

## Variabilita vetra v horskej krajine Wind variability in mountain region

P. BORSÁNYI and Š. SOTÁK

Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne stredisko Banská Bystrica, Zelená 5, Slovenská republika  
(e-mail: peter.borsanyi@shmu.sk, stefan.sotak@shmu.sk)

**Abstract** The development of ecosystems is influenced by the extreme wind phenomena. Wind variability has been evaluated in Nízke Tatry region in period 1981- 2007. The anemographic data from Telgárt and Chopok meteorological stations have been used. The air flow data have been assessed in annually, monthly and daily steps. Mountain peak areas of the Nízke Tatry are strong windy, annual wind velocity averages out 8 - 10m/s. Foothill of the Nízke Tatry is windy moderate, annual wind velocity averages out 3 - 4m/s. The characteristics of extremeness have been evaluated by percentage of occurrence insurance of windstorms and hurricanes. The extreme windy situations and hurricanes with severe impacts on stability of forest ecosystems have been found out in foothills and peak areas of the Nízke Tatry.

**Key words:** *wind variability, wind gusts, hurricane*

### Úvod

Vietor najmä svojimi extrémnymi prejavmi významne ovplyvňuje vývoj ekosystémov. Vichrice a orkány aktivizujú mnohé deštruktívne, ale aj selektívne a regulačné procesy v krajine. Veterné pomery, vichrice a orkány sme zhodnotili v horskej krajine Nízkyh Tatier za obdobie 1981 - 2007.

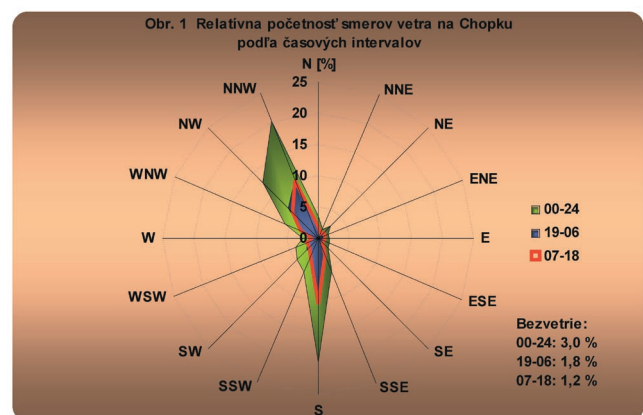
### Databáza

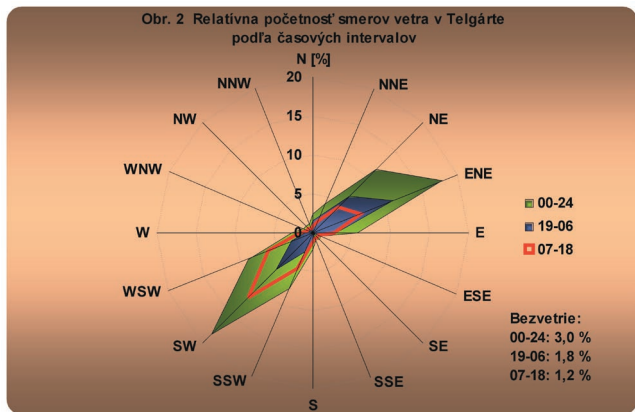
Na území Nízkyh Tatier je dlhodobé prístrojové meranie vetra anemografom na dvoch meteorologických stanicach: Chopok a Telgárt. Smery a rýchlosti vetra sme vyhodnotili zo štatistického súboru 8760 údajov za každý rok a z numerického vyčíslenia anemografických kontinuálnych záznamov. Vychádzajúc z prác (Borsányi & Soták 2004; Borsányi & Soták 1999; Holý 1984; Otruba 1964; Petrovič & Šoltís 1977; Soták 1999 a Šoltís 1982), sme údaje o prúdení vzduchu spracovali v ročnom, mesačnom a dennom chode. Silnú veternosť sme zhodnotili podľa častosti výskytu vichrice, silnej vichrice, mohutnej vichrice a orkánu.

