

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY

Katedra fyzické geografie a geoekologie

Hodnocení georeliéfu jako faktoru ovlivňujícího  
větrné poměry

Anna Šůstková

Vedoucí práce: RNDr. Ivan Sládek, CSc.

Praha 2009

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala sama a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje.

Praha 20.8.2009

podpis

.....

## Abstrakt

Evaluation of earth surface forms as factor influencing wind conditions is name the works, which was process. The main aim of this works is evaluate conditions on area o Zlín region. The work is separate into several chapters. Former of the four chapters are formel basid information about wind energy. Next chapters are formel one'n own calculation and information about programme WAsP. Reliéf is evaluate to help with programme WAsP. This programme was develop for need wind energy. This programme contain model for roughness, orography ans shelter. Map of average wind speed in high 100 meters above lan dis result of this works.

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	<b>... 5</b>
1.1 Cíl práce a její struktura	... 5
1.2 Popis studovaného území	... 5
<b>2. Vítr a energie větru</b>	<b>... 8</b>
2.1 Vítr	... 8
2.2 Energie větru	... 9
<b>3. Zpracovávání údajů o větrných poměrech</b>	<b>... 11</b>
3.1 Převládající směr větru	... 11
3.2 Větrné růžice	... 11
<b>4. Použitý model WAsP</b>	<b>... 12</b>
4.1 Model WAsP	... 12
4.2 Weibullovo rozdělení	... 12
4.3 Struktura modelu	... 13
4.4 Aplikace naměřených dat	... 14
4.5 Zahrnutí vlivu drsnosti povrchu	... 14
4.6 Zahrnutí vlivu překážek	... 16
4.7 Zahrnutí vlivu orografie	... 17
<b>5. Použitý materiál</b>	<b>... 18</b>
5.1 Data z meteorologických stanic	... 18
5.2 Model WAsP a jeho realizace	... 19
<b>6. Výsledky získané modelem WAsP</b>	<b>... 22</b>
6.1 Průměrná rychlost větru	... 22
6.2 Směr větru	... 25
<b>7. Diskuze</b>	<b>... 27</b>
<b>8. Závěr</b>	<b>... 31</b>
<b>Seznam map, obrázků a grafů v textu</b>	<b>... 33</b>
<b>Literatura</b>	<b>... 34</b>

# 1. Úvod

## 1.1 Cíl práce a její struktura

Cílem bakalářské práce je zhodnotit území Zlínského kraje z hlediska větrného potenciálu, charakterizovat vztah mezi územím a větrem. Určit jaký vliv má reliéf na větrné poměry, do jaké míry je jimi ovlivněn. Případně nalézt nějaké spojitosti mezi terénem a větrem.

První čtyři kapitoly tvoří teoretickou část práce. V úvodní kapitole se zabývá vytyčením cíle bakalářské práce a popisu zvoleného území. Ve druhé kapitole se věnují definici základních pojmů a přehledu rovnic. Třetí kapitola nás informuje jakým způsobem je možné zpracovávat údaje o větrných poměrech. Ve čtvrté kapitole podrobně popisují numerický model WAsP.

Následující kapitoly se týkají zpracování konkrétních dat. Pátá kapitola je věnována přehledu použitých dat. Šestá kapitola prezentuje výsledky, kterých bylo dosaženo pomocí programu WAsP. Sedmou kapitolu tvoří diskuze, kde se zabývám charakteristikou jednotlivých stanic, jak jsou jednotlivé stanice ovlivněny orografií a srovnáním vypočtených dat. Poslední kapitolu tvoří závěrečné zhodnocení.

V závěru bakalářské práce jsou připojeny přílohy a odborná citace.

## 1.2 Popis studovaného území

Jako zájmové území jsem si zvolila administrativní hranice Zlínského kraje. Zlínský kraj se nachází na východě naší republiky a svou rozlohou 3 964 km<sup>2</sup> je čtvrtým nejmenším krajem v republice. (viz. mapa 1: Území Zlínského kraje, zobrazena na straně 6 a viz. mapa 2: Výšková členitost, zobrazena na straně 7).

Území Zlínského kraje má členitý charakter. Uvedené území je z převážné části tvořeno kopcovitým terénem, který je tvořený pahorkatinami a pohořími. V západní části kraje, přesněji v povodí řeky Moravy, se rozprostírá rovinatá úrodná oblast, která je tvořena Dolnomoravským a na něj navazujícím Hornomoravským úvalem. Za Dolnomoravským úvalem, na jihozápadě kraje se zvedají Chřiby, které jsou turistickou dominantou této oblasti. Severní část kraje je tvořena Moravskoslezskými Beskydy

s nejvýše položeným vrcholem Zlínského kraje Radhoštěm (1 129 m n.m.), směrem k jihu od Moravskoslezských Beskyd vybíhá Hostýnsko-Vsetínská vrchovina a Vizovická vrchovina. Na východě se rozkládá pohoří Javorníky a dále směrem k jihu vystupuje pohoří Bílých Karpat.

Největší řekou Zlínského kraje je Morava. Tato řeka protéká od západu k jihu, přes oba výše zmíněné úvaly. Do Moravy se vlévá většina řek pramenících v kraji, v severní části kraje jsou to řeky Bečva a Rusava, ve střední části kraje je to řeka Dřevnice, která protéká krajským městem Zlínem a v jižní části území je to řeka Olšava. V pohoří Javorníky pramení řeka Vlára, která se vlévá do slovenského Váhu.

Území Zlínského kraje zahrnují dvě chráněné krajinné oblasti, a to CHKO Beskydy a CHKO Bílé Karpaty, které svojí rozlohou tvoří téměř 30% území kraje. Na území kraje se taktéž nachází množství přírodních rezervací a přírodních památek jako například Čertův kámen, Rovná hora a řada dalších.

Převážná část území Zlínského kraje je tvořena především hnědými kyselými až silně kyselými půdami. Výjimku tvoří půdy v blízkosti Dolnomoravského a Hornomoravského úvalu, kde se vyskytují nivní půdy a na ně pak navazují hnědozemě.

## 2. Vítr a energie větru

### 2.1 Vítr

Vítr je horizontální prodění vzduchu v atmosféře, vzniká mezi dvěma místy s rozdílným tlakem vzduchu. Vzduchové částice jsou uváděny do pohybu silou působící ve směru tlakového spádu, tzv. *silou barického gradientu*.

Síla barického gradientu  $G_n$  působí na objemovou jednotku vzduchu je určena derivací

$$G_n = - \frac{dp}{dn}$$

[1]

kde  $p$  je tlak,  $n$  délka počítaná na normále k izobarické ploše. Záporné znamínko před derivací vyjadřuje směr síly gradientu k nižšímu tlaku.

Vítr se měří na pozemních meteorologických stanicích anemometry a anemografy, a větrnými směrovkami. Jejich čidla musí být umístěna ve výšce asi 10 m nad zemí (vítr v této výšce se nazývá přízemní). Sledujeme také vítr ve větších výškách nad terénem. Měříme ho pomocí balónových sond, meteorologických stožárů a akustických radarů, které využívají Dopplerova efektu. Výsledky těchto měření se vyjadřují jako vektory směru a velikosti naměřené rychlosti.

