

OPTICKÁ HUSTOTA (POROSITA) VĚTROLAMU A JEJÍ VLIV NA CHARAKTER PROUDĚNÍ

Tomáš Litschmann
Jaroslav Rožnovský

Summary:

OPTICAL DENSITY OF A WINDBREAK AND ITS INFLUENCE ON THE CHARACTER OF AIR FLOW

Windbreaks are an indivisible component of agricultural landscape in all parts of the world, especially in plain areas with strong winds and frequent occurrence of drought. The windbreaks modify air flow to decrease wind velocity and thereby at the same time modify other meteorological variables. This creates favourable microclimatic conditions for the growing of crops and for a decrease in soil erosion, etc. Optical density is one of the instruments which characterize the transmissivity of windbreaks, and which becomes a part of the equations with which to calculate the velocity of air flow in the individual points on the windward and leeward side of the windbreak. The advantage of the optical density is its technical modesty and operativeness. This paper describes the procedure of determining the optical density of a windbreak with the use of digital photography and the ImageTool software. Optical density is thereby used to calculate the velocity profile through a particular windbreak. For the utilisation of this method, it is necessary to make other detailed measurements which also express the phenological manifestations of the windbreak tree species.

Key words: windbreak, wind, agricultural landscape, optical density.

Abstrakt:

Větrolamy jsou nedílnou součástí zemědělské krajiny ve všech částech světa, především pak v rovinných oblastech s častými výskyty silných větrů a sucha. Jejich posláním je ovlivnit proudění vzduchu tak, aby došlo ke snížení rychlosti větru a tím současně i k modifikaci dalších meteorologických veličin a vytvoření příznivého mikroklimatu pro pěstované plodiny, snížení eroze půdy apod. Optická hustota je jeden z prostředků, jak charakterizovat propustnost větrolamu, která vstupuje do rovnic výpočtu rychlosti proudění vzduchu v jednotlivých bodech na návětrné a závětrné straně větrolamu. Její výhodou je technická nenáročnost a operativnost. V předloženém příspěvku je uveden postup stanovení optické hustoty větrolamu s použitím digitální fotografie a programu ImageTool. Optická hustota je následně použita k výpočtu profilu proudění konkrétním větrolamem. Pro využití této metody je nutné provést další podrobná měření vyjadřující i fenologické projevy dřevin větrolamů.

Klíčová slova: větrolam, vítr, zemědělská krajina, optická hustota

Úvod

Podle informací uváděných Brandlem a kol. (2004) byly první větrolamy vysazovány v průběhu 14. století ve Skotsku, odkud se začaly rozšiřovat po tehdejších známém světě k ochraně před následky silného větru. V našich krajinách mají své nezastupitelné místo především v málo zalesněných rovinách s převahou lehčích půd. Účinek větrolamů se však neprojevuje pouze ve snižování hodnoty větrné eroze, jejich působení má většinou komplexní charakter související s modifikací proudění vzduchu. Ovlivněny jsou proto i další parametry mikroklimatu, jako je teplota a vlhkost vzdu-

chu, evapotranspirace, teplota půdy apod., to vše v závislosti na struktuře a orientaci větrolamu. Právě struktura větrolamu, která je do značné míry závislá na skladbě dřevin a jejich rozmístění uvnitř větrolamu, určuje jeho účinky na modifikaci proudění vzduchu a následné ovlivnění dalších mikroklimatických parametrů. U opadavých dřevin je nutno počítat též s tím, že tato modifikace se bude měnit v průběhu roku.

Strukturu větrolamu lze definovat jako množství a prostorové rozmístění rostlinných částí (kmeny, větve, listy) a volného prostoru mezi nimi. K tomuto účelu se velmi často používají dva parametry, kterými jsou výška větrolamu

(h) a aerodynamická porosita. Oblast, v níž se projevují účinky větrolamu, bývá vymezována při kolmém proudění větru v rozsahu od $-5h$ (návětrná strana) do $30 - 35h$ (závětrná strana). Minimum rychlosti větru se vyskytuje ve vzdálenostech $4 - 6H$ na závětrné straně.

