

## Metodické prístupy pri priestorovej interpretácii veterných pomerov Slovenskej republiky

Norbert POLČÁK, Jozef KRŇÁČ, Peter BORSÁNYI, Štefan SOTÁK

**Abstract:** *The map outputs have been elaborated using the gradient method, as well as GIS and WASP model estimation procedures. The presented results come from in-depth analysis as well as statistical investigation of wind speed and direction data originated from 87 climatological stations in period of the last decade. We also compared the above-mentioned wind data with previous periods and considered either the propose-made wind data gathered in order to examine wind energy potential. Synthesis and objective map results presented in the paper have been obtained using the comprehensive methodology.*

**Key words:** *wind conditions, GIS and Wasp model estimation, spatial patterns of wind conditions*

### Úvod

Veterné pomery sú určované mnohými fyzikálnymi a geografickými faktormi i dynamikou atmosférických procesov v globálnej až topickej dimenzii. Synergický vplyv viacerých činiteľov nie je možné vyhodnotiť podľa jedného ukazovateľa, napr. podľa gradientu a tým mapové pole veternosti sa v súčasnosti vyhodnocuje kombináciou viacerých metód. Pri najčastejšie používaných modelových výpočtoch sa objektívne výsledky získali tiež kombináciou viacerých metód, napr. kombináciou troch modelov VAS, WASP a PIAP boli spracované mapy veternosti Čiech v práci (Hanslian, Hošek, Štekl 2008). Priestorovú diferenciaciu veternosti na území Slovenska sme spracovali kombináciou troch metód.

### Materiál a metódy

Štúdie o veterných pomeroch Slovenska z hľadiska priestorového vyjadrenia sú v mapách interpretované zväčša bodovo s konkrétnym údajom o veternosti a s veternou ružicou danej stanice. Tento prístup je napr. v prácach (Otruba 1964; Šoltís 1982). Regionálne veterné pomery Slovenska, tiež s obdobným bodovým, tabuľkovým a grafickým spracovaním nameraných údajov sú zhodnotené napr. v prácach (Borsányi, Soták 2004; Polčák, Bochníček 2008; Polčák, Šťastný 2010). Priestorová izolínová interpretácia veterných pomerov Slovenska bola informačne spracovaná v práci (Šoltís 1990). Metódou izolínií boli spracované aj veterné pomery strednej Európy v práci (Dobesch, Kury 1997). Pri určovaní priestorového poľa rýchlosti vetra na Slovensku sme vychádzali z výsledkov týchto prác a z použitia kombinácie gradientovej, GIS a WASP metódy. Pri gradientovej metóde sa porovnávajú údaje o veternosti z meteorologických staníc v rôznych nadmorských výškach a v rôznej geografickej polohe. Metóda GIS vychádza z korelácií veternosti s georeliéfom. Metódou WASP sa vyjadrujú matematické a fyzikálne vzťahy prúdenia vzduchu k orografii, k drsnosti povrchu a k okolitým prekážkam v blízkosti meracej stanice. Podkladom pre priestorovú diferenciaciu veternosti boli homogénne údaje o prúdení vzduchu z 87 meteorologických staníc, ktoré sme overili z hľadiska kvality, homogenity, kontinuity a reprezentatívnosti. Ako príklad uvádzame meteorologickú stanicu Sliač (obr. 1).

### Výsledky

Priestorové rozloženie veternosti na Slovensku je určované najmä cirkulačnými pomermi a gradientom tlaku vzduchu. Tento znižujúci sa gradient od severozápadu k juhovýchodu podmieňuje z makroklimatického aspektu väčšiu veternosť v severných oblastiach Slovenska. Priestorová diferenciacia veternosti na území Slovenska je výrazne ovplyvnená aj polohou a tvarom reliéfu pohorí. Vplyvom deformácie a náveterného orografického zosilnenia vetra horskou bariérou Karpatkého oblúka sa najväčšia veternosť vyskytuje v severných horských a vysokohorských oblastiach. Rýchlosti a smery prúdenia vzduchu okrem všeobecnej cirkulácie ovzdušia a modifikačného vplyvu reliéfu sú ovplyvnené aj miestnou, termicky podmienenou cirkuláciou ovzdušia, miestnou

heterogénnou štruktúrou krajiny i polohou meracej stanice. Porovnaním priemerných ročných rýchlostí vetra zo staníc o rôznej polohe sme určili vertikálny gradient vetra, ktorý je zväčša v rozsahu 0,4 - 0,55 m/s na 100 m (tab. 1).

