

SEASONAL VARIABILITY OF WINDBREAK EFFECTIVITY AND THEIR OPTICAL POROSITY

Mužíková B., Jareš V.

Institute of Applied and Landscape Ecology, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: bronislava.muzikova@uake.cz

ABSTRACT

The aim of this study was to prove seasonal changes in effectivity and optical porosity of chosen windbreak in erosion endangered localities in south Moravia. The measurement took place on three localities from spring to autumn 2010; this paper presents results from one locality. We measured wind speed in front of windbreak and behind windbreak (formed by hardwood species) in certain distances in spring (slight foliage), summer (full foliage) and at the beginning of autumn (falling leaves). The effectivity of windbreak in the distance 50 m from windbreak varied between 52% in April and 72% in May. In the distance 100 m from windbreak the effectivity varied between 49% (April) and 69% (May). Optical porosity was evaluated on digital photos. The pictures chart the permeability changes observed during the period. Changes of permeability were evaluated at different heights of windbreaks. The highest values of porosity were observed in spring, lowest in summer. Optical porosity values in autumn show an increasing trend. Our evaluation method can discover places in windbreaks, that are interrupted or in which are the gaps throughout the year. The results can be used for planning of windbreak permeability and for management of windbreaks.

Key words: wind erosion, optical porosity, windbreak effectivity

Acknowledgments: This article could be written thanks to support from internal grant of Mendel University in Brno No. IP 15/2010 „Optical porosity utilization for validation of method of evaluation and categorisation of shelterbelts“.

ÚVOD

Větrná eroze představuje v České republice poměrně velké nebezpečí, a to zejména pro nejúrodnější oblasti, kde je zemědělská půda náchylnější díky přítomnosti velkých pozemků i nevhodným osevním postupům. Vyskytuje se buď jako eroze saltací, kdy vítr přenáší půdní částice na kratší vzdálenosti skoky nebo válením po povrchu, nebo ve formě prашných bouří, kdy vítr částice transportuje i desítky kilometrů, kde poté dochází k jejich sedimentaci. Eroze větrná u nás představuje plošně menší riziko než eroze vodní, nikoli však zanedbatelné. Na Moravě je větrnou erózí ohroženo asi 40 % a v Čechách 23 % zemědělské půdy (Pasák, 1984).

Intenzitu větrné eroze ovlivňují klimatické faktory (směr a rychlost proudění vzduchu, atmosférické srážky, teplota a vlhkost vzduchu, výskyt záporných teplot), půdní a geologické faktory (geologická skladba území, velikost a tvar půdních částic, vlhkost půdy, půdní struktura, mechanická stabilita půdy), vegetační faktory (vegetační kryt, posklizňové zbytky), geomorfologické faktory (tvar a rozmístění svahů, výskyt rovin a závětrných lokalit) a také antropogenní faktory (délka a orientace pozemků, způsob hospodaření, závlahy). Stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erózí je složitější než u eroze vodní. Ačkoli existuje několik algoritmů výpočtů, zpravidla vycházejí jen z dílčích činitelů podléhajících se na vzniku větrné eroze.

Větrná eroze působí škody rozrušováním půdního povrchu mechanickou silou větru, odnášením rozrušovaných půdních částic větrem a ukládáním těchto částic na jiném místě. Tento proces způsobuje škody jak v zemědělství odnosem ornice, hnojiv, osiv a poškozováním zemědělských plodin tak i např. zanášením komunikací a vodních recipientů. Má také negativní dopady na lidské zdraví (polétavý prach).

Rozvoji větrné eroze napomáhají rozsáhlé půdní celky, nedostatek krajinné zeleně a pěstování plodin nedostatečně kryjících půdu. Vyskytuje se hlavně v sušších a teplejších klimatických oblastech s lehkými půdami.

V oblasti jižní Moravy se vyskytují škody větrnou erózí každoročně s malým účinkem. Výrazné škody se opakují po čtyřech až šesti letech (Pasák, 1984). Z hlediska ohroženosti půd větrnou erózí je nejvýznamnější jarní a podzimní období (vyskytují se erozně nebezpečné větry, větrolamy mají nízký ochranný účinek a půda je často bez ochranného vegetačního pokryvu). Jako jarní období je označováno období od března do května, jako podzimní období od září do listopadu.

K nejúčinnějším opatřením proti větrné erozi patří ochranné lesní pásy – větrolamy. Jejich protierozními účinky, a to hlavně redukcí rychlosti větru, se v podmínkách ČR zabývala např. Dufková (2007). Větrolamy ovlivňují také mikroklima a evapotranspiraci v jejich okolí (Cleugh, 2002). Jsou důležitým biotopem rostlin a živočichů v intenzivní zemědělské krajině.

Měření rychlosti větru u větrolamů resp. účinku větrolamu na snižování rychlosti větru na závětrné straně ve světě není příliš často prováděno přímo v terénu. Mnoho výzkumů je prováděno pomocí modelů (Vigiak et al, 2003). Experimenty ve větrných tunelech prováděli např. Raine a Stevenson (1977), Torita a Satou, (2007), Guan, Zhang a kol. (2003), Cleugh (2003), Pasák (1970) za účelem popisu aerodynamiky větrolamů a poznání vlivu větrolamu na proudění větru. Další autoři jako např. Dufková, Rožnovský a kol. (2006), Dufková a Podhrázká (2006), Tippl, Bohuslávek a kol. (2007) prováděli přímá měření větru anemometry v terénu. Práce těchto autorů sloužila většinou k popisu změny proudění větru ovlivněného porézní vegetační překážkou tj. větrolamem. Získání výsledků z měření však také vyústilo v další problém a to sice ve způsob kvantifikace porozity větrolamu. Větrolam (ve smyslu pásu vegetace) je totiž co do jeho porozity velmi heterogenní, těžko popsatelnou strukturou.

