na způsobu ochranného obhospodařování a stávajících bariérách, jako jsou větrolamy, aleje, budovy a terénní překážky (Janeček et al., 2002, Janeček et al., 2012).

Při rozmisťování rostlin lze využít jejich přirozenou odolnost proti erozi. Travní porosty, víceleté pícniny, ozimé obiloviny jsou nejvíce odolné. Na silně ohrožených pozemcích větrnou erozí je nejvhodnější trvalé zatravnění poskytující ochranu půdě před erozí a udržující půdní vlhkost. Trávy, jeteloviny a ozimé obiloviny by se měly začleňovat do osevních postupů na velmi náchylných půdách. Střední odolnost mají jarní obiloviny a řepka ozimá. Pěstování málo odolných plodin jako jsou okopaniny, slunečnice, kukuřice, mák a zelenina na náchylné půdě vyžaduje na začátku jejich růstu ochranu před větrem (Janeček et al., 2002, Janeček et al., 2012).

K ochraně erozně ohrožených plodin je možno využít pásové pěstování (Obr. 8). Smysl má ovšem pouze při zakládání pásů kolmo na směr převládajících větrů. Různě široké pásy plodin se vkládají mezi pěstované erozně ohrožené plodiny. Rychlost větru při povrchu půdy ještě více snižují pěstované rostliny s rozdílnou výškou. Ochranná vegetace se ponechává na pozemcích i přes zimu, až do založení nových pásů (Podhrázská et Dufková, 2005). Šířka protideflačních pásů se navrhuje od 40 až 50 m do 100 až 200 m. Rizikové plochy jsou chráněny v závětrí do vzdálenosti 20 násobku výšky kulisy a v návětrí do 10 násobku výšky kulisy. Zmírnění nebo zabránění odnosu půdy a snížení výparu vody z polí patří k dalším výhodám (Janeček et al., 2012).

Obr. 8: Ochranné pásy vyšších plodin



Zdroj: Janeček et al., 2000

#### 3.1.6.2 Agrotechnická opatření

Tato opatření navazují na organizační opatření a využívají speciální stroje a postupy k udržování půdní struktury, ke kultivaci půdy a stabilizaci jejího povrchu. Využívají se také k mulčování a zelenému hnojení, které zvyšují vlhkost půdy a obohacují půdu o potřebné organické látky (Janeček et al., 2003).

Klasickou orbou se zaklápí rostlinné zbytky a povrch zorané půdy rychle vysychá, tudíž není vhodná pro silně náchylné půdy k větrné erozi (Janeček et al., 2008). Proto v erozně ohrožených oblastech je třeba půdu ochranně obdělávat. Ochranné obdělávání je systém ochrany půdy, který chrání především půdní povrch před působením eroze, zapojeným porostem pěstovaných plodin nebo ponechává a udržuje nejméně 30 % rostlinných zbytků na jejím povrchu. Při této praxi se místo orby provádí kypření, při kterém se strništní plochy s posklizňovými zbytky zapravují jen z části a na povrchu půdy se tvoří mulč. Při kypření se půda nepřeklápí, ale jen podřezává a částečně drobí (Janeček et Bohuslávek, 2000). Na písčitéch půdách je třeba kypření povrchu minimalizovat (Janeček et al., 2008).

Vliv sníženého obdělávání půdy na povrchové půdní vlastnosti, které omezují větrnou erozi, potvrzuje i studie, která byla provedena v suché zemědělské oblasti ve Španělsku (Lopéz et al., 2000). V průběhu třech experimentálních, terénních akcí

byly studovány vlivy konvenčního obdělávání půdy skládající se z radliční orby do hloubky 30 až 35 cm a z průjezdu zhutňovacím válcem a sníženého obdělávání půdy složeného pouze z jednoho průjezdu kypřičem do hloubky 15 až 20 cm na povrchové vlastnosti půdy, které ovlivňují větrnou erozi. Výsledky ukazují, že vlivem sníženého zpracování půdy se snížila větrem erodovaná část povrchu půdy, v průměru o 10 % a významně se zvýšilo procento (o 30 %) půdního pokryvu s posklizňovými zbytky a hroudami. Namátková drsnost povrchu půdy byla po sníženém zpracování vyšší než po obvyklém zpracování (15% vs. 4%). Lopéz et al. (2000) zároveň doporučují snížení počtu operací kultivací půdy a obdělávání zemědělských ploch kolmo na dominantní směr větru. Stroje pro ochranné obdělávání lze rozdělit na radličkové a rotační kypřiče, které mají poháněné pracovní orgány. Radličkové kypřiče půdu mělce podřezávají díky šípovitým radličkám a půdu se zbytky vegetace nadměrně nepromíchávají (Obr. 9) (Janeček et Bohuslávka, 2000).

Obr. 9: Radličkový kypřič



Zdroj: Janeček et Bohuslávka, 2000

Ke zvýšení odolnosti vůči větrné erozi na nestrukturních písčitých půdách lze použít sypkých jílovitých nebo hlinitých zemin, rybničního bahna, cukrovarnických kalů či rašeliny. Tyto strukturotvorné látky vytvářejí na povrchu půdy druhotné hroudy a tím omezují větrnou erozi. Použití stabilizačních postřiků založených na bázi syntetických látek, asfaltů nebo odpadových sulfidových výluhů se využívá na ohrožené půdě při nutnosti pěstování plodin vyžadujících setí do zorané a uvláčené půdy (Janeček et al., 2003).

Při obdělávání náchylných půd by měla být brána v potaz její aktuální vlhkost, neboť při nízké půdní vlhkosti se nebude tvořit dostatek druhotných hrud, zdrsňující povrch půdy (Janeček et al., 2002). K protierozním opatřením se dá řadit i zásobování půdy vláhou, protože zlepšuje soudržnost půdy a tím zvyšuje odolnost proti eroznímu působení větru. Důležité je zásobování vodou ze sněhových srážek, které by ideálně měly být rovnoměrně rozloženy. K vsakování vody pomáhají rovnoměrné rozmístěné zásněžky, 100 až 200 zásněžek postačí na 1 ha. Rychlejší a rovnoměrný průběh tání sněhu i půdy pod ním zajistí posyp např. popelem. Vsakování vody do půdy je podpořeno ponecháním pozemku na zimu v hrubé brázdě, naoráním konturových brázd a ochranou návětrných ploch vegetačními pásy. Umělý závlahový systém se využívá při nedostatku srážek, především při pěstování zeleniny (Holý, 1994).

Proti vysychání půdy a povětrnostním vlivům je možné nastýlat neboli mulčovat. Mulčování spočívá v rozložení posklizňové organické hmoty o mocnosti 10 až 20 cm na povrchu půdy. Mulčování obohacuje vrchní vrstvu půdy o humus a zlepšuje stabilitu půdních agregátů (Holý, 1994). Při rotaci plodin lze zeleným hnojením zmírnit silnou větrnou erozi, které podléhají písčité půdy. Plodiny určené k zelenému hnojení (svazenka vratičolistá, vikvotivé rostliny) snižují rychlost větru při povrchu půdy po sklizni hlavní plodiny (Janeček et al., 2003)

Efektivnější ochranu půdy než mulčování přináší vzpřímené zbytky vegetace. Protierozní postupy kultivace půdy a setí pro využití v praxi rozdělil Janeček et al. (2008) na setí plodin do posklizňových zbytků ponechaných na půdním povrchu (Obr. 10) a na setí plodin do krycích meziplodin. Setí obilovin a kukuřice do strniště je nejprospěšnější způsob ochrany půdy, přičemž je potřeba nežádoucí plevel a výdroly mechanicky či chemicky odstraňovat. Osivo se vysévá do nezaplevelené půdy speciálním secím strojem, který půdu pod povrchem nakypří a přitlačí osivo v půdě. Při tomto postupu se zachová zhruba 40 % strniště chránícího klíčící vegetaci a odolnější půdní povrch před účinky větrné eroze. Tato technologie bezorebného setí má uplatnění především v oblastech s lehkými půdami, ale na těžkých půdách se neosvědčila (Janeček et al., 2008).

Obr. 10: Plodina vysetá do stojícího strniště



Zdroj: Janeček et al., 2000

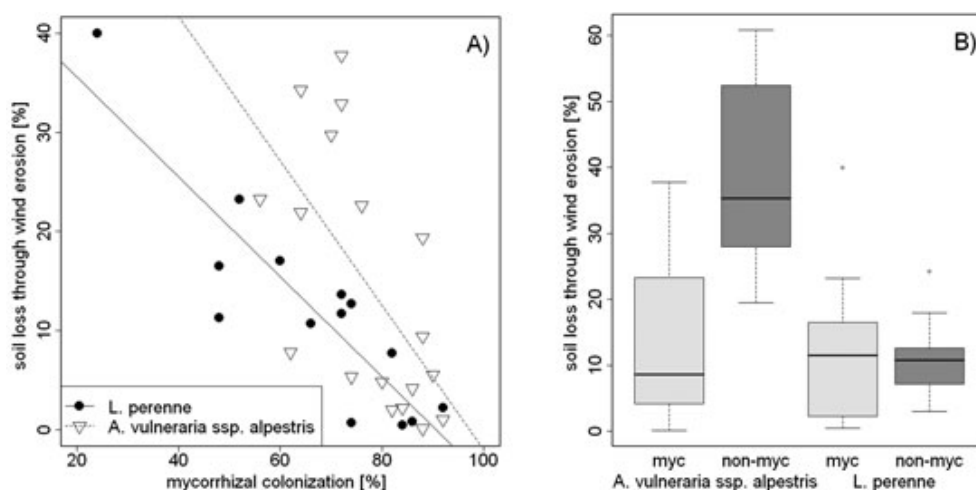
Při využití druhé technologie je třeba vysít ochranné meziplodiny brzy na podzim kvůli dobrému zapojení. Osvědčila se např. hořčice bílá a svazenka vratičolistá. Z jara se provádí výsev hlavní plodiny do mulčem přikryté půdy a vymrzlé ochranné meziplodiny. Při tomto postupu se snižuje podíl používaných herbicidních postřiků k odstraňování plevelů (Janeček et al., 2008).