Pri tvorbe mapy priemerných ročných rýchlostí vetra podľa gradientovej metódy sa okrem gradientov vychádzalo aj z terénneho prieskumu polôh meracích staníc, modifikačných účinkov miestnych geografických pomerov na veternosť i z porovnania údajov o veternosti z rôznych smerov prúdenia vzduchu pre určenie záveterných a náveterných efektov (mapa 1).

Priestorové vyjadrenie veternosti metódou GIS vychádza z lineárnej regresnej závislosti tohto klimatického prvku od nadmorskej výšky i ďalších morfometrických ukazovateľov, najmä morfoštruktúry reliéfu, foriem, tvarov, expozície svahov i vertikálneho prevýšenia reliéfu nad okolitým terénom. Porovnali sme viaceré mapy získané interpolačnou geografickou – geomorfologickou a interpolačnou – parametrickou metódou. Objektívnejšie zobrazenie priestorového členenia veternosti bolo dosiahnuté interpolačnou – parametrickou metódou. Výpočet sa realizoval 3D interpolačnou metódou. Parametrami boli nadmorská výška stanice a hodnota priemernej ročnej rýchlosti vetra. Pomerne dobrá zhoda priestorového vyčlenenia veternosti v mnohých oblastiach v porovnaní s nameranými údajmi bola dosiahnutá pri pomere 60:40 nameranej hodnoty ku nadmorskej výške (mapa 2). Okrem kombinácie nameraného údaju a geografického parametra sa pomerne dobrý súlad s nameranými údajmi veternosti dosiahol metódou GIS i pri regionálnom prístupe spracovania modifikačných účinkov reliéfu na veternosť napr. v oblasti Podunajskej nížiny (mapa 3).

Pri priestorovom zobrazení vetra aplikáciou modelu WASP boli namerané údaje o smeroch a rýchlostiach prúdenia vzduchu z meteorologických staníc numericky najprv prepočítané vzhľadom k parametrom drsnosti daného povrchu, okolitej orografii a prekážkam a následne prostredníctvom digitálneho modelu reliéfu sa vymedzila regionalizácia veternosti. Priemerné ročné rýchlosti vetra určené týmto modelom sú oproti nameraným údajom zväčša do 0,5 m.s<sup>-1</sup> väčšie. Týmto výpočtom sa spresnili namerané údaje, nakoľko sa odfiltroval vplyv miestnych prekážok na veternosť. Metódou WASP sa spresnilo aj priestorové členenie veternosti, nakoľko je ňou detailne vystihnutá veternosť najmä na topickej až chorickej úrovni (mapa 4).

Priestorové vymedzenie veternosti podľa troch metód poukázalo, že najnižšie priemerné ročné rýchlosti vetra 1 – 2 m.s<sup>-1</sup> sú v uzavretých, hlboko zarezaných údoliach a kotlinách a najvyššie priemerné ročné rýchlosti vetra 7 – 9 m.s<sup>-1</sup> sú vo vrcholových vysokohorských polohách Nízkych a Vysokých Tatier. Fyzikálne i orograficky podmienené miestne zosilnenie veternosti sa výraznejšie prejavuje napr. v náhornej vyvýšenine medzi Popradskou a Spišskou kotlinou, v Kunešovskej hornatine, v oblasti Devínskej brány a Bratislavy alebo v náveterných, sedlových a vrcholových oblastiach Myjavskej a Podunajskej pahorkatiny. Tento detailnejší rozbor veternosti je umožnený metódou WASP a tým sa popri generalizačnom zohľadnení meraných údajov a určujúcich fyzikálnych i modifikačných geografických faktorov gradientovou a GIS metódou dosiahol pri kombinácii metód komplexnejšie mapové vyjadrenie veterných pomerov na Slovensku.

