

## ŠTÚDIE

JURAJ RAK — FERDINAND ŠAMAJ

**VPLYV MORFOLÓGIE VYSOKÝCH POHORÍ ČESKOSLOVENSKÝCH KARPÁT NA ROČNÝ CHOD HLAVNÝCH KLIMATICKÝCH PRVKOV**

Juraj Rak — Ferdinand Šamaj: Influence of the Morphology of the High Mountains in the Czechoslovak Carpathian MtS. on the Annual Course of the Main Climatic Elements. Geogr. Čas., 34, 1982, 1; 5 tables, 5 figures. 2 references.

The study evaluates an annual course of the main climatic elements (air circulation, air temperature and humidity, sunshine and precipitation) in connection with the phenomena caused by the morphology of mountains. The evaluation was based upon the data from 5 weather stations located above 1300 m above sea level [Lomnický peak — 2633 m, Chopok — 2008 m, Skalnaté Pleso — 1780 m, Križna — 1574 m, Štrbské Pleso — 1350 m]., i.e. in the heights above the stagnant air level during inversions in which the influence of the morphology of the mountains on the advection and convection of the air circulation is evident.

The worked-out climatic analysis contributes to the knowledge of the natural situation of our high-mountain country and can serve as the basis for further utilization of this region by different branches of our national economy (power supply, construction, sport, etc.).

V predkladanej štúdií hodnotíme ročný chod hlavných klimatických prvkov (prúdenie vzduchu, teplotu a vlhkosť vzduchu, slnečný svit a zrážky), pričom poukazujeme na javy vyvolané morfológiou pohorí. Hodnotíme pozorovania z 5 staníc, ktoré sú umiestnené nad 1300 m n. m., a to vo výške nad hladinou stagnujúceho vzduchu v dolinách pri teplotných inverziách, vo výške, v ktorej sa už plne prejavia zvýšená advekcia i konvekcia v horských oblastiach.

Poloha staníc. Najvyššie položená meteorologická stanica v ČSSR je na Lomnickom štíte vo výške 2633 m n. m. ( $\psi = 49^{\circ}12'$ ,  $\lambda = 20^{\circ}13'$ ). Lomnický štít je druhým najvyšším vrcholom Vysokých Tatier, nachádza sa v ich východnej časti. Lomnický štít sa strmo vypína nad širokou Popradskou kotlinou na JZ a nad kotlinou pri Nowom Targu na S. Pri hrebeňovej polohe sa k vrcholu voľne dostáva prúdenie od SZ i od J. Meteorologické pozorovania sa na štíte robia od októbra 1940.

Druhá najvyššie položená meteorologická stanica je na Chopku v Nízkych Tatrách vo výške 2008 m n. m. ( $\psi = 48^{\circ}56'$ ,  $\lambda = 19^{\circ}35'$ ). Hrebeň Nízkych Ta-

tier, ktorý sa tiahne od V na Z, oddeľuje hlboké doliny Váhu na S a Hrona na J. Na Chopku sa v priebehu prvkov prejaví vplyv hrebeňovej polohy, v prúdeaní dýzový efekt. Meteorologická stanica na Chopku sa nachádza v sedle medzi východne ležiacim blízkym vrcholom Chopka a vzdialenejším, západne ležiacim Derešom. Táto poloha observatória zapríčiňuje silné prúdeanie vzduchu sedlom od S na J. Meteorologické merania sa tu začali robiť v decembri 1954.

Tretou podľa výšky je meteorologická stanica na Skalnatom Plese v nadmorskej výške 1780 m n. m. ( $\psi = 49^{\circ}12'$ ,  $\lambda = 20^{\circ}13'$ ). Meteorologická stanica sa nachádza na malej ploche ľadovcovej morény vo svahu Lomnického štítu spadajúcom v juhovýchodnom smere. Od Z, S a SV okolie Skalnatého plesa obklopuje hrebeň Lomnického štítu. Svahová poloha s južnou expozíciou sa plne prejaví v režime spracúvaných veličín. Meteorologické pozorovania sa tu robia od januára 1940.

Štvrtou podľa nadmorskej výšky je meteorologická stanica na Krížnej vo výške 1574 m n. m. ( $\psi = 48^{\circ}53'$ ,  $\lambda = 19^{\circ}05'$ ). Krížna, najvyšší bod horského chrbáta v smere od Z k V v pohorí Veľká Fatra sa týči nad dolinou Bystrice, svahy pod ním prudko spadajú na J a jeho relatívne prevýšenie voči doline dosahuje na J až 1000 m. Pre svoje veľké relatívne prevýšenie sa na stanici Krížna prejavujú hlavné znaky klímy hrebeňovej polohy. Meteorologická stanica je v činnosti od novembra 1963.

Posledná meteorologická stanica vo výške nad 1300 m n. m. je na Štrbskom Plese vo Vysokých Tatrách. Leží v nadmorskej výške 1350 m n. m. ( $\psi = 49^{\circ}07'$ ,  $\lambda = 20^{\circ}04'$ ) na moréne, ktorá uzaviera jazero na jeho južnej strane. Miesto je chránené od S hrebeňom Vysokých Tatier, pod ním na V sa rozprestiera široká dolina Popradu a na Z zasa Váhu. Relatívne prevýšenie nad sedlom medzi spomenutými dolinami je nad 450 m, a tak sa na okolí Plesa vytvára široká plocha s južnou expozíciou, pričom hradba vysokých hôr na S podmieňuje špecifickú mezoklímu. Meteorologická stanica na Štrbskom Plese je v činnosti od júla 1902.

Zhodnotené obdobie. Na všetkých staniciach v oblasti nad 1300 m n. m. sa robili neprerušené pozorovania v období od r. 1964, preto sme za základ zhodnotenia vybrali obdobie od r. 1964 do r. 1978, teda 15 rokov. Výnimkou je zhodnotenie prúdeania vzduchu, tu sme využili iba 10-ročné obdobie (1961—1970), pri Krížnej obdobie rokov 1964—1973. Toto obdobie je pre klimatické zhodnotenie prvkov vo vyšších polohách už vhodné. Pri rozbere údajov, najmä pri vyznačení extrémov, sme však využili aj staršie údaje spred r. 1964, pričom na túto okolnosť vždy upozorníme.

Prúdeanie vzduchu. K najpremenlivejším meteorologickým prvkom partíí prúdeanie vzduchu, veľká premenlivosť je v smeroch a v rýchlosti vetra. Výrazne sa tu prejavuje vplyv morfológie pohorí. Tejto téme sa na Slovensku venovali viacerí klimatológovia. V štúdií sme použili údaje J. Šoltísa (1), ktorý spracoval z najnovších pozorovaní prúdeanie vzduchu na Slovensku. Zo všetkých charakteristík prúdeania vzduchu si všimneme rýchlosti vetra a uvedieme maximálne denné nárazy vetra, ako aj priemerný počet dní s búrlivým vetrom ( $v \geq 17,2 \text{ m.s}^{-1}$ ). V týchto prvkoch možno dobre poukázať na vplyv morfológie pohorí v prúdeaní.

