

PAVEL PROŠEK

NEPRAVIDELNÝ PRŮBĚH NOČNÍHO OCHLAZOVÁNÍ V ZÁPADNÍ ČÁSTI PAVLOVSKÝCH VRCHŮ

1. Úvod

Přestože se Pavlovským vrchům a jejich okolí věnovala řada odborníků z různých přírodovědných oborů, nebyla doposud vypracována podrobnější studie jejich klimatických poměrů. Výjimku tvoří práce J. Horáka (1966), která je však jako celek zaměřena na fytoecologii se zřetelem k lesním typům. Této problematice je přizpůsobena i část jeho práce, pojednávající o mikroklimatologických poměrech Pavlovských vrchů.

Ve snaze získat představu o vlivu reliéfu na denní chod teploty v přízemní vrstvě vzduchu v této oblasti byla organizována v západní části Pavlovských vrchů*) topoklimatologická měření. Tyto práce byly prováděny oddělením meteorologie a klimatologie Katedry geografie na přírodovědecké fakultě UJEP v Brně za materiální pomoci Geografického ústavu ČSAV v Brně v období od 1. října 1967 do 30. září 1968.

Západní část Pavlovských vrchů byla pro tuto studii zvolena také vzhledem ke své morfologii. Na území o poměrně malé rozloze (zkoumané území mělo plochu zhruba 30 km²) se v této oblasti setkáváme s velkým převýšením jednotlivých vrchů nad sníženinami Věstonické a Mušovské brány (oba názvy uvádím podle Hromádkova (1956) orografického členění ČSR), takže zde můžeme předpokládat velké rozdíly denního chodu teploty v přízemní vrstvě atmosféry na různě exponovaných svazích a v různých nadmořských výškách.

2. Morfografický popis studovaného území

Západní část Pavlovských vrchů je tvořena pásmem více méně izolovaných vrchů. Toto pásmo je orientováno v severní části ve směru SV — JZ, v jižní části zhruba ve směru S — J. Náleží k němu na severovýchodě hmota Děvína (554 m), oddělená úzkou soutěskou od Kotle (483 m), odkud směrem k jihu následuje Stolová hora (458 m), Turoid (385 m), Kozí hrádek a Zámecký vrch. Od Zámeckého vrchu k východu pokračuje pásmo Svatou horou (363 m) a Janišovým vrchem (318 m) a dále k jihu Studničnou (222 m), Šibeničником

*) Vzhledem k rozdílům v orografickém členění a pojmenování částí Pavlovských vrchů, se kterými se setkáváme v pracích F. Kolářka [1933], J. Hromádky [1956] a J. Demka a kol. [1970] používám v tomto článku názvu západní část Pavlovských vrchů pro vyšší, morfologicky výraznější část tohoto orografického celku [F. Kolářek používá pro tuto část názvu vlastní Pavlovské vrchy, J. Hromádka názvu Pavlovské bradlo, J. Demek a kol. názvu Pavlovské vrchy]. Názvu Milovická pahorkatina používám v souladu s J. Hromádkou a J. Demkem a kol. pro nižší, morfologicky méně výraznou část.

(238 m) a na rakouském území vyvýšeninami Schweinbarther Berg (334 m) a Wachtberg (321 m).

Topoklimatologická měření byla prováděna v severní části tohoto pásma v oblasti Děvína, Kotle a Stolové hory.

Děvín spolu s vrcholem Dívčího hradu je z uvedených vrchů nejvýraznější. Jeho převýšení nad sníženinou Věstonické brány je zhruba 380 m. Má tvar protáhlého hřbetu orientovaného přibližně ve směru SV — JZ. Jeho severovýchodní svah prudce klesá do Věstonické brány. Největšího sklonu ($25-30^\circ$) dosahuje v horní části pod Dívčím hradem (zhruba 430 m n. m.), v dolní části je jeho sklon mírnější ($10-15^\circ$). Vrchol Dívčího hradu je od vrcholu Děvína oddělen nehlubokým sedlem, ze kterého stoupá úzký hřeben Děvína k jihozápadu pod úhlem zhruba $15-20^\circ$ ke kótě Děvín. Od vrcholu klesá hřeben po horní hraně skalní vápencové stěny pod zhruba stejným úhlem k jihozápadu ke dnu soutěsky mezi Děvínem a Kotlem. Severozápadní a jihovýchodní svahy Děvína jsou velmi výrazné. Severozápadní svah je souvislý, pouze od nadm. výšky asi 450 m ke hřebení je tvořen vápencovou skalní stěnou. Sklon tohoto svahu se zvětšuje s nadm. výškou a pod skalní stěnou dosahuje hodnoty $25-30^\circ$.