Anemografy a nebo anemometry měříme rychlost větru v m/s. Jestliže pozorovací stanice nemají anemometry, odhaduje se síla větru ve stupnicích Beauforta (kde 0 je bezvětří a 12 orkán). Pro srovnávací práce je potřeba údaje převádět z Beuforta na m/s a naopak.

## 2.2 Energie větru

Větrná energie je transformovaná sluneční energie. Slunce nerovnoměrně zahřívá zemský povrch a to rezultuje různými tlaky vzduchu, vítr vzniká v důsledku vyrovnávání tlaku vzduchu. Energie Zemí přijímaného slunečního záření se přeměňuje na kinetickou energii pohybujícího se vzduchu, teda na větrnou energii.

Kinetická energie  $E$  volně pohyblivého tělesa hmotnosti  $m$ , které se pohybuje rychlostí  $v$ , je přímo úměrná hmotnosti  $m$  a druhé mocnině rychlosti  $v^2$ .

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

[2]

Uvedený obecný vztah platí i pro vzduchové množství hmotnosti  $m$ , pohybující se rychlostí  $v$ . Dosadíme-li za  $m$  hmotnost vzduchu, který proteče určitou plochou za sekundu, dostaneme energii vzdušného proudu procházejícího touto plochou za sekundu, neboli výkon větru  $P$ . Platí:

$$P = \frac{E}{t}$$

[3]

kde  $t$  je čas.

Hmotnost  $m$  vzduchu, který proteče za sekundu plochou  $S$  je

$$m = Sv\rho \quad [4]$$

kde  $\rho$  je hustota vzduchu, která je přímo úměrná atmosférického tlaku  $p$  a nepřímo úměrná absolutní teplotě vzduchu  $T$

$$\rho = \frac{p}{rT} \quad [5]$$

kde  $r$  je plynová konstanta, která má pro vzduch hodnotu 287,04 J/kgK,  $T$  hodnotu v kelvinech získáme přičtením 273,05 K k teplotě vzduchu v Celsiových stupních,

$p$  tlak (Pa).

Například pro tlak 100 000 Pa a teplotu 283 K je  $\rho = 1,231 \text{ kg/m}^3$ .

Dosadíme-li za hmotnost  $m$  a objemovou hmotnost vzduchu  $\rho$  výrazy z pravé strany rovnice [4] a rovnice [5], dostaneme vzorec pro stanovení výkonu větru vanoucího plochou  $S$ . Je-li plocha  $S$  v  $\text{m}^2$ , hustota  $\rho$  v  $\text{kg/m}^3$  a rychlost  $v$  v  $\text{m/s}$  dostaneme výkon větru  $P$  ve wattech:

$$P = \frac{1}{2} S \rho v^3 \quad [6]$$

Výkon větru připadající na  $1 \text{ m}^2$  plochy  $S$  protékajícího profilu tedy je

$$P = \frac{1}{2} \rho v^3 \quad [7]$$

Energie větru za dobu  $t$  (s) při výkonu  $P$  (W) určíme podle vztahu

$$E = \frac{1}{2} \rho v^3 t \quad [8]$$

$1 \text{ J} = 1 \text{ W}\cdot\text{s}$ ,  $3\,600 \text{ J} = \text{W}\cdot\text{h}$ ,  $36\cdot 10^5 \text{ J} = 1 \text{ kWh}$ .



### 3. Zpracování údajů o větrných poměrech

#### 3.1 Převládající směr větru

Výsledný směr větru nemusí být z klimatického hlediska vždy dobrou charakteristikou a může mít dokonce i formální povahu, zvláště tehdy, vyskytnou-li se dva protisměrné směry s málo rozdílnými rychlostmi a s velkými četnostmi. V takových případech bývá lépe použít metody určení převládajícího směru větru, kterou zavedl A. A. Kaminskij a kterou upravila E. S. Rubinštejnová (Nosek, 1972).

$$a = 1 + \frac{n_3 - n_2}{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}$$

$$\Phi(a) = \frac{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}{2} (3/2 - a)^2$$

[9]

kde  $n_1, n_2$  představuje směry na něž připadá maximální četnost a sousední směry označíme  $n_3, n_4$  a vybereme je tak, aby  $n_3 > n_1$  a  $n_2 > n_4$ .

V případě, že větrná růžice má dvě protisměrné největší četnosti, vyhodnocují se dva převládající směry; ty bývají zpravidla na horizontu od sebe vzdáleny o  $120^\circ$  až  $180^\circ$ . Druhý směr vypočítáváme je-li splněno, že  $n_2 + n_3 = 25\%$  (Nosek, 1979).

#### 3.2 Větrné růžice

Větrné růžice podávají obraz o větrných poměrech. Jejich konstrukce je různá a závisí na účelu, k němuž mají sloužit, a na jevech, které zobrazují. V této práci zobrazujeme větrné růžice v polárních souřadnicích podle četností směrů větrů do osmi hlavních směrů v procentech, a to podle jednotlivých měsíců.

Podle tvaru existují v oblastech České republiky tři typy větrných růžic:

A – s převládající četností směrů větru v západním sektoru (převážně české oblasti),

B – bez výrazně převládajícího směru větru (oblast Šumavy a oblast jihomoravských úvalů),

C – s převládající četností směrů v jižním nebo severním sektoru (převážně moravské oblasti) (Sobíšek, 2000).

## 4. Použitý model

### 4.1 Model WAsP

Model WAsP [*Wind Atlas Analysis and Application Program*] byl vyvinut v Risø National Laboratory v dánském Roskilde. Byl vytvořen pro potřeby větrné energie. Model WAsP je zaměřen k určování nejvhodnějšího místa ke stavbě větrné elektrárny a nebo hodnocení rentability její stavby v dané lokalitě, tím jsou ovlivněny některé jeho postupy (zejména nahrazení empirických dat Weibullovým rozdělením).

### 4.2 Weibullovo rozdělení

Empirické rozdělení naměřených hodnot rychlosti větru je pro potřeby matematických výpočtů mnohdy vhodné nahrazovat jednodušším teoretickým rozdělením. Za rozdělení, jenž nejlépe představuje četnosti rychlostí větru, se považuje dvouparametrické Weibullovo rozdělení nebo jeho speciální případ rozdělení Rayleighovo. Hustotu Weibullova rozdělení můžeme vyjádřit rovnicí:

$$f(x;k,A) = \frac{k}{A} \frac{x^{k-1}}{A^k} e^{-\left(\frac{x}{A}\right)^k}, x > 0$$

[10]