Aerodynamická porosita větrolamu udává poměr mezi množstvím vzduchu, který prochází skrz větrolam a množstvím, které je rozptýleno nad větrolamem. Čím je porosita větrolamu nižší, tím efektivnější je jeho ochranná funkce.

Při praktických výzkumech v terénu je fyzické stanovení aerodynamické porosity velmi obtížné, k jejímu vyjádření se proto často používá parametr nazývaný jako optická porosita (Vigiak a kol. 2003). Ve své práci definují Guan a kol. (2003) aerodynamickou porositu α jako poměr mezi průměrnou rychlostí větru naměřenou na závětrné straně větrolamu a průměrnou rychlostí na volném prostranství. Optická porosita β byla definována jako poměr mezi mezerami ve větrolamu k jeho celkové ploše. K jejímu stanovení používali digitalizované fotografie větrolamu. Při měření v aerodynamickém tunelu s různými modely větrolamů s optickou porositou v rozmezí od 0.016 do 0.389 došli k závěru, že závislost mezi optickou a aerodynamickou porositou lze vyjádřit jako

$$\alpha = \beta^{0,4}$$

Obecně lze konstatovat (Vigiak a kol. 2003), že nelze klást rovnítko mezi optickou a aerodynamickou porositou, zejména pak ne u širokých větrolamů. Rovnost obou charakteristik je možná u tenkých umělých překážek.

Materiál a metody

Proudění vzduchu v okolí větrolamu

Pro vertikální profil rychlosti větru v podmínkách rovnovážného teplotního zvrstvení atmosféry (Matejka a kol. 2000) platí:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

kde:

$u(z)$ – průměrná rychlost větru ve výšce z

u_* - dynamická rychlost

κ – Kármánova konstanta (0,4)

z_0 – koeficient dynamické drsnosti povrchu

Dynamická rychlost je modifikována působením větrolamu pomocí faktoru f_{xh} v rozsahu vzdálenosti $-5h$ až $35h$ podle vztahu:

$$f_{xh} = 1 - \exp[-axh^2] + b \cdot \exp[-0,003(xh + c)^d]$$

kde xh je kolmá vzdálenost od větrolamu vyjádřená jako násobek jeho výšky h . Koeficienty a , b , c a d jsou funkcemi překážkové porosity (θ):

$$a = 0,008 - 0,17\theta + 0,17\theta^{1,05}$$

$$b = 1,35 \exp(-0,5\theta^{0,2})$$

$$c = 10(1 - 0,5\theta)$$

$$d = 3 - \theta$$

Překážková porosita θ je stanovena na základě optické porosity (op), šířky větrolamu w a jeho výšky h :

$$\theta = op + 0,02 \frac{w}{h}$$

Výslednou dynamickou rychlost v libovolném bodě F u_*^F lze získat ze vztahu.