Skutečná (aerodynamická) porozita větrolamu, je Litschmannem a Rožnovským (2005), Guanem, Zhangem a kol. (2003) definována jako poměr mezi průměrnou rychlostí větru naměřenou na návětrné straně větrolamu a průměrnou rychlostí na volném prostranství. Litschmann a kol. (2007), Vigiak a kol. (2003) vysvětlují, že aerodynamická porozita udává poměr mezi množstvím vzduchu, který prochází skrz větrolam a množstvím, které je rozptýleno nad větrolamem. Cleugh (2003) vymezuje dvě použitelné metody k určení porozity větrolamu jakožto strukturálního faktoru, který nejvíce snížení rychlosti větru. Jedná se o metody optické a metody stanovení porozity nepřímo z poměru rychlostí větru závětrné a návětrné strany (nutné měření rychlostí anemometry v terénu). Námi předkládaná metoda spadá do kategorie optických.

Optická porozita je vymezena (Burke, 1998) jako podíl pozadí, viditelného z kolmého směru na větrolam. Optickou porozitu stanovovanou na základě fotografií využil pro hodnocení větrolamů Kenney (1987). Pomocí digitalizace a převodu snímku na siluetu (bílé a černé body) zjišťoval poměrné zastoupení těchto bodů, které vyústilo v procentuální vyjádření porozity větrolamu. Principiálně tuto techniku po něm využili i další autoři jako Litschmann a Rožnovský (2005), Loeffler a kol. (1992). K hodnocení optické porozity analýzou je třeba využít software vhodný pro úpravu digitální fotografie jako je např. *Paint Shop Pro 9.0*, *ImageTool 3.0.*, *Photoshop*, *Gimp 2.6.10* (liší se u různých autorů). Výsledky počítačového zpracování umožňují zhodnotit dynamiku porozity větrolamu v různém časovém období, odhalit nežádoucí přerušení, zpřesnit doposud odhadované hodnoty porozity a mohou být podkladem pro management rekonstrukce větrolamů v krajině. Nevýhodou metody je především redukce skutečného 3–D prostoru na 2–D prostor zachycený na vyhodnocované fotografii (Loeffler a kol., 1992). Přesnost stanovení také ovlivňuje vlastní příprava fotografie, kde často dochází k úpravě tónových hodnot snímku (např. změnou jasu), které jsou patrné z jeho histogramu, a volené hodnoty prahu (Tůma, 2007) při převodu na binární obraz. Na určitou subjektivitu při stanovení a nutnost pečlivé práce při zpracovávání zahrnující porovnání původního a výsledného obrazu upozorňují Litschmann a Rožnovský (2005).

Přesto podle Vigíak a kol. (2003) je metoda stanovení optické porozity tak, jak ji chápe Kenney (1987), proveditelná a rychlá terénní metoda vedoucí k stanovení porozity větrolamů. Zhu a kol. (2003) ji považuje za alternativu stanovení porozity větrolamu, která může u úzkých větrolamů dosahovat vysoké přesnosti.

MATERIÁL A METODIKA

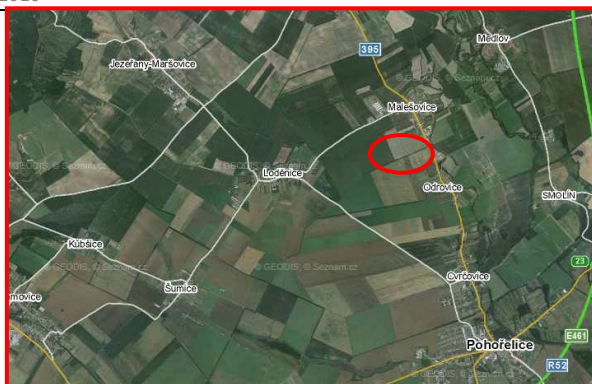
Výzkum vlivu větrolamů na rychlost větru byl prováděn u tří různě širokých větrolamů v jižní části okresu Brno-venkov, v oblasti ohrožené větrnou erozí. Na sledovaných větrolamech byla v průběhu roku 2010 realizována měření horizontálního profilu větru a vyhodnocování optické porozity větrolamu. Pro účely hodnocení optické porozity, byly v různých časových termínech pořízeny digitální fotografie. Termín fotografování byl shodný s termínem měření.

Měření byla situována převážně do období, kdy je orná půda ohrožena větrnou erozí nejvíce, tj. mimo hlavní vegetační období polních plodin a také do období, kdy se mění olistění dřevin (jaro a podzim). Vzhledem k tomu, že všechny sledované větrolamy jsou tvořeny opadavými dřevinami, bylo také s ohledem na protierozní funkci prováděno fenologické pozorování dřevin v daných větrolamech a vyhodnocování změn optické porozity. Nebyl posuzován zdravotní stav dřevin. Cílem bylo měřit účinnost větrolamu, tedy zda dochází ke snižování rychlosti větru na závětrné straně a toto procentuálně vyjádřit.

Pro tento příspěvek byla vyhodnocena měření od větrolamu Malešovice (poloha větrolamu viz. obr.1) za období duben – září 2010. Na počátku jara nemohlo být měření prováděno vzhledem k přetrvávajícím nepříznivým klimatickým podmínkám, zejména silným deštům.