Z údajov v tab. 1 (obr. 1) vidieť, že najväčšia priemerná rýchlosť vetra sa zaznamenala na Chopku, a to ako dôsledok dýzového efektu v hrebeni Nízkyh Tatier; je podstatne vyššia ako na najvyššie položenom mieste slove...

Tabuľka 1  
Veterné pomery (1961—1970)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	Δ
	Priemerná mesačná (ročná) rýchlosť vetra (m/s)													
Lomnický štít	5,3	5,7	5,0	4,1	3,8	3,7	3,7	4,0	5,3	4,9	5,8	5,2	4,7	2,1
Chopok	11,4	11,9	10,4	10,1	8,7	8,2	7,7	8,4	8,9	9,6	11,7	10,8	9,8	4,2
Skalnaté pleso	3,7	4,0	3,3	3,8	3,4	2,7	2,4	2,7	2,7	3,1	4,2	3,3	3,3	1,8
Krížna	6,3	7,0	5,9	6,5	5,5	4,8	4,6	4,4	4,6	5,7	6,7	6,3	5,7	2,6
Štrbské Pleso	3,2	3,3	3,2	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,7	3,0	3,4	2,9	2,9	0,9

\* 1964—1973.

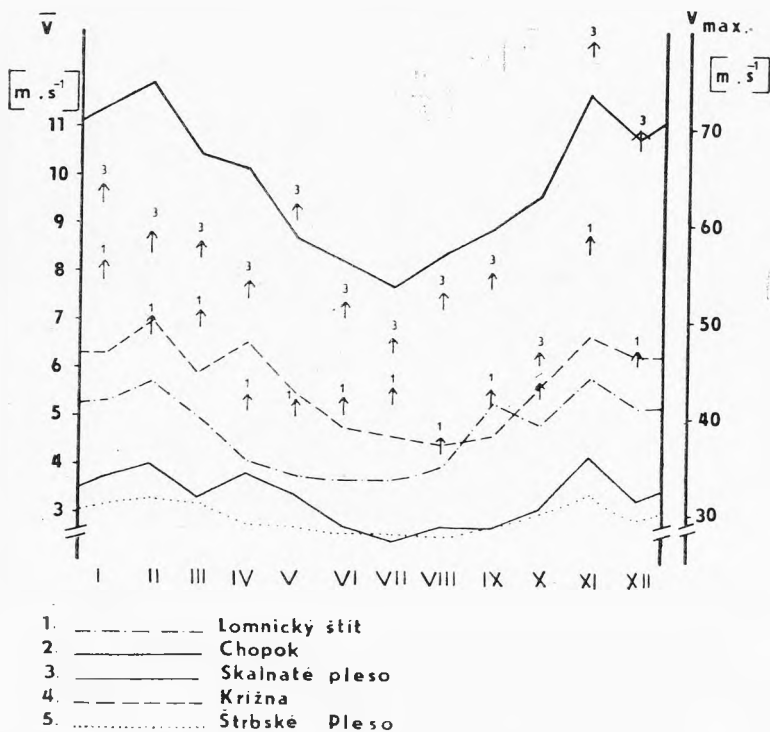
Amplitúda A v ročnom chode

Maximálny náraz vetra 1964—1978] v m/s (v) a jeho smer (d)

Lomnický štít	v	56,3	50	51	42	42	42	43	38	43	44	57	47	58,7	15. 10.
	d	N	NW	N	W	W	NNW	NW	NW	WNW	W	NNW	N	NNW	1977
Chopok	v	56	46	49	42	41	48	43	40	55	50	50	45	56,0	12. 1.
	d	NNW	S	S	SSE	NW	NNW	SSW	N	NW	NW	S	S	NNW	1968
Skalnaté pleso	v	64	59	58	54	62	52	48	53	55	47	79	70	78,6	29. 11.
	d	NSW	SW	SW	SW	S	WSW	W	WSW	SW	WSW	SSW	SW	SSW	1965
Štrbské Pleso	v	35	32	31	23	25	33	30	25	34	36	39	34	39,0	26. 11.
	d	NNW	NNE	N	N	S	NNE	NNW	N	N	NW	N	N	N	1964

	Priemerný počet dní s búrlivým vetrom													
Lomnický štít	7,5	5,5	5,5	4,3	3,5	3,7	4,8	2,3	5,3	5,3	8,4	6,4	63,0	
Chopok	14,0	14,3	12,8	11,8	10,9	6,7	7,3	6,5	10,7	11,3	13,1	13,9	133,3	
Skalnaté pleso	13,8	15,2	11,5	11,2	9,3	8,9	8,0	6,5	8,1	11,1	13,6	14,7	131,9	
Krížna	1,1	1,3	0,5	0,9	0,7	0,7	0,1	0,5	0,3	0,4	0,9	0,8	8,1	
Štrbské Pleso	1,3	1,0	0,8	0,1	0,5	0,4	0,7	0,2	0,3	0,9	1,3	1,3	7,3	

ských hôr Lomnickom štíte. Pozorovala sa aj výrazná amplitúda v ročnom chode rýchlosti vetra. Na Chopku je rozkvy až  $4,2 \text{ m.s}^{-1}$ , s maximom vo februári ( $11,9 \text{ m.s}^{-1}$ ) a s minimom v júli ( $7,7 \text{ m.s}^{-1}$ ). Pri podrobnejšom spracovaní sa zistilo, že najvyššia priemerná rýchlosť sa určila pri vetre NW vo februári ( $14,2 \text{ m.s}^{-1}$ ), najnižšia pri vetre E (pozdĺž hrebeňa) v júli ( $2,2 \text{ m.s}^{-1}$ ). K miestam s veľkou rýchlosťou vetra patrí aj Krížna, má druhú najvyššiu priemernú



Obr. 1. Priemerná mesačná rýchlosť vetra ( $v$ ) a jeho maximálne denné nárazy ( $v \text{ max}/v$  m.s<sup>-1</sup>).

rýchlosť vetra ( $5,7 \text{ m.s}^{-1}$ ). V ročnom chode maximum pripadá na február ( $7,0 \text{ m.s}^{-1}$ ), minimum na august ( $4,4 \text{ m.s}^{-1}$ ). Rozkvy v rýchlosti je tu už menší. Najvyššia priemerná mesačná rýchlosť pripadla na február pri smere vetra NW ( $9,3 \text{ m.s}^{-1}$ ), najmenšia v smere vetra E (pozdĺž hrebeňa terasy) v auguste ( $1,3 \text{ m.s}^{-1}$ ). Vysoké rýchlosti vetra sa zaznamenali v hrebeňových polohách hôr v západnej časti severných Karpát. Rýchlosť vetra na Lomnickom štíte, blízke voľnej atmosfére, boli pomerne vyrovnané. V chránených polohách sú rýchlosti vetra pomerne malé, najnižšie sú na Štrbskom Plese. Vo Vysokých Tatrách maximum rýchlosti vetra pripadá na november, minimum na júl, resp. august. Maximálna mesačná rýchlosť vetra na Štrbskom Plese podľa smeru pripadla na severný vietor v novembri ( $8,0 \text{ m.s}^{-1}$ ).