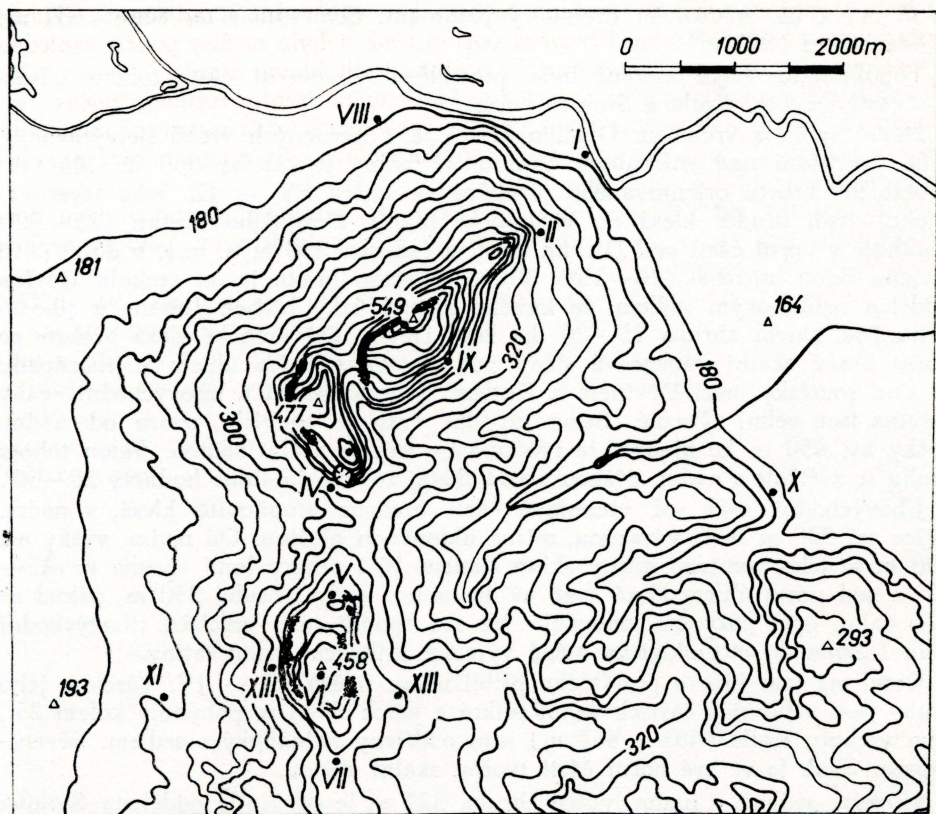
Jihovýchodní svah od vrcholové části hřebene stupňovitě klesá, v nadm. výšce asi 520 m tvoří výraznou, mírně ukloněnou plošinu. Od nadm. výšky asi 490 m se jeho poměrně mírný sklon (kolem 10°) prudce lomí zhruba na $25-30^\circ$ a pod tímto úhlem klesá svah až do nadm. výšky zhruba 350 m, odkud se jeho sklon opět pozvolna zmenšuje. Ve své spodní části přechází jihovýchodní svah Děvína do morfologicky méně výrazné Milovické pahorkatiny.

Kotel má tvar hřbetu protáhlého přibližně ve směru SZ — JV. Všechny jeho svahy jsou v horních částech velmi příkré a jejich sklon se pohybuje kolem 25° . Dva vrcholy Kotle (483 a 461 m) jsou odděleny nehlubokým sedlem. Severozápadní svah je ve své horní části tvořen skalní stěnou.