## Záver

Výsledky práce poukazujú, že kombináciou použitých metód je možné pri priestorovom zobrazení veternosti zohľadniť vplyv relevantných fyzikálnych a geografických faktorov utvárajúcich veterné pomery i zosúladiť namerané údaje o prúdení vzduchu z bodových meraní meteorologických staníc s týmito určujúcimi a modifikačnými faktormi a tým pri pokračujúcom výskume týchto súvislostí doceliť objektívne komplexné miestne, regionálne i celoštátne mapové spracovanie vetra.

## Literatúra

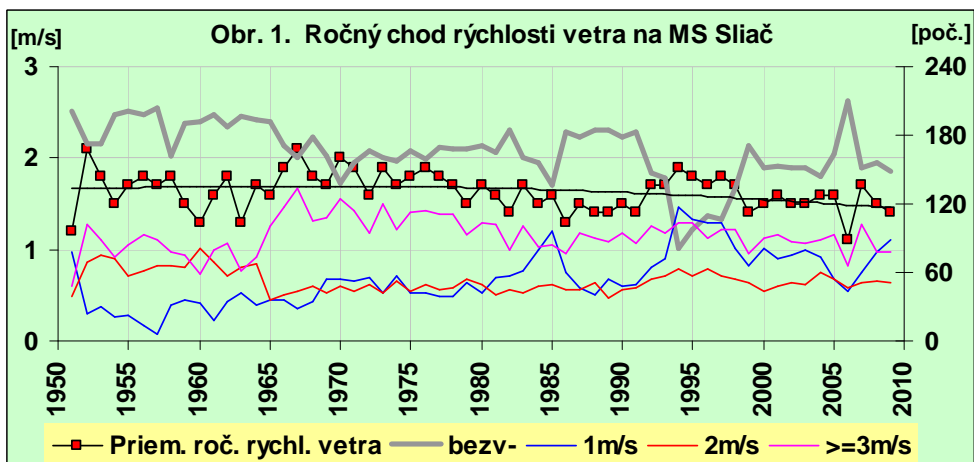
- DOBESCH, H., KURY, G., 1997: Wind Atlas for the Central European countries Austria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Slovak Republic and Slovenia. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 16, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 105 s.
- HANSLIAN, D., HOŠEK, J., ŠTEKL, J., 2008: Odhad realizovateľného potenciálu vetrnej energie na území ČR. ÚFA AVČR, Praha.
- POLČÁK, N., BOCHNÍČEK, O., 2008: Vplyv geografických faktorov na veterné pomery Horehronia. In Geografická revue, roč.4., č.2. FPV UMB, Katedra geografie a krajinskej ekológie, Banská Bystrica, 364-374, ISSN 1336-7072

- POLČÁK, N., ŠŤASTNÝ, P., 2010: Vplyv reliéfu na veterné pomery Slovenskej republiky. FPV UMB B. Bystrica, SHMÚ Bratislava, 132 s., ISBN 978-80-8083-993-2
- OTRUBA, J., 1964: Veterné pomery na Slovensku. Vydavateľstvo SAV, Bratislava.
- SOTÁK, Š., BORSÁNYI, P., 2007: Variabilita vetra v horskej krajine. In: Štřelcová, K., Škvarenina, J., Blaženec, M. (eds.): Bioclimatology and natural hazards, Pořana, 17. – 20. 9. 2007, 5 s., ISBN 978-80-228-17-60-8
- ŠOLTÍS, J., 1982: Prúdenie vzduchu na Slovensku. Zborník prác SHMÚ č.19., Alfa, Bratislava.
- ŠOLTÍS, J., 1990: Klimatické pomery Slovenska. Vybrané charakteristiky. Mapová časť. Vietor. Mapa 6.1.-6.7. Zborník prác SHMÚ, zv. č. 33/II. Bratislava, Alfa.