Tabuľka 2  
Teplotné pomery [1964—1978]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	Δ
	Priemerná mesačná (ročná) teplota vzduchu [°C] (ročná amplitúda Δ)													
Lomnický štít	-10,5	-11,1	-9,3	-5,9	-1,0	1,9	3,5	3,3	0,8	-1,9	-6,6	-9,7	-3,9	14,6
Chopok	-8,6	-8,7	-6,7	-2,9	2,1	5,3	6,9	6,6	3,7	0,8	-4,3	-7,5	-1,1	15,6
Skalnaté pleso	-5,4	-5,6	-3,9	0,0	4,8	7,9	9,5	9,0	6,2	3,4	-1,3	-4,5	1,7	15,1
Krížna	-6,9	-6,2	-3,9	0,1	5,8	8,9	10,5	10,0	6,5	3,0	-2,2	-5,8	1,5	17,4
Štrbské Pleso	-4,7	-4,1	-1,8	2,9	7,6	11,1	12,4	11,8	8,6	5,1	-0,2	-3,8	3,7	17,1

Absolútne maximum teploty vzduchu [°C]

MO

Lomnický štít	4,7	4,0	4,5	8,4	12,5	16,4	16,6	16,6	13,0	10,9	7,0	3,0	16,6	19,4
Chopok	4,6	2,3	7,4	11,7	18,8	18,8	18,7	19,4	18,2	13,2	8,5	7,6	19,4	19,7
Skalnaté pleso	13,2	10,8	12,4	17,5	22,7	22,0	21,5	23,8	19,8	17,6	15,7	10,2	23,8	25,0
Krížna	6,0	5,0	11,0	18,6	20,5	22,9	23,1	24,0	22,0	17,0	12,3	9,7	24,0	—
Štrbské Pleso	11,3	11,1	17,2	22,8	26,3	27,0	26,8	29,0	25,5	21,7	15,6	11,6	29,0	29,2

Absolútne minimum teploty vzduchu [°C]

Lomnický štít	-31,6	-27,2	-26,6	-18,8	-15,6	-12,4	-8,0	-8,0	-12,2	-18,6	-22,7	-30,4	-31,6	—
Chopok	-26,4	-23,2	-22,4	-14,6	-14,0	-7,3	-3,8	-4,0	-8,2	-15,1	-19,9	-25,1	-26,4	-31,5
Skalnaté pleso	-21,8	-20,4	-19,8	-12,7	-10,8	-5,1	-1,0	-1,0	-8,5	-15,5	-18,4	-21,5	-21,8	-28,3
Krížna	-24,9	-23,6	-19,4	-13,0	-10,3	-6,0	-3,0	-2,0	-7,2	-10,1	-19,0	-23,0	-24,9	—
Štrbské Pleso	-20,3	-19,8	-18,7	-10,6	-7,7	-2,2	1,0	0,9	-5,7	-10,0	-16,1	-18,5	-20,3	-31,0

Kvázigradienty teploty vzduchu 1964—1978

Lomnický štít — Chopok	0,30	0,38	0,42	0,48	0,50	0,54	0,54	0,53	0,46	0,43	0,37	0,35	0,45	
Lomnický štít — Skalnaté pleso	0,60	0,64	0,63	0,69	0,68	0,70	0,70	0,67	0,63	0,62	0,62	0,61	0,66	
Lomnický štít — Štrbské Pleso	0,45	0,55	0,59	0,69	0,67	0,72	0,70	0,66	0,61	0,55	0,50	0,46	0,59	
Lomnický štít — Košice	0,31	0,42	0,52	0,62	0,64	0,64	0,64	0,62	0,54	0,44	0,45	0,35	0,52	
Chopok — Krížna	0,39	0,58	0,65	0,69	0,85	0,83	0,83	0,78	0,65	0,51	0,48	0,39	0,60	

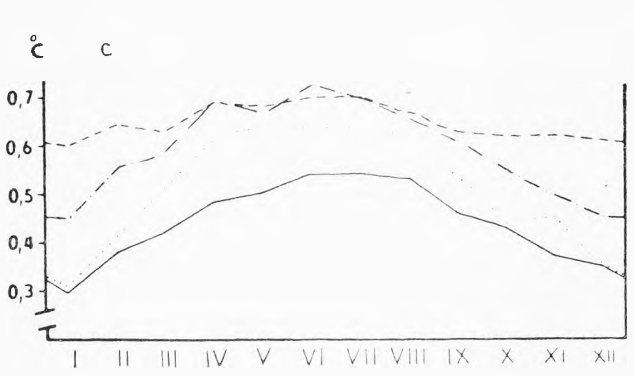
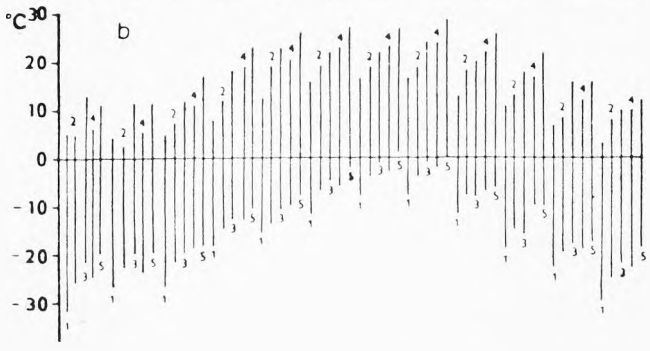
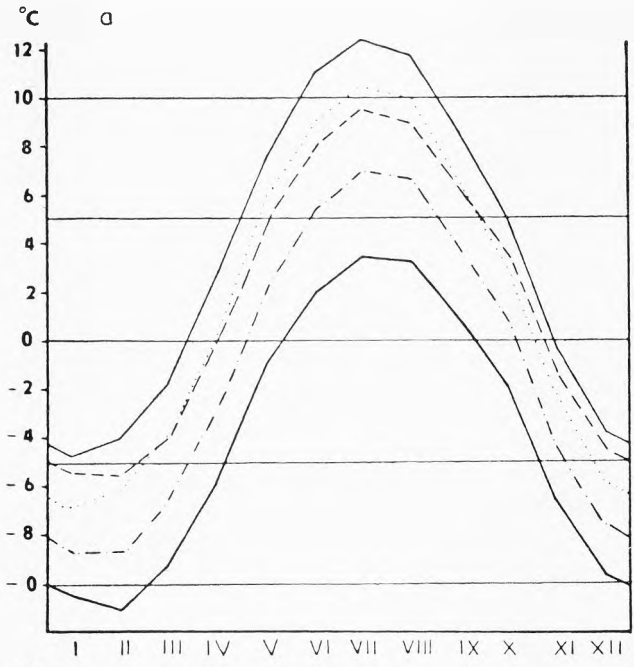
Maximálny náraz vetra na sledovaných miestach (okrem Krížnej, kde nie je anemograf) je zasa dokladom o vplyve morfológie pohorí na prúdenie vzduchu. Najvyššie nárazy vetra sa zaznamenali na Skalnatom plese pri prúdení prekračujúcim hrebeň Lomnického štítu. Pri tomto padavom vetre sa na Skalnatom Plese zaznamenal maximálny náraz vetra s rýchlosťou  $78,6 \text{ m.s}^{-1}$ , teda  $273 \text{ kmh}^{-1}$ . Vplyv morfológie pohorí sa tu prejavil iba krátkodobým zvýšením rýchlosti vetra, pretože priemerná rýchlosť bola pomerne malá. Na ostatných miestach sa v rýchlosti vetra pozorovali podstatne nižšie maximá. Na obraze 1 sme znázornili maximálne nárazy vetra zo Skalnatého plesa a z Lomnického štítu, čím sme chceli ukázať, ako sa uplatní vplyv horskej členitosti. Maximá z Lomnického štítu predstavujú pomery blízke voľnej atmosfére, kde pri advekcii tiež dochádza ku krátkodobému zvýšeniu rýchlosti vetra, a to najmä pri prechode poveternostného frontu.