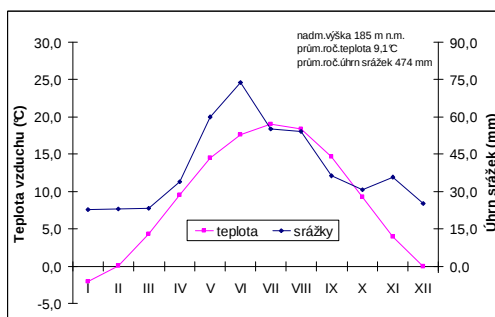
Popis zájmového území

Zájmové území se nachází severně od obce Pohořelice v jižní části okresu Brno-venkov. Toto území lze dle Quittova členění klimatických oblastí (1971) zařadit do teplé klimatické oblasti T4, což je oblast s velmi dlouhým vegetačním obdobím (hlavní veg.obd. 170-180 dní). Léto je velmi dlouhé, velmi teplé a suché, přechodné období s teplým jarem a podzimem je velmi krátké, zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá. Letních dní je 60-70, mrazových dní 100-110, průměrná teplota v červenci je 19-20 °C a v lednu -2 až -3°C. Dnů se sněhovou pokrývkou je zde průměrně 40-50. Srážkové úhny za vegetačním obdobím se pohybují mezi 300 a 350 mm a v zimním období v rozmezí 200-300 mm.



Obr.1 Poloha vybraného větrolamu (zdroj:www.mapy.cz)

Klimadiagram na Obr.2 představuje grafické znázornění průběhu průměrných měsíčních teplot vzduchu a průměrných měsíčních srážkových úhrnů (Sobíšek, 1993) za normálové období 1961 – 1990 na stanici Pohorelice, na nejbližší dostupné klimatologické stanici síť ČHMÚ. Období, kdy se křivka průběhu srážek dostává pod teplotní křivku se označuje jako období sucha. Z klimadiagramu vyplývá, že stanice Pohorelice bývá ohrožována suchem v období od července do září.



Obr.2 Klimadiagram stanice Pohorelice pro období 1961-1990 (zdroj: ČHMÚ)

Popis větrolamu

Větrolam u Malešovic má JZ-SV orientaci, je tedy zbudován za účelem snížit rychlost především SZ a JV větrů, které jsou v území převažující, je dvouřadý, široký 12 m a vysoký asi 14 m. Je vzdálen asi 500 m od okraje obce, tedy poslední obytné zástavby.

Hlavními dřevinami jsou jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), lípa velkolistá (*Tilia platyphyllos*), dub letní (*Quercus robur*), javor jasanolistý (*Acer negundo*), jilm habrolistý (*Ulmus minor*). Přítomny jsou také již uschlé stromy nebo stromy nějak poškozené. Keřové patro není příliš vyvinuto, zastoupeny jsou zde druhy bez černý (*Sambucus nigra*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), svída krvavá, tlnka obecná (*Prunus spinosa*), čičišník obecný (*Caragana arborescens*).

Měření rychlosti větru

Vliv daného větrolamu na horizontální profil větru byl zjišťován ve vzdálenostech 150 m na návětrné straně (tj. 100% rychlost) a 50, 100, 150 m na závětrné straně ve výšce 50 cm nad volným povrchem či porostem. Měření rychlosti větru probíhalo přenosnými anemometry typu W1 a W2. Měření okamžitých hodnot rychlosti větru probíhalo automaticky v pětivteřinovém měřicím kroku se záznamem do paměti dataloggeru (ústředna HOBO).

Vzdálenosti byly zvoleny a metodika upravena na základě poznatků z ambulantních měření na těžkých půdách (Dufková, 2007) a měření ČHMÚ, pobočky Brno (Středa a kol., 2007) v letech 2005–2009, jejichž měření horizontálního profilu probíhá ve výšce 2 m nad povrchem. Toto bylo změněno na výšku 0,5 m nad povrchem s cílem zjistit efekt větrolamu přímo na přízemní rychlost větru. Ve stejné výšce měřili také např. Park a kol. (2008)

Stanovení optické porozity

Pro pořízení digitálních fotografií byl použit fotoaparát CANON PowerShot SX 200 IS. Snímky byly pořizovány ve vzdálenosti 40 m od větrolamu. Mezní body námi zvoleného charakteristického 30 m dlouhého úseku, byly označeny signální barvou a dočasně během focení geodetickými výtyčkami. K vyhodnocení optické porozity byl využit program GIMP 2.6, ve kterém se prováděly základní úpravy kvality fotografie spolu s jejím převedením na černobílou a poté na binární (siluetu). Významným krokem provedeným v tomto programu, je zjištění poměru bílých a černých bodů v určitém výřezu fotografie, které vede k procentuálnímu vyjádření optické porozity. Její hodnoty byly zpracovány v programu ArcGIS 9.3 jako atributy vytvořené geodatabáze. Tyto atributy byly vyjádřeny barevnou škálou v rozmezí 10 % optické porozity. Následné vyhodnocení v programu MS Excel přineslo poznatky o průměrné hodnotě optické porozity konkrétní výškové úrovně a oka sítě se stranou 2 m (horizontální výškový pás).

