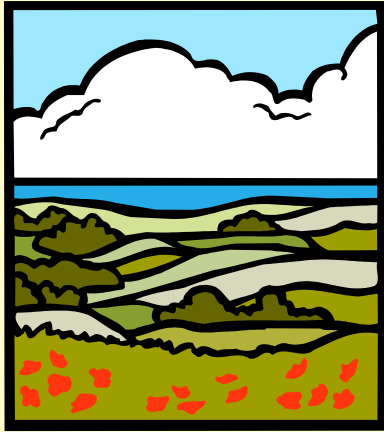




Ochrana a organizace povodí

10. přednáška – Větrná eroze

- **Větrná eroze – obecný úvod, faktory**
 - **Metody predikce větrné eroze a výpočet její intenzity**
 - **Negativní vlivy eroze**
 - **Opatření proti větrné erozi**
 - **Zajímavosti**
- } 1.část
- } 2.část

Doporučená literatura

1. **Holý, M.**, 1994: Eroze a životní prostředí, Vydavatelství ČVUT Praha (str. 241-274).
2. **Janeček, M.** a kol., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Nakl. ISV Praha (str. 154-162).
3. **Švehlík, R.**, 2002: Větrná eroze na jihovýchodní Moravě, Sborník přírodovědného klubu v Uherském Hradišti (rozsáhlá obrazová příloha). !!!
4. **Váška, J.** a kol., 2000: Hydromeliorace, TK 16 – ČKAIT, Praha (str. 151 – 157).
5. **Vrána, K.** a kol., 1998: Krajinné inženýrství, TK 13 – ČKAIT, Praha (str. 82 – 91).

Dělení eroze

- podle **intenzity**
(normální, zrychlená)
- podle **příčiny**
(vodní, **větrná**, ledovcová, zemní,
- podle **formy**
(plošná, výmolná, proudová)
- podle **mechanismu** (mezirýžková, rýžková)
- podle **časového hlediska** (historická, soudobá)
- podle **směru působení** (podélná, příčná)

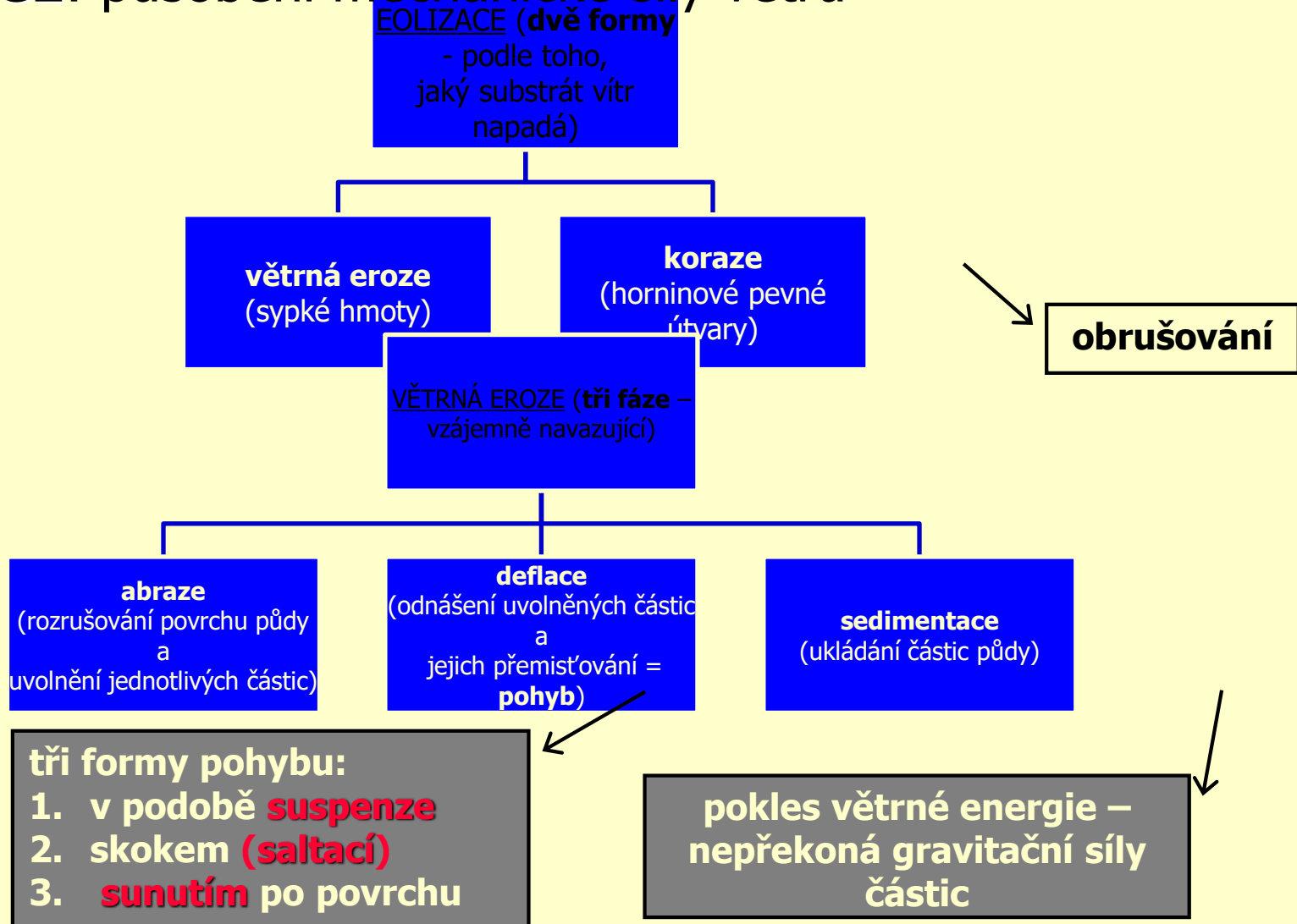
Větrná eroze (eolická)

- vzniká mechanickou činností **větru**, který rozrušuje půdní povrch, odnáší uvolněné půdní částice a ukládá je na jiných místech (při poklesu energie vzdušného proudu).
- typický jev v /semi/aridních zemích (ale také v sušších oblastech humidních zemí na půdě s nepříznivými fyzikálními vlastnostmi).

Větrná eroze v Evropě = výskyt nejen v oblasti východní a jižní Evropy (kde jsou podmínky pro její vznik), ale i v mírném podnebí severozápadní Evropy (primárně ovlivňuje lehké půdy).