### Some Methodological Approaches to Spatial Evaluation of Wind Conditions in Slovakia

Norbert POLČÁK, Jozef KRŇÁČ, Peter BORSÁNYI, Štefan SOTÁK

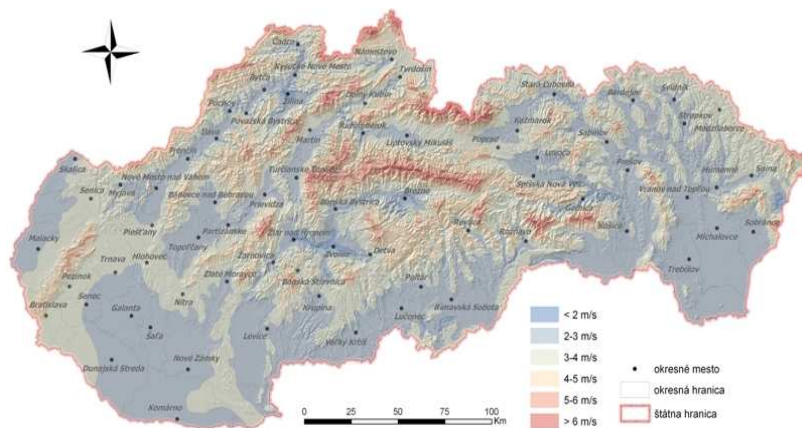
**Summary:** The combination of gradient, GIS and WASP methods for spatial wind conditions in Slovakia reached a relatively good agreement with the measured data of annual average wind speeds at 87 meteorological stations. The different interpolation methods are complementary to eliminate the uncertainty of spatial allocation of wind on local and regional levels. The results of our study showed the spatial variations in wind in Slovakia in different climatic scales. The minimum wind speeds were detected in deep valleys and basins and on the other hand the maximum wind speeds were observed in the ridges of High and Low Tatras.



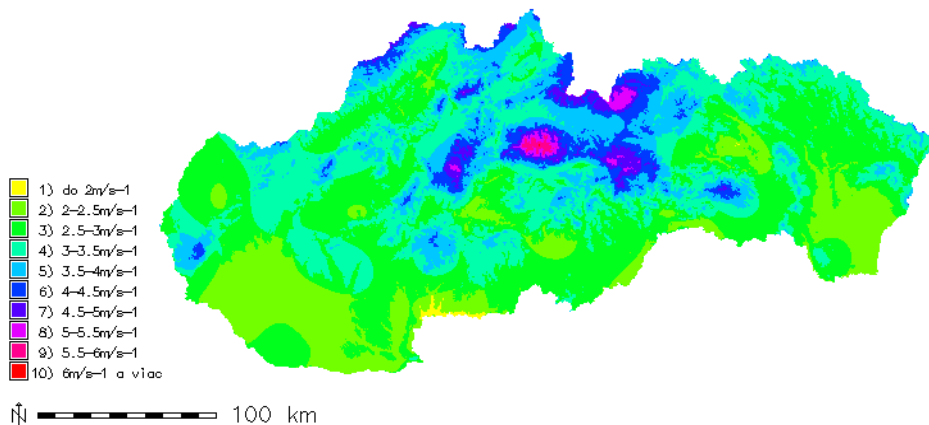
Obr. 1. Ročný chod rýchlosti vetra na MS Sliach

Tab.1. Vertikálne gradienty vetra v m/s na 100 metrov

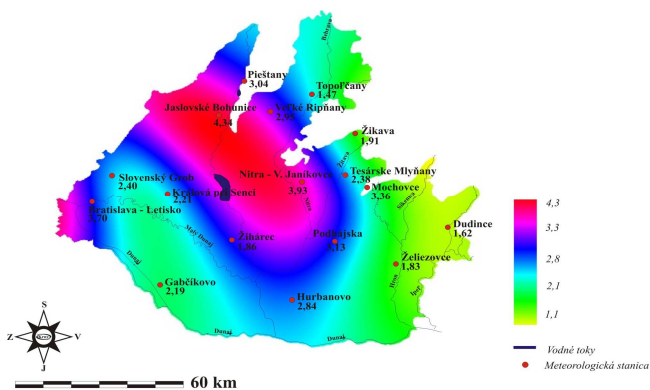
nadmorská výška	stanica	gradient	nadmorská výška	stanica	gradient	nadmorská výška	stanica	gradient
903 [m]	Kežmarok-Dvorce		1324 [m]	Lysá hora		1205 [m]	Trsteník	
380 [m]	Spišské Vlachy	0,55	420 [m]	Čadca	0,55	901 [m]	Telgárt	0,5
1242 [m]	Kojšovská hoľa		603 [m]	Malá Lehota		820 [m]	Dubník	
210 [m]	Moldava n./Bodvou	0,4	275 [m]	Žiar n./H.	0,55	140 [m]	Čaklov	0,4
586 [m]	Malý Javorník		552 [m]	Opavské lazy		620 [m]	Žalostiná	
150 [m]	Pezinok	0,5	139 [m]	Dudince	0,55	195 [m]	Holíč	0,55