VÝSLEDKY A DISKUZE

Rychlost větru

Měření bylo prokázáno výrazný vliv větrolamu na rychlost větru na závětrné straně. Vliv větrolamu na proudění vzduchu se projevoval i v době, kdy jeho hlavní dřeviny nebyly ještě olistěné. Křivky zachycující naměřené rychlosti větru v daných vzdálenostech jsou zobrazeny na Obr.3 - 5.

Při prvním měření 9.4.2010 (Obr.3) byl větrolam neolistěný, některé dřeviny (*Tilia*, *Sambucus*) rašily, *Acer negundo* kvetl. Při měření 30.4.2010 rašil dominující *Fraxinus exc.*, částečné olistění byly již druhy *Tilia cord.*, *T. platyphyllos*, *Acer neg.*, *Prunus spinosa*, *Caragana arb.*, *Ulmus min.*, rašil *Quercus robur*. 14.5.2010 již byly všechny dřeviny olistěné, *Fraxinus* však ještě ne plně olistěný, stejně jako některé keře. Při posledním měření 26.5.2010 (Obr.4) byly všechny dřeviny plně olistěné.

Výsledky měření vlivu větrolamu na přízemní rychlost větru jsou uvedeny v Tab.1. Dne 9.4.2010, kdy byly dřeviny větrolamu ještě neolistěné, byla účinnost větrolamu nejnižší, ve vzdálenosti 50 m od větrolamu (na závětrné straně) dosahovala jen 51,7 %, tedy rychlost naměřená na návětrné straně (100 %) zde byla průměrně o 51,7 % nižší (tj. 48,3 % původní rychlosti). Ve vzdálenosti 100 m od větrolamu byla účinnost větrolamu 50 % a ve vzdálenosti 150 m pouhých 40 %. Průměrná rychlost větru při tomto měření byla $4,84 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na návětrné straně, což byla nejvyšší rychlost ze

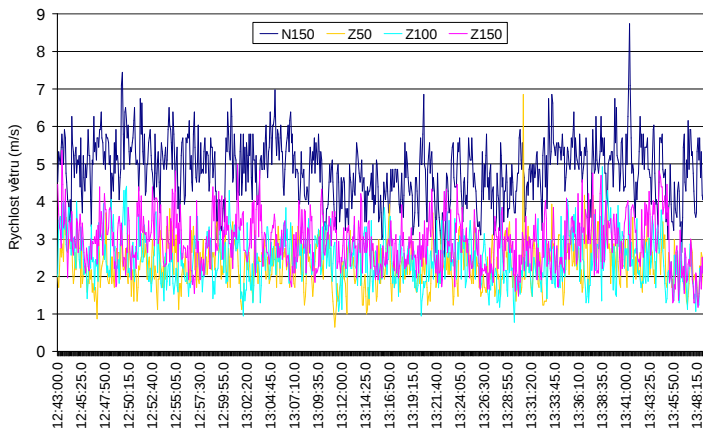
všech vyhodnocovaných měření.

Dne 30.4.2010 byla účinnost větrolamu ve vzdálenosti 50 m od větrolamu již téměř 55 %, ve vzdálenosti 100 m 50,6 % a 150 m od větrolamu 45,4 %. S přibývajícím olistěním dřevin se účinnost větrolamu zvyšovala. 14.5.2010 byla účinnost větrolamu ve vzdálenosti 50 m od větrolamu již téměř 66,8 %, ve vzdálenosti 100 m 54 % a 150 m od větrolamu 40,5 %.

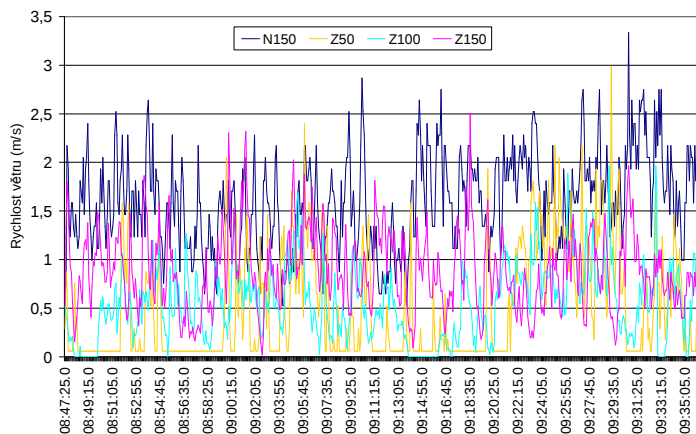
Měření 26.5.2010 ukazuje nejvyšší účinnost větrolamu ze všech uskutečněných měření. Ve vzdálenosti 50 m od větrolamu již téměř 72 %, ve vzdálenosti 100 m 69,2 % a 150 m od větrolamu 53,7 %. Průměrná rychlost větru na návětrné straně však byla pouze $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Dne 29.9.2010 již opadávaly keře i některé stromy. Velmi opadaný byl *Juglans nigra* a poměrně výrazně také *Acer negundo*. Žloutnutí listů bylo patrné u *Tilia cordata*, *Ulmus minor*, *Caragana arb.*, *Acer pseudoplatanus*. Stále zelené a neopadané byly stromy dubů (*Quercus robur*). Účinnost větrolamu ve vzdálenosti 50 m na závětrné straně byla 36 %, ve vzdálenosti 100 m 43 %, ve vzdálenosti 150 m 73 %. Ve vzdálenosti 50 m byla tedy účinnost nižší než při květnových měření, ve vzdálenosti 100 m to byla druhá nejvyšší účinnost. Už se tedy projevoval podzimní opad listů.