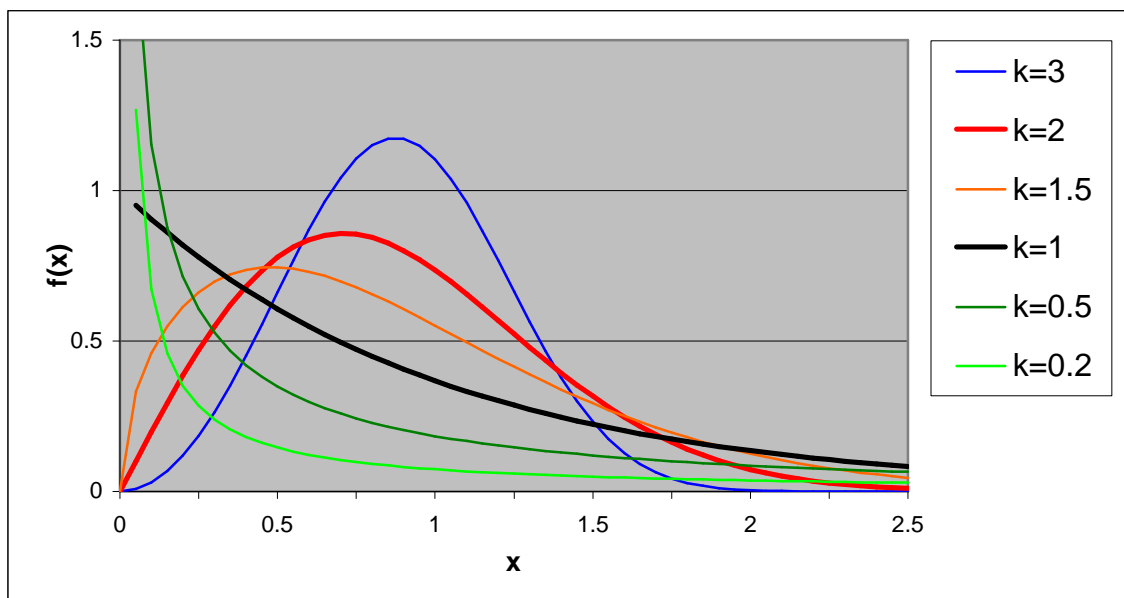
kvantity Weibullova rozdělení je možné určit z jeho distribuční funkce:

$$f(x;k,A) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{A}\right)^k}$$

[11]

$A$  a  $k$  jsou kladné parametry rozdělení. Parametr  $A$  určuje měřítko hodnot, kterých funkce hustoty Weibullova rozdělení nabývá, parametr  $k$  určuje tvar rozdělení. Pro  $k = 1$  se Weibullovo rozdělení stává exponenciálním, pro  $k = 2$  pak již Rayleighovým

rozdělením. Rayleighovo rozdělení se dobře hodí na pozorovaná data, tudíž bývá někdy používáno místo Weibullova rozdělení. Průběh funkce hustoty Weibullova rozdělení pro různé hodnoty  $k$  a pro  $A = 1$  znázorňuje obrázek 1.



Obr. 1: Tvar funkce hustoty Weibullova rozdělení pro různé hodnoty parametru  $k$  a pro  $A = 1$ . zdůrazněny jsou hodnoty  $k = 1$  a  $k = 2$ , které odpovídají exponenciálnímu a Rayleighově rozdělení.

### 4.3 Struktura modelu

Postup určení větrného potenciálu daného místa se skládá z několika bodů. Nejprve vstupují do modelu naměřená data rychlosti a směru větru z blízké meteorologické stanice nebo stožáru. Dalším krokem je popis okolní orografie vrstevnicemi, následuje klasifikace území z hlediska drsnosti povrchu. Řada konkrétních měření je zjednodušena statistickým rozdělením, poté dochází k vyhodnocení polohy meteorologické stanice či stožáru a naměřená data jsou očištěna od vlivu drsnosti povrchu, jejích změn a orografie. Tímto způsobem jsou určeny klimatické charakteristiky platné regionálně při standardních podmínkách (tj. nad plochým homogenním povrchem bez překážek). Opačným procesem lze opět dostat odhad podmínek panujících v určitém bodě oblasti.

## 4.4 Aplikace naměřených dat

Při aplikaci naměřených dat jsou nejprve určeny parametry Weibullova rozdělení, z dat získaných z meteorologických měření, a následně model pracuje jen s nimi. Pokud jsou naměřená data dobře zaznamenána Weibullovým rozdělením v celém rozsahu rychlostí, může být k výpočtu parametrů aplikována jakákoli metoda. Bohužel, naměřená data vykazují odchylky od teoretického rozdělení a aplikovaná metoda musí být nastavena na oblast rychlostí, jenž je pro aplikaci modelu důležitá. Tento model byl navržen pro větrnou energetiku, tudíž se klade důraz na vyšší, ale ne extrémní, rychlosti větru (Troen a Petersen, 1989). V každém sektoru směru proudění jsou parametry teoretického rozdělení vymezeny metodou momentů tak, aby platilo:

- celková energie větru vypočtena z naměřených hodnot a celková energie větru charakterizována proloženým Weibullovým rozdělením byly shodné,
- četnosti výskytu rychlostí větru vyšších než průměr naměřených hodnot byly stejné pro teoretické i empirické rozdělení

Největší problémy s proložením teoretického rozložení takovým způsobem se vyskytnou u značně malých a hodně velkých rychlostí větru. Z toho důvodu by model neměl být aplikován k odhadování četností nejnižších rychlostí větru a rychlostí větru s četností výskytu menší než 1%.

## 4.5 Zahrnutí vlivu drsnosti povrchu

Získané parametry Weibullova rozdělení jsou nejprve zbaveny vlivů způsobující různou drsnost povrchu. Děje se tak pomocí konstrukce logaritmického vertikálního profilu větru v neutrálním teplotním zvrstvení, jenž je popsáno známou rovnicí:

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

[12]

kde  $z_0$  je parametr drsnosti povrchu,  $\kappa$  představuje von Kármánovu konstantu ( $\kappa \approx 0,4$ ) a  $u_*$  je dynamická rychlost. K určení  $u_*$  je použit následující vztah geostrofického a přízemního proudění [geostrophic drag law] pro neutrální zvrstvení (Troen a Petersen, 1989):

$$G = \frac{u_*}{\kappa} \sqrt{\left(\ln\left(\frac{u_*}{f z_0}\right) - A\right)^2 + B^2}$$

[13]

$$\sin \alpha = -\frac{B u_*}{\kappa g}$$

[14]

kde  $G$  je rychlost geostrofického větru,  $\alpha$  je úhel mezi směrem přízemního a geostrofického větru,  $f$  je Coriolisův parametr,  $g$  je tíhové zrychlení a  $A$  a  $B$  empirické konstanty.

Popsané změny vertikálního profilu větru, model pokládá jen za malé odchylky od tohoto základního stavu (neutrálního zvrstvení), které jsou způsobené stabilitou a nestabilitou atmosféry. Jednoduchým postupem jsou modelovány vlivy změn povrchových tepelných toků. Mimo rovnic [13] a [14] je výpočet založen na vztahu [12]:

$$u(z) = \left[ \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \psi\left(\frac{z}{L}\right) \right]$$

[15]

kde  $\psi$  je empirická funkce a  $L$  je tzv. Monin-Obuchova délka (Dyer, 1974). Monin-Obuchovova délka je definována jako:

$$L = \frac{T_0 c_p u_*^3}{\kappa g H_0}$$

[16]

kde  $T_0$  je povrchová teplota,  $H_0$  je tok tepla na povrchu a  $c_p$  je tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku. Konstanty  $A$  a  $B$  se v rovnici [13] a [14] stávají funkcemi stability atmosféry.

Jestliže se ve směru odkud vane vítr vyskytují nehomogenity v drsnosti povrchu, pozmění model původní vertikální profil větru ve snaze postihnout vliv interní mezní

vrstvy. Přičemž vychází z popisu výšky této vrstvy nad povrchem. Aplikovaná rovnice pro výšku interní mezní vrstvy má tvar:

$$\frac{h}{z_0} \left( \ln \frac{h}{z_0} - 1 \right) = 0,9 \frac{x}{z_0}$$

[17]

kde  $x$  je vzdálenost od změny drsnosti povrchu směrem po větru a  $z_0$  je vyšší z hodnot parametrů drsnosti popisujících obě oblasti.