$$u_*^F = f_{xh} u_*$$

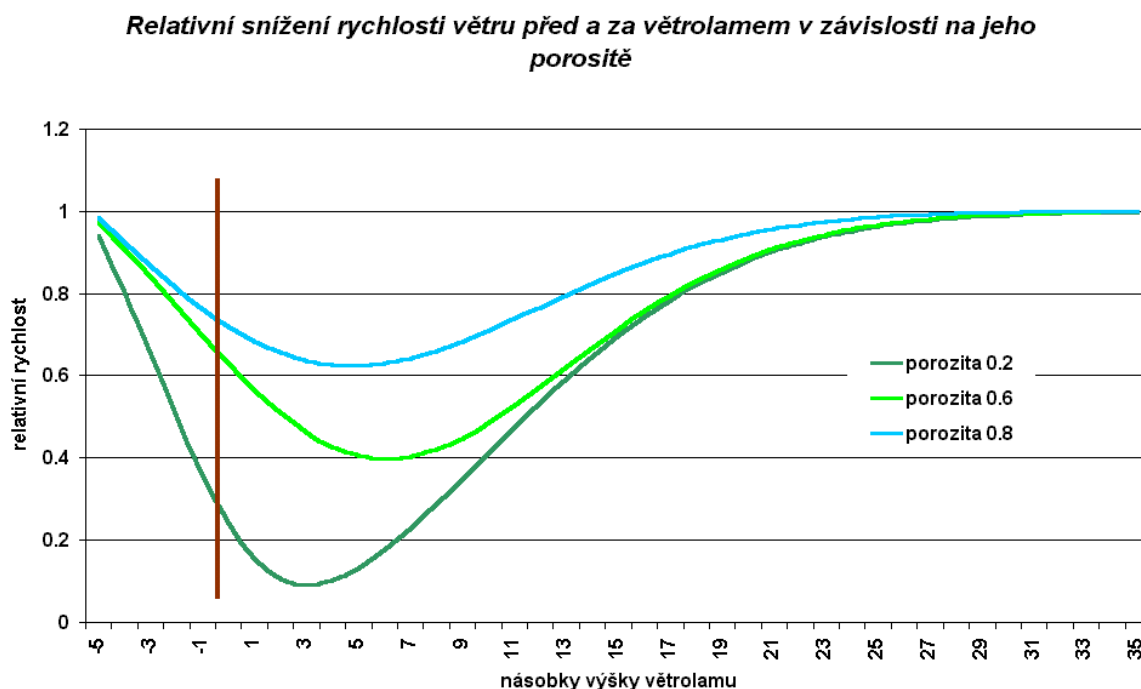
Na obr. 1 je znázorněn průběh funkce f_{xh} pro různé hodnoty překážkové porosity θ v závislosti na vzdálenosti od větrolamu. Je zřejmé, že k největšímu snížení rychlosti větru nedochází těsně za větrolamem, avšak přibližně ve vzdálenosti tři až šestinásobku jeho výšky.

Stanovení optické hustoty větrolamu

Při stanovení optické porosity jednotlivých větrolamů byly využity jejich digitální fotografie, pořízeny kolmo k linii větrolamu. Jelikož je optická porosita vyjádřena jako podíl bílých bodů k jejich celkovému počtu v daném výřezu fotografie, je nutno nejprve barevnou fotografii převést do odstínů šedé (255 odstínů) a následně na matici bílých a černých bodů. Před převodem do odstínů šedi je vhodné ještě upravit kontrast a jas snímku tak, aby více vynikly mezery mezi vegetačními prvky větrolamu.

Celý postup je možno sledovat na obr. 2 a-d, na němž je zachycena část větrolamu tvořena pře-

devším porostem trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*), v jarním období roku 2005.



Obr. 1 Relativní snížení rychlosti větru před a za větrolamem v závislosti na jeho porositě

Při převodu snímku z odstínu šedi na černé a bílé body je zapotřebí pracovat s jeho histogramem a stanovit hranici, která tvoří předěl mezi černou a bílou, tedy rozlišit body, které představují rostlinstvo a které oblohu. Tato operace má mírně subjektivní charakter a je zapotřebí pečlivě porovnávat původní a výsledný snímek, navíc se tato hranice liší snímek od snímku v závislosti na tvaru jeho histogramu. Jako užitečný pomocník, který umožňuje téměř většinu potřebných operací se snímek potřebných

k získání procentuálního zastoupení bílých a černých bodů se ukázal program ImageTool, vytvořený C. D. Wilcoxem, S. B. Dovem, W. D. McDavidem a D. B. Greerem v Department of Dental Diagnostic Science University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas. Je volně k dispozici na adrese <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> a hodí se nejen k popsáným účelům, možnosti jeho použití jsou daleko širší.