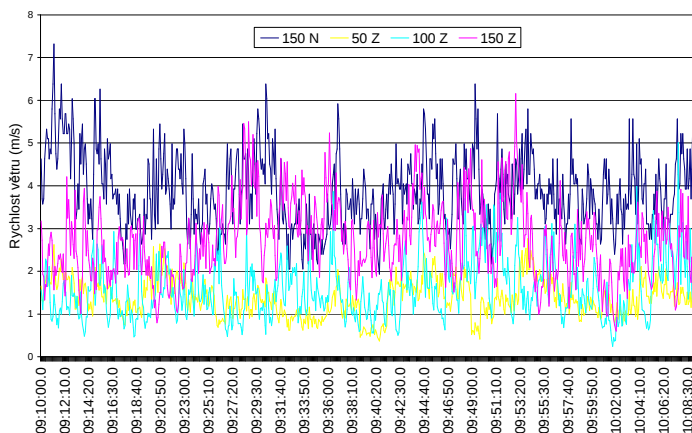
Měření, která prováděl Středa a kol.(2008), přinesla výsledky efektu větrolamů na rychlost větru ve výšce 2 m nad povrchem půdy. Rychlost ve vzdálenosti 50 m na závětrné straně byla průměrně redukována o 17 % při dubnovém měření a při říjnovém měření o 34 %. Rozdíl ve výsledcích si vysvětlujeme skutečností, že se liší výšky měření. Ve výšce 0,5 m se více projevuje vliv drsnosti povrchu a vliv keřového i bylinného patra, přestože keře olistovaly ve stejné době jako stromy.



Obr.3 Rychlost větru v jednotlivých vzdálenostech od větrolamu dne 9.4.2010



Obr.4 Rychlost větru v jednotlivých vzdálenostech od větrolamu dne 26.5.2010



Obr.5 Rychlost větru v jednotlivých vzdálenostech od větrolamu dne 29.9.2010

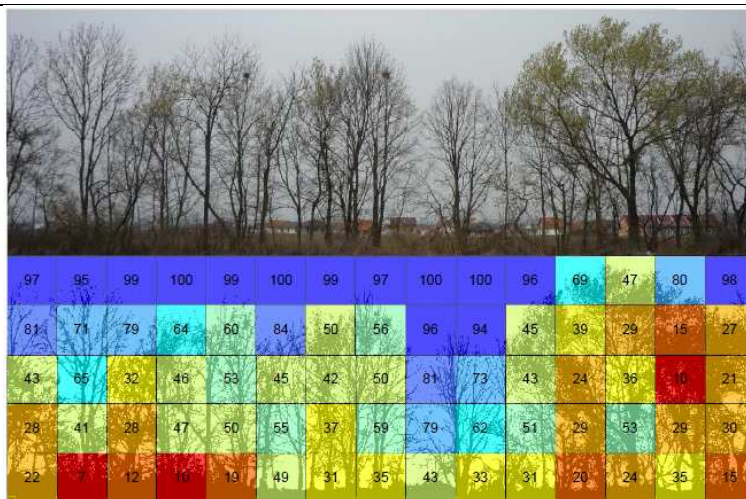
Tab.1 Vliv větrolamu na rychlost větru na závětrné straně (vzhledem k rychlosti na návětrné straně)

	N150	Z50	Z100	Z150	datum
Průměrná rychlost (m/s)	4,84	2,34	2,46	2,91	9.4.2010
%	100,00	48,31	50,90	60,07	
Průměrná rychlost (m/s)	1,64	0,74	0,81	0,89	30.4.2010
%	100,00	45,33	49,44	54,57	
Průměrná rychlost (m/s)	2,13	0,71	0,98	1,27	14.5.2010
%	100,00	33,21	46,03	59,49	
Průměrná rychlost (m/s)	1,50	0,42	0,46	0,69	26.5.2010
%	100,00	28,05	30,81	46,25	
Průměrná rychlost (m/s)	3,88	1,38	1,59	2,70	29.9.2010
%	100,00	35,59	42,85	73,21	

Pozn.: N150 je rychlost větru 150 m od větrolamu na návětrné straně, Z50 je rychlost větru na závětrné straně 50 m od větrolamu atp.).

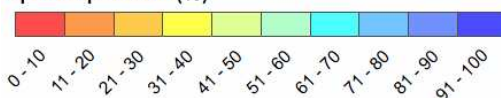
Optická porozita

Pro lokalitu Malešovice byly pořízeny fotografie v termínech 9. duben, 30. duben, 14. květen, 26. květen, 20. srpen, 29. září 2010, pro tento příspěvek byly použity 4 vybrané a vyhodnocené termíny (fotografie). Tyto termíny pokrývají jarní, letní a z části podzimní období. Na základě změn v olistění dřevin, které je průvodním jevem jednotlivých fenologických fází, je patrné, že více fotografií je nutné pořizovat v průběhu období největších změn (jaro a podzim). Zpracováním fotografií metodicky popsaným v předchozí části, jsme zjistili, graficky i tabelárně znázornili průběh změn průměrné optické porozity každého horizontálního výškového pásu. Vizualizace výsledků na obr. 6-10 je koncipována tak, že v horní části výsledných obrázků je umístěna původní fotografie vztahující se k danému termínu, ve spodní vyhodnocená silueta s transparentním přerývem vrstvy, znázorňující hodnoty optické porozity jednotlivých segmentů (ok sítě) barvou a číslem. Hodnoty optické porozity zjištěné v jarních termínech (9.4.2010) jsou ve všech výškových úrovních nejvyšší. Jsou zpracovány v pěti výškových pásích, vyšší úrovně byly ořezány, protože do nich nezasáhly přírůsty větví vrcholů korun.