Širokým sedlem v nadm. výšce zhruba 327 m je od Kotle oddělena Stolová hora. Hmota Stolové hory je rozdělena dosti hlubokým sedlem na menší severní část se zříceninou Sirotčího hrádku a vlastní Stolovou horu, na jejímž temeni je výrazná plošina. Svahy Sirotčího hrádku a Stolové hory jsou ve svých horních partiích značně strmé. Platí to zejména o východním a severovýchodním svahu Stolové hory, jejichž sklon je místy větší než 30° . Mírnější sklon má severní a západní svah Sirotčího hrádku a severní svah Stolové hory. Horní části svahů Sirotčího hrádku a Stolové hory jsou s výjimkou severního svahu Stolové hory tvořeny souvislými skalními stěnami, nebo izolovanými skálami. Sklon východního i západního svahu Stolové hory a Sirotčího hrádku se v dolních částech zmenšuje přibližně na $10-15^\circ$. Zmenšování sklonu v dolní části je typické i pro jižní svah Stolové hory, který přechází směrem k jihu do mírně zvláště sníženiny oddělující Stolovou horu od Tuouldu, který se však nachází již mimo zkoumané území.

3. Síť topoklimatologických stanic ve zkoumaném území

V oblasti Děvína, Kotle a Stolové hory bylo umístěno 13 topoklimatologických stanic tak, aby měření na těchto stanicích vystihovala co nejlépe charakteristické zvláštnosti denního teplotního režimu vrcholových partií, středních částí a úpatí různě exponovaných svahů. Stanice označené římskými čísly byly umístěny v přibližně podélném profilu zkoumaným územím a ve dvou profilech příčných (rozmístění stanic je zakresleno v obr. 1). Každá stanice byla vybavena malou žaluziovou meteorologickou budkou, ve které byl umístěn předem oce-



1. Rozmístění topoklimatických stanic v západní části Pavlovských vrchů. (△ 549 — výškové body, ● XII — topoklimatické stanice.)

chovaný termograf METRA (typ 871), hygrograf METRA (typ 882) a Augustův psychrometr jako kontrolní přístroj. Čidla přístrojů se nacházela ve výšce 1,5 m nad zemí. Bližší popis použité metody měření je uveden v mé práci z r. 1967. U stanice č. III na vrcholu Děvína byla instalována základní meteorologická stanice, na které byla prováděna měření meteorologických prvků způsobem obvyklým v makroklimatologii.

4. Analýza nepravidelných nočních poklesů teploty

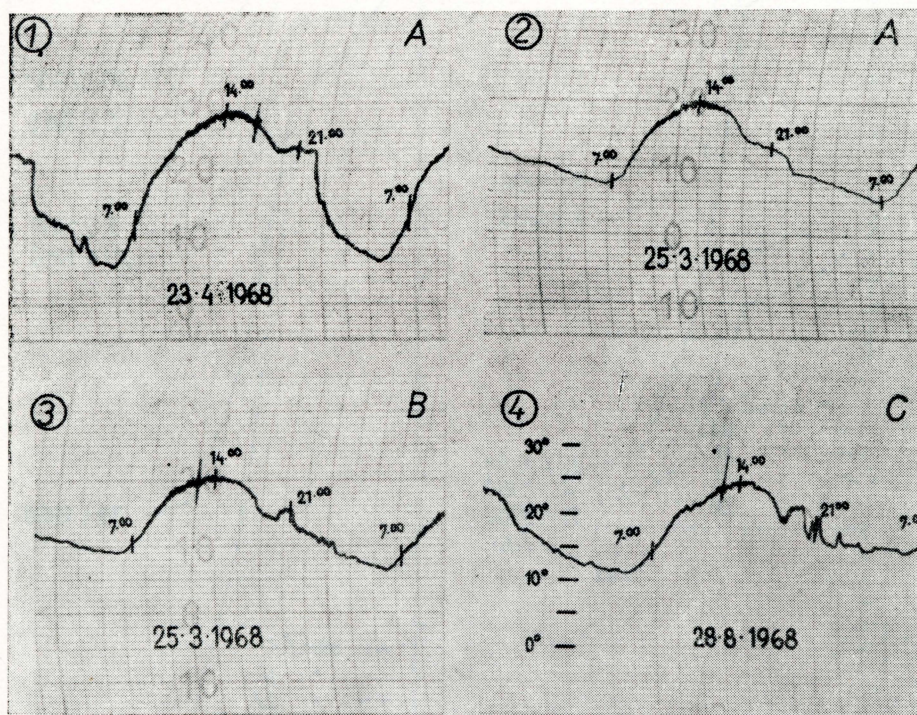
Pro zpracování denních chodů teploty jsem z naměřeného materiálu vybral dny s převládajícím radičním režimem počasí na všech stanicích, během kterých se projevuje nejvýrazněji vliv reliéfu na denní režim teploty. Měřítkem pro určení těchto dní byly záznamy heliografu na vrcholové stanici č. III. Podle těchto záznamů jsem za radiční den považoval takový, v němž neklesla doba registrace slunečního svitu pod 80 % teoreticky možného trvání. Jako dalšího kritéria pro určení dní s radičním režimem počasí jsem použil průběh křivky denního chodu teploty v jednotlivých čtvrtletích. Z celkového počtu dní vyčleněných na základě délky trvání slunečního svitu jsem vyloučil ty dny, které měly v porovnání s ostatními malou denní amplitudu teploty, tedy takové, u nichž se dal předpokládat vliv advekčního proudění při malé oblačnosti.