#### 4.6 Zahnutí vlivu překážek

Velké množství překážek přibližně stejné velikosti rovnoměrně rozmístěných na povrchu Země, lze zahrnout do parametru drsnosti. Tímto způsobem je možné popsat vodní plochu, souvislou vegetaci (les, louka) a nebo homogenní městskou zástavbu. V případě, že se v blízkosti anemometru, jenž při měření používáme, nachází samostatná překážka s výškou srovnatelnou s její vzdáleností od čidla, v místě měření je vertikální profil větru ovlivněn touto překážkou a z toho důvodu musí být překážka posuzována samostatně.

Popis polohy, velikosti a porozity překážek tvoří vstup do modelu. Porozita dvourozměrného větrolamu reprezentuje poměr plochy „pórů“ k celkové ploše objektu a jeho propustnost. Vlastní výpočet vychází z empirického vztahu pro dvourozměrné velmi dlouhé překážky (například dlouhé řady stromů) získané pokusy ve větrném tunelu (Perera, 1981).

$$\frac{\Delta u}{u} = 9,8 \left( \frac{z_a}{h} \right)^{0,14} \frac{x}{h} (1 - P) \eta \exp(-0,67 \eta^{1,5})$$

[18]

kde

$$\eta = \frac{z_a}{h} \left( \frac{0,32}{\ln(h/z_0)} \cdot \frac{x}{h} \right)^{-0,47}$$

[19]

kde  $P$  značí porozitu,  $h$  je výška překážky,  $z_a$  je výška počítaného bodu nad povrchem,  $x$  je vzdálenost bodu od překážky po větru a  $\Delta u/u$  je relativní zeslabení rychlosti větru v daném bodě. Pro každý paprsek vedený z počítaného bodu je nejprve

zaznamenána vzdálenost a výška všech protnutých objektů. Kterýkoliv z objektů je považován za překážku výše jmenovaného druhu a k určení jeho efektu je použit uvedený empirický vztah. V případě, že se překážky nacházejí velmi blízko sebe, dochází ke snížení účinku překážky orientované p větrem. Model v tomto případě snižuje plochu překážky o tu část, která leží v závětrí.

#### 4.7 Zahrnutí vlivu orografie

Nejvýraznějším rozdílem oproti ostatním modelům je zahrnutí vlivu orografie, jenž spočívá v použití soustavy polárních souřadnic k popisu vstupních dat. Střed soustavy souřadnic je položen do počítaného bodu, z čehož vyplývá, že popis terénu je v jeho okolí nejpřesnější a směrem od něj se stává hrubším. Postupujeme-li od něj jakýmkoliv směrem, velikost buňky představující jednu hodnotu se zvětšuje s každým krokem o 6% (Troen, 1990). Vstupní data nejsou vyžadována v rastrové podobě, ale jako vektory. Program upraví orografická data do pole hodnot založeného na polárních souřadnicích.

Numerický model proudění používající spektrálních metod je určen k vyhodnocení vlivu terénu. Pracuje ve válcových souřadnicích  $r$ ,  $\vartheta$  a  $z$ , kde  $r$  je poloměr,  $\vartheta$  je azimut a  $z$  je výška nad zemským povrchem. Znázorňuje potenciál proudění  $\chi$  jako součet speciálních funkcí:

$$\chi_j = K_{nj} J_n \left( c_j^n \frac{r}{R} \right) \exp(i n \vartheta) \exp \left( - c_j^n \frac{z}{R} \right)$$

[20]

kde  $K_{nj}$  jsou libovolné koeficienty,  $J_n$  je Besselova funkce  $n$ -tého řádu,  $r$  je poloměr,  $\vartheta$  je azimut,  $z$  je výška a  $c_j^n$  je  $i$ -tý kořen  $J_n$ . Odchyly proudění od základního stavu je možné získat derivací funkce:  $\bar{u} = \nabla \chi$ . Pomezí podmínka v horizontálním směru je určena ve vzdálenosti  $R$  jako  $\nabla \chi = 0$ . Poloměr  $R$  odpovídá vzdálenosti k nejzazšímu bodu, ve kterém je určena nadmořská výška a parametr drsnosti povrchu. Při zemském povrchu vychází výpočet z rovnosti mezi vertikální změnou potenciálu a vertikální složkou terénem vynuceného proudění:  $w_0 = \partial \chi / \partial z = \bar{u}_0 \cdot \nabla h$ , kde  $w_0$  je orografii vynucené vertikální proudění,  $\bar{u}_0$  je vektor rychlosti větru základního stavu a  $h(f, \vartheta)$  je nadmořská výška (Troen, 1990). Vyhodnocování orografického vlivu je považováno za největší zdroj chyb. Odhady zesílení rychlosti větru na vrcholu 1-2 km dlouhého kopce se

sklonem svahů do 30% mají typickou chybu kolem 10% (Troen a Peterson, 1989). Pro strmější svahy se chyba zvětšuje a model také podhodnotí snížení rychlosti na závětrné straně kopce.

## 5. Použitý materiál

### 5.1 Data z meteorologických stanic

V této bakalářské práci byla použita data ze dvanácti meteorologických stanic ČHMÚ, které se nacházejí na území Zlínského kraje, a které měří směr a rychlost větru nad povrchem země. Seznam stanic představuje tabulka 1.

Stanice	Zeměpisné souřadnice		Nadmořská výška [m]
	Z. šířka	Z. délka	
Bystřice pod Hostýnem	49°24′	17°40′	317
Holešov	49°19′	17°34′	223
Horní Bečva	49°25′	18°19′	551
Huslenky	49°17′	18°08′	498
Kroměříž	49°18′	17°22′	232
Luhačovice	49°06′	17°46′	254
Rožnov pod Radhoštěm	49°28′	18°08′	342
Staré Město u U.H.	49°05′	17°26′	190
Strání	48°54′	17°42′	421
Valašské Meziříčí	49°28′	17°58′	334
Vizovice	49°13′	17°51′	315
Vsetín	49°20′	17°59′	325

Tab. 1: Seznam stanic, jejich zeměpisné souřadnice a nadmořská výška

Většina meteorologických stanic Zlínského kraje jsou charakterizovány jako stanice s převládající četností směrů v jižním a nebo severním sektoru. Stanice Vizovice, Vsetín a Valašské Meziříčí jsou typickými představiteli s převládající četností směrů v jižním a



nebo severním sektoru. Tyto stanice mají navíc největší počet bezvětřných dní v roce. Z výpočtu bylo zjištěno, že stanice Vizovice má největší procento bezvětří a to 42%, stanice Vsetín a Valašské Meziříčí mají více než 30% bezvětří. Nulové bezvětří vykazují oblasti kolem stanic Luhačovice a Horní Bečva.

Oblasti Zlínského kraje jsou ovlivněny mimo „dýzového“ efektu také orografií. Typickým příkladem jsou již výše zmíněné stanice Valašské Meziříčí a Vsetín s převládajícím severním nebo jižním směrem větru, jenž odpovídá směrům hlavních údolí.