Pojmy

EOLIZACE: působení mechanické síly větru

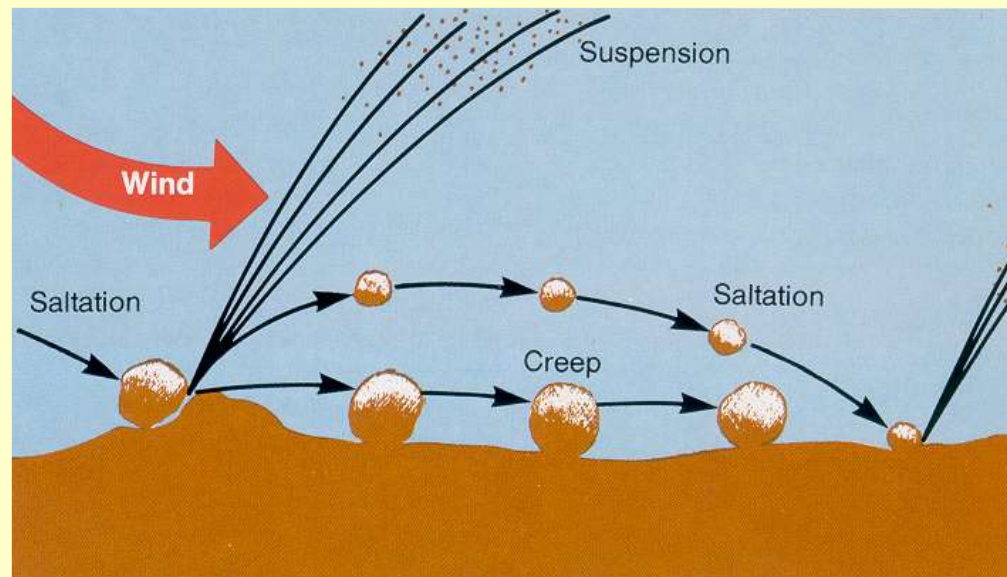


1. pohyb ve formě **suspenze** → nejjemnější částice jsou zvedány větrem a přenášeny v mracích (vznik prašných bouří + zakalení vzduchu).

2. pohyb skokem (saltace**)** → **nejvýznamnější druh pohybu** (translokace – přemísťování půdy), střední velikost částic (0,05 – 0,5 mm) - (dostatečně lehké ke zvednutí z půdního povrchu, ale příliš těžké k pohybu ve formě suspenze)..

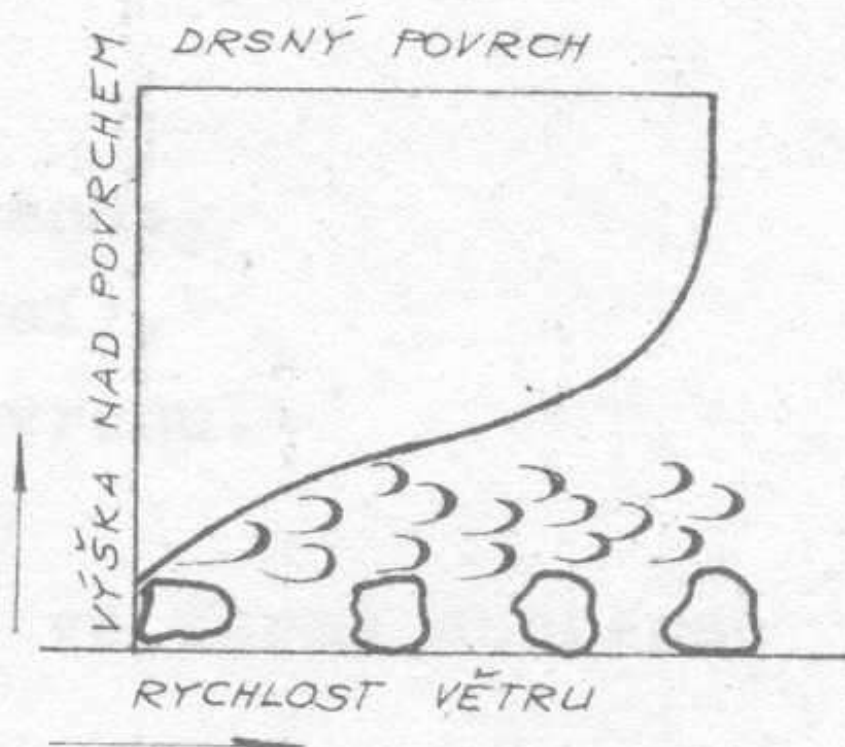
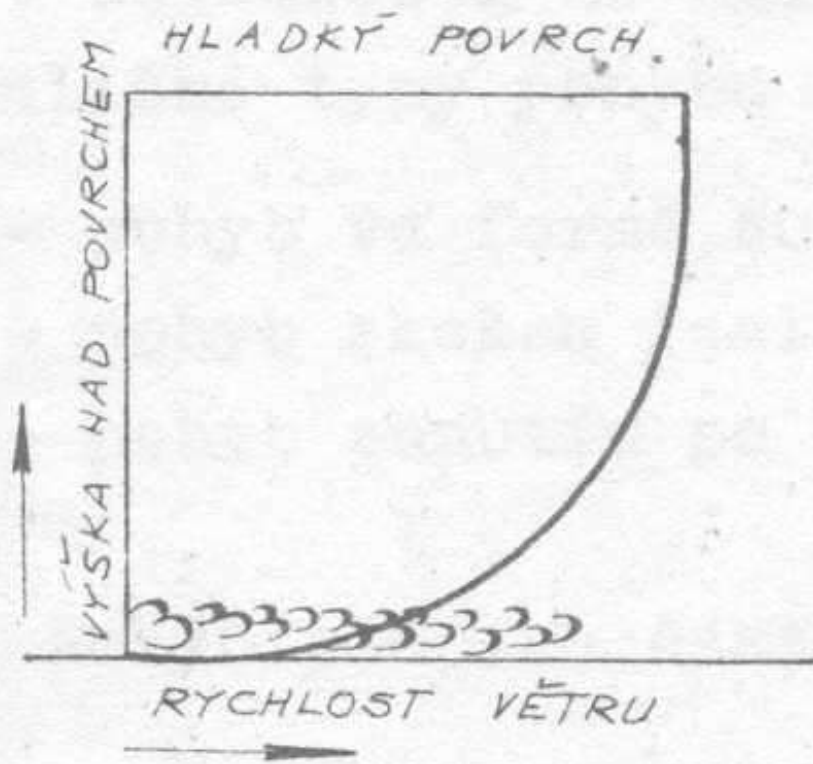
3. pohyb **sunutím po povrchu** → pohyb větších a těžších částic (velikost 0,5 až 1-2 mm), příliš těžké ke zdvižení z půdního povrchu – sunutí po povrchu silou větru a nárazy skákajících částic ... **creep**

Po 1. a 2. fázi zůstane na povrchu erodované půdy snížený půdní horizont, velké částčky půdy, které vítr nemůže unést a také eolické sedimenty (kamínky). Další poškození půdy – vyvátím, obnažením kořínků plodin – jejich zničení, úhyn).



Minimální rychlost potřebná k zahájení pohybu půdních částic > rychlost potřebná k udržení půdních částic ve vzduchu – **počáteční vlečná rychlost (kritická)**

21 až 48 km/h (Chepil, USA, 1950)



Dvě hlavní podmínky pro vznik větrné eroze:

- suché půdy s prům. roč. sráž. úhrnem **250 až 300 mm**
- převládající stálé větry (obecně).