Ďalším dokladom o vplyve členitosti pohorí na rýchlosť vetra je počet dní s búrlivým vetrom (s krátkodobým zvýšením rýchlosti nad  $17,2 \text{ m.s}^{-1}$ ). V tretej časti tab. 1 vidieť, že najviac dní s búrlivým vetrom sa zaznamenalo na Chopku, v 36 % dní v roku s maximom vo februári ako dôsledok dýzového efektu na prúdenie, potom na Skalnatom Plese, kým na Lomnickom štíte sa také dni zaznamenali iba v 17 % dní v roku. V chránenej polohe (Štrbské Pleso) výskyt takých dní bol pomerne zriedkavý.

Teplota vzduchu. Prehľad o niektorých teplotných charakteristikách prinášajú tab. 2 a obr. 2. Je v nich vyznačený ročný chod podľa priemerných mesačných teplôt vzduchu, ďalej sú tam údaje o absolútnych maximách a minimách. Z údajov vidieť, že teplota vzduchu s výškou klesá, a to v zime menej, v lete zasa viac. Pri extrémnych teplotách možno pozorovať, že absolútne minimá sú na horách vyššie ako v dolinách pod nimi, a to v dôsledku subsidencie vzduchu a vzniku teplotných inverzií, kým absolútne maximá sú pomerne nízke, a to zasa v dôsledku konvektívnych prúdov v teplej časti roka a ochladzujúceho pôsobenia snehovej pokrývky v chladnej časti roka. Vplyv morfológie pohorí na ročný chod teploty vzduchu sa dá najlepšie vyjadriť pomocou kvázigradientu, mierou poklesu teploty vzduchu na 100 m výšky v reálnom teréne (preto pokles s výškou označujeme ako kvázigradiant). Veľkosť poklesu teploty vzduchu s výškou pre oblasť Karpát sme určili porovnaním priemernej mesačnej teploty vzduchu na Lomnickom štíte a v Košiciach. Obidve polohy sú po celý rok veterné (Košice vo výške 210 m n. m. sú najveternejším miestom pri vstupe Hornádu do Košickej kotliny). Týmto porovnaním sme určili oblastný teplotný gradient. Vplyv morfológie pohorí na ročný chod teploty vzduchu vystihneme tým, že porovnáme gradienty z celkovej oblasti a gradienty sledovaných lokalít voči Lomnickému štítu. V príslušnej časti tab. 2 a obr. 2 vidieť, že na miestach s južnou expozíciou (Skalnaté Pleso) sú po celý rok vyššie, ako je oblastný gradient, miesta sú relatívne teplejšie, kým z veternej polohy (Chopok) sú gradienty nižšie, miesto je relatívne chladné. Relatívne chladná je aj veterná poloha Krížnej, keďže priemerná ročná teplota je tu nižšia ako na o 200 m vyššie položenom Skalnatom

---

Obr. 2. Teplota vzduchu — ročný chod, a) priemerné mesačné teploty, b) absolútne maximá a minimá, c) kvázigradienty teploty vo vyznačených polohách.



Tabuľka 3  
Vlhkostné pomery [1964—1978]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Priemerná mesačná relatívna vlhkosť vzduchu (%)												
Lomnický štít	79	82	81	87	82	82	89	86	82	75	80	79	82
Chopok	82	86	86	89	89	89	90	90	89	81	86	83	87
Skalnaté pleso	68	71	72	74	77	78	79	79	78	70	71	69	74
Križna	84	87	86	84	82	83	83	83	85	82	88	84	84
Štrbské Pleso	77	77	75	74	73	73	75	76	77	74	79	79	76

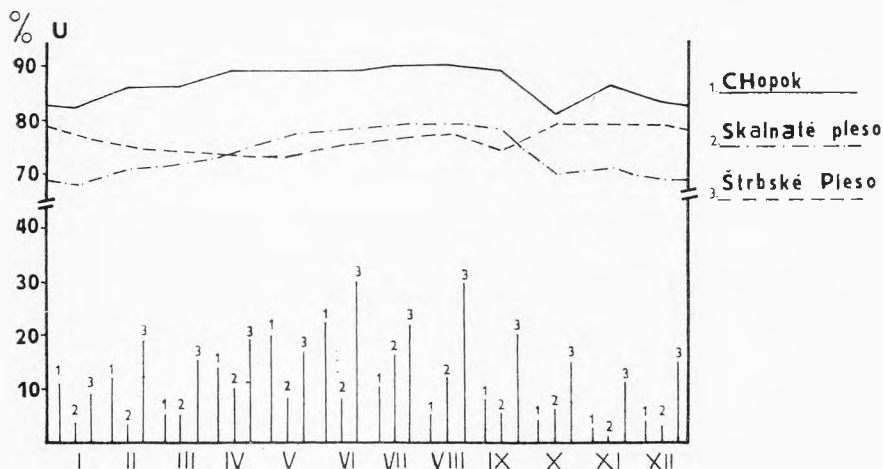
Absolútne minimum relatívnej vlhkosti vzduchu (%)