### Veterné pomery

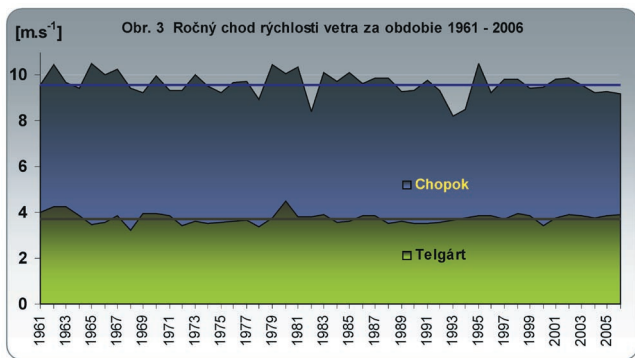
Vietor v spodných vrstvách atmosféry je vyvolaný tromi činiteľmi: rozdielmi v barickom poli, rozdielmi v teplotnom režime ovzdušia a geografickými odlišnosťami krajiny. Poloha a intenzita barických cirkulačných útvarov nad Európou určuje bezprostredne rýchlosť a smer vetra aj na území Nízkyh Tatier. Teplotný režim ovzdušia v dennej dobe závislý najmä od radiačnej bilancie je priestorovo a časovo odlišný a jeho vyrovnávanie určuje denný chod rýchlosti a smeru vetra. Geografická rôznorodosť krajiny, najmä rôznosť nadmorských výšok a členitosti reliéfu výrazne modifikuje rýchlosť a smer prúdenia vzduchu. Charakteristiky vetra sú ovplyvnené aj polohou meracej stanice. Stanica Chopok sa nachádza vo vysokohorskom

sedle, ktoré zosilňuje veternosť a spolu s okolitým reliéfom modifikuje prúdenie vzduchu do severojužného smeru. Prúdenie vzduchu v oblasti Telgártu je tiež modifikované blízkym horským sedlom medzi dolinami Hrona a Hnilca. Prevládajúce prúdenie vzduchu v oblasti Chopka je zo smerov juh a severozápad až sever – severozápad a v oblasti Telgártu zo smerov juhozápad a východ – severovýchod (obr. 1, obr. 2). Vo vyšších horských polohách zmeny v smeroch vetra sú vyvolané najmä sezónnou premenlivosťou všeobecnej cirkulácie ovzdušia, ktorá podmieňuje zvýšenie západných a severozápadných zložiek prúdenia v lete a severného prúdenia koncom zimy a v priebehu jari. V údolných, kotlinových a svahových polohách zmeny v smeroch vetra sú vyvolané najmä insoláciou a vyžarovaním a tým na jar a v lete prevláda termicky podmienené výstupné južné prúdenie vzduchu a v zime severné a severozápadné vetry. Tento rozdielny termický režim sa v nižších polohách prejavuje aj počas dňa a noci. Dokumentujú to údaje zo stanice Telgárt, kde v noci prevláda zostupné prúdenie vzduchu od severovýchodu a cez deň výstupné prúdenie vzduchu od juhozápadu.

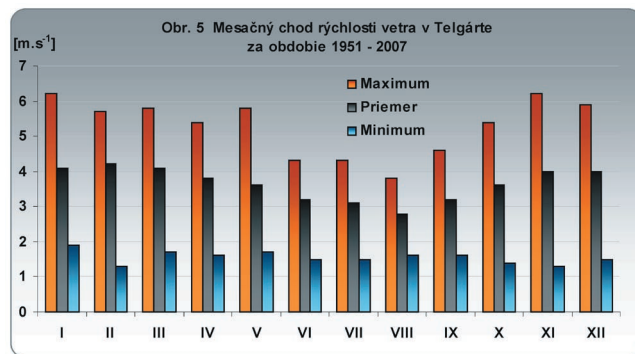
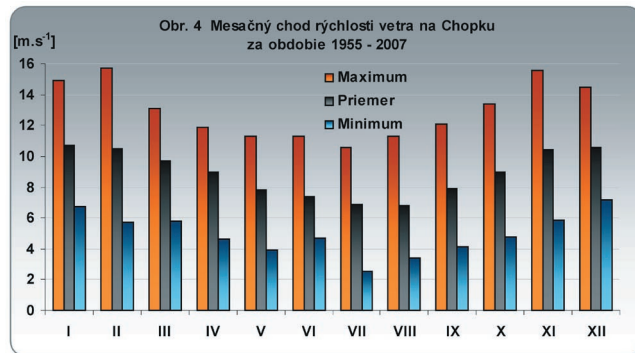