Obr. 2a – původní snímek výřezu větrolamu



Obr. 2b - tentýž snímek po zvětšení odstupu mezi barvou oblohy a stromů



Obr. 2c – převod snímku z obr. 2b do stupňů šedi

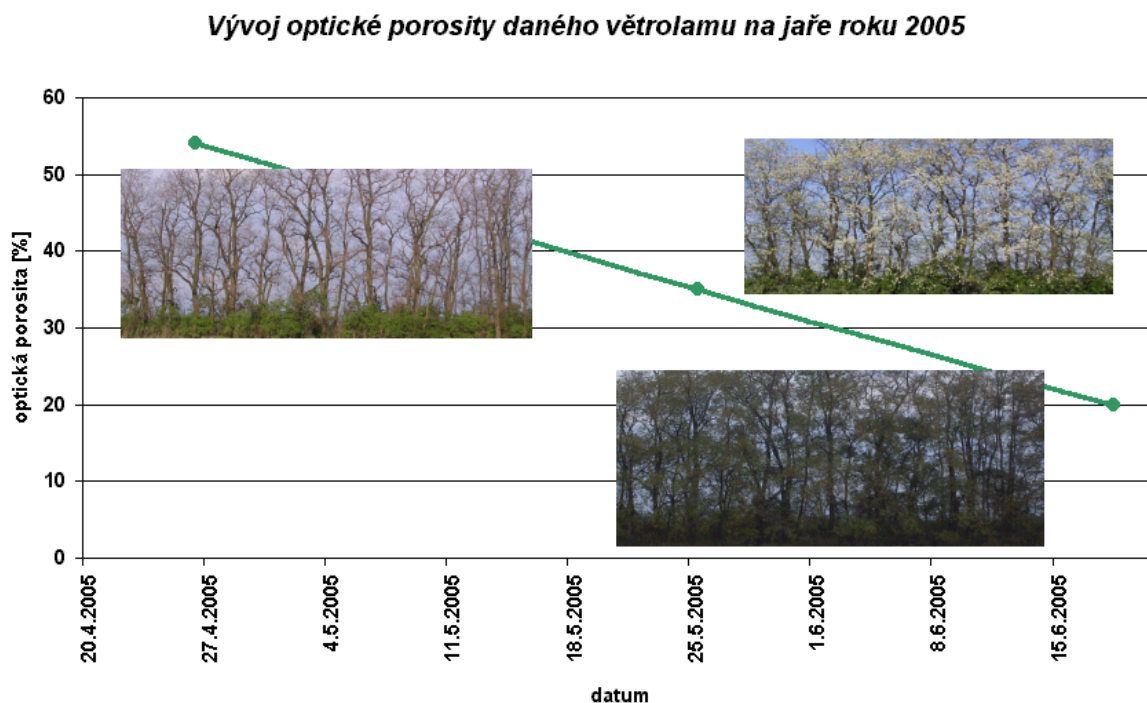


Obr. 2d – větrolam znázorněný pomocí černé a bílé vhodný k stanovení optické porosity

Obdobným postupem byly stanoveny optické porosity stejného úseku větrolamu v různých vegetačních fázích na jaře roku 2005. Jsou znázorněny na obr. 3 a lze z nich vysledovat téměř lineární pokles porosity od období rašení do plného olistění, v následujícím období až do podzimu se porosita udržuje na přibližně konstantní úrovni.

Přestože dřevo trnovníku akátu je ve vinařských oblastech velmi ceněno, neboť je možno jej použít jak k výrobě sudů na víno a sloupků

do vinohradu (s rozvojem socialistické velkovýroby se přešlo na betonové, v sousedním Rakousku se však můžeme setkat většinou se sloupky zhotovenými právě z tvrdého akátového dřeva), vzhledem ke svému pozdějšímu olistění není pro výsadbu ve větrolamech příliš vhodný, poněvadž především v jarním období, kdy půda ještě není zcela pokryta vegetací, svou zvýšenou porositou nemodifikuje rychlost proudění tak účinně jako jiné, dříve rašící dřeviny.



Obr. 3 Vývoj optické porosity daného větrolamu na jaře roku 2005

Pokud rozdělíme plochu větrolamu na úzké horizontální proužky, můžeme totožným postupem analýzy digitální fotografie stanovit porositu v jednotlivých výškových vrstvách, jak je znázorněno na obr. 4. To umožňuje lépe poznat strukturu větrolamu zejména v těch případech, kdy je tvořen několika rostlinnými patry s větším druhovým zastoupením.