Lomnický štít	0	9	4	9	11	16	15	15	2	5	13	5	0
Chopok	11	12	5	14	20	22	10	5	8	4	3	4	3
Skalnaté pleso	4	3	5	10	8	8	16	12	5	6	1	3	1
Križna	5	18	5	13	17	33	30	30	20	15	10	13	5
Štrbské Pleso	9	19	15	19	17	30	22	29	20	15	11	15	9



plese. Najväčšie zmeny v priebehu teplôt sa pozorujú v chladnej časti roka, v najveternejšom období, keď sa vplyv morfológie pohorí najviac uplatní. Jednotlivé teplotné údaje zo sledovaných lokalít neuvádzame, dajú sa zistiť priamo v tab. 2 a na obr. 2.

Vlhkosť vzduchu. Z vlhkosných charakteristík si všimneme, aký je ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu podľa mesačných priemerov a aké



Obr., 3. Ročný chod relatívnej vlhkosti ( $U$ ) a absolútne minimá v %.

sa tu zaznamenali absolútne minimá relatívnej vlhkosti vzduchu. Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu prinášajú tab. 3 a obr. 3 [pre 3 lokality]. V klimatických prácach uvádzaný ročný chod vo vyšších nadmorských výškach je zhodný s priebehom relatívnej vlhkosti vzduchu na hrebeni a v štítovej polohe (Lomnický štít, Chopok, Krížna). Tu je v teplej časti roka priemerná mesačná relatívna vlhkosť vysoká, prevažne nad 80 %, čo je dôsledok konvekcie, v chladnej časti roka okolo 80 %, najmä na hrebeňoch hôr, keď sú častejšie v mrakoch (Chopok, Krížna). Minimum pripadá zväčša na október. Miesta s južnou expozíciou (Skalnaté pleso, Štrbské Pleso) majú relatívnu vlhkosť pomerne nízku, a to vzhľadom na nadmorskú výšku. V teplej časti roka je priemer pod 80 %. V zime je na svahovej polohe okolo 70 %, tu sa uplatní vplyv zostupného prúdu vzduchu.

Absolútne minimá relatívnej vlhkosti sú vo vysokých horách veľmi nízke, čo je dôsledkom subsidencie vzduchu v prípadoch tzv. voľného fôhnu. V chladnej časti roka sú minimá obzvlášť nízke a vo vysokých polohách sú v ojedinelých prípadoch pod 10 %. V teplej časti roka sú minimá vyššie, a to najmä v polohách pod 1600 m n. m., v tejto časti roka aj absolútne minimá relatívnej vlhkosti vzduchu zostanú už okolo 30 %, teda pri takých, aké sa ojedinele zaznamenali aj na nížine za suchého vetra.

Rozdiely v priebehu relatívnej vlhkosti vzduchu na sledovaných lokalitách ukázali, aký majú vplyv na veľkosť jej hodnôt morfológia pohorí a expozícia.

Tabuľka 4  
Slniečny svit (1964—1978)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
	Priemerné trvanie slnečného svitu (hod.)												
Lomnický štít	119	123	167	150	152	146	150	152	162	169	113	106	1709
Chopok	78	75	103	103	123	129	131	132	106	124	69	70	1234
Skalnaté pleso	92	97	128	132	144	136	141	148	126	132	86	82	1433
Štrbské Pleso	92	99	141	152	178	190	193	190	168	153	97	77	1730

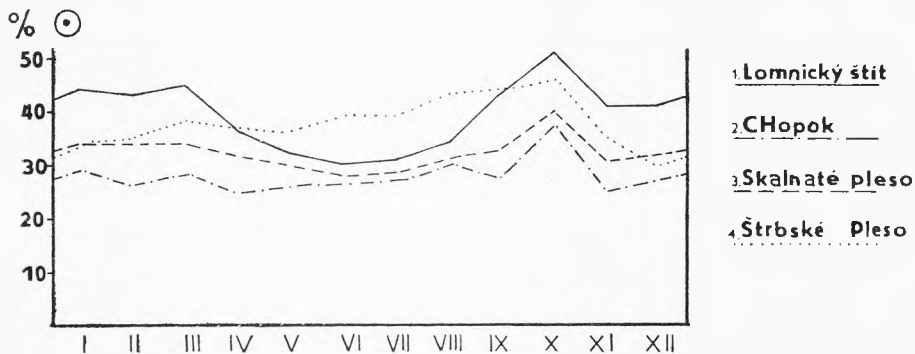
Relatívne trvanie slnečného svitu v %

Lomnický štít	44	43	45	36	32	30	31	34	43	51	41	41	38
Chopok	29	26	28	25	26	26	27	30	28	37	25	27	28
Skalnaté pleso	34	34	34	32	30	28	29	31	33	40	31	32	32
Štrbské Pleso	34	35	38	37	37	39	39	43	44	46	35	30	39

Priemerný počet dní bez slnečného svitu

Lomnický štít	7,9	6,9	4,7	6,2	5,3	4,9	3,9	4,6	4,8	5,6	7,9	8,7	71,4
Chopok	13,7	13,1	11,7	8,6	7,6	5,8	5,1	6,2	7,8	10,9	15,6	15,9	122,0
Skalnaté pleso	8,1	5,9	5,3	5,3	4,0	3,1	2,3	3,8	3,6	5,1	8,1	9,7	64,3
Štrbské Pleso	8,7	6,6	5,2	4,5	3,3	2,5	1,5	2,5	3,3	4,9	8,8	10,3	62,1

Slniečny svit. Najjednoduchším podkladom pre slnečné žiarenie je údaj o trvaní slnečného svitu. Prehľad o ročnom chode slnečného svitu v hodinách, o jeho trvaní v percentách astronomicky možného (relatívny slnečný svit) a o počte dní bez slnečného svitu na sledovaných miestach prinášajú tab. 4 a obr. 4 (bez údajov Krížnej, kde nie je slnkomer). Z údajov v tab. 4 a na obr. 4 vidieť osobitný ročný chod charakteristík slnečného svitu, ako ho



Obr. 4. Ročný chod relatívneho trvania slnečného svitu v % astronomicky možného.

ovplyvňuje poloha staníc. Na Lomnickom štíte, ktorý je v zimných mesiacoch často nad vrstevnatou oblačnosťou, relatívny slnečný svit je veľký (nad 40 % z možného), kým na Chopku, ktorý je aj v tejto časti roka častejšie v mrakoch, zasa pomerne malý. Je to dôsledok zvýšenej častosti južného vetra v tejto časti roka, ktorým sa na hrebení Nízkych Tatier ako na náveternej strane vytvára vrstevnatá oblačnosť. Vysoké Tatry sú v čiastočnom zázvetří a tým majú zmenšenú oblačnosť. Maximum relatívneho slnečného svitu na všetkých horských lokalitách pripadá na október, keď pri malej veternosti a častých inverziách je pomerne dlhý slnečný svit. Tento rozbor dokladá aj priemerný počet dní bez slnečného svitu.