Prúdenie vzduchu patrí k najpremenlivejším meteorologickým prvkom. Premennosť vetra je ovplyvňovaná nielen členitosťou reliéfu a rôznorodou heterogénnou štruktúrou krajiny, ale najmä nestálosťou termických a klimatotvorných procesov v rámci všeobecnej cirkulácie atmosféry. Premennosť týchto určujúcich faktorov sa prejavuje najmä v rozkolísanej veternosti z roka na rok, striedajú sa roky veterné, s rokmi menej veternými. Priemerná ročná rýchlosť vetra na Chopku je 9,1 m/s a v Telgárte 3,6 m/s. Vo veľmi veternom roku 1995 priemerná ročná rýchlosť vetra na Chopku dosiahla 10,5 m/s. Vysokohorské polohy Nízkych Tatier patria k najveternejším oblastiam na území Slovenska. Vysoká veternosť je tu podmienená aj orografickým zosilnením vetra a deformáciou prúdenia vzduchu členitou horskou bariérou (obr. 3).

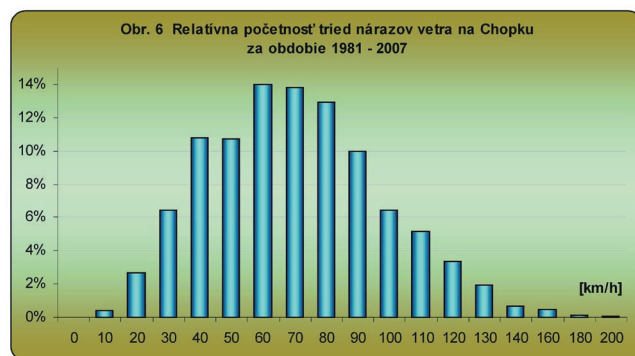


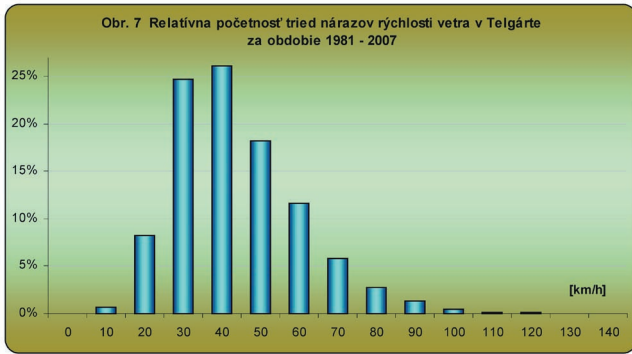
Maximálne mesačné rýchlosti veta vo vysokohorských polohách sa vyskytujú zväčša koncom zimy. Vo februári 1985 dosiahla priemerná mesačná rýchlosť vetra na Chopku až 15,7 m/s. V predhorských oblastiach maximálne mesačné rýchlosti vetra sú dosahované prevažne na jar a koncom jesene. V novembri 1981 priemerná mesačná rýchlosť vetra dosiahla v Telgárte 6,1 m/s. V letnom období dochádza k častejšej stagnácii vzduchových hmôt a k vyrovnanejšiemu režimu termobarického poľa atmosféry a tým aj k nižšej priemernej veternosti. Veľmi vysoké rýchlosti vetra v lete sú zväčša krátkodobé a spojené sú najmä s vysokou labilnou stratifikáciou ovzdušia počas búrok (obr. 4, obr. 5).