Legenda

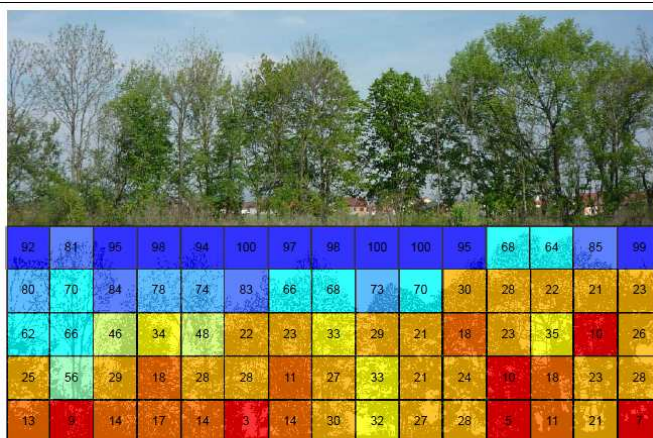
Optická porozita (%)



0 2 4 (m)

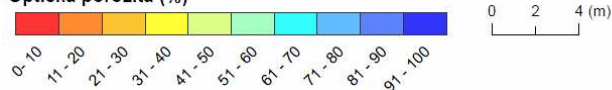
Obr.6 Optická porozita vybraného větrolamu (Malešovice) dne 9. 4. 2010

Všechny další zpracované fotografie vymezují šest výškových úrovní. Porozita nad hodnocenou výškou dosahuje 100 % (není přítomna biomasa stromů). Letní termín (26. 5. – časně léto) má naopak hodnoty optické porozity nejnižší v důsledku nejvyššího množství biomasy zachycené na fotografii. V podzimním zářijovém termínu (29. 9. 2010) začíná porozita gradovat. Z grafu (Obr.9) je patrný zásadní rozdíl mezi hustou bází větrolamu (důsledek přítomnosti keřového patra), která má neprodouvavý charakter, a naopak prodouvavou částí při vrcholech korun.

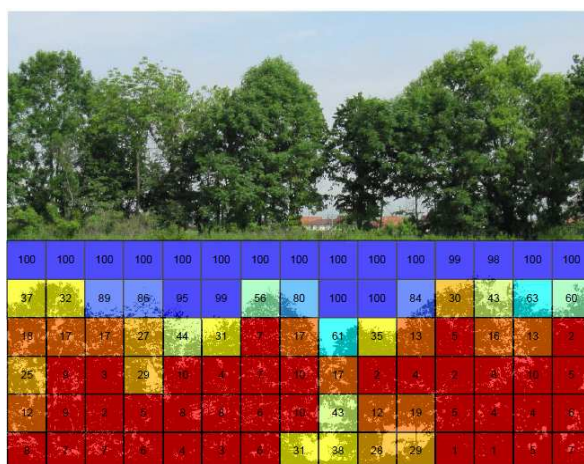


Legenda

Optická porozita (%)

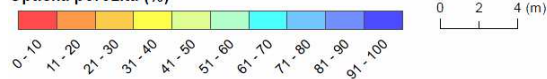


Obr. 7 Optická porozita vybraného větrolamu (Malešovice) dne 30. 4. 2010



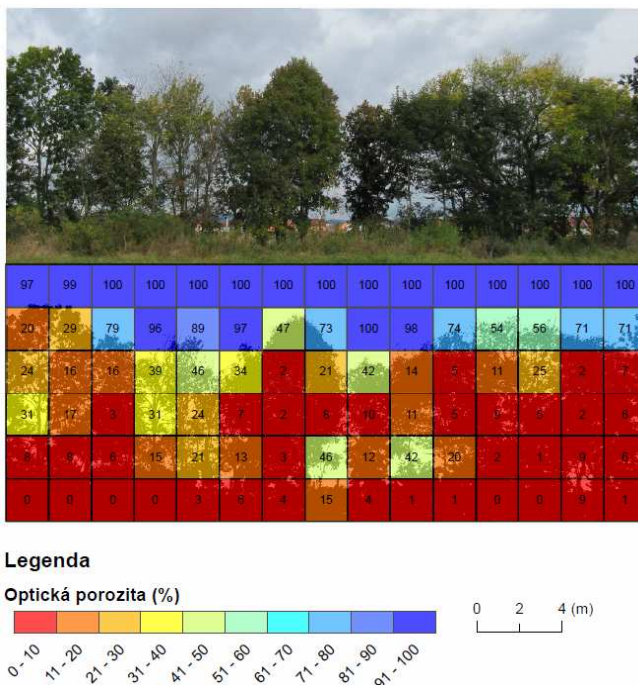
Legenda

Optická porozita (%)