Z údajov v tabuľke a na obraze vidieť, že hrebeňové polohy do výšky 2000 m n. m. dostávajú pomerne málo slnečného svitu, kým polohy v zázvetří a nad 2000 m n. m. sú na slnečný svit bohatšie.

Zrážky. Vplyv morfológie pohorí na množstve atmosferických zrážok je všeobecne známy, v náveternej polohe je úhrn zrážok vyšší a v zázveternej polohe nižší. Je tiež známe, že meranie atmosferických zrážok vo vyšších polohách je veľmi sťažené práve veľkou veternosťou týchto miest, a preto sa namerané množstvo zrážok často nepokladá za reálny úhrn, ktorý takému exponovanému miestu patrí. Táto vstupná úvaha je potrebná aj pri rozbere zrážkových pomerov našich sledovaných lokalít. Pri opise polohy staníc sme ukázali, že 2 miesta (Skalnaté pleso a Štrbské Pleso) sú v zázveternej polohe, kým ostatné miesta sú na hrebení hôr, resp. na štíte. Zrážky sa v ČSSR merajú zrážkomerom bez kužeľovej ochrany a tak úhrny určené v exponovaných polohách nie sú skutočnými úhrnmi zrážok týchto miest. Na viacerých exponovaných polohách sa zrážky určujú aj pomocou zrážkomerných totalizátorov.

Tabuľka 5  
Zrážkové pomery (1964—1978)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	
	Priemerný mesačný (ročný) úhrn zrážok (mm)													
Lomnický štít	95	96	99	103	93	140	138	140	90	86	93	96	1269	
Chopok	71	71	71	69	92	140	128	120	85	62	68	87	1064	
Skalnaté pleso	63	56	61	88	132	195	213	179	107	92	73	66	1325	
Krížna	48	53	40	55	139	166	132	119	96	86	84	76	1094	
Štrbské Pleso	63	63	58	75	99	119	132	108	75	66	70	76	1004	

## Denné maximum zrážok (mm)

MO

Lomnický štít	27,5	31,8	31,2	31,1	29,0	88,7	73,5	43,9	36,4	43,4	34,0	30,5	88,7	141,2
Chopok	22,3	21,8	25,5	29,4	33,8	60,4	48,1	52,4	49,2	27,4	32,4	26,2	60,4	116,7
Skalnaté pleso	30,0	51,4	25,7	38,8	38,9	102,5	88,2	74,7	43,4	52,0	37,7	29,8	102,5	170,0
Krížna	20,5	37,8	21,8	32,6	44,7	52,3	73,0	36,7	40,4	35,4	28,5	40,0	73,0	—
Štrbské Pleso	25,6	23,3	21,6	33,2	37,7	63,2	88,1	44,5	36,0	30,0	25,8	25,7	88,1	115,5

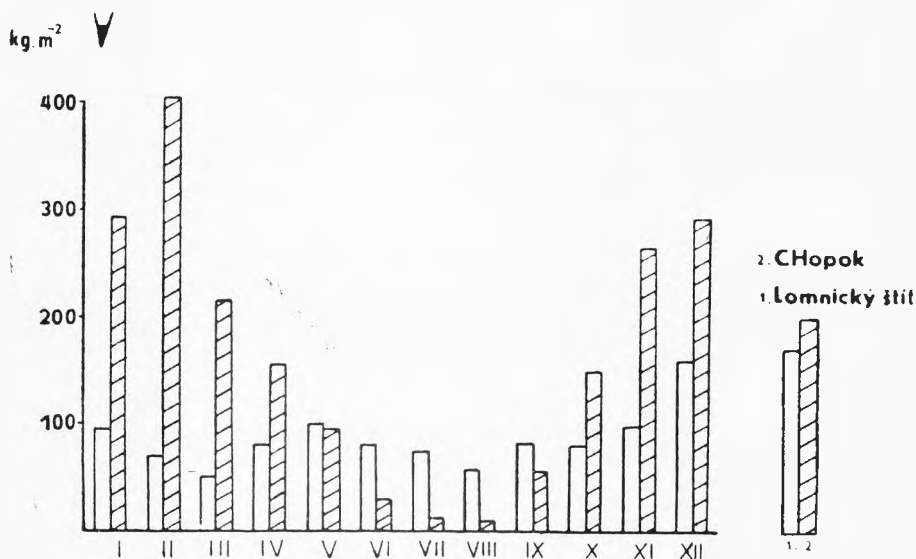
Priemerný mesačný (ročný) úhrn námrazy (kg/m<sup>2</sup>)

Lomnický štít	94	70	49	80	99	82	76	57	82	79	99	111	987	
Chopok	293	403	215	154	95	32	12	9	56	149	316	343	2077	

MO — mimo spracované obdobie,

Zrážkové pomery sledovaných lokalít sme vyznačili priemernými mesačnými úhrnmi a ročným úhrnom zrážok, zistili sme denné maximum zrážok, čím sa poukázalo na ich extrém a pridali sme priemerný úhrn námrazy vytvorenej na 2 miestach (Lomnický štít a Chopok), kde je tvorba námrazy značná (tab. 5).

Priemerné mesačné úhrny a ročný úhrn zrážok na Skalnatom plese i na



Obr. 5. Ročný chod námrazy v kg.m<sup>-2</sup>.

Štrbskom Plese dávajú reálny úhrn o vertikálnom množstve vlhavy. Z ostatných miest namerané hodnoty nedávajú skutočné množstvo vlhavy spadnutej na týchto miestach. Uvádzaný názor potvrdzujú aj údaje zo zrážkomerných totalizátorov v okolí výchyt miest, ďalej odtokové pomery, ale aj skutočnosť, že v horách Slovenska sa nedá očakávať inverzia zrážok, t. j. pokles úhrnu zrážok s nadmorskou výškou. A v polohách pod zmienenými lokalitami, napr. pod Chopkom v Jasení na Bankovej ( $H = 740$  m n. m.) ročný úhrn zrážok je rovný 1293 mm (za obdobie 1931—1960), preto údaj z Chopka pokladáme za nereálny. Podľa údajov z totalizátora na Lomnickom štíte úhrn zrážok je podstatne vyšší, ako je údaj v našej tabuľke. Aj polohy pod Krížnou majú podstatne vyššie zrážky.