## 5.2 Model WAsP a jeho realizace

Model WAsP byl navržen pro hodnocení větrnosti dané lokality. Prvotním úkolem při práci s modelem WAsP, bylo očistit původní data od vlivu nejbližšího okolí. Tím byly získány klimatické charakteristiky větru pro referenční výšky nad povrchem země a referenční drsnost povrchu země. Tyto podmínky by se na daném místě vyskytly, pokud by zde byla homogenní a konstantní drsnost povrchu, a pokud by proudění nenarušovaly žádné překážky. K odstranění všech lokálních vlivů, byly použity všechny části programu WAsP – model pro orografii, model pro drsnost zemského povrchu a model pro odstranění překážek.

Co se týká očištění měření od vlivu blízkého okolí, tak model WAsP vyžaduje, aby bylo užito, co největšího počtu použitelných měření, tedy i měření v lokalitách, které jsou částečně zastíněny okolními překážkami. Pro eliminaci nežádoucích lokálních vlivů v okolí stanice, vyžaduje model WAsP informace z okolí stanice, jedná se hlavně o geografické informace, které jsou běžně dostupné v elektronické podobě, tedy o orografii a drsnost zemského povrchu, a dále pak informace o umístění měření a překážkách v jeho okolí. Vyhodnocení překážek zpravidla vyžaduje další informační zdroje jako jsou například letecké snímky či fotodokumentace, a nebo osobní návštěvu dané lokality.

Dalším parametrem, který ovlivňuje proudění větru je drsnost zemského povrchu, která vyjadřuje vliv překážek rozmístěných na zemském povrchu na proudění větru. Drsnost povrchu je důležitým parametrem při hodnocení zásob energie větru. K určení drsnosti byla vybrána mezinárodní klasifikace land-cover CORINE. Pokrývá celé území České republiky a obsahuje dostatečné množství kategorií typu pokrytí povrchu. Z celkového počtu 32 kategorií, vyskytujících se na našem území, bylo vybráno 8

hlavních kategorií, jimž byla přiřazena určitá hodnota parametru drsnosti. Hodnoty přiřazené kategoriím land-cover ukazuje tabulka 2 a viz. mapa 3: Drsnost povrchu, zobrazena na straně 21.

Jako zdroj orografických dat byl vybrán digitální model terénu dmú 25 s vrstevnicemi po 5 m.

Kategorie	$z_0$ (m)
vodní plochy	0,000 2
letišťe, holé skály	0,02
orná půda, louka, pastviny	0,05
zemědělská krajina s příměsí přirozené vegetace	0,1
vinice, ovocné sady	0,3
střídající se lesy a křoviny	0,5
zástavba, průmyslové zóny	0,6
lesní porosty	0,8

Tab. 2: Charakteristické hodnoty parametru drsnosti zemského povrchu ( $z_0$ ) pro kategorie land-cover

Souvislý lesní porost patří k překážkám, které nás zajímají v souvislosti s jejich vlivem na proudění vzduchu. Tento lesní porost ovlivňuje proudění vzduchu dvěma způsoby. Za prvé se vyznačuje vysokou drsností zemského povrchu a za druhé souvislý lesní porost způsobuje, že se celý vertikální profil větru posunuje do větší výšky nad zemí. Husté stromové porosty vyvolávají při silnějším větru v návětrí i na závětrné straně mohutné víry, které mohou značně převyšovat rychlost původního nenarušeného proudění. Při silných větrech se projevuje vliv lesa do výšky 200 až 300 m. Naopak v přízemní vrstvě je v zalesněné krajině potřeba počítat se snížením rychlosti větru.

Město je také oblastí se sníženou rychlostí větru oproti nezastavěné krajině podobných vlastností, kde rychlost větru dosahuje vyšších hodnot. Oblastmi, kde také dochází ke snížení rychlosti větru, jsou závětrí jednotlivých staveb.

## 6. Výsledky získané modelem WAsP

### 6.1 Průměrná rychlost větru

Rozložení hodnot průměrné rychlosti vypočtené modelem WAsP pro oblast Zlínského kraje, je zobrazeno barevnou škálou na mapě 4 (viz. mapa 4: Průměrná rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí, zobrazená na straně 23). Již na první pohled je vidět výrazný rozdíl mezi oblastmi s nižšími nadmořskými výškami a oblastmi vyšších nadmořských výšek. Nejnižších hodnot dosahuje rychlost větru v údolích vodních toků, zejména v údolí na levé straně řeky Dřevnice, v údolí horního a středního toku Vsetínském Bečvy a jejich přítoků a v údolí horního toku Rožnovské Bečvy. Naopak nejvyšších hodnot dosahuje rychlost větru na vrcholech pohoří, a nebo nad vrcholovými částmi reliéfu, které výrazně převyšují nad okolím, a to zejména v okolí vrcholu Kelčský Javorník (Hostýnsko-vsetínská vrchovina) a ve vrcholových oblastech Javorníků a Moravskoslezských Beskyd.

Konkrétně můžeme říci, že v údolních oblastech řeky Moravy a jejich přítoků se objevují nejnižší hodnoty rychlosti větru kolem 0,7-1 m/s. Směrem dále od vodních toků se hodnoty rychlosti větru postupně zvyšují. V horských oblastech, v nadmořské výšce kolem 900 m n.m. a více pak dosahují hodnot více než 5 m/s.

Při hodnocení větrných poměrů s ohledem na využití větrné energie, je třeba brát v úvahu skutečnost, že rychlost větru se mění s výškou. Je všeobecně dobře známo, že vlivem ubývání třecí síly ze vzdáleností od zemského povrchu, rychlost větru ve spodní části atmosféry s výškou roste. Změna rychlosti větru vlivem výšky, závisí hlavně na vertikálním profilu teploty vzduchu, který ovlivňuje turbulenci. Mapa 5 nám představuje rychlosti větru ve výšce 100 m nad zemí. (viz. mapa 5: Průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad zemí, zobrazená na straně 24).

Nejmenší hodnoty převládajícího směru větru ve výšce 100 m nad zemí vykazují údolní oblasti řeky Dřevnice, horní a střední část toku řeky Vsetínské Bečvy a horní část toku řeky Rožnovské Bečvy. V těchto údolích vane vítr průměrnou rychlostí 0,7-1 m/s. V případě, že měříme hodnoty větru ve výšce 100 m nad zemským povrchem, tak se rychlost větru pohybuje kolem 3,5 m/s. Zřejmě nejvyšší nárůst rychlosti větru zaznamenávají oblasti, které navazují na údolí vodních toků. V těchto oblastech dochází

k tomu, že rychlost měřená ve výšce 10 m nad zemským povrchem byla mezi 1,5-2,5 m/s, zatímco rychlost větru ve výšce 100 m nad zemí dosahuje hodnot kolem 5 m/s. Naopak v oblastech, kde byla rychlost větru měřená ve výšce 10 m nad zemí kolem 4,5-5 m/s, ve výšce 100 m nad zemí dosahuje vítr rychlosti kolem 6 a více m/s. Z uvedených výsledků je patrné, že rychlost větru nad hladkými povrchy, jako je např. voda, roste s výškou podstatně pomaleji než rychlost větru nad povrchem s velkou drsností.