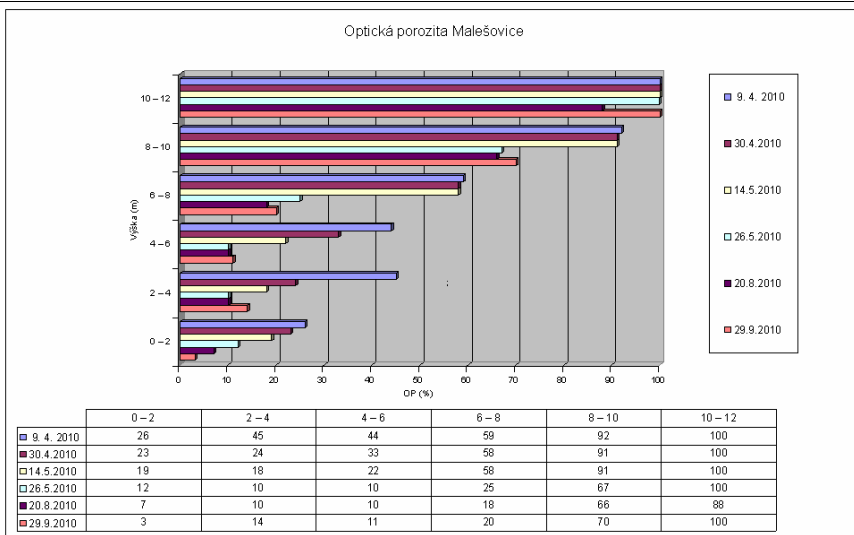
Obr. 8 Optická porozita vybraného větrolamu (Malešovice) dne 26. 5. 2010

Zjištěné výsledky také pomáhají odhalit přerušená místa z větrolamu v jeho střední části. Některá přerušení jsou sice již patrná na první pohled od jarních termínů, ale až další analýzy skutečně potvrzují, že přerušení přetrvávají během roku. To je případ přerušené části větrolamu ve střední části fotografie. Některá přerušení, která jsou při bázích stromů patrná v jarních měsících se v průběhu roku ukázala být zaplášťena předrůstavými větvemi a keřovým patrem. Tento poznatek by jen na jaře nebyl zcela patrný (pravá a levá spodní polovina fotografie). Poznatky o přerušení jsou důležitá pro aerodynamiku větrolamu, neboť v nich dochází ke vzniku tryskového efektu.



Obr. 9 Optická porozita vybraného větrolamu (Malešovice) dne 29. 9. 2010.

Graf na Obr.10 znázorňuje změny v optické porositě v jednotlivých termínech a výškových úrovních větrolamu a pokrývá veškeré doposud analyzované termíny. Do výšky 6 m nad terénem porozita v žádném termínu nepřesáhla 50 %, pokud byly dřeviny olistěné, nedosáhla 30 %. Největší rozdíl v porositě v souvislosti s olistěním byl zaznamenán ve výšce 6-8 m (sezónní rozdíl asi 40 %).



Obr. 10 Optická porozita větrolamu Malešovice – dynamika optické porozity v jednotlivých výškových úrovních a termínech

ZÁVĚR

Měřeními byl prokázán výrazný vliv větrolamu na rychlost větru na závětrné straně a tedy významná funkce větrolamů v rovinaté krajině jižní Moravy vystavované účinkům erozní síly větru. Vliv větrolamu na proudění vzduchu se projevoval i v době mimovegetační, kdy jeho hlavní dřeviny nebyly ještě olistěné. S měněním se olistěním dřevin tvořících větrolam se měnila i účinnost daného větrolamu. Již na začátku vegetačního období, kdy dřeviny raší, se účinnost větrolamu pohybovala od 40 do 52 % ve vzdálenosti 150 m resp. 50 m na závětrné straně od větrolamu. S přibývajícím olistěním dřevin se účinnost větrolamu zvyšovala. Měření dne 26.5.2010, kdy byly již všechny dřeviny olistěné, ukazuje nejvyšší účinnost větrolamu ze všech uskutečněných měření. Ve vzdálenosti 50 m od větrolamu bylo zjištěno již téměř 72% snížení rychlosti větru, ve vzdálenosti 100 m 69,2 % a 150 m od větrolamu 53,7 %. Dne 29.9.2010 již opadávaly keře i některé stromy. Účinnost větrolamu ve vzdálenosti 50 m na závětrné straně byla 36 %, ve vzdálenosti 100 m 43 %, ve vzdálenosti 150 m 73 %. Ve vzdálenosti 50 m byla tedy účinnost nižší než při květnových měření, ve vzdálenosti 100 m to byla druhá nejvyšší účinnost. Už se tedy projevoval podzimní opad listů.

Účinek větrolamu je tedy patrný ještě ve vzdálenosti 150 m od větrolamu, nejvyšší a velmi výrazná je však účinnost ve vzdálenosti 50 m a 100 m od větrolamu. Ačkoli se jednalo o větrolam, který není příliš široký a některé dřeviny nejsou v dobrém stavu, jeho efekt snižování rychlosti větru je výrazný.

Optická porozita je proveditelnou, rámcově časově nenáročnou, metodou k hodnocení porozity větrolamů. Její nevýhodou je redukce reálného 3–D prostoru obsahujícího póry různého tvaru a velikosti do 2–D prostoru znázorněného na fotografii. Při pečlivé práci však poskytuje lepší konkrétní výsledky, než je prostý odhad porozity. Ačkoli optická porozita není ekvivalentem skutečné porozitě, je považována za alternativu stanovení porozity větrolamu, která může u úzkých větrolamů dosahovat vysoké přesnosti. Způsob námi pojatého vyhodnocení optické porozity je přesnější než metoda sítě teček a méně náročná než metody planimetrování siluety binární fotografie. Pro využití metody se nabízí možnost dosazení do výpočetních vztahů stanovujících profil proudění v okolí větrolamu za různých rychlostí větru. Dále je metoda vhodná k hodnocení uniformity průběhu čelní porozity větrolamu a detekci přerušených míst ve větrolamu. Touto metodou vyhodnocené fotografie mohou být podkladem k rekonstrukci dotčených větrolamů.