Údaje v tabuľke sme uviedli preto, aby sme poukázali na ťažkosti pri meraní v exponovaných polohách, pretože tento problém má širšiu platnosť a máme dojem, že je problémom aj pri iných meteorologických službách.

Z našich úvah teda vyplýva, že namerané zrážky v hrebeňovej polohe sú morfológiou pohorí tak ovplyvnené, že ich nemôžeme pokladať za reálne. Údaje zo Zbojnickej chaty [vo Vysokých Tatrách,  $H = 1958$  m n. m.] v našej tabuľke nech sú ukážkou maximálneho množstva zrážok na Slovensku (tieto úhrny sa potvrdili aj odtokovými hodnotami na potoku v doline).

Denné maximum zrážok v tab. 5 ukazuje, aké maximá sa namerali za deň, na všetkých miestach sú nad 100 mm (okrem Krížnej).

Na hrebeňoch hôr, keď sú v mrakoch (za teploty pod 0°), vytvára sa námraza. Množstvo nameranej námrazy na Chopku a na Lomnickom štíte (2 týče 1 m dlhé, každý deň znova exponované) svedčí o mimoriadne veľkej tvorbe námrazy (vo februári 1966 mesačný úhrn bol 2274 kg.m<sup>-1</sup> pri každodennej tvorbe námrazy (obr. 5)). Mnoho námrazy sa tvorí aj na Krížnej, tu sme však námrazu našou metódou ešte namerali.

Na záver možno konštatovať, že množstvo zrážok vo vyšších polohách výrazne ovplyvňuje horská morfológia a že zistenie reálnych zrážok v exponovaných polohách je spojené s mnohými ťažkosťami.

## ZÁVER

Klimatický rozbor lokalít má prispieť k poznaniu prírodných pomerov našej vysokohorskej krajiny a poslúžiť ako podklad pri využívaní tejto oblasti rôznymi zložkami národného hospodárstva (energetika, výstavba, šport). Našími úvahami sme ukázali, že klimatické hodnoty vo vyšších polohách značne ovplyvňuje horská členitosť, preto pri každom aplikovaní údajov z takých polôh treba vziať do úvahy ich priestorové využitie.

Treba ešte pripomenúť, že klíme našich najvyšších hôr sme nedávno venovali zvýšenú pozornosť. Podrobné spracovanie klímy Vysokých Tatier [2] je dokladom tohto nášho úsilia.

## LITERATÚRA

1. Šoltís, J.: Prúdenie vzduchu na Slovensku (rukopis pripravený do tlače pre Zborník práce HMÚ Bratislava). — 2. Kolektív: (red. M. Konček). Klíma Tatier. Vydavateľstvo SAV, Bratislava 1974.

Юрай Рак — Фердинанд Шамай

## ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ВЫСОКИХ ГОР В ЧЕХОСЛОВАЦКИХ КАРПАТАХ НА ГОДОВОЙ ХОД ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проблематика горной метеорологии и климатологии с точки зрения нескольких аспектов является постоянно актуальной. В предлагаемой студии дается оценка годового хода основных климатических элементов (воздушное течение, температура и влажность воздуха, солнечное сияние и осадки) и указывается на явления, вызванные морфологией гор. Данная оценка базируется на данных, полученных на 5 метеорологических станциях, расположенных на высоте с 1300 до 2633 м н. у. м., а именно на высоте над уровнем устойчивой воздушной массы, в долинах при наличии инверсий температуры, на высоте, где в горных областях уже полностью проявляется повышенная адвекция и конвекция.

Оценке подвергнуты главным образом периоды 1961—1970 гг. (ветровой режим) и 1964—1978 гг. (остальные характеристики).

К числу наиболее изменчивых метеорологических элементов относится воздушное течение. В изучаемой области морфология гор оказывает выразительное влияние как на направления, так и на скорость ветра. Из характеристик ветра мы приводим максимальные суточные

порывы ветра и среднее количество дней с порывистым ветром. На основе вышеупомянутых нами характеристик можно хорошо следить за влиянием морфологии гор на воздушное течение. Полученные данные приводятся в табл. 1 и на рис. 1. Наибольшая средняя скорость ветра в результате струйного течения встречается в горной цепи Низких Татр на Хопке. Относительно высокие скорости ветра достигались в области гребней гор, находящихся в западной части северных Карпат, вследствие преобладающего северо-западного переноса воздушных масс. Наибольшие мгновенные скорости встречаются при переходах атмосферных фронтов на подветренных склонах в результате усиления ветра понижающимися составляющими скорости.

Обзор некоторых характеристик температуры показывает табл. 2 и рис. 2. В них отмечаются годовой ход по средним месячным температурам воздуха и данные об абсолютных минимумах и максимумах. Влияние морфологии гор на годовой ход температуры воздуха было выражено с помощью квазиградиента, мерой падения температуры на 100 м высоты в реальном рельефе. Величину падения температуры воздуха с высотой для оцениваемой области Карпат мы определили сравнением средней месячной температуры воздуха на Ломницком Штите и в г. Кошице. Абсолютные минимумы в горах были выше чем в долинах, располагающихся под ними, в результате оседания воздуха и наличия инверсий температуры, в то время как абсолютные максимумы в обеих областях сравнительно низкие в результате конвекционных токов в течение теплой части года и охлаждающего действия снежного покрова в течение холодной части года.

При характеристике влажности мы обратили внимание на годовой ход относительной влажности по месячным средним значениям и на отмеченные абсолютные минимумы относительной влажности воздуха. Результаты показаны в табл. 3 и на рис. 3. Различия в ходе относительной влажности воздуха в наблюдаемых областях показали, какое влияние оказывает морфология гор и экспозиция на величину ее значений. Области гребней гор отличаются в течение летнего (в результате конвекции) и зимнего периодов (они находятся в облаках) высокой относительной влажностью (в месячных средних выше 80 %). Местоположения с южной экспозицией отличаются сравнительно низкой относительной влажностью, в отношении к их высоте над уровнем моря. Абсолютные минимумы бывают на многих местах в результате оседания воздуха очень низкие (фен из свободной атмосферы).

Обзор о годовом ходе солнечного сияния, выраженного в часах, о его продолжительности в процентах астрономически возможного, и в количестве дней без солнечного сияния на изучаемых местоположениях, приводится в табл. 4 и на рис. 4. Гребни гор в Высоких Татрах находятся в зимних месяцах над слоистой облачностью, в результате чего они отличаются сравнительно высокими значениями солнечного сияния, в то время как на гребнях Низких Татр, где облачность, происходящая в результате южной адвекции, заволакивает гребни гор, является солнечное сияние относительно малым. Гребни гор до 2000 м н. у. м. получают сравнительно мало солнечного сияния, в то время как местоположения на подветренной стороне и свыше 2000 м н. у. м. более богаты солнечным сиянием.