### Silná veternosť

Výskyt silných vetrov sme zhodnotili podľa výskytu hodinových a okamžitých nárazových rýchlostí vetra 21 m/s, 25 m/s a 32 m/s. Rýchlosťou vetra nad 21 m/s t.j. nad 75 km/hod sa podľa Beaufortovej stupnice sily vetra vymedzuje víchrica. Víchrica je nebezpečný poveternostný jav, pri ktorom dochádza aj k stromovým vývratom. Vo vysokohorských polohách je najsilnejšia veternosť podľa nárazových rýchlostí vetra v intervale 60 - 80 km/hod a tým víchrica je tu častým javom (obr. 6). V predhoriach je najväčší výskyt nárazov vetra v intervale rýchlosti 30 - 40 km/hod. Relatívna početnosť nárazov vetra vyšších rýchlostných tried je výrazne nižšia. (obr. 7).





Na Chopku sa víchrica s nárazovými rýchlosťami vetra 75 - 88 km/hod vyskytuje v priemere v 11 % početnosti, silná víchrica s nárazovými rýchlosťami vetra 89 - 102 km/hod v priemere v 7 % početnosti, mohutná víchrica s nárazovými rýchlosťami vetra 103 - 117 km/hod v priemere v 5 % početnosti a orkán s nárazovými rýchlosťami vetra nad 118 km/hod v priemere v 3 % početnosti (tab. 1).

Tab. 1 Relatívna početnosť rýchlostných tried denných nárazov vetra [%] na Chopku za obdobie 1981 - 2007

Rýchl. tr. / Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<20,8	6,42	5,94	6,42	6,21	6,42	5,98	6,18	6,18	5,98	6,18	5,98	6,18	73,96
20,8 až 24,4	0,98	1,14	1,06	0,85	0,93	0,83	0,76	0,57	0,90	0,97	0,99	1,12	11,10
24,5 až 28,4	1,03	0,88	0,79	0,56	0,37	0,28	0,26	0,20	0,44	0,71	0,95	0,93	7,39
28,5 až 32,6	0,70	0,57	0,67	0,38	0,21	0,15	0,08	0,07	0,21	0,34	0,53	0,78	4,68
32,7 až 38,9	0,46	0,32	0,33	0,24	0,11	0,02	0,00	0,02	0,07	0,14	0,41	0,31	2,43
39,0 až 44,9	0,10	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04	0,32
45,0 až 49,9	0,02	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,08
>=50	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05

Tab. 2 Relatívna početnosť rýchlostných tried denných nárazov vetra [%] v Telgárte za obdobie 1981 - 2007

Rýchl. tr. / Mes	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<20,8	8,08	7,40	8,14	8,03	8,40	7,95	8,21	8,21	7,85	8,09	7,67	8,01	96,03
20,8 až 24,4	0,38	0,33	0,35	0,28	0,19	0,09	0,08	0,10	0,18	0,21	0,28	0,26	2,74
24,5 až 28,4	0,16	0,11	0,15	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,05	0,06	0,08	0,04	0,90
28,5 až 32,6	0,05	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,04	0,24
32,7 až 38,9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,09
39,0 až 44,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab. 3 Mesačný chod denných nárazov vetra na Chopku za obdobie 1981 - 2007

Prvok / Mes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Priemer [m/s]	21,1	20,6	20,0	17,9	16,5	15,8	15,0	14,5	16,4	18,0	20,6	20,9	18,1
Max [m/s]	50,3	52,5	45,2	52,0	47,0	41,2	31,5	51,0	36,5	47,0	51,3	46,9	52,5
Max [km/h]	181	189	163	187	169	148	113	184	131	169	185	169	189
deň maxima	19	1	27	14	7	28	6	29	7	28	26	16	1.II.
rok maxima	2007	2007	1995	1988	1989	2004	1993	2003	1992	2002	2005	2005	2007
>89 km/h [%]	2,3	1,8	1,8	1,2	0,7	0,5	0,3	0,3	0,7	1,2	1,9	2,1	14,9