## 6.2 Směr větru

Převládající směr větru pro oblast Zlínského kraje zobrazuje mapa 6 (viz. mapa 6: Převládající směr proudění větru, zobrazená na straně 26). Při prvním pohledu na mapu 6 je zřejmé, že převládající směr větru je výrazně ovlivněn orografií. Proudění větru z azimutu 150° se vyskytuje na 1/3 území Zlínského kraje a to v jeho jihovýchodní části. Domnívám se, že tento směr proudění je dán tím, že jihovýchodní hranice kraje je tvořena pohořím, tudíž vítr vane směrem dolů z pohoří dále do krajiny.

Druhým převládajícím směrem větru je vítr vanoucí z azimutu 0°. Tento směr větru panuje v oblasti kolem řeky Moravy, která je zasazena do území Hornomoravského a Dolnomoravského úvalu. V severní části území je patrný vliv Moravské brány, kdy nejprve převládá vítr z azimutu 60° (přibližně mezi městy Valašské Meziříčí a Bystřice pod Hostýnem), poté dochází ke změně směru a to na směr z azimutu 30° (oblast kolem města Bystřice pod Hostýnem) a následuje opět změna směru větru a to na směr z azimutu 0°, v této oblasti kolem města Přerov přechází plynule Moravská brána do Hornomoravského úvalu.

Západní oblast kraje, která je tvořena ze severu Vyškovskou bránou, střední část tvoří Chřiby a jižní část je tvořena Dolnomoravským úvalem, můžeme z hlediska převládajícího směru větru vymezit takto: Oblast Chřibů tvoří jakýsi vrcholek této oblasti, jenž je obtékán větrem, proto v oblasti Vyškovské brány a Dolnomoravského úvalu převládá směr proudění z azimutu 30°, a v samotné oblasti Chřibů je převládající směr větru z azimutu 150°.

V horských oblastech kraje při vrcholu hor převládá vítr vanoucí z azimutu 0°, pokud půjdeme z vrcholu níže do nižších poloh horských oblastí, tak zjistíme, že zde převládá směr větru z azimutu 30°.

## 7. Diskuze

V této části bakalářské práce si jednotlivě rozeberu meteorologické stanice, které se nacházejí na území Zlínského kraje. U každé stanice budeme zvlášť interpretovat dosažené výsledky.

Jedinou profesionální stanicí na území Zlínského kraje je stanice Holešov. Stanice je umístěna na holešovském letišti v nadmořské výšce 223 m. Z hlediska horopisného členění je leží stanice v oblasti Hornomoravského úvalu, který představuje výraznou sníženinu zemského povrchu, protaženou ve směru SSZ až k JJV. Na východě sousedí s Hostýnskými vrchy a Vizovickou vrchovinou, na severovýchodě plynule přechází do Moravské brány a střed zaujímá niva Moravy. Vliv Hornomoravského úvalu a přilehlých vrchů výrazně ovlivňuje směr větru. Na mapě 6 je znázorněn převládající směr proudění větru. Oblast poblíž stanice Holešov spadá do oblasti, kde převládá proudění větru z azimutu 0°. Stanice Holešov, ze všech níže uvedených meteorologických stanic, dosahuje nejvyšších hodnot rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí. Průměrná rychlost této stanice je kolem 3-3,5 m/s. S tímto faktem zajisté výrazně souvisí i drsnost povrchu. Při detailním zhlédnutí mapy 3: Drsnost povrchu, uvidíme, že v okolí holešovského letiště, kde je stanice lokalizována, se nacházejí pouze pole, louky a pastviny, tudíž drsnost povrchu je zde nevýrazná a následkem toho není rychlost větru tímto parametrem výrazně ovlivněna. Nenachází se zde žádné velké přírodní překážky, které by vítr zpomalovaly, a tudíž vítr může dosahovat hodnot o průměrné rychlosti v 10 m nad zemí kolem 3,5 m/s. Pokud bychom hodnotili rychlost větru ve výšce 100 m nad zemí, tak v okolí této stanice dosáhne hodnot mezi 4,5-5 m/s. Což oproti výšce v 10 m nad zemí není tak výrazný rozdíl. Reliéf krajiny je zde poměrně souměrný a domnívám se, že se zde výrazně uplatňuje vliv Hornomoravského úvalu a na něj plynule navazující Moravské brány, jelikož vítr vane právě z těchto oblastí směrem k hodnocené stanici.

Následující hodnocenou meteorologickou stanicí je stanice Kroměříž, která se nachází v nadmořské výšce 232 m. Tato stanice se také nachází v Hornomoravském úvalu, a to na pravém břehu řeky Moravy. Zde se uplatňuje vliv Chřibů a již zmíněného Hornomoravského úvalu. Převládajícím směrem proudění větru je vítr z azimutu 0°. Průměrné rychlosti větru v 10 m nad zemí v této oblasti dosahují hodnot kolem 2,5 až

3 m/s, což je podobné jako tomu bylo u předchozí meteorologické stanice Holešov. Můžeme to vysvětlit tím, že tyto stanice jsou lokalizovány ve stejné oblasti, ve vzdálenosti cca 18 km od sebe a ovlivněny jsou podobnými orografickými činiteli. Meteorologická stanice Kroměříž je umístěna v blízkosti městské zástavby, kdy víme, že městské zástavby ovlivňují rychlost větru, tudíž je tato rychlost ovlivněna i v okolí této stanice. Pokud bychom hodnotily rychlost větru ve 100 m nad zemí, tak ve stanici Kroměříž by rychlost dosahovala hodnot 5-6 m/s. Což představuje dvojnásobný nárůst rychlosti větru oproti hodnotám v 10 m nad zemí, kde byla naměřena rychlost větru 2-3 m/s. Dle mého úsudku, je to dáno právě tím, že meteorologická stanice je lokalizována v blízkosti městské zástavby, jelikož hodnotíme-li rychlost větru ve 100 m nad zemí, tak městská zástavba již výsledné hodnoty měření téměř neovlivňuje.

Další meteorologickou stanicí, kterou budu hodnotit, je stanice Staré Město u Uherského Hradiště. Jedná se o stanici, která je lokalizována v nadmořské výšce 190 m, tedy je nejnižší umístěnou meteorologickou stanicí Zlínského kraje. Stanice leží v severní části Dolnomoravského úvalu, jenž sousedí na západě s Chřiby, na východě s Vizovickou vrchovinou a na severu na něj volně navazuje Hornomoravský úval. Vítr zde převážně vane z azimutu 30°. Tak jako u ostatních stanic, tak i u této stanice se projevuje vliv orografie. Levostranné břehy řeky Moravy jsou ovlivněny větrem vanoucím z azimutu 0° a na pravostranné části břehu, kde se nachází i naše hodnocená stanice, dochází k mírnému stáčení větru, kde vítr vane z azimutu 30°. Co se týče drsnosti povrchu, tak v okolí stanice se nacházejí pouze pole, louky a pastviny, což má za následek, že v okolí stanice dosahují hodnoty rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí kolem 2,5-3 m/s. S rostoucí výškou, se zvyšuje i rychlost větru, ve výšce 100 m nad zemí dosahuje rychlost větru hodnot 5-6 m/s.