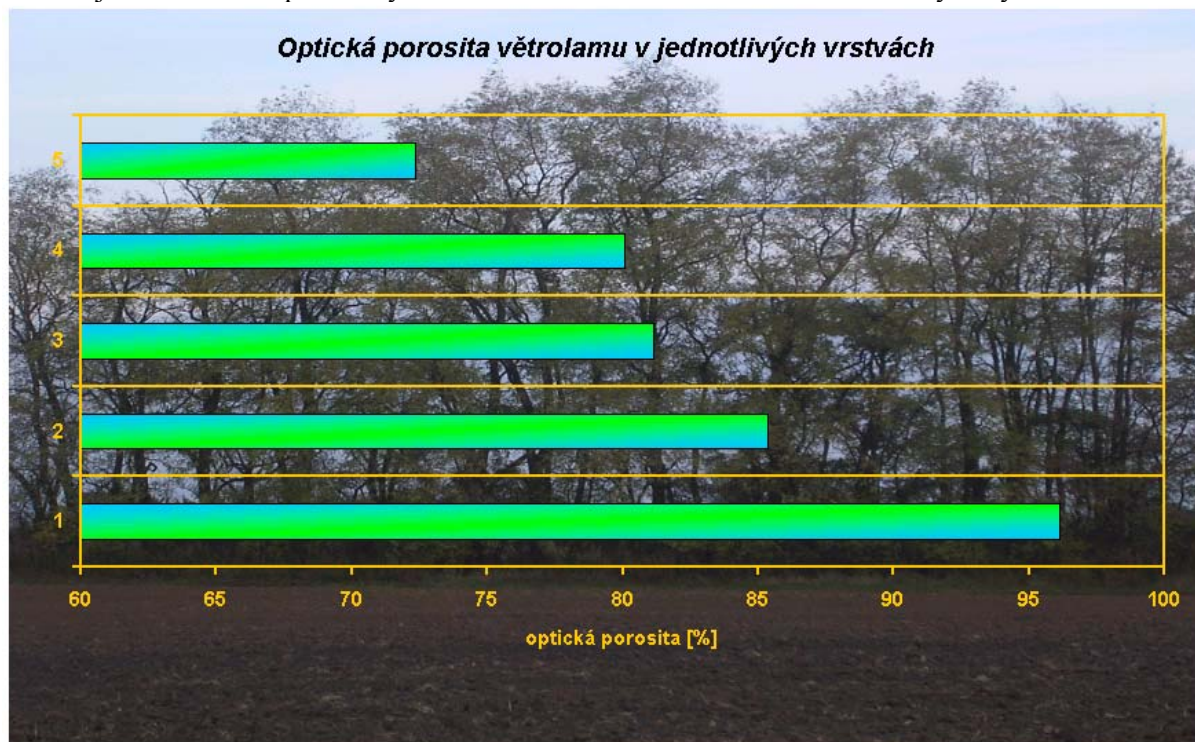
Závěr

V předloženém příspěvku byl popsán postup, jak lze charakterizovat libovolný větrolam pomocí optické porosity, stanovené na základě digitální fotografie a vhodného programového

vybavení. Optická porosita pak může vstupovat do výpočetních vztahů, stanovujících profil proudění v okolí větrolamu za různých rychlostí větru. S použitím údajů o směrech a rychlostech větru z nejbližší meteorologické stanice lze následně pro libovolný větrolam stanovit rozložení rychlostí v kterémkoliv bodu v jeho okolí.

Jelikož je zřejmé, že některé použité vztahy ke stanovení profilu rychlosti v okolí větrolamu mají empirický charakter a jsou převzaty z odborné literatury jiných zemí, je vhodné provést jejich verifikaci v našich podmínkách s použitím větroměrně registrační aparatury,

umožňující stanovit profil rychlosti větru v okolí větrolamu v různých výškách.



Obr. 4 Optická porosita větrolamu v jednotlivých vrstvách



Obr. 5 Měření rychlosti větru, teploty a vlhkosti vzduchu ve výšce 2 m na závětrné straně větrolamu

Takové zařízení je znázorněno na obr. 5 a umožňuje v pěti bodech v libovolných vzdálenostech od větrolamu měřit a registrovat rychlost větru, teplotu a vlhkost vzduchu. Těmito měřeními je možno lépe poznat profil větru za různých situací a na základě toho upřesnit doposud publikované empirické vzorce.