Tab. 4 Mesačný chod denných nárazov vetra v Telgárte za obdobie 1981 - 2007

Prvok / Mes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Priemer [m/s]	12,0	12,3	12,3	12,6	12,3	11,6	11,2	10,9	10,9	11,0	11,3	11,7	11,7
Max [m/s]	33,0	35,3	36,5	32,9	33,8	30,0	27,1	30,7	30,4	25,9	38,7	32,1	52,5
Max [km/h]	119	127	131	118	122	108	98	111	109	93	139	116	189
deň maxima	19	1	27	14	7	28	6	29	7	28	26	16	19.XI.
rok maxima	2007	2007	1995	1988	1989	2004	1993	2003	1992	2002	2005	2005	2004
>89 km/h [%]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2

V predhoriach Nízkych Tatier je početnosť zastúpenia víchrice až orkánu výrazne nižšia. V Telgárte sa víchrica vyskytuje v priemere v 3 % početnosti, silná víchrica v priemere v 1 % početnosti, mohutná víchrica v priemere v 0,2 % početnosti a orkán v priemere v 0,1 % početnosti (tab. 2).

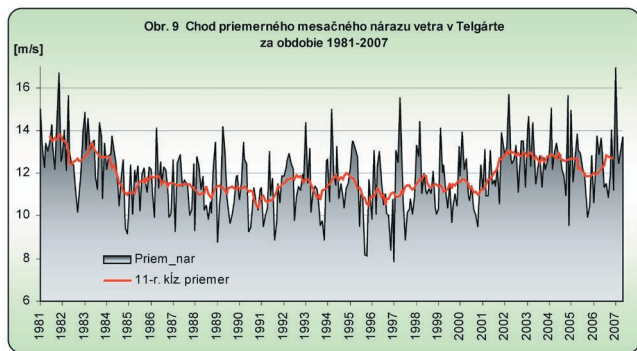
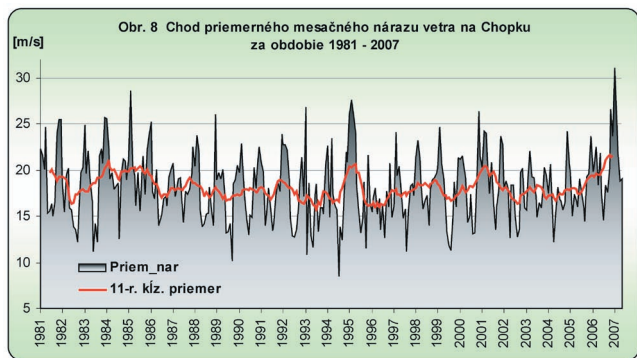
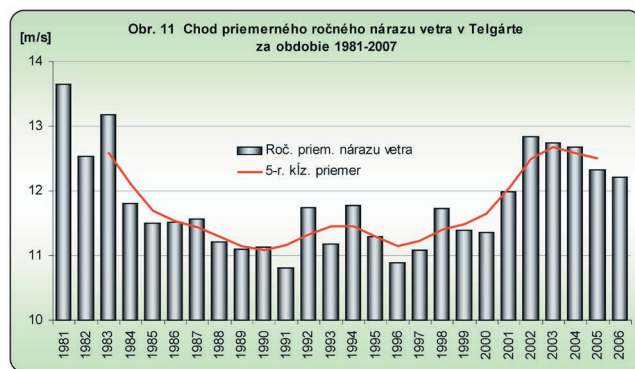
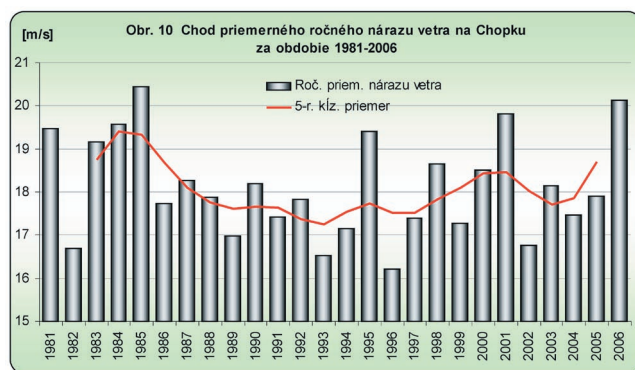
V priebehu roka sa najsilnejšia veternosť vo vysokohorských polohách Nízkych Tatier vyskytuje v období november – február s priemernými dennými nárazovými rýchlosťami vetra 20 - 21 m/s a s priemerným 2 % trvaním silnej víchrice za jednotlivé mesiace. V tomto období bola na Chopku za posledné štvrtstoročie zaznamenaná aj najväčšia nárazová rýchlosť vetra 52,5 m/s, t.j. 189 km/hod dňa 1.2.2007 (tab. 3).