Zásadní roli ve fungování ekosystémů hrají mykorhizní houby. Tvoří symbiotické vztahy s kořeny většiny cévnatých rostlin a ovlivňují procesy půdní agregace. Tedy ke zvýšení půdní odolnosti proti větrné erozi mohou přispět mimo vegetačních zbytků a dostatečné půdní vláhly i mykorhizní houby. K tomuto poznatku dospěli švýcarští vědci (Burri et al., 2013). Cílem jejich práce bylo vyzkoušet, zda ztráta půdy klesá s rostoucím procentuálním zastoupením mykorhizní kolonizace kořenů a zda ztráta půdy větrnou erozí je menší v kořenech s mykorhizálními houbami než u rostlin, které je nemají ve svém kořenovém systému. K experimentu byly vybrány 2 druhy rostlin - jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) a úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria ssp. Alpestris*). Tyto druhy byly vybrány, aby reprezentovaly vláknitý kořenový systém a kořenový systém s hlavním kořenem. Každý rostlinný druh byl naočkován 20 ml mykorhizní látky, která obsahovala směs tří arbuskulárních mykorhizních druhů (*Glomus etunicatum*, *G. intraradices* a *G. claroideum*). Z výsledků vyplývá, že s narůstajícím procentem mykorhizní kořenové kolonizace na mykorhizních kořenových balech jak u *L. perenne* tak u *A. vulneraria* klesá půdní ztráta vyvolaná větrem (Obr. 11A).



To znamená, že vysoká mykorhizní kolonizace kořenů může snížit úmrtnost sazenice v erozivních podmínkách díky omezení negativního dopadu větrné eroze na vegetaci (např. odumření rostliny v důsledku zavátí půdou). Nicméně sazenice na větrem erodované půdě jsou často vůbec nebo jen málo kolonizované mykorhizními hubami, protože tyto půdy jsou o ně ochuzeny. Ze srovnání nemykorhizních a mykorhizních vzorků je patrný významný rozdíl ve ztrátě půdy u *A. vulneraria*, ale ne u *L. perenne*. Mezi mykorhizním a nemykorhizním kořenovým systémem *L. perenne* není patrný žádný významný rozdíl ve ztrátě půdy. Ovšem větrem vyvolaná půdní ztráta byla 2 až 6 krát menší pro mykorhizní kořenový systém *A. vulneraria* než pro nemykorhizní (Obr. 11B). Protože celková délka kořene mykorhizních rostlin byla výrazně menší než ta u nemykorhizních rostlin u obou druhů, vyloučili možnost, že mykorhizní kolonizace snížila ztrátu půdy nepřímo prostřednictvím posíleného růstu kořenového systému.

Obr. 11: (A) Větrems navozená ztráta půdy se významně snižuje s rostoucím procentem mykorhizní kolonizace kořenů v mykorhizních kořenových systémech. (B) Střední ztráta půdy mykorhizních vzorků byla podstatně menší než u nemykorhizních vzorků jen pro *A. vulneraria*, ale ne pro *L. perenne*.



Zdroj: Burri, et al., 2013

Studie poskytuje důkaz o tom, že mykorhizní houby jsou schopny zvýšit půdní odolnost proti větrné erozi. Mykorhizní houby ovlivňují půdní strukturu přímo prostřednictvím svých hyf a výpotků a nepřímo tím, že mění rostoucí výkonnost rostliny. Mykorhizní účinky na růst rostlin a půdní strukturu jsou vysoce druhově a

situačně závislé. Zjištěné výsledky nelze zobecňovat, proto je nutné komplexní hodnocení účinnosti různých druhů rostlin a hub v rámci daných podmínek před jejich použitím jako protierozní opatření (Burri et al., 2013).

Protierozní technologie značně přispívají k omezení degradace půdy a k omezení následných škod způsobených erozí, ovšem při jejich uplatnění nelze očekávat zvýšené výnosy z plodin (Hůla et al., 2003).

### 3.1.6.3 Technická opatření

Technická opatření spočívají v umístění umělé či přirozené překážky proti větru. Občasné umělé bariéry tvoří prkenné, foliové nebo rákosové ploty a rozmísťují se především na plochy s pěstovanou zeleninou. Nejefektivnější jsou při sítovém uspořádání (Pasák et al., 1984).

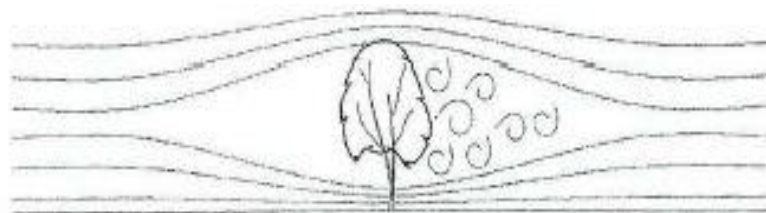
Přirozené překážky, ochranné lesní pásy – větrolamy patří k nejúčinnějším protierozním opatřením. Obecně lze větrolamy definovat jako různě široké pásy stromů a keřů orientované kolmo na dominantní směr větru s půdoochranou a protierozní funkcí (Podhrázská et al., 2011). Cílem výsadby větrolamů, je snížení větrné rychlosti v určité vzdálenosti v návětrné a závětrné straně a snížení turbulence vzdušných mas v přízemních vrstvách. Snížení rychlosti větru přispívá k větší vlhkosti vzduchu i půdy, což omezuje její odnos. Efektivita se odvíjí od druhové skladby dřevin, jejich hustoty, zdravotního stavu a počtu řad a tím tedy od propustnosti pro vzdušné proudění. Orientace a uspořádání větrolamů v krajině také působí na jejich účinnost (Dufková, 2007).

Druhová skladba dřevin musí odpovídat přírodním, stanovištním a konstrukčním podmínkám. Nejvhodnější je kombinace základních dřevin, jako jsou dlouhověké, odolné a pomalu rostoucí duby, lípy, javory, jasany, buky, ořešáky a dočasných dřevin, v mládí rychle rostoucích topolů, bříz, jeřábů, olší. Jejich hlavní role spočívá v uspišení funkčnosti větrolamu. Jabloně, hrušně, akáty, smrky a modřiny doplňují základní dřeviny, podporují optimální propustnost pod jejich korunami a opadem listů zlepšují obsah živin v půdě. Úlohu bránění přízemnímu proudění vzduchu, zachycování sněhu a půdních částic, ochrany před zahříváním a velkým výparem, omezení pronikání buřene do pásu, úkryt zvěře a hnízdišť ptáků

plní keře. Keře jsou velmi důležitou součástí ochranných pásů a při zakládání přichází v úvahu především líska, hloh, svída, růže, ptačí bob, dřín a šeřík (Janeček et al., 2008)

Dle propustnosti se větrolamy dělí na tři základní skupiny a to na prodouvavé, neprodouvavé a poloprodouvavé. Prodouvavé tvoří jedna či dvě řady stromů, bez keřového zápoje (Obr. 12). Většinou se nevysazují z důvodu možnosti vzniku tryskového efektu proudění do vzdálenosti 5 - 8 násobku výšky stromů. Proti silnému větru poskytují malou ochranu, ale podílejí se na rovnoměrném rozložení sněžných srážek na pozemcích (Podhrázská et al., 2011).

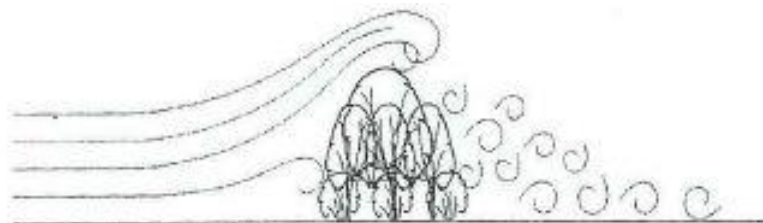
Obr. 12: Prodouvavý ochranný lesní pás



Zdroj: Podhrázská et al., 2011

Neprodouvavé větrolamy jsou složeny z keřového patra a více řad stromů, které tvoří nepropustnou bariéru. Vítr bariéru spíše obchází, jeho rychlost klesá mnohem více než u poloprodouvavé pásu, ale na kratší vzdálenost. Nežádoucí turbulence se vyskytují před i za ním. Za ním se víří vzduch do vzdálenosti až 5 násobku výšky stromů (Obr. 13) (Podhrázská et al., 2011).

Obr. 13: Neprodouvavý ochranný lesní pás



Zdroj: Podhrázská et al., 2011

Jako nejvýhodnější se uplatňuje poloprodouvavý větrolam (Obr. 14). Skládá se z více řad stromů s méně zapojenou korunovou vrstvou a ne příliš hustým keřovým patrem. Vzdušné proudy jej obtékají a zároveň prostupují porostem, kde je tlumí kmeny, větve a listy. Na závětrné straně se vzdušné masy opět spojují. Společný proud vzduchu pak směřuje k povrchu půdy, ovšem ve větší vzdálenosti než u neprodouvavého větrolamu. Zpomaluje proudění větru do vzdálenosti 15 až 30 násobku výšky stromů (Podhrázská et al., 2011).