Влияние морфологии гор на количество атмосферных осадков общеизвестно (наветренные и подветренные места). Обозначив дождемерные места в исследуемых областях средними месячными суммами и годовой суммой осадков, определили мы суточный максимум осадков и среднюю сумму гололеда (Ломницки Штит, Хопок). Данные приводятся в табл. 5. На наветренных местоположениях встречаются высшие, на подветренных низшие суммы осадков. Увеличение суммы осадков с высотой над у. м. нелинейно и для отдельных горных массивов оно различно.

Климатический анализ чехословацких Карпат должен помочь познать природные условия нашей высокогорной области и служить в качестве исходного материала для использования этой области для разных целей народного хозяйства (энергетика, строительство, спорт и т. п.).

Рис. 1. Средняя месячная скорость ветра ( $v$ ) и его максимальные суточные порывы ( $v_{\max}$ ) в  $\text{м/с}^{-1}$ .

Рис. 2. Температура воздуха — годовой ход. а) средние месячные температуры, б) абсолютные максимумы и минимумы, в) квазиградиенты температуры на обозначенных местоположениях.

Рис. 3. Годовой ход относительной влажности воздуха ( $U$ ) и абсолютные минимумы в процентах.

Рис. 4. Годовой ход относительной продолжительности солнечного сияния в процентах астрономически возможного.

Рис. 5. Годовой ход гололеда в  $\text{кг/м}^{-2}$ .

Табл. 1. Ветровой режим (1961—1970).

Табл. 2. Режим температуры (1964—1978).

Табл. 3. Режим влажности (1964—1978).

Табл. 4. Солнечное сияние (1964—1978).

Табл. 5. Режим осадков (1964—1978).

Перевод: Яна Махачова

Juraj Rak — Ferdinand Šamaj

#### INFLUENCE OF THE MORPHOLOGY OF HIGH MOUNTAINS IN THE CZECHOSLOVAK CARPATHIAN MTS. ON ANNUAL COURSE OF THE MAIN CLIMATIC ELEMENTS

The problems of the mountain meteorology and climatology are still the most topical from the point of view of different interests. In the presented study we evaluate the annual course of the main climatic elements (air circulation, air temperature and humidity, sunshine and precipitation) and we point out phenomena caused by the morphology of mountains. Our evaluation is supported by the data from 5 weather stations, the height of which ranges from 1300 m to 2633 m above sea level, it is the height above the stagnant air level in valleys with temperature inversions, the height in which increased advection and convection are clearly evident in mountain areas.

We evaluated mostly periods 1961—1970 (wind conditions), and 1964—1978 (other characteristics).

Air circulation is one of the most changeable meteorological elements; in the investigated area influence of the morphology of mountains is evident not only on the wind directions but also on the wind speed. From the wind characteristics we mention maximum daily wind gusts and mean number of days with turbulent wind. With the help of these characteristics it is possible to investigate the influence of the morphology of mountains on the circulation. The data are shown in Table 1 and Figure 1. The greatest mean wind speed occurs at the Mts. Chopok as a result of the jet effect in the Low Tatras range. Relatively high wind speeds occur in the ridge areas of mountains in the western part of the Carpathian Mt. as a result of the prevalent NW transport of air masses. The greatest instantaneous velocities occur during the transition of weather fronts on the leeward slopes owing to the strenghtening of the wind by descending velocity components.

Table 2 and Figure 2 bring the survey of some temperature characteristics. The annual course according to the mean monthly air temperatures and the data of absolute minima and maxima are indicated there. The influence of the mountain morphology on the annual air temperature course is expressed in the quasi-gradient, by the measure of the air temperature decrease on 100 m of the height in real terrain. Magnitude of the air temperature decrease depending on the height for the valuated Carpathian Mts region was determined by the comparison of the mean monthly tem-



perature in Košice and Lomnický peak. Absolute minima are higher in mountains than in valleys because of the air subsidence and occurrence of the temperature inversions, while absolute maxima are in both mountains and valleys relatively low because of the convective streams during warm season and because of the cooling function of the snow cover during cold seasons.

We observed from the humidity characteristics the annual course of the relative air humidity by monthly means and recorded absolute minima of the relative air humidity. The results are shown in Table 3 and Figure 3. Differences in the course of the relative air humidity in the observed localities show well the influence of the morphology of mountains and exposition on the size of its values. Ridge positions have the high relative humidity (in monthly means above 80 %) in summer (because of the convection) and also in winter (they are in clouds). Localities with the southern exposure have the relative humidity relatively low with regard to their height above sea level. Absolute minima are on many sites very low as the result of the subsidence (free foehn).

Table 4 and Figure 4 bring the survey of the annual course of sunshine in hours of its duration in percentage of astronomically possible and in number of days without sunshine in observed areas. Peak positions in the High Tatras are in winter seasons above cloudiness and thanks to this fact, they have relatively high stratified values of sunshine, while on the ridges of the Low Tatras where the mountain ridges are covered with cloudiness caused by the southern advection, sunshine values are relatively low. Ridge positions to 2000 m above sea level have relatively low amounts of sunshine, while the lee positions and positions above 2.000 m are richer in sunshine.

The influence of the morphology of mountains on the amount of precipitation is generally known (leeward and windward positions). Precipitation positions of the observed areas were indicated by mean monthly totals and annual total precipitation, we found out daily maximum of precipitation and mean total of icing (Lomnický peak, Mt. Chopok). The data are shown in Table 5. In windward positions the totals of precipitation are higher than in leeward positions. Increase of precipitation with increasing elevation above sea level is non-linear and is different for individual mountain ranges.

The climatic analysis of the Czechoslovak Carpathian Mountains contributes to knowledge of the natural situation of our high-mountain region and has to be the basis for the utilization of this region for different aims of our national economy (power supply, construction, sport, etc.).

Fig. 1. Mean monthly wind speed ( $\bar{v}$ ) and its maximum daily gusts ( $v_{\max}$ ) in  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Fig. 2. Air temperature — annual course. a) mean monthly temperatures, b) absolute maxima and minima, c) quasi-gradients of temperature in indicated positions.

Fig. 3. Annual course of relative air humidity ( $U$ ) and absolute minima in %.

Fig. 4. Annual course of relative duration of sunshine in % of astronomically possible.

Fig. 5. Annual course of icing in  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Tab. 1: Wind conditions (1961—1970).

Tab. 2. Temperature conditions (1964—1978).

Tab. 3. Humidity conditions (1964—1978).

Tab. 4. Sunshine (1964—1978).

Tab. 5. Precipitation conditions (1964—1978).

Translated by Dana Pavlovičová