V predhoriach Nízkych Tatier sa najsilnejšia veternosť vyskytuje v období február až máj s priemernými dennými nárazovými rýchlosťami vetra 12,3 – 12,6 m/s a s priemerným 0,1 – 0,2 % trvaním silnej víchrice za jednotlivé mesiace. V Telgárte bola nameraná najväčšia nárazová rýchlosť vetra 139 km/h dňa 19.11.2004 (tab. 4).

Podľa dlhodobého priebehu priemerných mesačných nárazov vetra sa najväčšia veternosť vo vysokohorských polohách vyskytuje v zime a najmenšia v lete. Na Chopku sa dlhšie trvajúce najveternejšie obdobie vyskytlo v januári 2007 s priemernou mesačnou nárazovou rýchlosťou vetra 31 m/s, t.j. 112 km/h. V užšom najveternejšom období 26 dní od 11.1.2007 do 5.2.2007 bola priemerná mesačná nárazová rýchlosť vetra až 34 m/s, t.j. 122 km/hod. Tieto orkánové rýchlosti vetra sa na Chopku v tomto období vyskytli až v 15 dňoch (obr. 8).

Podľa priebehu priemerných mesačných nárazov vetra sa najväčšia veternosť v Telgárte sa vyskytla tiež v priebehu januára až začiatkom februára 2007, kedy silná víchrica až orkán bola zaznamenaná v piatich dňoch (obr. 9).

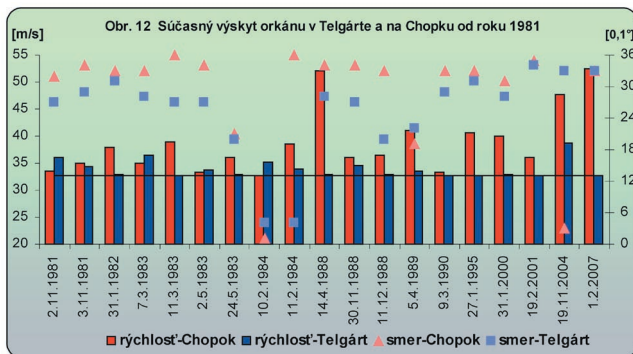
Priebeh priemerných ročných nárazových rýchlostí vetra na Chopku poukazuje na výskyt veľmi silnej ročnej veternosti s priemernou ročnou nárazovou rýchlosťou vetra 19,0 - 20,5 m/s 1 až 4 krát za desaťročie. Táto veľmi vysoká veternosť bola v rokoch 1981, 1983, 1984, 1985, 1995, 2001 a 2006 (obr. 10). Maximálne ročné nárazové rýchlosti vetra boli v Telgárte v rokoch 1981, 1983 a 2002 s priemernou ročnou nárazovou rýchlosťou vetra 13 – 14 m/s (obr. 11).