Obr. 14: Poloprodouvavý ochranný lesní pás



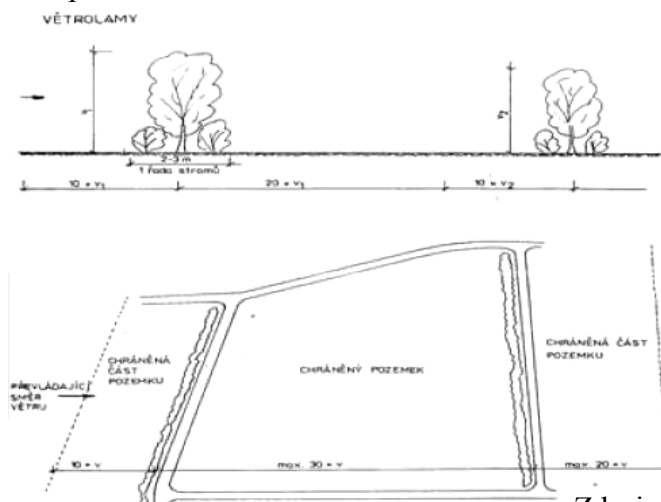
Zdroj: Podhrázská et al., 2011

Ve studii Optimální návrh větrolamu pro protierozní opatření zkoumali Cornelis et Gabriels (2005) účinek rozdělení pórovitosti a počtu řad větrolamů na snížení rychlosti větru a na rozdělení oblastí deflace a ukládání navátin. Experimenty se prováděly v aerodynamickém tunelu, kde syntetická plátna simulovala pět jednořadých a dva víceřadé větrolamy mající různou spodní a vrchní pórovitost. Pórovitost vyjadřuje poměr otevřených míst bariéry ku jejímu celkovému prostoru. Z výsledků vyplývá, že pokud jde o snížení větrné rychlosti je optimální pórovitost větrolamu 0,20 – 0,35. Rovnoměrné rozložení kmenů, stonků a koruny stromů vede k největší chráněné oblasti, kde se větrná rychlost sníží o více než 50 %. Husté spodní části jsou účinnější než více porézní spodní části, ale mají za následek zrychlené proudění bezprostředně za bariérou. Dvojřadé a trojřadé bariéry byly efektivnější, pokud šlo o snížení větrné rychlosti mezi vzdálenostmi 3 a 8 násobku výšky bariéry. Na větší vzdálenosti byly jednořadé bariéry účinnější. Oblasti narušení a odnosu půdní hmoty a její následné ukládání byly stanoveny z experimentů na písečných dunách. Bariéra s rovnoměrně rozloženou pórovitostí omezovala erozi, ale přesto byla pozorována oblast ukládání za bariérou, která se zvětšovala se snižující se výškou překážky. Následkem bariéry s relativně porézní spodní částí byla zvýšená deflace okamžitě za ní, kterou následuje zóna ukládání.

Taková překážka by mohla být užitečná v případě, že je konstruována pro ochranu silnic či železnic, které jsou ohroženy zanášením, ale jen tehdy, pokud by se nacházela v těsné blízkosti návětrné strany infrastruktur. Takový to větrolam by snížil rychlost větru na návětrné straně o 30 %, zatímco částice, které by se usadily hned za větrolamem, by byly unášeny, ale pouze při vyšší rychlosti větru, než je mezní hodnota pro vznos konkrétního sedimentu. Vhodné polohy těchto překážek vzhledem k infrastruktuře nebyly vyvozené.

Vědci Cornelis et Gabriels (2005) došli k praktickým závěrům a uvádějí, že konstrukce bariéry závisí na účelu, pro který je toto zařízení konstruováno. Optimální jsou větrolamy skládající se ze tří horizontálních vrstev: první vrstva s trávami a keři, druhá vrstva středních výšek s malými a nízkými stromy a třetí vrstva složená z vysokých stromů. Stromy a keře by měly být olistěné během období, ve kterém se očekávají nejvyšší rychlosti větru. Proto by se měli do výsadeb zařazovat i jehličnany, jestliže je funkčnost větrolamu vyžadována během celého roku. Jednořadé větrolamy s homogenně rozdělenou pórovitostí jsou nejlepší variantou pro ochranu polí ohrožených větrnou erozí. Poskytují nejdelší úkryty, zabírají nejmenší rozlohu a snižují náklady na údržbu. Nicméně větrné bariéry na ochranu sazenic nebo plodin, by měly být spíše porézní ve spodní části, aby nedošlo k jejich zanesení (Cornelis et Gabriels, 2005). To potvrzuje i Janeček (2008), podle kterého účinnou ochranu proti erozi přináší větrolam složený maximálně ze dvou řad stromů a s keřovým patrem o šířce 3 - 6 m. Účinnost na návětrné straně dosahuje 5 - 10 násobku výšky a na závětrné straně 20 - 30 násobku výšky (Obr. 15).

Obr. 15: Schéma uspořádání větrolamů



Zdroj: Janeček et al., 2008

Půdoochrannou funkci účinně plní síťový systém větrolamů. Musí být správně rozmístěny s ohledem na převládající směry větrů a také s ohledem na dosavadní porosty a morfologií terénu. V rovinném území by měly větrolamy vytvářet obdélníkové tvary (Janeček et al., 2008). Delší strany představují hlavní ochranný pás umístěný kolmo na dominantní směr větru a kratší strany jsou vedlejší větrolamy. V členitém území se využívá vyvýšenin, které zvětšují jejich účinnost. Od jara do podzimu se nejčastěji opakují větrné směry, proto se na ně orientují hlavní a vedlejší větrolamy, čímž je ohrožená plocha vždy chráněná. Vzdálenost pásů musí být volena tak, aby snížená rychlost větru mezi pásy byla nižší, než je unášecí rychlost půdních částic (Podhrázská et Dufková, 2005). Tolerovaná délka pozemku pro jednotlivé kategorie ohroženosti pozemků větrnou erozí je uvedena v tabulce 6 (Podhrázská et al., 2008).

Tab. 6: Tolerovaná délka pozemku

Potenciální erozní ohroženost pozemku	Tolerovaná délka pozemku (m)
1 – 4	< 850
5	< 600
6	< 350

Zdroj: Podhrázská et al., 2008

Návrh biotechnické protierozní ochrany je nejvýhodnější řešit spolu s pozemkovými úpravami. Nově navržené i stávající větrolamy se tak stanou součástí plánu společných zařízení. Méně výhodné zóny podél ochranných vegetačních pásů lze využít např. k vedení polních cest. Tyto trvalé vegetační pásy mají v krajině význam nejen půdoochranný, ale také krajinnotvorný a ekologický (Janeček et al., 2008). Půdní erozi neomezí v dostatečné míře pouze stávající síť větrolamů, ani případné zvětšení jejich plochy. Pro dosažení požadovaných účinků je nutné zesílit účinky větrolamů využitím vhodné agrotechniky a častějším střídáním různých plodin v pásech (Podhrázská et al., 2008).

## 3.2 Větrná eroze a protierozní opatření v okrese Nymburk

### 3.2.1 Popis zájmového území

Téměř celý okres Nymburk leží v Polabské nížině ve východní části Středočeského kraje. Na severu hraničí s Mladoboleslavskem, východně utváří hranici s Jičínským a Královéhradeckým okresem, na jižní straně sousedí s Kolínskem a západně hraničí s okresem Praha-východ. Nymbursko charakterizuje málo členitý a rovinný povrch. Největší část okresu se rozkládá v nížině pod 200 m n. m. Na severu území dochází k mírnému stoupání do výšky 300 m n. m. (ČSÚ, 2012). Nad rovinným územím vyčnívají menší vyvýšeniny jako je Oškobrň (285 m n. m.), Chotuc (252 m n. m), Přerovská hůra (237 m. n. m.), Semická hůra (231 m. n. m.) a Sadecký kopec (213 m n. m.) (Kukal et al., 2005).

Dominantu v této oblasti tvoří protékající řeka Labe, jejíž okolí bylo trvale osídleno již od střední doby kamenné. Zdejší krajina se počala měnit na kulturní až s rozmachem zemědělství, kterému svědčí příhodná poloha úrodné části středního Polabí. Krajinu výrazně pozměnila až průmyslová výroba, kterou odstartovala výstavba železniční sítě. Vyhlášené chráněné lokality zachovávají alespoň část neporušené přírody. Příkladem je Libický luh s lužními lesy, Žehuňský rybník a Žehuňská obora, stráně u Mcel, jedinečné slatinné louky Hrabanovská černava u Lysé nad Labem a slatinná louka u Velenky. Mezi další přírodní památky patří, písčité přesypy, které se nacházejí jednak u Píst (Foto. 1) a v menší podobě u Osečka (Kolektiv autorů, 2002).

Foto. 1: Písečné přesypy u Píst



Zdroj: Vlastní fotografie, listopad 2013

V okrese žije 95 279 obyvatel a hustota obyvatel na km<sup>2</sup> je 2 112 (ČSÚ, 2013). Dle Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního ke dni 31. 12. 2013 má okres Nymburk 87 obcí, které se rozléhají na 85 012 ha půdy. Lesní pozemky zaujímají necelých 18 % celkové výměry. Zemědělskou půdu tvoří 59 100 ha, z toho orná půda zaujímá 54 280 ha, což vypovídá o značně rozšířené zemědělské činnosti v okrese (ČÚZK, 2014). Okres spadá do řepařské výrobní oblasti (VÚRV, 2010) a v rámci Středočeského regionu patří z hlediska intenzity zemědělské výroby k předním okresům v kraji. Vyniká hlavně rostlinnou výrobou pšenice, ječmene, cukrovky, řepky olejky a pěstováním ovoce a zeleniny. V roce 2012 zde bylo evidováno 407 zemědělských podniků (ČSÚ, 2013). V obci Semice má sídlo největší pěstitel zeleniny a brambor v České republice.