UPŘESNĚNÍ - v ČR je ochrana před VĚE potřebná v oblastech:

- @ s četnými větry,
- @ s prům. roč. sráž. úhrnem < 500 mm,
- @ lesnatostí menší než 20%,
- @ s lehkými písčitými a hlinitopísčitými půdami (Pasák, 1970),
- @ s jemnozrnnými jílovitými půdami, došlo-li před erozní událostí k jejich vyschnutí (Vrána – Svehlík, 1985; na základě terénního měření).

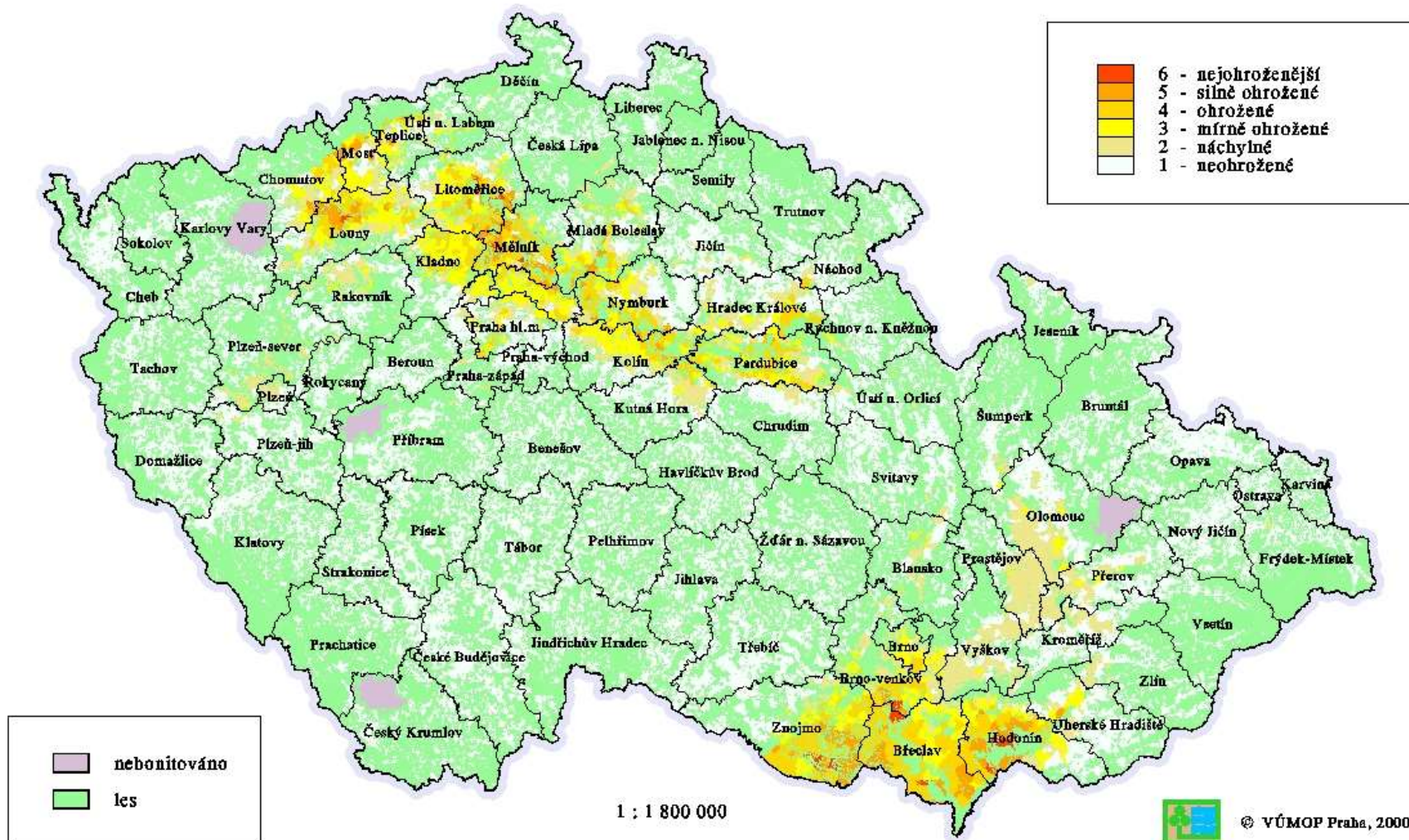


V **ČR** je větrnou erozí ohroženo **26%** celkové výměry zeměd'. půdy (od Lovosic k HK), na **Moravě** cca **45% !** (dolní tok řeky Moravy, oblast Bílých Karpat, Dolnomoravský úval a další).

Rozšíření větrné eroze v ČR (viz obr.)

Vrána (1977)

Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí podle katastrů





Severní Čechy okolí hradu Házmburk (1995)

USA - Oklahoma (1937)



(program ***Dust Bowl***, viz dále)



Texas (1997)



Bílé Karpaty (2001)

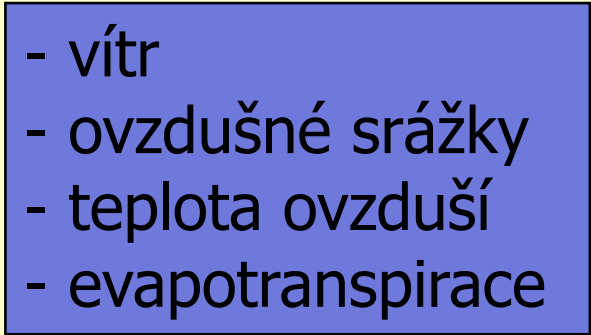
DALŠÍ UKÁZKY VĚTRNÉ EROZE

http://www.weru.ksu.edu/new_weru/multimedia/multimedia.html

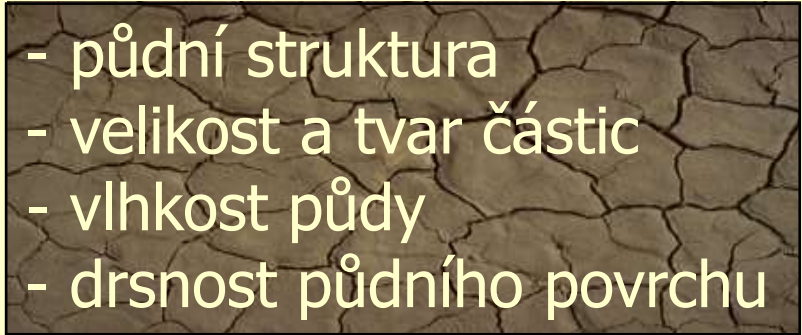
Faktory ovlivňující vznik a průběh větrné eroze :

- správný návrh opatření proti účinkům větrné eroze $\Rightarrow$ nutné znát jednotlivé faktory, které působí na vznik a průběh eroze – jedná se o **poměry**:

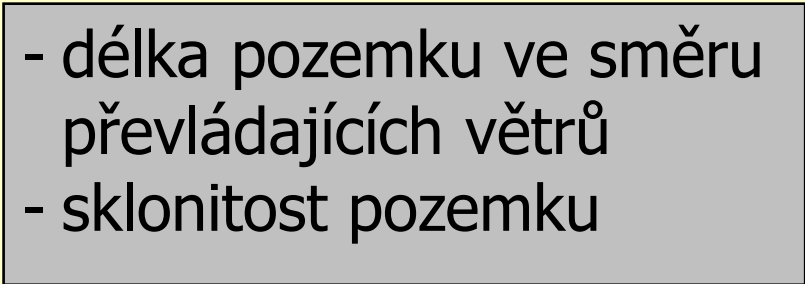
KLIMATICKÉ

- 
- vítr
 - ovzdušné srážky
 - teplota ovzduší
 - evapotranspirace

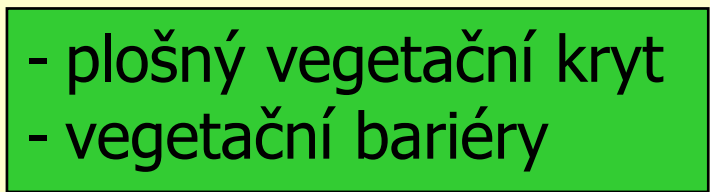
PŮDNÍ

- 
- půdní struktura
 - velikost a tvar částic
 - vlhkost půdy
 - drsnost půdního povrchu

ÚZEMNÍ

- 
- délka pozemku ve směru převládajících větrů
 - sklonitost pozemku

POROSTNÍ

- 
- plošný vegetační kryt
 - vegetační bariéry



KLIMATICKÉ POMĚRY (V, S, T a EVT)

- **Vítr** – vliv větru dán jeho rychlostí, dobou trvání a převládajícím směrem (podle měření v USA → rychlost nutná k zahájení pohybu půdních částic je 27 až 35 km/hod).

rychlost větru (m/s km/h) v ČR – pozorování	5 18	9 32	12 43	více
vel. unášených částic (mm)	0,25	0,75	1,5	2,0 a více

- **Kritická rychlost větru** = rychlost, při které dochází k větrné erozi nad přípustnou mez (pro různé druhy půd viz tab.)

Druh půdy	suchá		vlhká
	rychlost (m/s)		rychlost (m/s)
Písčitá	převládají hlinité částice, jemnější, soudržnější než písčité = větší měrný povrch, více vázané vody (i el.silami)	3,3	8,0
Hlinitopísčitá		3,3	20,0
Písčitohlinitá		6,4	11,3
Hlinitá		22,0	22,0

PŮDNÍ POMĚRY



- **Velikost a tvar půdních částic**

erodovatelné p. č. (EC) X neerodovatelné p. č. (NC)

Hranice mezi EC a NC byla zjištěna pomocí výzkumů a terénních měření v USA = 0,84 mm (v ČR upravena na **2,0** mm na základě vyhodnocení vzorků z oblasti Bílých Karpat – těžké jílovité půdy).

stupeň erodovatelnosti půdy =
poměr EC / NC v povrchové v.p.

- **Vlhkost půdy**

určena množstvím a rozdělením ovzdušných srážek a ovlivněna teplotou, vlhkostí ovzduší a větrem; půdní vlhkost má vliv na erodibilitu půdy (působením kohezních sil absorbovaného vodního filmu na povrchu částic a podporou tvorby půdních agregátů a škraloupu na povrchu půdy).

Pozn.: voda zvyšuje vlivem svého povrchového napětí vzáj. soudržnost částic; ve vodě jsou rozpuštěny anorg. a org. látky → stmelování částic půdy do shluků (agregátů) a hrud nebo tvorba povrchové krusty - škraloup (kůra).



ÚZEMNÍ POMĚRY

- **Délka pozemku ve směru převládajících větrů – odnos** půdy: nulový na počátku pozemku, roste exponenciálně s jeho délkou (čím delší erodovaná plocha, tím větší množství částic se uvolní); po určité vzdálenosti - závislé na drsnosti povrchu - je odnos konstantní (rovná se transportní síle větru).
- **Sklonitost pozemku – erodibilita** sklonitých pozemků je obecně vyšší než u pozemků vodorovných (rychlost větru se nad terénními vlnami zvyšuje a tím i odnosná síla větru) – omezeno délkou svahu, např. pro sklon 3% je to 100 m
⇒ delší pozemek než limit = sklonitost pozemku nemá vliv na zvýšení erozní činnosti větru.

POROSTNÍ POMĚRY



- **Vegetační kryt** – nejúčinnější

větrnou erozí = udržovaný vegetační kryt (max. efekt = hustě vysévané plodiny X menší účinnost = řádkové plodiny); vhodná ochrana také strniště (posklizňové zbytky plodin bez zaorání); PVK – chrání před přímým nárazem v. proudu, absorbuje značnou část jeho síly – snížení rychl. v.

- **Vegetační bariéry** ⇒ překážky ze stromů, keřů nebo pásů plodin, které snížují rychlost větru na povrchu půdy a zachycují nesené půdní částice.

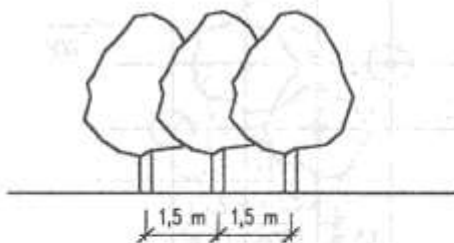
Snížení rychlosti větru je největší za bariérou, se vzdáleností od bariéry se snižuje: po $l=30h$ → nulový efekt.

Husté, relativně nepropustné vegetační bariéry = velké snížení rychlosti větru těsně za bariérou.

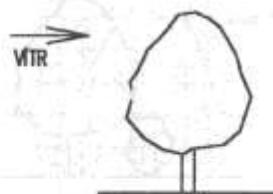
Propustnější bariéry = menší snížení rychlosti větru, ale účinek na větší vzdálenost od překážky.

Pásky plodin = nejnižší účinnost (hustě vysévané plodiny tvořící souvislý kryt povrchu půdy, šířka min. 100 m).