Vysoké až mimoriadne vysoké rýchlosti vetra sú dosahované spravidla pri prevládajúcich smeroch vetra. Okrem prevládajúcich smerov vetra je silná veternosť spojená aj so západnými až severnými zložkami prúdenia vzduchu. Súvisí to s veľkou dynamikou poveternostných procesov pri prechodoch frontálnych poveternostných systémov a vpádov labilných vzduchových hmôt, ktoré sa do našej oblasti dostávajú zväčša od západu až severu. Vysoká veternosť je preto spojená najmä s prechodmi studených frontov za poveternostných situácií Wc, NWc, NEc, Vfz a B.

Zo zhodnotených charakteristík vetra vyplýva, že v oblasti Telgártu je v priemere trojnásobne nižšia veternosť v porovnaní s oblasťou Chopka. K súčasnému výskytu porovnateľnej, veľmi vysokej veternosti dochádza v predhoriach a vysokohorských polohách Nízkych Tatier občas za priaznivých poveternostných podmienok pre záveterné orografické zosilnenie vetra. Pri vpádoch nahromadeného studeného vzduchu cez vrcholové oblasti,

hrebene a sedlá Nízkyh Tatier do nižších polôh sa rýchlosť zostupného, padavého vetra dolu svahmi zvyšuje až na orkán. Za posledné štvrtstoročie sa orkán na Chopku a v Telgárte vyskytol súčasne v 19 prípadoch ( obr. 12).



Najvyššia orkánová rýchlosť vetra 139 km/hod bola v Telgárte zaznamenaná 19.11.2004. Na Chopku sa vyskytla v tento deň nárazová rýchlosť vetra 173 km/hod. Obdobná situácia bola aj 14.4.1988, kedy na Chopku bola zaznamenaná nárazová rýchlosť vetra 187 km/hod a v Telgárte 120 km/hod. Pri tejto mimoriadne silnej veternosti a synergetickej záťaži ďalších činiteľov, najmä mokrého snehu a rozmočenej pôdy dochádza k rozsiahlym veterným polomom. Z ekologického hľadiska sa vietor svojimi extrémnymi prejavmi, najmä orkánovými rýchlosťami vetra prejavuje ako selektívny a regulačný prírodný činiteľ. Ekosystémy vplyvom mimoriadne silnej veternosti podliehajú dynamike prírodného výberu a tým sa zachovávajú len tie, ktoré v daných krajinných a klimatických podmienkach sú schopné reprodukcie. Vo vysokohorských polohách Nízkyh Tatier sa ojedinele vyskytujú nárazové rýchlosti vetra 200-220 km/hod, v predhoriach 140-160 km/hod a tým svojou dynamikou, rotačnými vírmi, turbulenciou, nehomogenitou a náhlým náporom tlakovej sily, ktorá je 3,5 až 8,5 krát väčšia ako pri víchrici, pôsobia na ekosystémy záťažovo. Ekosystémy sú v procese svojho prirodzeného vývoja vystavené aj ďalším záťažiam z extrémnych prejavov počasia, náhlým návalom novonapadnutého mokrého snehu, námraze, ľadovcu, suchu, nadbytku zrážok, extrémne vysokým a extrémne nízkym teplotám vzduchu a tiež synergetickej kombinácii týchto záťaží. Tieto záťaže otuzujú ekosystémy, aktivizujú v nich fyziologické autoregulačné mechanizmy na ich odolnosť. V danom prostredí, počas ich častých výskytov, majú trvalú existenciu zabezpečenú len tie spoločenstvá, ktoré sa takýmto extrémnym stavom počasia prispôbili. Z ďalšieho vývoja sú vyradené pre dané podmienky neprispôsobené druhy porastov, poškodené, zoslabené, prestarnuté, napadnuté chorobami, nerezištentné a nestabilné. Zároveň sa asimilačný proces vyradených lesných ekosystémov nahrádza procesom disimilačným a tým dochádza k uzavretiu vývojového dynamického cyklu ekosystémov a k návratu tokov energie, vlhky, tepla, plynov a ostatných látok do atmosféry i výživných látok späť do pôdy, čím sú vytvorené podmienky pre regeneráciu,