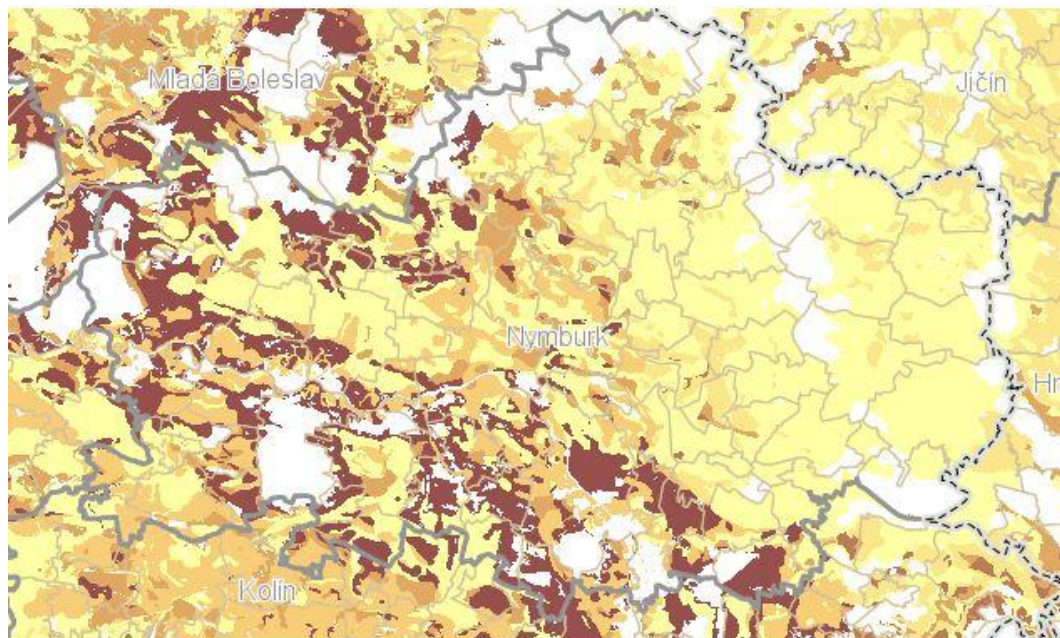
### 3.2.2 Potenciální ohroženost větrnou erozí v okrese Nymburk

Potenciální náchylnost území k větrné erozi je dána především místním klimatem a vlastnostmi půdy. Západní oblast okresu spadá do teplého, mírně suchého a směrem na východ přechází do teplého, mírně vlhkého klimatického regionu (VÚMOP, 2011). Průměrná rychlost větru v okrese se pohybuje od 2 do 3,5 m.s<sup>-1</sup> (Štekl, 2004). Půdy lehké až střední, písčité, hlinitopísčité mají převahu v západní části území a směrem k východu se častěji vyskytují půdy těžké s rostoucím obsahem jílu. Černozemě, rendziny, pararendziny, černice, regozemě a fluvizemě jsou










převážně vyskytující se půdní typy v okrese (VÚMOP, 2011). Z těchto údajů je zřejmé, že více náchylná je západní část okresu. Dokládají to i obrázky 16 a 17.

Obr. 16: Potenciální ohroženost zemědělského půdního fondu větrnou erozí v okrese Nymburk

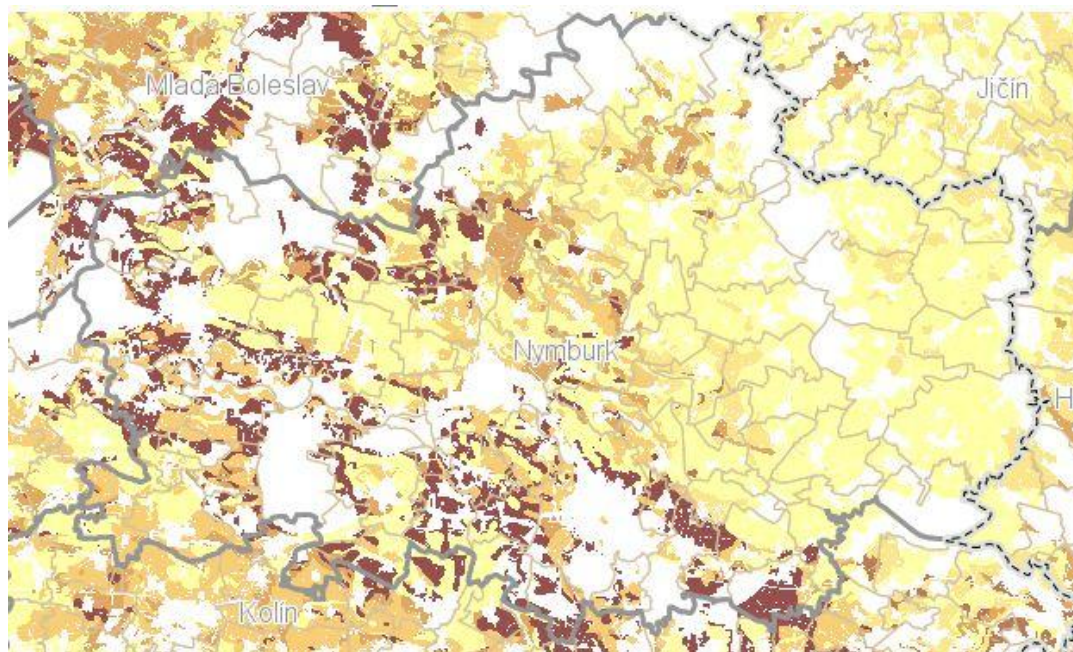


Legenda:

	půdy bez ohrožení		půdy náchylné
	půdy mírně ohrožené		půdy ohrožené
	půdy silně ohrožené		půdy nejohroženější
	nehodnoceno		

Zdroj: SOWAC-GIS, 2013

Obr. 17: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí v okrese Nymburk



Legenda:



Zdroj: SOWAC-GIS, 2013

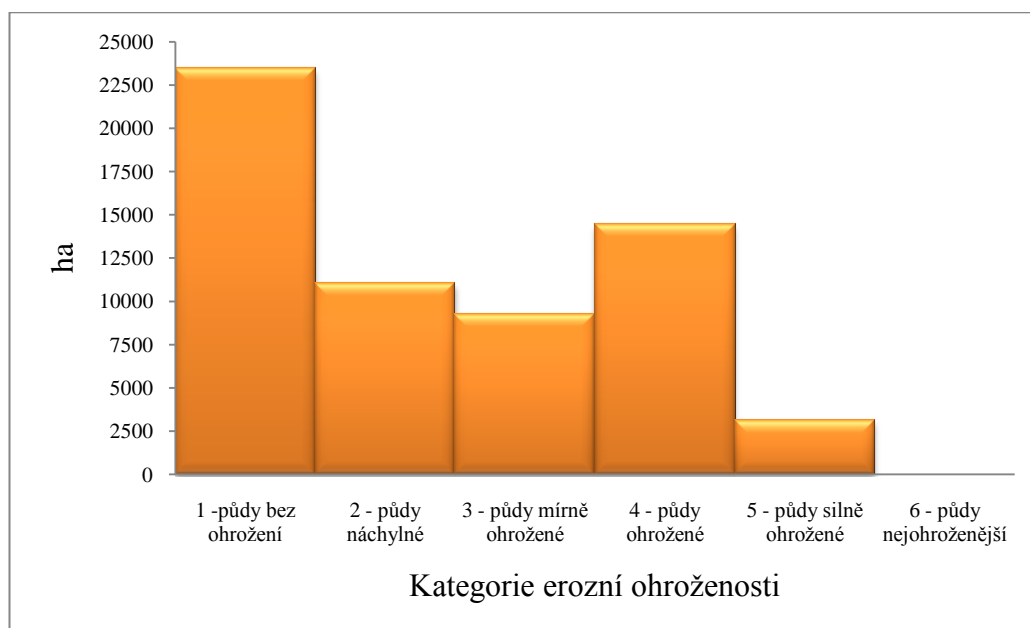
V projektu „Způsoby omezení degradace půd erozí a systémy protierozní ochrany“ jsou uvedené kategorie potenciální ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí pro jednotlivé katastrální území (k. ú.) v okrese Nymburk. Kategorie 6 (půdy nejohroženější) se neobjevuje ani u jednoho k. ú., ovšem ve 30 k. ú. je půda hodnocená jako ohrožená (Tab. 7). Kategorie půd silně ohrožených má zastoupení v k. ú. Hradištko u Sadské, Klipec, Zvěříněk, Sokoleč, Stará Lysá, Sány, Doubrava u Kostomlat nad Labem, Chrást u Poříčan a v k. ú. Litol. Plošná vyjádření ohrožení zemědělské půdy větrnou erozí pro studovaný okres jsou uvedena na obrázku 18 (Janeček et al., 2000).

Tab. 7: Počet katastrálních území v okrese Nymburk podle kategorie potenciálního ohrožení zemědělských půd větrnou erozí

Kategorie ohroženosti větrnou erozí	Počet k. ú.
Půdy bez ohrožení	40
Půdy náchylné	27
Půdy mírně ohrožené	16
Půdy ohrožené	30
Půdy silně ohrožené	9
Půdy nejohroženější	0

Zdroj: Janeček et al., 2000

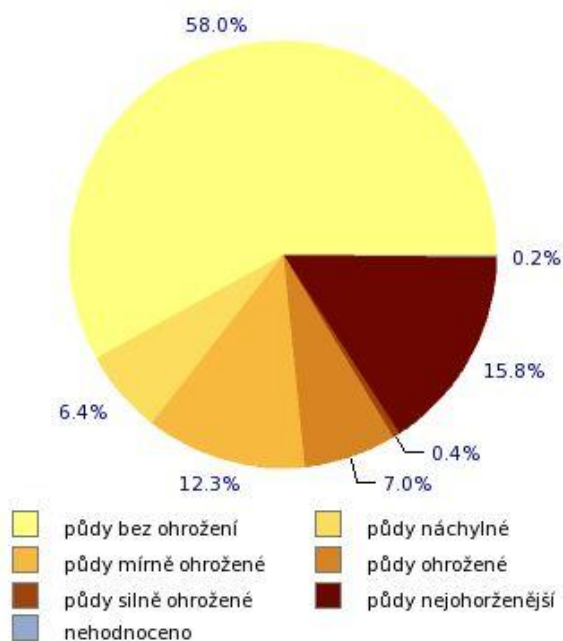
Obr. 18: Plochy zemědělské půdy v okrese Nymburk podle kategorie potenciálního ohrožení větrnou erozí (v ha)



Zdroj: Janeček et al., 2000

Ze statistické ročenky půdní služby je patrné, že více než třetina orné půdy pro okres Nymburk jeví známky náchylnosti nebo ohrožení větrnou erozí (Obr. 19) (SOWAC-GIS, 2013a).