Jelikož lze předpokládat, že v určité oblasti bude převažovat několik charakteristických typů větrolamů, lišících se druhovým složením, počtem řad apod., lze si provést nejprve jejich rozčlenění do několika navzájem skupin, jak je tomu např. v práci Vigiak, O. a kol. 2003, v níž je provedeno následující členění větrolamů pro oblast Thetfordu ve východní Anglii:

1. živé ploty – většinou nízké (do 3 m výšky) porosty tvořené většinou hlohem. Na rozdíl od klasických živých plotů jsou doplněny řadou stromů (duby) ve vzdálenosti cca 20 m. Optická porosita je 0,25.
2. vysoké živé ploty – průměrná výška těchto větrolamů je kolem 9 m, z čelního pohledu tvoří poměrně homogenní překážku, jsou tvořeny různým druhovým

složením většinou opadavých dřevin. Optická porosita je 0,32.

3. řady jehličnanů - jedna nebo několik řad jehličnanů, především borovic, s vysokou porositou v kmenovém patru. Průměrná optická porosita je 0,49.
4. řada listnáčů - většinou se jedná o duby sázené podél silnic anebo okrajů polí s velkými vzdálenostmi mezi jednotlivými korunami. Optická porosita je 0,46. Hlavním cílem těchto alejí je poskytovat stín, modifikace vzdušného proudění je druhořadou funkcí.
5. řady stromů – několik řad anebo širší pás lesa tvořený většinou opadavými (dub, buk, lípa, jasan, javor) stromy anebo smíšenými porosty. Optická porosita dosahuje 0,25.
6. malý lesík – jedná se o porosty, u nichž poměr šířky k výšce je větší než 1. Většinou jsou tořeny smíšenými porosty. Jejich optická porosita je 0,17.

Poděkování

Tento příspěvek vychází z výsledků zpracovávaných v rámci projektu 1 R 440 27 Národní agentury zemědělského výzkumu České republiky.

Literatura

- Brandle, J.R. et al.(1992): Field windbreaks: Are they economical? Journal of production agriculture, Vol. 5, no.3, p. 393-398
- Brandle, J.R. et al.(2004): Windbreaks in North American agricultural systems. Agroforestry systems 61: 65-78
- Guan, D. et al. (2003): A wind-tunnel study of windbreak drag. Agricultural and forest meteorology, 118, s. 75-84
- Guo, Q., et al. (2004): Simulating the dynamics of linear forest in Great Plains agroecosystem under changing climates. Can. J. For. Res. 34:2564-2572
- Litschmann, T., Rožnovský, J. Vliv větrolamu na proudění vzduchu. In: Transport vody, chemikálií a energie v systému půda - rostlina - atmosféra. Bratislava, SAV 2004. CD ROM, ISBN 80-968480-4-6.
- Matejka, F. a kol. (2000): Vplyv mladého smrekového porastu na priľahlú vrstvu vzduchu. Bratislava, Polygrafia SAV, 92 s., ISBN 80-85754-09-6
- Peri, P.L., Bloomer, M. (2002): Windbreaks in southern Patagonia: A review of research on growth models, wind speed reduction, and effect on crops. Agroforestry Systems 56:129-144
- Schmidt, R.A. et al. (1995): Windbreak shelters as a function of wind direction. In: Ninth symposium on meteorological observations & instrumentation, March 27-31, 1995, Charlotte, NC, p. 269-274
- Vigiak, O. (2003) et al. (2003): Spatial modeling of wind speed around windbreaks. Catena, Vol 52, p. 273-288
- Zhang, H. et al. (1995): A model to evaluate windbreak protection efficiency. Agroforestry systems 29: 191-200
- Zhang, H., Brandle, J. R. (1997): Leaf area development of corn as affected by windbreak shelter. Crop Sci. 37: 1253-1257

- Zhou, X. H. et all. (2002): Estimation of the three-dimensional aerodynamic structure of a green ash shelterbelt. *Agricultural and forest meteorology* 111: 91-108
- Zhou, X. H. et all. (2004): Three-dimensional aerodynamic structure of a tree shelterbelt: Definition, characterization and working models. *Agroforestry systems* 63: 133-147