Do budoucna je plánováno pokračovat v měření rychlostí větru na návětrné i závětrné straně větrolamů, případně zhuštění horizontálního profilu umístěním dalších anemometrů. Velmi důležité bude zimní a předjarní období, které dosud nebylo vyhodnoceno a které je z hlediska nebezpečí větrné eroze nejproblematictější.

LITERATURA

BURKE S., 1998: Windbreaks. Inkata Press, Port Melbourne, 128 s.

CLEUGH H., 2003: Trees for shelter. A guide to using windbreaks on Australian farms. RIRDC pub. no. 02/059, JVAP or RIRDC, Austrálie, 70 s.

CLEUGH, H. A., 2002: Field measurements of windbreak effects on airflow, turbulent exchanges and microclimates. Australian-Journal-of-Experimental-Agriculture. 42(6): 665–677

DUFKOVÁ J., & PODHRÁZSKÁ J., 2006: Hodnocení současného stavu větrolamů, s. 180 – 196, In: Krajinné inženýrství 2006. Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference, Praha: ČSKI, UKI

DUFKOVÁ J., ROŽNOVSKÝ J., STŘEDA, T., 2006: Vliv větrolamů na proudění vzduchu. In: Bioklimatológia a voda v krajine. Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference. Strečno: Slovenská bioklimatologická spoločnosť pri SAV, Česká bioklimatologická společnost, 2006, s. CD--Rom. ISBN 80-89186-12-2.

DUFKOVÁ, J., 2007: Vliv větrolamů na větrnou erozi. In Bioklimatologické riziká a degradácia prírodného prostredia. Poľana nad Detvou: Slovenská bioklimatologická spoločnosť pri SAV, Česká bioklimatologická společnost, CD--Rom. ISBN 978-80-228-1760-8.

GUAN D., ZHANG Y., ZHU T., 2003: A wind-tunnel study of windbreak drag. Agricultural and Forest Meteorology, 118 (1-2), 75–84

KENNEY W. A., 1987: A method for estimating windbreak porosity using digitized photographic silhouettes. Agricultural and Forest Meteorology, 39 (2–3), 91–94.

LITSCHMANN T. & ROŽNOVSKÝ J., 2005: Optická hustota (porosita) větrolamu a její vliv na charakter proudění, In: Litschmann T. & Rožnovský J. (eds): Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Křtiny 12.-14.9 2005. Česká bioklimatologická společnost v nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 91 s. + 1 CD-ROM

LITSCHMANN T., ROŽNOVSKÝ J., PODHRÁZSKÁ, J., 2007: Využití optické porozity ke klasifikaci větrolamů, In: STŘELCOVÁ, K., ŠVARENINA, J., BLAŽENEC, M. (eds): Bioclimatology and natural hazards. International Scientific Conference, 14–20. September, Poľana nad Detvou, Slovakia, XX s.

LOEFFLER A. E., GORDON, A. M., GILLESPIE, T. J., 1992: Optical porosity and wind speed reduction by coniferous windbreaks in Southern Ontario. *Agroforestry System*, 17 (2), 119–133.

PARK K.-H., DING G.-D., WANG W.-W., WANG X.-Y., CHUN K.-W., 2008: Windbreak effect on wind speed reduction and sandbreak of artificial forest belt of Caragana korshinskii Kom in Yanchi county, Ningxia province, China. *Journal of Korean Forestry Society*. 97(1). MAR 2008. 95-101.

PASÁK V. a kol., 1984: Ochrana půdy před erozí. Praha. Státní zemědělské nakladatelství.

PASÁK V., 1970: Větrná eroze půdy. Wind erosion on soil. VÚM: Zbraslav n. Vlt. 186 s.

RAINE J. K. & STEVENSON D. C., 1977: Wind protection by model fences in a simulated atmospheric boundary layer. *Journal of Industrial Aerodynamics*, 2 (2), 159–180

STŘEDA, T., ROŽNOVSKÝ, J., POKLADNÍKOVÁ, H., 2007: Vliv různých typů lesních pásů na proudění vzduchu. In ROŽNOVSKÝ, J. -- LITSCHMANN, T. -- VYSKOT, I. Klima lesa. Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference, Křtiny 11. - 12. 4. 2007. Praha: Česká bioklimatologická společnost, s. 32. ISBN 978-80-86690-40-7.

TIPPL M., BOHUSLÁVEK J., KAČER M., 2007: Měření účinnosti větrolamů. Výstup etapy 05 Zmírnění nepříznivých vlivů působení eroze. Výzkumný záměr MZe 0002704901 Zmírnění nepříznivých přírodních a antropogenních vlivů na půdu a vodu. VÚMOP, Praha, 27 s.

TORITA H., SATOU H., 2007: Relationship between shelterbelt structure and mean wind reduction. *Agricultural and Forest Meteorology*, 145 (3–4), 186–194

TŮMA T., 2007: Počítačová grafika a design. Průvodce začínajícího grafika. Computer Press: Brno, 156 s.

VIGIAK O., STERK G., WARREN A., HAGEN L. J. , 2003: Spatial modeling of wind speed around windbreaks. *Catena* 52 (3–4), 273–288.

ZHU, J. J., MATSUZAKI T., GONDAA Y., 2003: Optical stratification porosity as a measure of vertical canopy structure in a Japanese coastal forest. *Forest Ecology and Management*, 173 (1-3), 89-104.