Jsem si vědom toho, že uvedená měřítka pro výběr dní s radiacním režimem počasí jsou poměrně hrubá. Přesnější postup však nebylo možno použít vzhledem k pracovním možnostem pozorovatelů obsluhujících hlavní stanici.

Vzhledem k malému počtu dní s převládajícím radiacním režimem počasí, vylčených na základě uvedených kritérií a vzhledem k obtížím určení radiacního režimu počasí ze tvaru křivky denního chodu teploty byly zimní měsíce prosinec leden a únor z dalšího zpracování vyloučeny.

V následující části tohoto článku se zabývám jedním z typických jevů denního chodu teploty ve zkoumaném území — nepravidelnými poklesy teploty ve večerních a nočních hodinách.

Při zpracování denního chodu teploty z období říjen a listopad 1967 a březen až září 1968 na uvedených stanicích bylo zjištěno, že s výjimkou stanic č. III a VI, tedy stanic vrcholových, nemá pokles teploty ve večerních a nočních hodinách za jasných a klidných nocí vždy tvar plynule klesající křivky, jak ji popsal např. A. Baumgartner (in F. Schnelle 1963). V mnoha případech je plynulý pokles teploty přerušen prudkými lomy, nebo dílčími vzestupy teploty. Charakteristické typy nepravidelných poklesů teploty jsou uvedeny v obr. 2.



2. Příklady nepravidelných nočních poklesů teploty typu A, B a C ze záznamů termografů na stanicích VII (1, 4), XI (3) a XII (2).

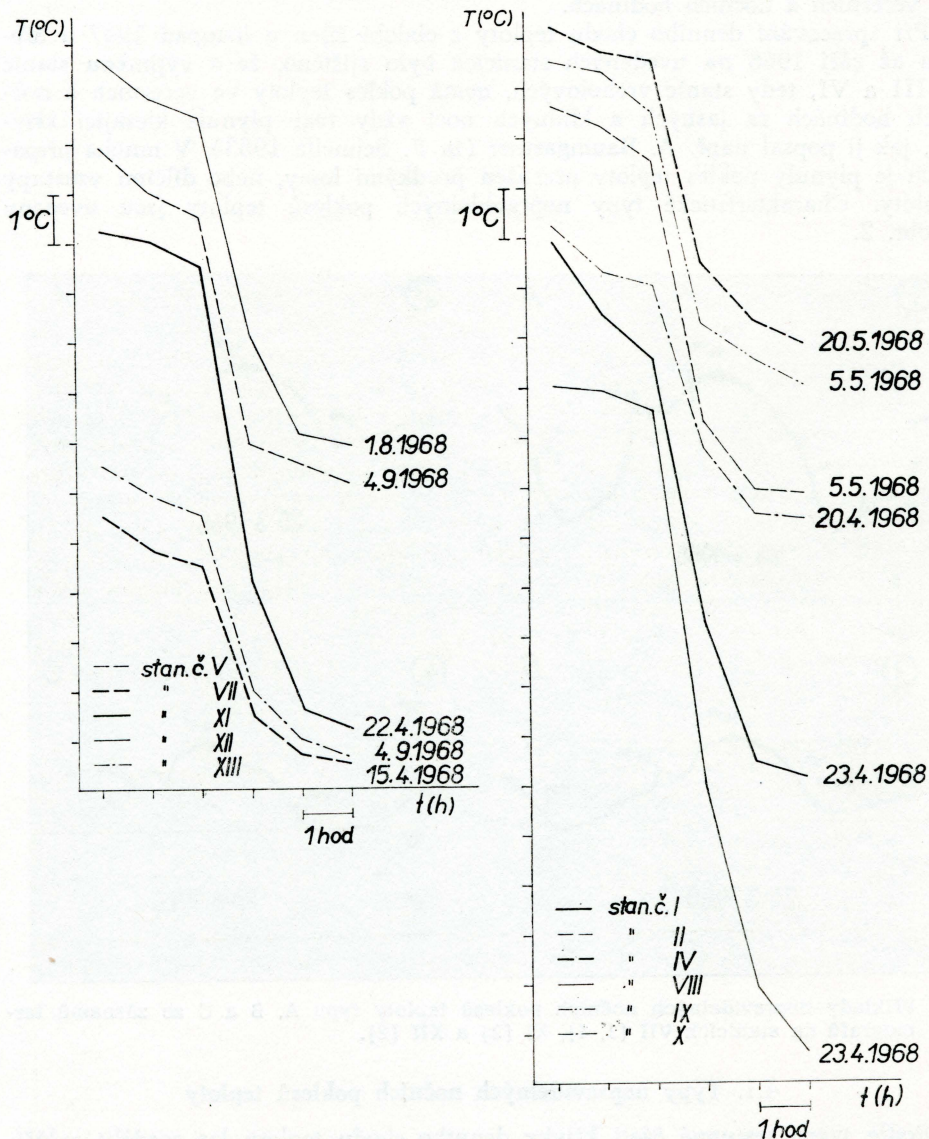
4.1. Typy nepravidelných nočních poklesů teploty