Pohled

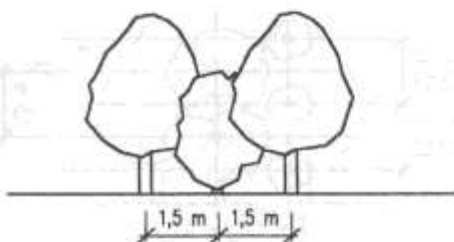


Řez



Obr. 7.1 – VEGETAČNÍ BARIÉRA JEDNOŘADÁ BEZ PODROSTU

Pohled

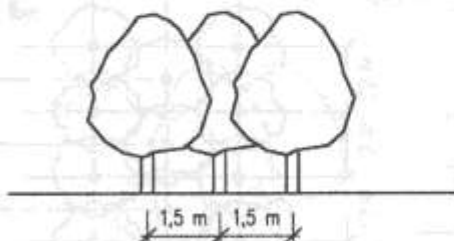


Řez

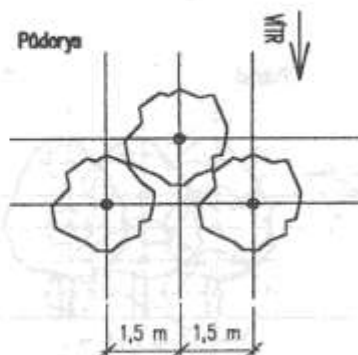


Obr. 7.2 – VEGETAČNÍ BARIÉRA JEDNOŘADÁ S KEŘOVÝM PODROSTEM

Pohled

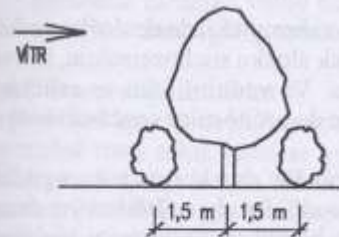


Pódorys

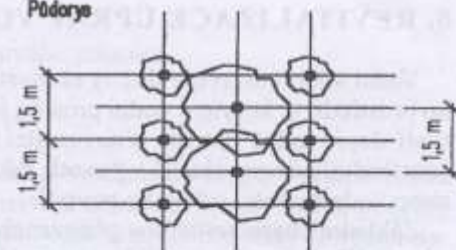


Obr. 7.3 – VEGETAČNÍ BARIÉRA DVOUŘADÁ BEZ PODROSTU

Řez

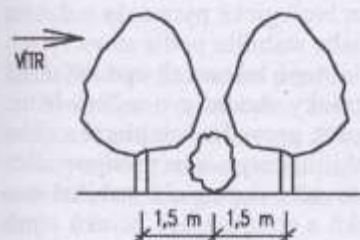


Pódorys

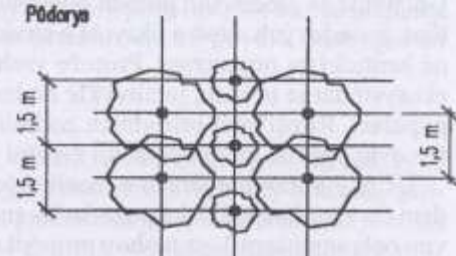


Obr. 7.7 – VEGETAČNÍ BARIÉRA TŘÍŘADÁ S KEŘI NA OKRAJI

Řez

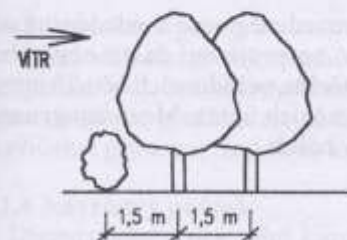


Pódorys

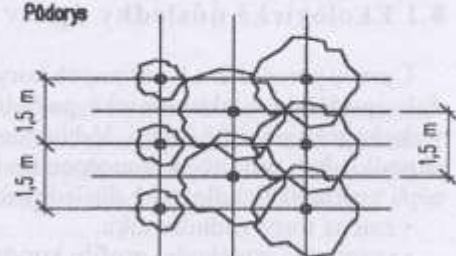


Obr. 7.8 – VEGETAČNÍ BARIÉRA TŘÍŘADÁ S VNITŘNÍ KEŘOVOU ŘADOU

Řez



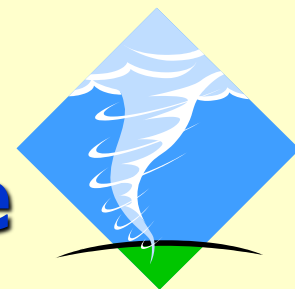
Pódorys



Obr. 7.9 – VEGETAČNÍ BARIÉRA TŘÍŘADÁ S KEŘI NA NÁVĚTRNÉ STRANĚ

PŘÍKLADY VEGETAČNÍCH BARIÉR

1. Metody predikce větrné eroze



Stanovení potenciální ohroženosti území **větrnou erozí**
– složitější než u vodní eroze (vychází ze stanovení jednotlivých dílčích činitelů podílejících se na vzniku eroze).

→ **stupně pro hodnocení
ohrožení půd větrnou erozí**

pomocí map BPEJ (klimatické regiony 0-4
a charakteristiky půd = náchylnost k erozi)

kategorie	koeficient	Stupeň ohrožení
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



2. Výpočet intenzity větrné eroze

Pro komplexní posouzení vlivů na proces **větrné eroze** – rovnice pro výpočet intenzity větrné eroze podle Woodrufa a Siddowaye (1965), pro ČR rozpracoval Vrána (1978):

$$E = I \cdot K \cdot C \cdot f(L) \cdot f(V)$$

- E** ... potenciální ztráta půdy větrnou erozí (t/ha.rok),
- I** ... faktor erodibility půdy → závisí na obsahu neerodovatelných částic v půdě (%) – nedostávají se do pohybu ($> 0,84$ mm), určí se rozbořem vzorku půdy: prosetím sítím o velikosti ok 0,8 mm (viz tab. 1),
- K** ... faktor drsnosti půdního povrchu (drsnot tvoří výčnělky, brázdy, nerovnost mikroreliefu); závisí na hodnotě tzv. ekviv. drsnosti půdního povrchu K' – představuje výšku nerovností terénu v cm (viz tab. 2),
- C** ... klimatický faktor – odvozen na základě hodnot rychlosti větru a vlhkosti území (pro ČR – Vrána, 1977) , viz tab. 3.

tab. 1 (I)

Obsah neerodovat. částic v. %	Faktor erodovatelnosti půdy 1 (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	694,9	560,4	493,2	437,1	403,5	381,1	358,7	336,2	313,8
10	300,4	293,7	286,9	280,2	271,2	262,3	253,3	244,3	237,6	229,1
20	219,7	213,0	206,2	201,7	197,3	192,8	186,1	181,6	177,1	170,4
30	165,9	161,4	159,2	154,7	150,2	145,7	141,2	139,0	134,5	130,0
40	125,5	121,0	116,6	114,3	112,1	107,6	105,4	100,9	96,4	91,9
50	85,2	80,7	74,0	69,5	65,0	60,5	56,0	53,8	51,6	49,3
60	47,1	44,8	42,6	40,3	38,1	35,9	34,9	33,6	31,4	29,1
70	26,9	24,7	22,4	17,9	15,7	13,4	9,0	6,7	5,7	4,5
80	4,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

hodnota I
pro obsah
částic **28%**

při výpočtu:

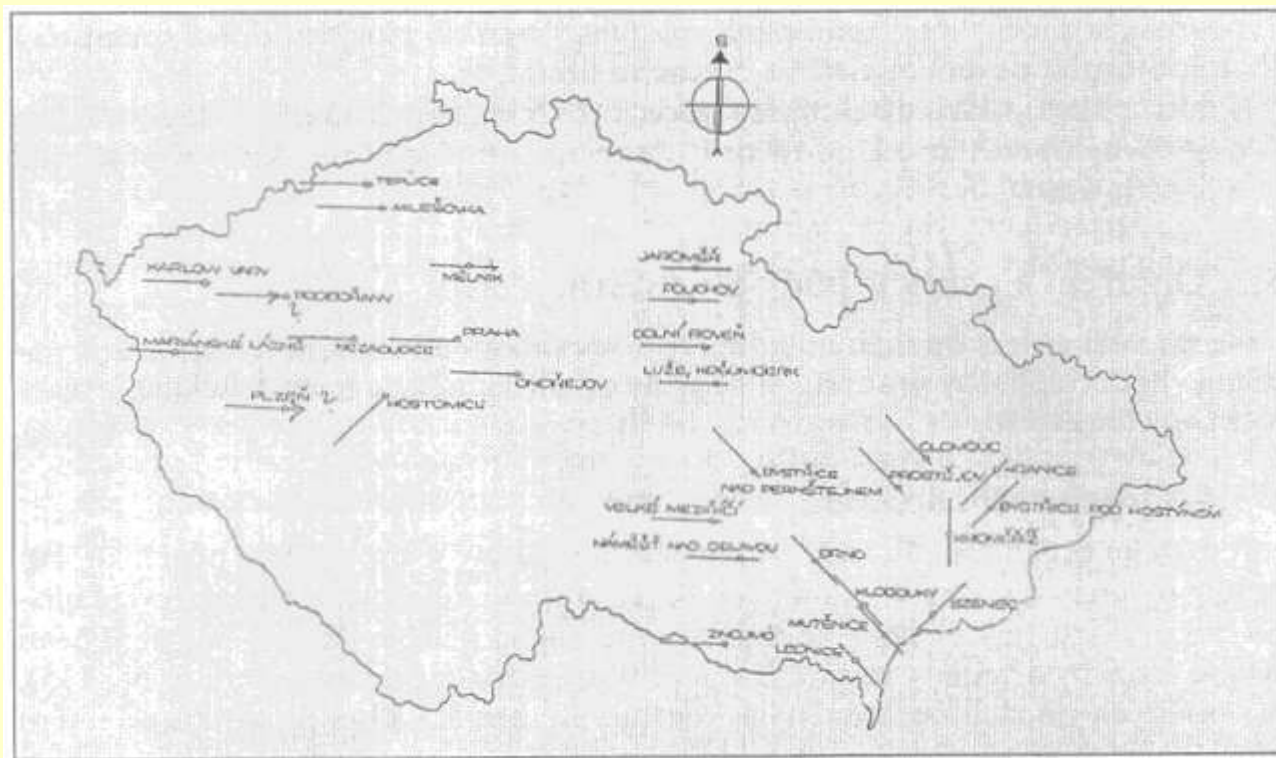
K = 1,0
tab. 2 (K)

Stanice		
Brno		
Bystrice nad Pernšt.		
Bystrice pod Host.	0,05	Milesovka
Bzenec	0,06	Mutěnice
Čáslav	0,08	Náměšť nad Oslavou
Dolní Roveň	0,04	Nezabudice
Hostomice	0,02	Olomouc
Hranice	0,07	Ondřejov
Jaroměř	0,07	Plzeň
Jevíčko	0,07	Podbořany
Karlovy Vary	0,07	Pouchov
Klobouky	0,11	Praha
Kroměříž	0,07	Prostějov
Lednice	0,08	Slaný
Lopeník	0,08	Teplice
Luhačovice	0,07	V. Meziříčí
Luže, Košumberk	0,08	Znojmo

Ekvivalentní drsnost povrchu půdy K (cm)	Faktor drsnosti K
0	1,00
2,5	0,65
5,0	0,50
10,0	0,50
15,0	0,55
20,0	0,65
25,0	0,77

tab. 3 (C)

L ... faktor délky pozemku – udává délku nechráněného pozemku ve směru převládajícího větru (za chráněný je považován pozemek o délce = 10x výška bariéry na návětrné straně); směry větrů podle ČHMÚ, viz obr. 



při výpočtu:

**L = délka
nechráněného
pozemku (m)**



při výpočtu:

V = 1,0 *

V ... faktor vegetačního krytu vyjadřuje vliv vegetace nebo rostlinných zbytků na povrchu půdy na vznik větrné eroze (USA – hodnoty pro různé plodiny v různých fázích růstu), v ČR: V.E. na jaře = bez vegetace). *

Využití rovnice pro výpočet E



Rovnice pro výpočet potenciální roční ztráty
větrnou erozí umožňuje :

1. stanovit velikost potenciální ztráty půdy větrnou erozí z daného pozemku a
2. posoudit vliv navržených opatření na snížení potenciální ztráty půdy.

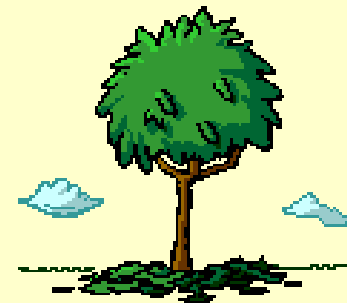
Zjištěná hodnota potenciální ztráty půdy větrnou erozí **E** (určena na základě hodnot pěti faktorů) **X přípustná ztráta půdy** (podle stejných kritérií jako u vodní eroze)
→ překročení limitní hodnoty ztráty půdy = opatření ke zkrácení délky nechráněného pozemku ve směru převládajícího větru (změna hodnoty L faktoru).

Pozn: Moderní postup hodnocení větrné eroze na principech matematické simulace → projekt WEPS v USA (Wind Erosion Prediction System, <http://www.weru.ksu.edu>), testování v ČR se připravuje.

primární (P)

sekundární (S)

Negativní vlivy větrné eroze

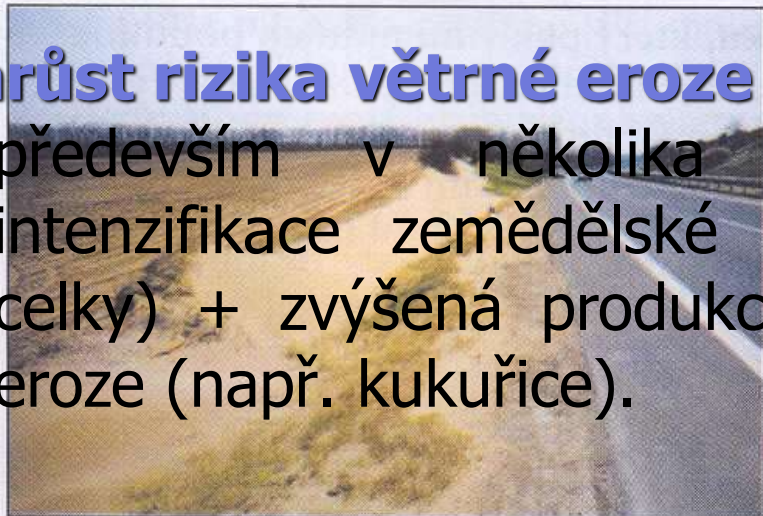


- **Ztráta půdy odvátím větrem** – zeslabování orniční vrstvy a tím i snižování její úrodnosti $\Rightarrow$ celková degradace půdy (nenahraditelné škody), ukládání mimo zem. p. – P,
- **Akumulace deflátů** – projevuje se negativně zavátím polních kultur (z hlediska půdotvorného nemá význam – jediné při opakovaných procesech se zesiluje orniční vrstva, ale jen na malé ploše oproti ploše erodované) - P,
- **Kvalitativní změny v půdě** – rozpad částeczek půdy vlivem dyn. síly větru = snížení průměru půdních částic a zhoršení fyz. vlastností půdy; jde o přímý důsledek prvních dvou vlivů $\Rightarrow$ ztráta humusu, živin, změna chemismu – P.