Obr. 19: Potenciální ohroženost větrnou erozí na orné půdě v okrese Nymburk



Zdroj: SOWAC-GIS, 2013a

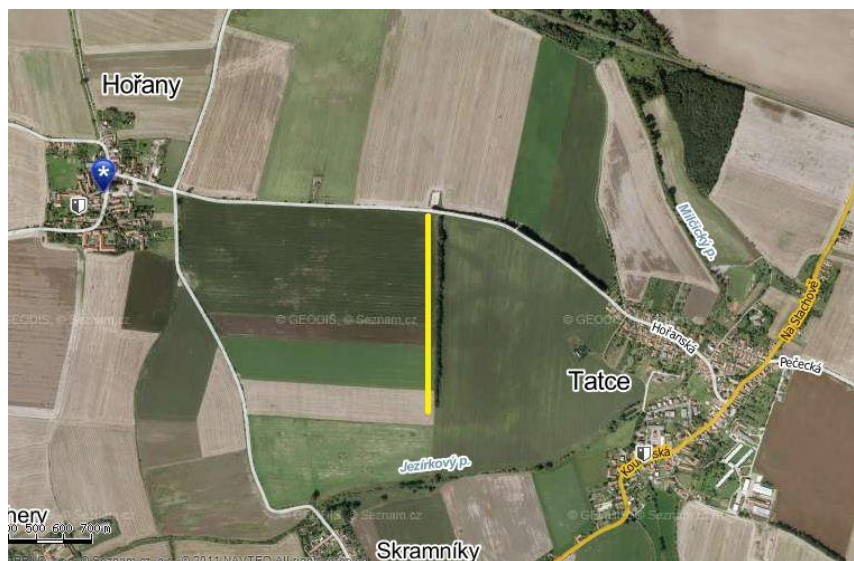
### 3.2.3 Protierozní opatření v okrese Nymburk

V této části jsou uvedeny příklady protierozní ochrany, které se ve vybraných obcích uplatňují. Jako podklad bylo použito provedené terénní šetření, při kterém byl zjišťován výskyt větrolamů s jejich charakteristikou. Dále bylo zjišťováno, zda se využívají i jiná půdoochranná opatření.

#### **Hořany u Poříčan, k. ú.: 645001**

Zemědělská půda je zde hodnocena jako ohrožená (Janeček, 2000). Vyznačený větrolam se nachází mezi obcemi Hořany a Tatce (Obr. 20). Dlouhý je 700 m a široký okolo 7 m, stromy dosahují výšky 15 – 20 m. V rostlinné skladbě dominují javory, keřové patro tvoří převážně bezy a hlohy (Foto. 2). Pole, která rozděljuje, byla v době průzkumu po sklizni pšenice. Obilniny mají vysoké protierozní účinky a spolu s větrolamem velmi dobře chrání půdu před deflačním účinkem větru.

Obr. 20: Letecká mapa - poloha větrolamu u obce Hořany



Legenda:  poloha větrolamu

Zdroj: MAPY.CZ., 2011

Foto. 2: Větrolam u obce Hořany



Zdroj: Vlastní fotografie, listopad 2013

## Pátek u Poděbrad, k. ú.: 718262

Na mapě je vidět vyznačena poloha větrolamu (Obr. 21). Dlouhý je zhruba 300 m a skládá se ze dvou řad. Stromové patro dosahuje výšky 25 -30 m a je tvořeno topoly. Keře jsou zastoupeny především hlohem a trnkami (Foto. 3).

Obr. 21: Letecká mapa - poloha větrolamu u obce Pátek



Legenda:  poloha větrolamu

Zdroj: MAPY.CZ, 2011

Foto. 3: Větrolam u obce Pátek



Zdroj: Vlastní fotografie, listopad 2013

Na další fotografii je vidět ponechaná posklizňová vegetace na povrchu pole před větrolamem (Foto. 4). Rostlinný materiál podstatně omezuje erozi a obohacuje vrchní vrstvu půdy o humus (Janeček et al., 2008).

Foto. 4: Ponechané rostlinné zbytky v orné půdě



Zdroj: Vlastní fotografie, listopad 2013

#### **Hradištko u Sadské, k. ú.: 647519**

V této obci je zemědělská půda potenciálně silně ohrožená větrnou erozí (Janeček, 2000). V Hradištku a přilehlých obcích se zemědělci ve velké míře věnují pěstování zeleniny. Proti erozním vlivům využívají i závlahové systémy, které jsou vidět na fotografii 5.

Foto. 5: Závlahový systém



Zdroj: Vlastní fotografie, březen 2014

#### **Kostelní Lhota, k. ú: 670529**

V této lokalitě je dle Janečka (2000) hodnocena zemědělská půda jako potenciálně ohrožená. Přibližná poloha větrolamu je znázorněna na obrázku 22. Jedná se o větrolam podél polní cesty. Dlouhý je přibližně 500 m a stromy dosahují do výšky přibližně 20 m (Foto. 6). Topoly jsou dominantní dřeviny. Stromovou skladbu doplňují javory, borovice, kaštiny, vrby i jabloně. Keřové patro tvoří trnky, bezy, hlohy (Foto. 7).



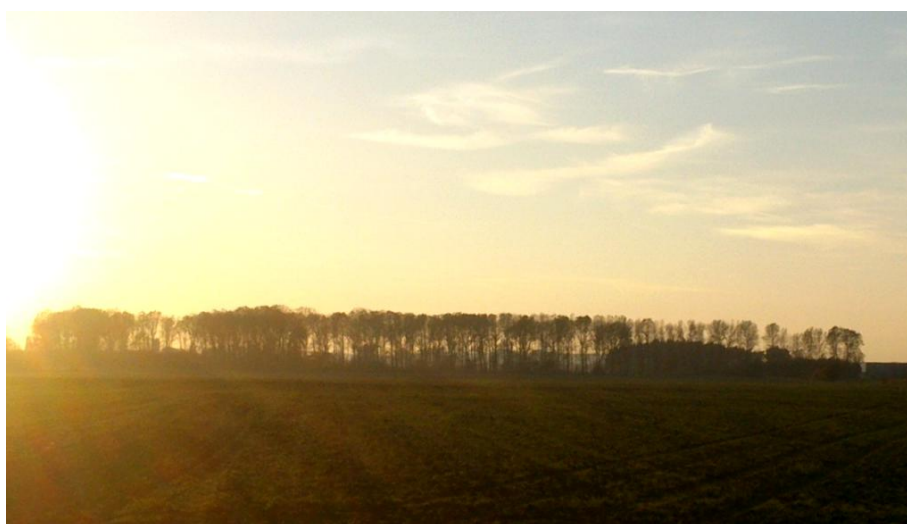
Obr. 22: Letecká mapa - poloha větrolamu u obce Kostelní Lhota



Legenda:  poloha větrolamu

Zdroj: MAPY.CZ, 2011

Foto. 6: Větrolam u obce Kostelní Lhota



Zdroj: Vlastní fotografie, březen 2014

Foto. 7: Vnitřní prostor větrolamu u obce Kostelní Lhota

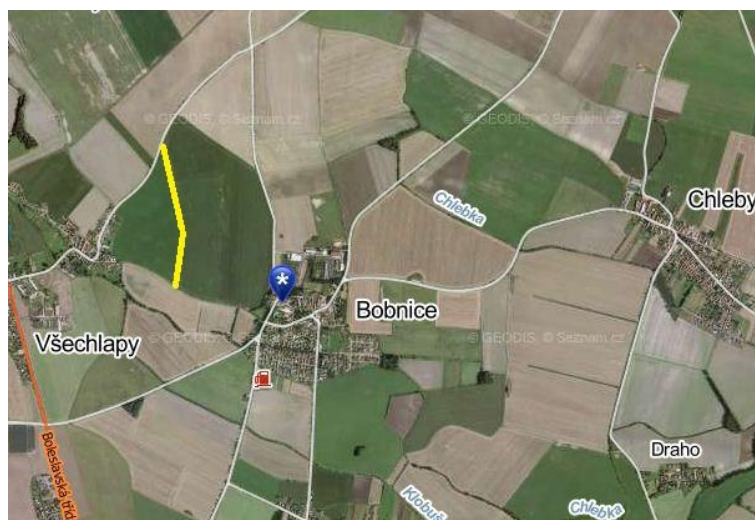


Zdroj: Vlastní fotografie, březen 2014

### **Bobnice, k. ú.: 605814**

Jediný nově vysazený větrolam byl pozorován mezi obcemi Všechlapy a Bobnice (Obr. 23). Poloprodouvací větrolam slouží jako doprovodná zeleň u nové polní cesty. Tvoří jej tři řady stromů, zastoupené habry, javory a lípami, které jsou doplněny trnkou, brslenem a svídkou (Foto. 8). Vysazené dřeviny jsou ukotveny dřevěnými kůly a byly mulčované. Ochrana dřevin před okusem je zabezpečena oplocením.

Obr. 23: Letecká mapa – poloha větrolamu u obce Bobnice



Legenda:  poloha větrolamu

Zdroj: MAPY.CZ, 2011

Foto. 8: Nově vysazený větrolam u obce Bobnice



Zdroj: Vlastní fotografie, březen 2014

### Zvěřínek, k. ú.: 793833

Zemědělská půda je v tomto území hodnocena jako potenciálně silně ohrožená (Janeček, 2000). Do osevního postupu místní zemědělci zařazují i zlepšující plodinu vojtěšku (Foto. 9). Jedná se o středně vysokou vytrvalou bylinu,

s rozvětveným kořenovým systémem zasahující do hloubky i několika metrů, který ji činí poměrně odolnou proti suchu. Její kořeny vytváří symbiózu s hlízkovitými bakteriemi, které ji pomáhají fixovat dusík ze vzduchu, proto ji není nutné přihnojovat dusíkatými hnojivy. Pěstovaná vojtěška slouží jako čerstvé i sušené krmivo pro hospodářská zvířata. Zároveň přispívá k ochraně půdy, jako dlouhotrvající vegetační kryt, protože má až 4 užitkové roky. Přispívá i ke zvyšování půdní úrodnosti pro budoucí intenzivní využití (Půlkrábek et al., 2003).