stabilitu aj ďalšiu reprodukciu, ale len tých ekosystémov, ktoré sú odolné voči tunajšej klimatickej záťaži a tým sa vyvíjajú v súlade s danými klimatickými podmienkami. Prírodný vývoj lesných ekosystémov prebiehajúci v dynamických cykloch, výsledkom ktorých je ich trvalá existencia prispôbením sa klimatickým a ďalším prírodným podmienkam a cyklom daného prostredia, je pre hospodárske zámery spoločnosti nežiadúci, nevyhovujúci a tým z vývoja lesa človek vylučuje dôležitý disimilačný proces, čím dochádza nielen k nestabilite mikroklimy lesa, ale k jeho k celkovej nestabilite, lebo prijatá energia, vlaha, teplo, výživa sa nenavracia do neho späť. Tento konflikt po vetrových polomoch sa neustále opakuje, nakoľko popadané, vyvrátené stromy sa zväčša vyťažia, z porastu odstránia a porast sa umelo, neprirodzene regeneruje aj nevhodným, nepôvodným genofondom lesných drevín. Zoslabené lesné ekosystémy sú týmito konfliktnými antropogénnymi zásahmi značne zaťažované a tým sú málo odolné voči prírodným, periodicky sa nepravidelne opakujúcim prírodným záťažiam najmä z extrémnych prejavov silných vetrov. Dôsledkom týchto konfliktov dochádza občas k významným, veľkoplošným vetrovým polomom najmä v hospodárskych lesoch, málo stabilných na prirodzenú záťaž najmä orkánových rýchlostí vetra.

## Záver

Zo zhodnotenia veterných pomerov v oblasti Nízkyh Tatier vyplýva, že mimoriadne silná veternosť orkánových rýchlostí vetra nie je v tomto území zriedkavým javom nielen vo vysokohorských, ale aj v nižších predhorských polohách. Nakoľko je to územie národného parku, je potrebné túto prírodnú záťaž ešte viac nezväčšovať najmä rešpektovaním prírodných zákonitostí, umelým neovplyvňovaním regeneračných procesov ekosystémov a neuváženými hospodárskymi zásahmi do ich prirodzeného vývoja.

## Literatúra

- [1] BORSÁNYI, P. & SOTÁK, Š., 2004: Monitoring klímy SHMÚ na území Nízkyh Tatier. Príroda Nízkyh Tatier. Zborník referátov z 25. výročia vyhlásenia Národného parku Nízke Tatry. NAPANT, Banská Bystrica, 275-282.
- [2] BORSÁNYI, P. & SOTÁK, Š., 1999: Ochrana národných parkov pri súčasnej zvýšenej variabilite klímy, 93-100. In: Vološčuk I. (ed.), Starostlivosť o prírodné dedičstvo chránených území a biosférických rezervácií Karpát. Zborník referátov z vedeckej konferencie, TU Zvolen
- [3] HOLÝ, D., 1984: Veterné pomery na severných a južných svahoch Nízkyh Tatier a v oblasti Chopka. Meteorologické Zprávy, 37, ČHMÚ, Praha, 2: 52 - 58.
- [4] OTRUBA, J., 1964: Veterné pomery na Slovensku. Vydavateľstvo SAV, Bratislava
- [5] PETROVIČ, Š. & ŠOLTÍS, J., 1977: Klimatická charakteristika Chopka na základe 20 - ročných pozorovaní. Meteorologické Zprávy, 30, ČHMÚ, Praha, 1: 5 - 28.

[6] SOTÁK, Š.,1999: Variabilita klímy ako záťažový faktor na ekosystémy v geomorfologickom celku Nízke Tatry. Zborník referátov z medzinárodného pracovného seminára: Atmosférická depozícia a ekofyziologické procesy v ekosystémoch. TU Zvolen, 239-245.

[7] ŠOLTÍS, J., 1982: Prúdenie vzduchu na Slovensku. Zborník prác SHMÚ č.19., Alfa, Bratislava