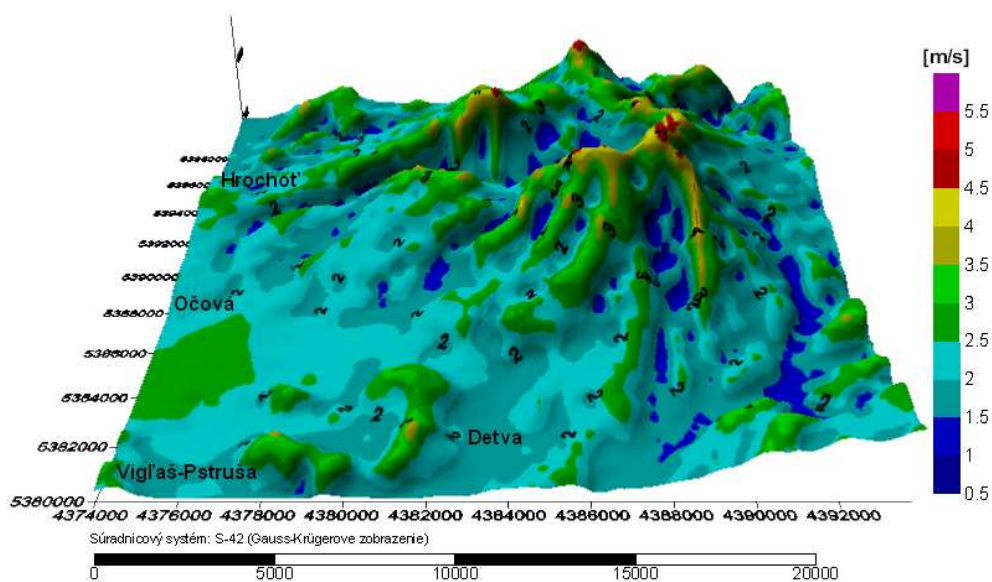
**Mapa 1.** Priestorová diferenciácia priemerných ročných rýchlostí vetra na Slovensku podľa gradientovej metódy



**Mapa 2.** Priestorová diferenciácia priemerných ročných rýchlostí vetra na Slovensku podľa interpolačno-parametrickej GIS metódy



**Mapa 3.** Priemerná ročná rýchlosť vetra v 10 m výške v Podunajskej nížine podľa geograficko-geomorfologickej interpolačnej metódy



**Mapa 4.** Priemerná ročná rýchlosť vetra v 10 m výške v regióne Poľana modelom WAsP

**Adresa autorov:**

RNDr. Norbert Polčák, CSc.  
Slovenský hydrometeorologický ústav,  
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37  
Katedra geografie, geológie a krajinnej ekológie,  
Fakulta prírodných vied, Univerzita M. Bela,  
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica  
[Norbert.Polcak@shmu.sk](mailto:Norbert.Polcak@shmu.sk)

RNDr. Štefan Soták, CSc.  
Slovenský hydrometeorologický ústav  
RS SHMÚ, Zelená 5  
974 04 Banská Bystrica  
[Stefan.Sotak@shmu.sk](mailto:Stefan.Sotak@shmu.sk)

RNDr. Jozef Krnáč  
Katedra informatiky  
Fakulta prírodných vied, Univerzity Mateja Bela  
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica  
[krnac@fpv.umb.sk](mailto:krnac@fpv.umb.sk)

Ing. Peter Borsányi  
Slovenský hydrometeorologický ústav  
RS SHMÚ, Zelená 5  
974 04 Banská Bystrica  
[Peter.Borsanyi@shmu.sk](mailto:Peter.Borsanyi@shmu.sk)