Foto. 9: Vojtěška zařazená do osevního postupu



Zdroj: Vlastní fotografie, listopad 2013

## 4 Diskuse

V současné době je zemědělská půda v ČR ohrožená nebo jeví známky náchylnosti k větrné erozi téměř z 20 % (Mze, 2012). Téměř před 40 lety Holý (1978) uváděl, že je v Čechách ohroženo 26 % zemědělské půdy a až 45 % na Moravě. Nicméně v té době neexistovalo mnoho kvalitních a detailních podkladů, ze kterých by se dalo čerpat. Vycházelo se z údajů z orientačních map, z výsledků sledování procesů větrné eroze a z dostupných informací o jejím výskytu v různých oblastech ČSSR. Jako podklad sloužilo i vymezení 5 stupňů náchylnosti k větrné erozi na území Československa na základě erozně klimatického faktoru. Půdní poměry nebyly v té době ještě zohledněny. V současné době se pro určení ohroženosti nebo náchylnosti zemědělských i orných půd větrnou erozí využívá bonitační mapování území, které se neustále aktualizuje. Rozdílné hodnoty jsou ovlivněny i změnami ve výměře a rozšíření zemědělské půdy.

Při hodnocení potenciální ohroženosti orných i zemědělských půd větrnou erozí vychází VÚMOP pouze z údajů o klimatických regionech a hlavních půdních jednotkách (VÚMOP, 2011). Proto je třeba připomenout, že do kategorie zemědělské půdy patří kromě orné půdy i chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady a trvalé travní porosty. Ty právě plní zásadní úlohy při ochraně půdy před větrnou erozí. Nutné je si uvědomit, že např. louka, která se rozprostírá v relativně teplém a suchém regionu, na lehkých půdách není erozně ohrožena účinkem větru, ale dle kategorizace může spadat do zemědělských půd potenciálně větrem erozně ohrožených. Naopak na orných plochách dochází na čas k úplnému odstranění rostlinného krytu. Orným půdám tedy vždy potenciálně hrozí riziko větrné eroze.

Mezi nejvíce ohrožené oblasti větrnou erozí patří Polabí a jižní Morava. Polabím je považovaná oblast podél řeky Labe od Jaroměře do Lovosic s vynikajícími výrobními podmínkami pro zemědělství. Jižní Moravu specifikuje suché a teplé podnebí opět s rozsáhlou zemědělskou činností. V okrese Hodonín je podnebí nejteplejší a nejsušší v České republice, což je důvod, že téměř 4000 ha půdy v okrese spadá do nejvyšší kategorie potenciální ohroženosti větrnou erozí. Příznivé klimatické podmínky a kvalitní půdy v obou oblastech daly možnost k intenzivní zemědělské výrobě a tím také podmínily možnost vzniku škod v důsledku

větrné eroze, která se zde vyskytuje díky teplému až velmi teplému a suchému podnebí a půdním podmínkám.

V okrese Nymburk hrozí spíše výskyt větrné eroze než vodní. Potenciálně silně ohrožené půdy jsou například v Hradištku u Sadské, Klipci, Zvěřínku a Sokolči. Při terénním šetření, které bylo zaměřeno na protierozní opatření v okrese, byly nejvíce pozorovány ochranné lesní pásy. U žádného ze vzrostlých větrolamů nebyl zpozorován náznak výchovných zásahů. Větrolamy často poskytovaly místo pro černé skládky odpadu. Nově vysazený větrolam byl pozorován pouze jeden. Byl realizován v roce 2011 společně s vedlejší polní cestou, kde slouží jako doprovodná zeleň.

Následky vodní eroze jsou často větší než následky způsobené větrnou erozí. Ale i škodám způsobovaných odnosem úrodné ornice, poškozováním plodin, zavátím kultur, příkopů či cest je nutné zabráňovat, neboť prevence je účinnější a i finančně méně náročná než následná náprava. Následnou nápravou jde jen těžko vrátit původní vlastnosti již poškozené půdě.

K ochraně před větrnou erozí se využívají organizační, agrotechnická a technická opatření. Agrotechnické postupy se neustále vyvíjejí k lepší ochraně půdy a zároveň se hledá i cesta k vyšším ziskům při pěstování plodin. Proto se zkoumají např. účinky rostlin naočkovaných mykhorizálními houbami (Burri et al., 2013). Jejich součinnost by mohla přinést ideální protierozní opatření, které by mělo pozitivní dopad jak na půdní strukturu, tak i na růst rostlin. Biotechnická protierozní opatření - větrolamy patří k nejúčinnějším. Jejich značná část byla na našem území vysazována v minulosti a nesmí se zapomínat na pravidelné výchovné zásahy, které jsou potřebné kvůli zachování účinnosti. Pro dosažení ideálního účinku ochrany půdy by měly být všechny metody protierozních opatření aplikovány společně. Potřebné je poznat správnou míru těchto opatření, aby bylo dosaženo ochrany půdy a naopak, aby nedocházelo ke zbytečnému narušování přírodního chodu.

Do budoucna se předpokládá, že díky možným klimatickým změnám by se větrná eroze mohla rozšiřovat i do doposud neohrožených území. Tomu by se měla věnovat zvýšená pozornost, zvláště při plánování protierozních opatření.

## 5 Závěr

Větrná eroze je přirozený jev na Zemi vyskytující se již od jejího vzniku. Větrná eroze nemá pouze negativní vliv na půdu, ale její dlouhodobé působení dalo možnost vzniku krásným přírodním skalním útvarům.

Se zvyšujícím počtem lidí na světě rostla i potřeba potravy, která je z velké části zajišťována zemědělskou produkcí. S rozmachem zemědělství se zvětšovala plocha orné půdy, a tím se vyvíjely podmínky pro zrychlené působení eroze. Zrychlení eroze přináší pro společnost mnoho nepříznivých důsledků. Větrná eroze odnáší úrodnou část ornice, hnojivo i osivo, poškozuje sazenice, zvyšuje šterkovitost a znečišťuje ovzduší i vody. Navátá ornice způsobuje další škody.

V České republice postihuje především intenzivně využívané orné plochy v úrodné části Polabí a na jižní Moravě. Mezi potenciálně nejvíce ohrožené okresy patří Znojmo, Hodonín, Břeclav a Mělník. Vysoký potenciál k výskytu větrné eroze má i okres Nymburk, především jeho západní část. Tato území patří k předním zemědělským oblastem, proto je nutné je chránit proti degradaci. Všechna jmenovaná území, ale i další je nutné chránit pro budoucí generace.

K ochraně ohrožené půdy využíváme organizační, agrotechnická a technická opatření. Tato opatření zahrnují především uspořádání pozemků - kolmo na dominantní směr větru, pásové pěstování plodin, snížené obdělávání půdy, mulčování, setí do stojícího strniště, výsadbu a údržbu větrolamů. Pro zachování půdy v nezměněném stavu, je nutné tato opatření uplatňovat všechny najednou, nejlépe v rámci pozemkových úprav s ohledem na majetkoprávní vztahy.

## 6 Přehled literatury a použitých zdrojů

- BURRI K., GROMKE C. et GRAF F., 2013: Mycorrhizal fungi protect the soil from wind erosion: a wind tunnel study. *Land degradation & development* 24: 385-392.
- CORNELIS W. M., 2006: Hydroclimatology of Wind Erosion in Arid and Semiarid Environments. In: D'Odorico P. et Porporato A. (eds.): *Dryland Ecohydrology*. Springer, Dordrecht: 141-159.
- CORNELIS W. M. et GABRIELS D., 2005: Optimal windbreak design for wind-erosion control. *Journal of Arid Environments* 61: 315 – 332.
- ČSÚ, 2012: Krajská správa ČSÚ pro Středočeský kraj – Charakteristika okresu Nymburk. Český statistický úřad, on-line: [http://www.czso.cz/xs/redakce.nsf/i/charakteristika\\_okresu\\_nymburk](http://www.czso.cz/xs/redakce.nsf/i/charakteristika_okresu_nymburk), cit. 12. 3. 2014.
- ČSÚ, 2013: Krajská správa ČSÚ pro Středočeský kraj - Základní charakteristika, okresy. Český statistický úřad, on-line: [http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/krajkapitola/201011-13-r\\_2013-01](http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/krajkapitola/201011-13-r_2013-01), cit. 12. 3. 2014.
- ČT 24, 2012: Úrodu na Znojemsku decimuje sucho a eroze. On-line: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/174661-urodu-na-znojemsku-decimuje-sucho-a-eroze/>, cit. 10. 3. 2014.
- ČUZK, 2014: Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky, stav ke dni 31. prosince 2013. Český úřad zeměměřičský a katastrální, on-line: [http://cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenska\\_pudniho\\_fondu\\_2014.aspx](http://cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenska_pudniho_fondu_2014.aspx), cit. 12. 3. 2014.
- DOSTÁL T. et al., 2006: Czech Republic. In: Boardman J. et Poesen J. (eds.): *Soil Erosion in Europe*. John Wiley & Sons Inc., Hoboken: 107-116.