- **Ztráty na zemědělské produkci** – vznikají přímým vyvátím kultur a také jejich zavátím na jiném místě = možné totální zničení těchto plodin + snížení hektarových výnosů; nutná nákladná PEO a likvidace škod !!! – P,
- **Sekundární škody** – projevují se v jiných odvětvích hospodářství a dosahují značných rozměrů ⇒ zavátí vodních zdrojů, toků a nádrží, komunikací a příkopů, lidských sídel apod. – S.

Nárůst rizika větrné eroze

- především v několika posledních dekádách vlivem intenzifikace zemědělské výroby - scelování polí (větší celky) + zvýšená produkce plodin náchylných k podpoře eroze (např. kukuřice).



Slovensko (okolí Nitry), 1995



Vřetenovité závěje s výrazným hřbetem, Bánov - Bystrice pod Lopeníkem (1990).



oblast Bílých Karpat
(obec Bánov)

<http://www.obec-banov.cz/main.php>

Mezi začátkem jazyků a ploty je větrná brázda, Blatnice pod Svatým Antonínkem (1965).

Ukázky negativních vlivů větrné eroze:

- závěje,
- jazyky, apod.



Vřetenovité závěje přecházející do zavátého silničního příkopu s typickým převisem (Bánov 1990).



Opatření proti větrné erozi

Klasifikace opatření před větrnou erozí vychází z ČSN 75 4500 „Protierozní ochrana zemědělské půdy“ a tvoří je opatření:

1. organizační,

směřují ke změně druhů pozemků v území a jeho členění

2. agrotechnická,

využívají v protierozní ochraně půdy speciální stroje a postupy (nákladnější a často vyžadují zvýšenou aplikaci herbicidů, výsev meziplovin apod.)

3. technická.

snížení rychlosti větru a jeho škodlivého účinku použitím technických umělých nebo přirozených překážek

Opatření před větrnou erozí lze výhodně zapojit do polyfunkční kostry komplexních pozemkových úprav a územních systémů ekologické stability. Mimo protierozní funkce pak toto opatření plní i významnou funkci krajinotvornou.

TECHNICKÁ (biotechnická) OPATŘENÍ

- Umělé zábrany – pro dočasnou ochranu citlivých plodin, např. zeleniny → přenosné ploty z odpadových prken, odpadních hliníkových fólií, rákosu apod. (jejich malá výška = malá účinnost); nejúčinněji zmírňuje rychlost větru *síťové uspořádání zábran*.
- Větrolamy – PE účinek dán snížením rychlosti větru v určité vzdálenosti *před* a *za* větrolamem a snížením turbulence vzdušných mas v přízemních vrstvách (účinnost větrolamů závisí na jejich šířce, propustnosti pro vzdušné proudění a druhové skladbě dřevin – viz obr. dále).

TECHNICKÁ (biotechnická) OPATŘENÍ



ukázka
větrolamu

Z hlediska propustnosti a účinnosti se větrolamy rozdělují na:
a) prodouvavé, b) poloprodouvavé, c) neprodouvavé.

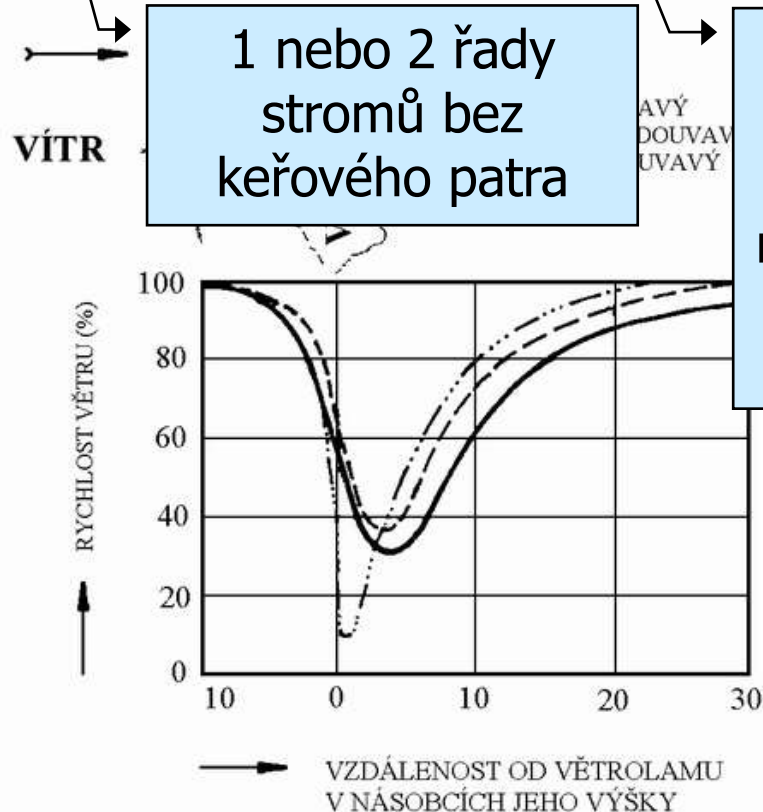


Schéma účinnosti
různých typů větrolamů

1 – 2 řady stromů a keřové patro (koruna stromů má menší zapojení a keřové patro není příliš husté)

více řad stromů i keřového patra zapojených v celé výšce a tvořících neprodyšnou stěnu

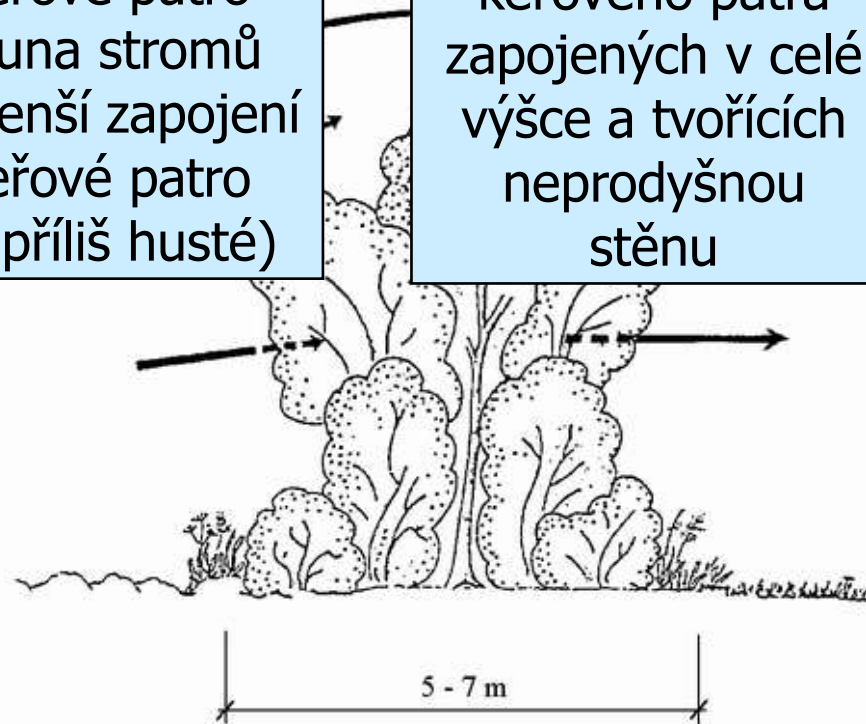


Schéma poloprodouvavého
větrolamu

**Morava – oblast pod
Bílými Karpatami
(obec Bánov)**



Její současný stav (1997).