Podle tvaru sestupné části křivky denního chodu teploty lze rozdělit zvláštnosti nočních poklesů teploty na tři základní typy, které jsou v obr. 2 označeny písmeny A, B, C.

Pro typ A je charakteristický prudký lom poklesu teploty, před kterým je pokles zmírněn, v některých případech i zastaven. V extrémním případě došlo při takovém lomu k poklesu teploty až o 11,6 °C za dvě hodiny (extrémní případy lomů nočních poklesů teploty na jednotlivých stanicích jsou uvedeny v obr. 3).

U typu B dochází po plynulém poklesu teploty ve večerních hodinách k dílčímu vzestupu, v krajním případě o 5,9 °C, po kterém následuje opět prudký pokles.

Typ C je obdobou typů A a B s tím rozdílem, že po plynulém poklesu teploty ve večerních hodinách se několikrát opakují dílčí vzestupy teploty charakteristic-



3. Extrémní lomy nočních poklesů teploty typu A. [Pro lepší porovnání jednotlivých lomů je měřítko stupnice teploty (T) i času (t) relativní.]

ké pro typ B, lomy poklesu teploty charakteristické pro typ A, nebo se oba typy nepravidelně střídají.

Vzhledem k tomu, že hodnoty relativní vlhkosti registrované současně s teplotou nepřesahovaly ani v jednom případě nepravidelného poklesu teploty hodnotu 70 %, nelze vysvětlit zmírnění poklesu teploty před prudkým lomem ani dílčí vzestupy teploty uvolňováním latenního tepla při procesech kondenzace. Při objasňování uvedených zvláštností jsem se proto zaměřil na večerní a noční svahové proudění.

Při topoklimatologických měřeních ve zkoumaném území nebylo bohužel možno provádět měření rychlosti a směru stékání studeného vzduchu po svazích a měření vertikálního profilu teploty nad sníženinami, které toto území obklopují ze severu a západu, vzhledem k náročnosti těchto prací. Při objasňování příčin ovlivňujících zvláštnosti nočních poklesů teploty je tedy možno opírat se pouze o závěry prací několika autorů, zabývajících se problematikou nočních poklesů teploty a nočního proudění studeného vzduchu na svazích, jejichž názory uvádím a hodnotím v další části této práce.

Vzhledem k celkovému počtu 110 jasných a klidných nocí za zkoumaného období jsou nepravidelné noční poklesy teploty ve zkoumaném území typickým jevem (viz tab. 1). Minimální počet modifikací nočních poklesů teploty se vyskytuje na stanici č. IX, i zde však přesahuje 50 % všech případů.