- DUFKOVÁ J., 2007: Vliv větrolamů na větrnou erozi. In: Střelcová K., Škvarenica J. et Blaženec M. (eds): „Bioclimatology and natural hazards“, Pořana nad Detvou.
- DUFKOVÁ J., 2008: Anomálie výskytu větrné eroze na těžkých půdách. In: Rožnovský J. et Litschmann T. (eds): „Bioklimatické aspekty hodnocení procesů v krajině“, Mikulov.
- DUFKOVÁ J. et POKLADNÍKOVÁ H., 2004: Vliv klimatických podmínek na intenzitu a rozšíření větrné eroze. On-line: [http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/07Sekcia\\_agrohydrologie\\_a\\_ochrany\\_pody/Dufkova.pdf](http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/07Sekcia_agrohydrologie_a_ochrany_pody/Dufkova.pdf), cit. 17. 11. 2013.
- DUFKOVÁ J. et TOMAN F., 2005: Vliv vlhkosti půdy na potenciální erodovatelnost větrem. In: Rožnovský J. et Litschmann T. (eds): „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny.
- HOLÝ M., 1978: Protierozní ochrana. SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha.
- HOLÝ M., 1994: Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- HŮLA J., JANEČEK M., KOVAŘÍČEK P. et BOHUSLÁVEK J., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- CHEPIL W. S., 1958: Soil conditions that influence wind erosion. U.S. Department of Agriculture, Washington.
- JANEČEK M., 1997: Potenciální ohroženost půd České republiky vodní a větrnou erozí. In: DUFKOVÁ J. et TOMAN F., 2005: Vliv vlhkosti půdy na potenciální erodovatelnost větrem. „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny.
- JANEČEK M. et al., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Praha.

- JANEČEK M. et al., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- JANEČEK M. et BOHUSLÁVEK J., 2000: Způsoby omezení degradace půd erozí a systémy protierozní ochrany. Nové protierozní technologie. NAZV EP 7057, Ministerstvo zemědělství, Praha.
- JANEČEK M., BOHUSLÁVEK J., DUMBROVSKÝ M., HRÁDEK F., KOVÁŘ P., KUBÁTOVÁ E., PASÁK V., PIVCOVÁ J., TIPPL M., TOMAN F., TOMANOVÁ O., et VÁŠKA J., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha.
- JANEČEK M. et PASÁK V., 1971: Použití klimatického faktoru pro hodnocení větrné eroze v ČSSR. In: DUFOVÁ J. et TOMAN F., 2005: Vliv vlhkosti půdy na potenciální erodovatelnost větrem. „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny.
- JANEČEK M., PASÁK M., PIVCOVÁ J., VÁŠKA J., 2003: Ochrana proti větrné erozi. Informační centrum ČKAIT, Praha.
- JANEČEK M. et PIVCOVÁ J., 2000: Způsoby omezení degradace půd erozí a systémy protierozní ochrany. Obnova a výsadba větrolamů. NAZV EP 7057, Ministerstvo zemědělství, Praha.
- JANEČEK M., TIPPL M., PIVCOVÁ J. et VETIŠKOVÁ D., 2000: Způsoby omezení degradace půd erozí a systémy protierozní ochrany. Mapy potenciální ohroženosti zemědělských půd České republiky vodní a větrnou erozí. NAZV EP 7057, Ministerstvo zemědělství, Praha.
- KOLEKTIV AUTORŮ, 2002: Průvodce Nymburskem. Euroverlag, Plzeň.
- KUKAL Z., NĚMEC J. et POŠMOURNÝ K., 2005. Geologická paměť krajiny. Česká geologická služba, Praha.
- LÓPEZ M. V., GRACIA R. et ARRÚE J., 2000: Effects of reduced tillage on soil surface properties affecting wind erosion in semiarid fallow lands of Central Aragón. European Journal of Agronomy 12: 191-199.

- MAPY.CZ, 2011: Letecké mapy. On-line: <http://www.mapy.cz/#!x=15.312268&y=49.817333&z=6&l=15>, cit. 13. 3. 2014.
- MZe, 2012: Situační a výhledová zpráva PŮDA. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 102.
- OLDEMAN L. R., 1992: Global Extent of Soil Degradation. ISRIC Bi-Annual Report, Wageningen.
- PASÁK V., 1970: Větrná eroze půdy. Výzkumný ústav meliorací, Zbraslav nad Vltavou.
- PASÁK V., JANEČEK M., ŠABATA M., DÝROVÁ E., HEJL R., ŠVEHLA F., TINTĚRA J., ASINGR J. et ŠROT R., 1984: Ochrana půdy před erozí. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- PÍRKOVÁ I., VOPRAVIL J. et SMOLÍKOVÁ J., 2013: Statistika půd ohrožených degradací v ČR za rok 2012. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- PODHRÁZSKÁ, J. et DUFKOVÁ, J., 2005: Protierozní ochrana půdy - cvičení. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- PODHRÁZSKÁ J., NOVOTNÝ I., ROŽNOVSKÝ J., HRADIL M., TOMAN F., DUFKOVÁ J., MACKŮ J., KREJČÍ J., POKLADNÍKOVÁ H. et STŘEDA T., 2008: Optimalizace funkcí větrolamů v zemědělské krajině. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno.
- PODHRÁZSKÁ J., LITSCHMANN T., HRADIL M., STŘEDA T., STŘEDOVÁ H., ROŽNOVSKÝ J., KOZLOVSKY DUFKOVÁ J., KOHUT M., NOVOTNÝ I. et JAREŠ V., 2011: Hodnocení účinnosti trvalých vegetačních bariér v ochraně proti větrné erozi. Metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Brno.

- POKLADNÍKOVÁ H., PODHRÁZSKÁ J., NOVOTNÝ I. et STŘEDA T., 2010: Eroze půdy na jižní Moravě. In: Rožnovský J. et Litschmann T. (eds): „Voda v krajině“, Lednice.
- PULKRÁBEK J., CAPOUCHOVÁ I. et HAMOUZ K., 2003: Speciální fytotechnika, On-line:  
[http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul\\_key=4&idkapitola=224](http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=224),  
cit. 12. 3. 2014.
- SHAO Y., 2008: Physics and Modelling of Wind Erosion. Springer, Netherlands.
- SOWAC-GIS, 2013: Veřejný mapový projekt Větrná eroze. On-line:  
<http://geoportal.vumop.cz/index.php?projekt=vetrna&s=mapa>,  
cit. 13. 3. 2014.
- SOWAC-GIS, 2013a: Statistická ročenka půdní služby. On-line:  
<http://statistiky.vumop.cz/mapserv/statistika/apliOkres.php?okres=CZ0208&typGrafu=1>, cit. 13. 3. 2014.
- SOWAC-GIS, 2013b: Statistická ročenka půdní služby. On-line:  
<http://statistiky.vumop.cz/mapserv/statistika/apliKraj.php>, cit. 13. 3. 2014.
- SVOBODA J. et al., 1983: Encyklopedický slovník geologických věd. Academia, Praha.
- ŠTEKL J., HANSLIAN D., HOŠEK J., KERUM J. SOKOL Z. et SVOBODA J., 2004: Závěrečná zpráva projektu VaV/320/08/03, Výzkum vhodnosti lokalit v ČR z hlediska zásob větrné energie. Ústav fyziky atmosféry AV ČR. On-line: <http://www.ufa.cas.cz/web-old/vetrna-energie/doc/vav/priloha05b.jpg>, cit. 30. 3. 2014.
- ŠVEHLÍK R., 1985: Větrná eroze půd na jihovýchodní moravě. Česká státní pojišťovna, Praha.

- TIBKE G. L., 2006: Erosion by wind: Control Measures. In: Lal R. (ed.): Encyclopedia of Soil Science, CRC Press Taylor & Francis Group, Columbus: 598-606.
- TOLASZ R. et al., 2007: Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Olomouc.
- ULI, ASCE et NAHB, 2006: Erosion and sediment control. In: Jones J. E. (ed.): Great works on urban water resources (1962-2001). ASCE Publication: 761-811.
- VOPRAVIL J., VRÁBCOVÁ T., KHEL T., NOVOTNÝ I. et BANÝROVÁ J., 2010: Vývoj a degradace půd v podmínkách očekávaných změn klimatu. In: Rožnovský J. et Litschmann T. (eds): „Voda v krajině“, Lednice.
- VRÁBLÍKOVÁ J. et VRÁBLÍK P., 2008: Aplikovaná pedologie. Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem.
- VÚMOP, 2011: Nabídka mapových a datových produktů. On-line: [http://www.vumop.cz/sites/File/Katalog\\_Map/20130529\\_katalogMap\\_Ohrozenost\\_Vetrnou\\_erozi.pdf](http://www.vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Ohrozenost_Vetrnou_erozi.pdf), cit. 8. 12. 2013.
- VÚMOP, 2011a: SOWAC GIS. On-line: [http://www.vumop.cz/index.php?p=sowac\\_gis&site=default](http://www.vumop.cz/index.php?p=sowac_gis&site=default), cit. 8. 12. 2013.
- VÚRV, 2010: Agrometeorologické podmínky pro efektivní pěstování meziplodin. On-line: <http://www.nitrat.cz/meziplodiny/index.php?home=1>, cit. 30. 3. 2014.
- WEGEOVÁ K., 2000: Počasí. NS Svoboda, Praha.