UKÁZKA VĚTROLAMU – vývoj 35 let

ZAJÍMAVOSTI I.

WERU (**W**ind **E**rosion **R**esearch **U**nit)

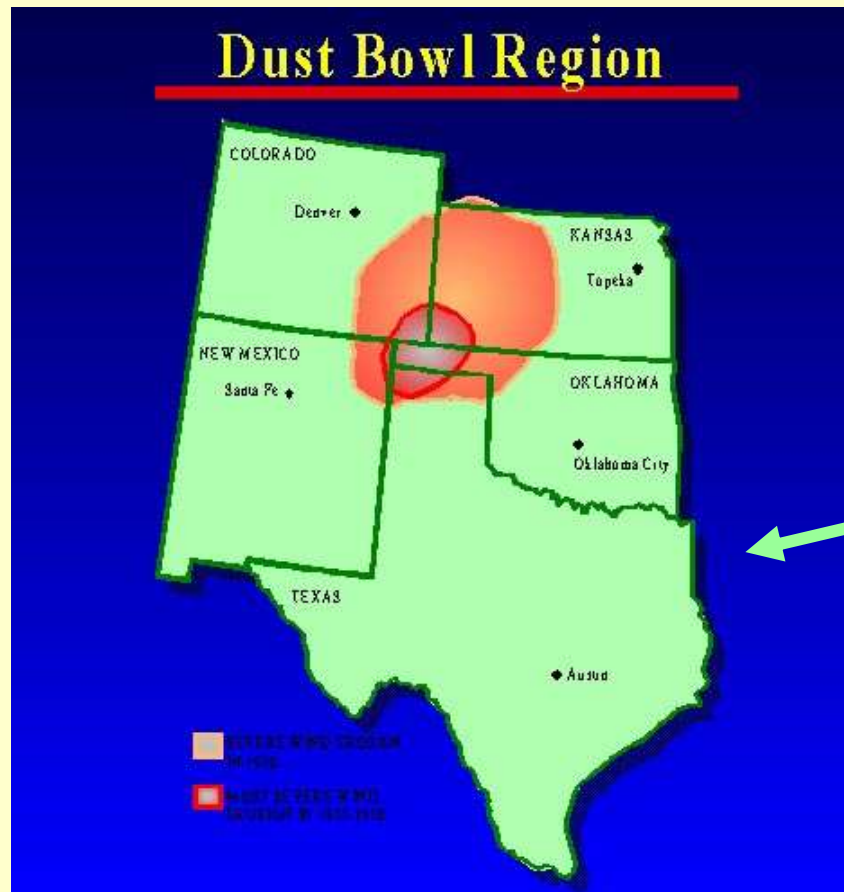
🔄 USA

→ projekt na výzkum větrné eroze

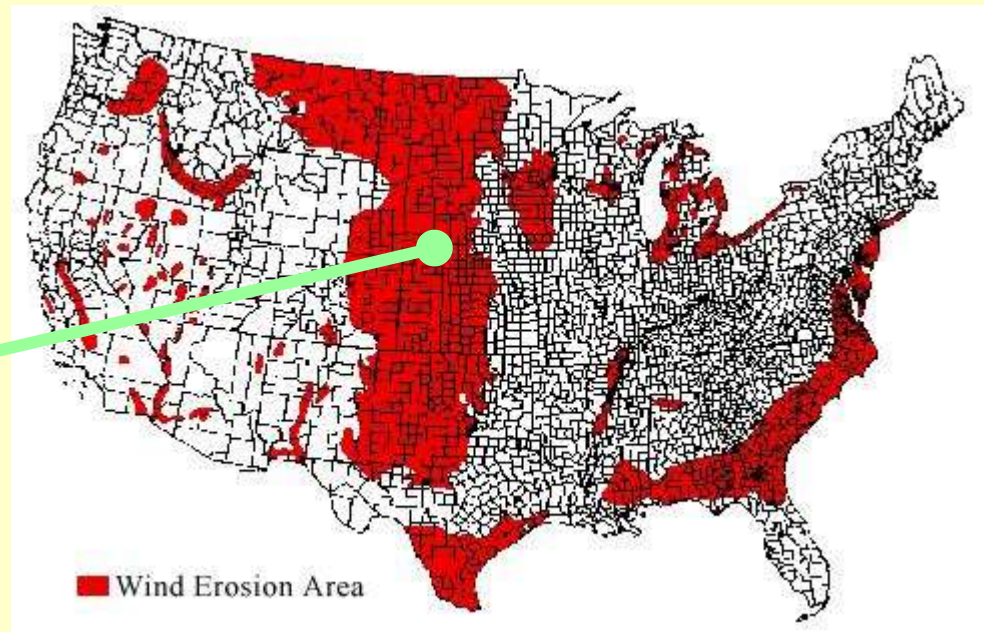
- vznikl ve 30. letech v USA (velké problémy s větrnou erozí, ohroženo více než 30 mil ha orné půdy v oblasti střední USA) – období sucha („dirty thirties“) + velký výskyt prašných bouří („dust bowl“) ⇒ rozsáhlé materiální škody;
- založen na popud USDA („MZe USA“) ve spolupraci s University of Kansas za účelem snížení dopadu větrné eroze (řešení: návrh PEO);
- výzkum pokračuje dodnes – lokalizace problémových míst , měření v terénu i laboratoři (aerodynamický tunel, apod.);
- nový projekt **WEPS** (**W**ind **E**rosion **P**rediction **S**ystem) – predikce větrné eroze.

CÍLE WERU:

- Zlepšení technologie predikce VĚE na orné půdě a rozšíření i na další využití půdy.
- Zvýšení znalostí o procesech větrné eroze a zajištění vědecké základny pro její výzkum; ověření opatření proti jejím účinkům.
- Určení „on-site“ a „off-site“ následků větrné eroze.
- Zajištění spokojenosti zákazníků dodáním účinné technologie ochrany proti VĚE.



Mapa rozšíření větrné eroze v USA
(vyprodukována v rámci WERU)



Oblast prašných bouří

DĚKUJI ZA POZORNOST