Jižní části Zlínského kraje v nadmořské výšce 421 m je umístěna další meteorologická stanice Strání. Stanice Strání leží v Bílých Karpatech. Z hlediska drsnosti zemského povrchu je stanice umístěna na okraji města, v jehož blízkosti se nacházejí pole, louky a pastviny. Nad údolím, ve kterém je stanice Strání lokalizována, se rozpínají rozsáhlé lesní porosty. Na to, že se oblast vyskytuje ve větších nadmořských výškách, tak je rychlost větru poměrně malá, a to 2,5 m/s. Může to být dáno tím, že v okolí stanice, která je lokalizována v údolí, se nacházejí výše uvedené rozsáhlé lesní porosty. Tyto lesní porosty mají tendenci vítr zpomalovat. Vrcholové oblasti pohoří, kde není žádný vliv překážek povrchu, dosahují vyšších rychlostí a to 6 a více m/s. Převládajícím směrem

proudění je vítr vanoucí z azimutu  $150^\circ$ , dle mého názoru, je to dáno tím, že vítr má tendenci sestupovat z hor a dále vanout směrem k úvalům.

Následující stanicí, kterou chci hodnotit, je meteorologická stanice Luhačovice. Luhačovická stanice je umístěna v lázeňském areálu města v nadmořské výšce 254 m. Lázeňské město Luhačovice leží ve Vizovické vrchovině a sousedí z jihovýchodu z Bílými Karpaty a ze západu s Dolnomoravským úvalem. Městem Luhačovice protéká řeka Olšava. Drsnost povrchu v okolí města Luhačovice je ovlivněna jednak rozlehlými poli, loukami a pastvinami na severozápadě, dále z jihozápadu zemědělskou krajinou s příměsí přirozené vegetace a z jihu a jihovýchodu rozsáhlými lesními porosty. Rychlost větru v okolí této stanice je ovlivněna drsností povrchu a orografií a dosahuje hodnot 1-2 m/s ve výšce 10 m nad zemí. V okolních kopcích se rychlost větru mírně zvyšuje. Převládajícím směrem proudění je vítr vanoucí z azimutu  $30^\circ$ , je to způsobeno tím, že Luhačovice se nachází v údolí a převládající směr větru je ve směru jakým se údolí zařezává do reliéfu. V okolí nad Luhačovicemi se směr větru mění a převládajícím směrem se stává směr z azimutu  $150^\circ$ , což je zřejmě způsobeno orografií.

Ve městě Vizovice je situována další hodnocená meteorologická stanice. Nachází se ve Vizovické vrchovině v nadmořské výšce 315 m. Z hlediska převládajících směrů proudění větru, zde dochází ke kumulaci několika převládajících směrů proudění větru. V severním a jižním okolí stanice převládá vítr vanoucí z azimutu  $150^\circ$ , z východu vane vítr z azimutu  $0^\circ$  a  $30^\circ$  a ze západní strany převládá vítr vanoucí z azimutu  $60^\circ$ , a nebo z azimutu  $120^\circ$ . Z hlediska drsnosti povrchu se v okolí stanice rozprostírá orná půda, louky, pastviny a zemědělská krajina s příměsí přirozené vegetace. Na nejednotném převládajícím směru proudění větru je podepsán vliv reliéfu, kdy meteorologická stanice je lokalizována v uvedené nadmořské výšce 315 m. V oblasti, kde je stanice umístěna dochází k mírnému zvyšování nadmořské výšky, kopce Vizovické vrchoviny se zde začínají modelovat do vyšších vrchů. V bezprostřední blízkosti stanice dosahuje průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí hodnot mezi 1-2 m/s. Směrem do vyšších poloh dochází k zesilování rychlosti větru, na hřebenech Vizovické vrchoviny dosahuje vítr rychlosti kolem 5 m/s ve výšce 10 m na zemí. Výsledné pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad zemí v okolí stanice nabývá hodnot mezi 3,5-4,5 m/s.

Na rozhraní pohoří Javorníky a Hostýnsko-vsetínské hornatiny, v blízkosti slovenské hranice, se nachází meteorologická stanice Huslenky. Na severu sousedí z Moravskoslezskými Beskydy. Stanice Huslenky je druhou nejvýše položenou

hodnocenou stanicí ve Zlínském kraji a nachází se v nadmořské výšce 498 m. Je situována mezi ornou půdou, loukami, pastvinami a zemědělskou půdou s příměsí přirozené vegetace, ve vyšších nadmořských výškách jsou pak tyto prvky nahrazeny lesními porosty. Rychlost proudění větru je zde částečně ovlivněna okolními lesy, které se nacházejí na okrajích pole, kde je stanice umístěna. Převládajícím směrem proudění větru je vítr vanoucí z azimutu  $0^\circ$ , nebo z azimutu  $30^\circ$  či z azimutu  $150^\circ$ . Průměrná rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí nabývá hodnot 2,5-3 m/s.

Ve městě Vsetín je umístěna další hodnocená stanice. Nachází se v nadmořské výšce 325 m a spadá do Hostýnsko-vsetínské hornatiny. Vyskytují se zde dva převládající směry větru, prvním je vítr vanoucí z azimutu  $0^\circ$  a druhým převládajícím směrem větru je vítr vanoucí z azimutu  $150^\circ$ . V okolí stanice Vsetín se nachází hustý lesní porost, který je typický pro Hostýnsko-vsetínskou hornatinu. Vzhledem k hustému lesnímu porostu a blízké městské zástavby, je rychlost větru těmito parametry výrazně ovlivněna. Průměrné rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí dosahují hodnoty kolem 2 m/s.

Nejvýše položenou stanicí Zlínského kraje je stanice Horní Bečva, která se nachází v nadmořské výšce 551 m. Je situována na pomezí Moravskoslezských Beskyd a Rožnovské brázdy. I přesto, že se stanice nachází ve vyšší nadmořské výšce, oproti ostatním stanicím Zlínského kraje, tak její hodnoty průměrné rychlosti větru v 10 m nad zemí jsou mezi 1-2 m/s. Můžeme si to vysvětlit tím, že se zde projevuje vliv Rožnovské brázdy a z hlediska drsnosti povrchu se v těsné blízkosti stanice nachází pouze zemědělská krajina s příměsí přirozené vegetace, v širším okolí stanice se rozprostírají lesní porosty, které mají jen částečný vliv na rychlost větru. Převládající směr proudění větru je směr z azimutu  $0^\circ$  a druhý převládajícím směrem proudění větru je vítr vanoucí z azimutu  $150^\circ$ .

Rožnovské brázdě v nadmořské výšce 342 m je situována meteorologická stanice Rožnov pod Radhoštěm. Okolí stanice je tvořeno zemědělskou půdou s příměsí přirozené vegetace a lesními porosty. Drsnost povrchu má vliv na průměrnou rychlost ve výšce 10 m na zemí, hodnoty dosažené v blízkosti této stanice jsou v rozmezí 1-2 m/s. Stanice se nachází pod Moravskoslezskými Beskydy, tudíž je převládajícím směrem proudění větru vítr vanoucí z azimutu  $30^\circ$ . Zřejmě se jedná o vítr, který sestupuje z hor.

Další hodnocenou stanicí je meteorologická stanice Valašské Meziříčí, která se nachází v nadmořské výšce 334 m. Z hlediska horopisného členění stanice leží na hranici Rožnovské brázdy a Podbeskydské pahorkatiny. Převládajícím směrem proudění větru



v okolí stanice je vítr vanoucí z azimutu 60°. Okolí stanice je tvořeno polem a zemědělskou krajinou s příměsí přirozené vegetace. Průměrná rychlost větru v 10 m nad zemí v této oblasti dosahuje hodnot mezi 1-2 m/s. V oblasti je patrný vliv mírných kopců, které se rozprostírají na severu směrem od stanice. V případě, že hodnotíme průměrnou rychlost větru ve 100 m nad zemí, tak je vliv těchto mírných kopců nepatrný a rychlost větru nabývá hodnot v rozmezí 5-6 m/s. Lesní porost zde nijak výrazně nezasahuje do měřených hodnot.