## 7 Seznam obrázků, tabulek a fotografií

### Seznam obrázků:

Obrázek 1: Pohyby půdních částic, str. 11

Obrázek 2: Převládající směry větru v ČR, str. 13

Obrázek 3: Plochy zemědělské půdy ohrožené větrnou erozí v (ha) dle kategorií, str. 19

Obrázek 4: Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí, str. 20

Obrázek 5: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí, str. 22

Obrázek 6: Větrná eroze, str. 24

Obrázek 7: Zavátý příkop u cesty, str. 25

Obrázek 8: Ochranné pásy vyšších plodin, str. 27

Obrázek 9: Radličkový kypřič, str. 28

Obrázek 10: Plodina vysetá do stojícího strniště, str. 30

Obrázek 11: (A) Větretem navozená ztráta půdy se významně snižuje s rostoucím procentem mykorhizní kolonizace kořenů v mykorhizních kořenových systémech. (B) Střední ztráta půdy mykorhizních vzorků byla podstatně menší než u nemyorhizních vzorků jen pro *A. vulneraria*, ale ne pro *L. perenne*, str. 31

Obrázek 12: Prodouvavý ochranný lesní pás, str. 33

Obrázek 13: Neprodouvavý ochranný lesní pás, str. 33

Obrázek 14: Poloprodouvavý ochranný lesní pás, str. 34

Obrázek 15: Schéma uspořádání větrolamů, str. 35

Obrázek 16: Potenciální ohroženost zemědělského půdního fondu větrnou erozí v okrese Nymburk, str. 39

Obrázek 17: Potenciální ohroženost větrnou erozí na orné půdě v okrese Nymburk, str. 40

Obrázek 18: Plochy zemědělské půdy v okrese Nymburk podle kategorie potenciálního ohrožení větrnou erozí (v ha), str. 41

Obrázek 19: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí v okrese Nymburk, str. 42

Obrázek 20: Letecká mapa – poloha větrolamu u obce Hořany, str. 43

Obrázek 21: Letecká mapa – poloha větrolamu u obce Pátek, str. 44

Obrázek 22: Letecká mapa – poloha větrolamu u obce Kostelní Lhota, str. 47

Obrázek 23: Letecká mapa – poloha větrolamu u obce Bobnice, str. 49

### **Seznam tabulek:**

Tabulka 1: Rozsah ploch půd ohrožených vodní a větrnou erozí (v mil. ha), str. 8

Tabulka 2: Kritické rychlosti větru pro různé druhy půd, str. 13

Tabulka 3: Kategorizace ohroženosti větrnou erozí, str. 18

Tabulka 4: Ohrožení zemědělských půd ČR větrnou erozí, str. 20

Tabulka 5: Potenciální ohroženost orné půdy větrnou erozí - zastoupení kategorií erozní ohroženosti v České Republice, str. 21

Tabulka 6: Tolerovaná délka pozemku, str. 36

Tabulka 7: Počet katastrálních území v okrese Nymburk podle kategorie potenciálního ohrožení zemědělských půd větrnou erozí, str. 41

### **Seznam fotografií:**

Fotografie 1: Písečné přesypy u Píst, str. 38

Fotografie 2: Větrolam u obce Hořany, str. 43

Fotografie 3: Větrolam u obce Pátek, str. 44

Fotografie 4: Ponechané rostlinné zbytky v orné půdě, str. 45

Fotografie 5: Závlahový systém, str. 46

Fotografie 6: Větrolam u obce Kostelní Lhota, str. 47

Fotografie 7: Vnitřní prostor větrolamu u obce Kostelní Lhota, str. 48

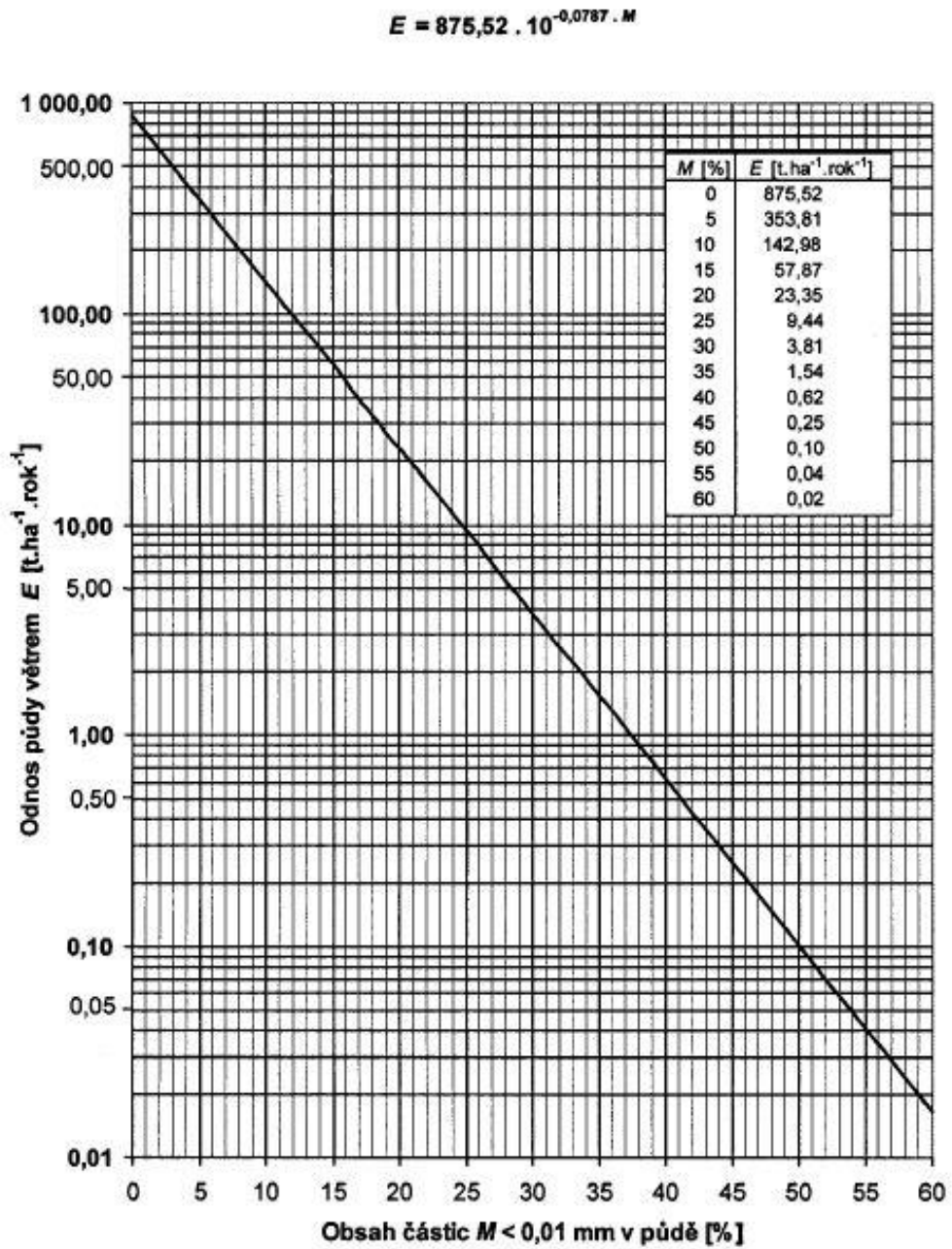
Fotografie 8: Nově vysazený větrolam u obce Bobnice, str. 49

Fotografie 9: Vojtěška zařazená do osevního postupu, str. 50



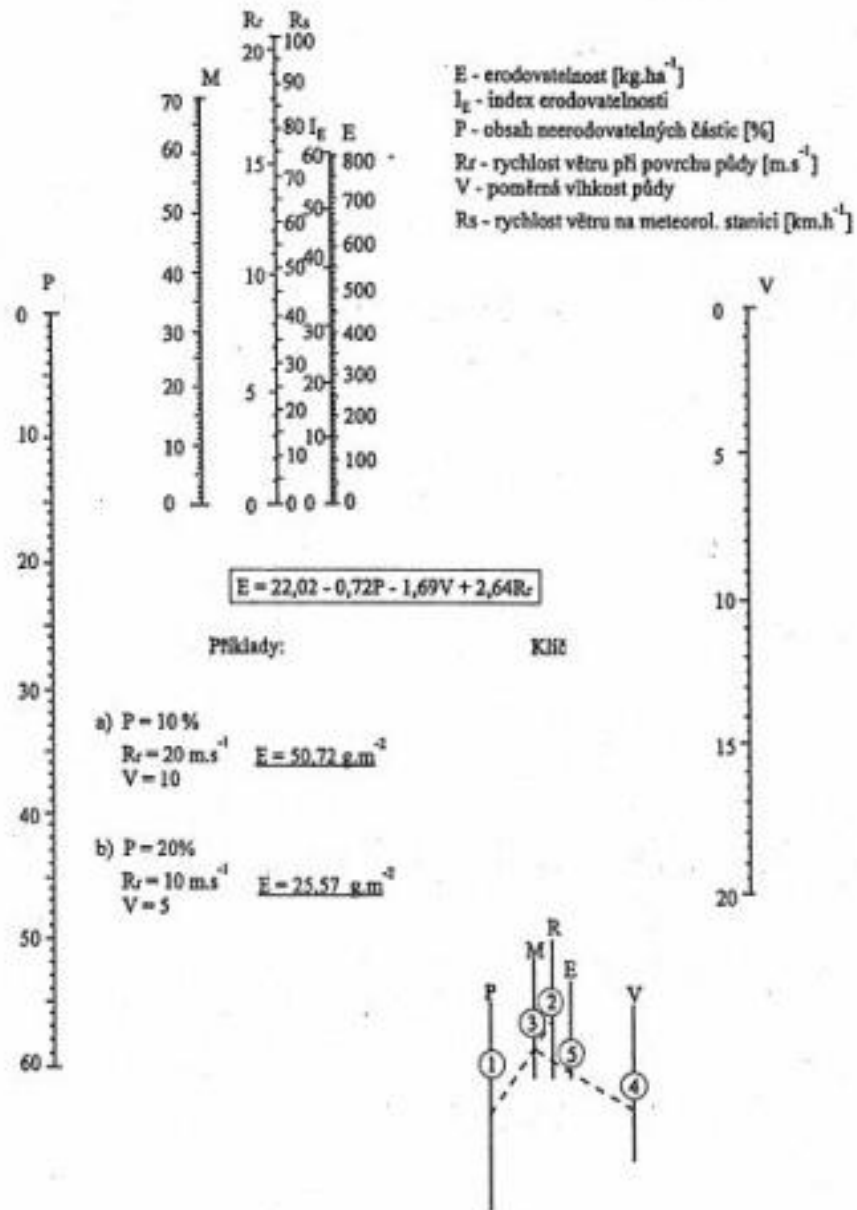
## 8 Přílohy

Příloha 1: Nomogram pro určení erodovatelnosti půdy větrem



Zdroj: Janeček et al., 2008

Příloha 2: Spojnicový nomogram ohroženosti půd větrem



Zdroj: Janeček et al., 2008