Poslední hodnocenou meteorologickou stanicí na území Zlínského kraje je stanice Bystřice pod Hostýnem, která je situována na pomezí Podbeskydské pahorkatiny a Hostýnsko-vsetínské hornatiny v nadmořské výšce 317 m. Okolí stanice je lemováno ornými poli, loukami a pastvinami. Lesní porost je zde řídký. Ráz krajiny je členitý z výběžky Hostýnsko-vsetínské hornatiny. Z hlediska průměrných rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí, se zde vyskytují nižší hodnoty větru a to 1-2 m/s, což je dáno nižší nadmořskou výškou a dále stanice tím, že je stanice položena v zavětrí výše uvedené hornatiny. Z hlediska převládajícího směru větru je zde patrný vliv Moravské brány, a vítr vane z azimutu 30°.

## 8. Závěr

Model WAsP je nejlepším známým prostředkem pro očištění měření větru od vlivu blízkého okolí, avšak i tento model má své nedostatky, zvláště pokud modelujeme členitý či nestandardní terén a nebo pokud se v okolí stanice nachází velké množství blízkých či vysokých překážek.

Model WAsP je schopen poměrně spolehlivě modelovat a odstranit vliv rozdílného parametru drsnosti v okolí stanice. Vliv překážek spolehlivě modeluje jen tehdy, pokud se nejedná o příliš vysoké či příliš blízké překážky. Překážky, které jsou v bezprostřední blízkosti stanice, lze pouze parametrizovat, nikoliv však modelovat.

Při očišťování od vlivu orografie platí, že čím je terén v okolí stanice složitější a členitější, tím méně spolehlivě lze jeho vliv eliminovat. Všeobecně platí, že při vyšších sklonech svahů model nadhodnocuje vliv blízkých orografických tvarů. Celkově můžeme říci, že stanice v rovinném nebo mírně zvlněném terénu jsou z hlediska orografie

očištěny správně. Stanice, které se nacházejí ve středně zvlněném terénu jsou očištěny přibližně správně. U stanic, které se nacházejí v horských oblastech je situace nejhorší, zde jsou možnosti modelu značně omezeny.

Skoro všechny hodnocené meteorologické stanice Zlínského kraje jsou situovány buď v blízkosti městské zástavby, nebo v blízkosti hustého lesního porostu nebo blízkosti pohoří. Umístění stanic není vhodné, jelikož vzhledem k výše uvedenému, jsou měření rychlosti větru v 10m nad zemí výrazně ovlivněny drsností povrchu. Jedinou světlou výjimkou je profesionální meteorologická stanice Holešov, která má všechny předpoklady k nejpřesnějšímu měření, jelikož její poloha je v rovinné oblasti a vlivy drsnosti povrchu zde nejsou tak značné.

Výsledné pole průměrné rychlosti větru na území Zlínského kraje ve výšce 100 m nad zemí je prezentováno mapou 5: Průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad zemí. Při celkovém pohledu jsou ihned patrné oblasti nižších rychlostí větru, a to v místech středního toku řeky Dřevnice, horního a středního toku řeky Vsetínské Bečvy a horního toku řeky Rožnovské Bečvy, a dále pak oblasti nejvyšších rychlostí větru, které se vyskytují na hřebenech Moravskoslezských Beskyd, Javorníků, Bílých Karpat, ale i na hřebenech Hostýnsko-vsetínské vrchoviny, Vizovické vrchoviny a Chřibů. Oblasti úvalů se vyznačují nadprůměrnými hodnotami rychlosti větru. Za nejvýhodnější místa pro využití energie větru jsou považovány oblasti v blízkosti vrcholové hrany hřebene kolmého k převládajícímu proudění.

Převládající směr proudění větru je značně ovlivněn orografií. Příkladem je oblast úvalů, kde se projevuje zřejmý vliv Moravské brány. Vliv Moravské brány se projevuje kolem Valašského Meziříčí, kde převládá směr proudění větru z azimutu  $60^\circ$ , v oblasti kolem Bystřice pod Hostýnem dochází k mírnému stáčení větru a vítr vane z azimutu  $30^\circ$  a v oblasti mezi Holešovem a Bystřicí pod Hostýnem, kde Moravská brána plynule navazuje na Hornomoravský úval se stáčí vítr k azimutu  $0^\circ$ . Převládající směr proudění větru z azimutu  $0^\circ$  pak ovlivňuje Hornomoravský i Dolnomoravský úval. Jihovýchodní části Zlínského kraje se vyznačují převládajícím větrem vanoucím z azimutu  $150^\circ$ . Horské oblasti v severovýchodní části kraje se vyznačují dvěma převládajícími směry proudění větru, prvním je vítr vanoucí z azimutu  $0^\circ$  a druhým je vítr vanoucí z azimutu  $30^\circ$ .

## Seznam map v textu

Mapa 1. Území Zlínského kraje	str. 6
Mapa 2. Výšková členitost	str. 7
Mapa 3. Drsnost povrchu	str. 21
Mapa 4. Průměrná rychlost větru ve výšce 10 metrů nad zemí	str. 23
Mapa 5. Průměrná rychlost větru ve výšce 100 m nad zemí	str. 24
Mapa 6. Převládající směr proudění větru	str. 26

## Seznam tabulek v textu

Tab. 1. Seznam stanic, jejich zeměpisné souřadnice a nadmořská výška	str.20
Tab. 2. Charakteristické hodnoty parametru drsnosti zemského povrchu ( $z_0$ ) pro kategorie land-cover	str. 18

## Seznam obrázků v textu

Obr. 1. Tvar funkce hustoty Weibullova rozdělení pro různé hodnoty parametru $k$ a pro $A = 1$ . zdůrazněny jsou hodnoty $k = 1$ a $k = 2$ , které odpovídají exponenciálnímu a Rayleighově rozdělení	str. 13
---	---------

## Literatura

- Demek, J. a kol. (1965): Geomorfologie Českých zemí, Československá akademie věd, Praha
- Dyer, A.J. (1974): A review of flux-profile relationships. *Boundary-Layer Meteorol.* 7, 363-372.
- Mortensen, N.G; Landberg, L.; Troen, I.; Petersen, E.L. (1998): Wind Atlas Analysis and Application Program, Riso National Laboratory, Roskilde
- Nosek, M. (1972): Metody v klimatologii, Academia, Praha
- Perera, M.D. (1981): Shelter behind two-dimensional solid and porous fence. *J. Wind Engin. And Industrial Aerodyn.* 8, 93-104.
- Šeřter, J.I. (1991): Využití energie větru, SNTL, Praha
- Troen, I.; Petersen, E.L. (1989): European Wind Atlas, Riso National Laboratory, Roskilde
- Troen, I. (1990): A high resolution spectral model for flow in complex terrain. Ninth Symposium on Turbulence and Diffusion, Roskilde, 417-420.
- Wood, N. (1995): The onset of separation in neutral, turbulent flow over hills. *Boundary-Layer Meteorol.* 76, p.137.