S výjimkou stanice II, na které se vyskytují nepravidelné noční poklesy teploty v 74,5 % všech případů je z údajů v tab. 1 zřejmé, že na stanicích nacházejících se na úpatí svahů Děvína a Stolové hory (stanice č. I, VIII, X a XI) jsou všechny typy nepravidelných nočních poklesů teploty častější, než na stanicích umístěných zhruba ve středních částech svahů. Typ A se vyskytuje nejčastěji na stanicích umístěných ve středních částech svahů s největším převýšením nad sníženinami Věstonické a Mušovské brány (stanice č. II, IX a XII). Méně častý je výskyt tohoto typu na stanicích úpatních (stanice č. I, VIII, X a XI) a na stanicích umístěných na úpatí svahů, které jsou ukloněny do sedla oddělujícího Děvín a Stolovou horu a do sníženiny oddělující Stolovou horu od Turoidu (stanice č. IV, V a VII). Podobně je tomu i u stanice č. XIII, která byla umístěna na spodní části východního svahu Stolové hory, předcházejícího do Milovické pahorkatiny.

Tab. 1. Počet nepravidelných nočních poklesů teploty na stanicích západní části Pavlovských vrchů za období říjen—listopad 1967 a březen—září 1968 a jejich procentuální podíl z celkového počtu 110 jasných a klidných nocí.

Stanice č.	Typ A		Typ B		Typ C		Všechny typy	
	počet případů	%	počet případů	%	počet případů	%	počet případů	%
I	17	15,5	33	30,0	29	26,4	79	71,8
II	32	29,1	17	15,5	33	30,0	82	74,6
IV	23	20,9	16	14,5	23	20,9	62	56,4
V	25	22,7	20	18,2	30	27,3	75	68,2
VII	27	24,5	17	15,5	26	23,6	70	63,6
VIII	24	21,8	31	28,2	25	22,7	80	72,7
IX	35	31,8	10	9,1	14	12,7	59	53,6
X	23	20,9	26	23,6	31	28,2	80	72,7
XI	30	27,3	31	28,2	27	24,5	88	80,0
XII	32	29,1	15	13,6	27	24,5	74	67,3
XIII	28	25,5	13	11,8	27	24,5	68	61,8

Typ B je na stanicích svahových (stanice č. II, IV, V, VII, IX, XII a XIII) méně častý, než na stanicích úpatních (stanice č. I, VIII, X a XI). U typu C není zřetelná závislost mezi počtem výskytů a polohou stanice.

I přes uvedené rozdíly v počtu výskytů jednotlivých typů však neexistuje těsná závislost mezi polohou stanic a mezi procentuálním zastoupením jednotlivých typů nepravidelných nočních poklesů teploty.

Při dalším hodnocení zvláštností nočních poklesů teploty se budu zabývat pouze typy A a B. Typy C jsem dále nezpracovával vzhledem k předpokládaným těžkostem při manipulaci s tímto materiálem, které vyplývají z velké variability tvarů křivky nočního poklesu teploty tohoto typu.

4.2. Stékání studeného vzduchu ze svahů ve večerních a nočních hodinách

Hlavním činitelem večerního a nočního stékání studeného vzduchu po svazích, jež se výrazně projevuje na průběhu nočního ochlazení je podle R. Geigera (1961), H. G. Kocha (1961), F. Schnelleho (1963), H. Berga (1951), P. Lehmannna (1953) a řady dalších autorů vyšší hustota vzduchu nacházejícího se v těsné blízkosti ukloněného povrchu. Zvýšení hustoty je podmíněno ochlazováním vzduchu přiléhajícího ke svahům od vyzářujícího povrchu. Na studený vzduch v blízkosti povrchu svahu působí podle A. Baumgartnera (in F. Schnelle 1963) dvě síly: 1. síla horizontálního tlakového gradientu, jejíž vektor směřuje od hustšího, studeného vzduchu v blízkosti svahu k teplejšímu vzduchu nad dnem sníženiny; 2. síla gravitace. V okamžiku, kdy výslednice obou sil, probíhající paralelně s povrchem svahu překoná sílu tření o povrch svahu, dochází ke stékání studeného vzduchu. Výslednice síly horizontálního tlakového gradientu a gravitační síly se zvětšuje s růstem úhlu sklonu svahu a s růstem uvedeného horizontálního tlakového gradientu. Na příkřejších částech svahů bude tedy docházet ke stékání studeného vzduchu dříve, než na mírně ukloněných svazích, svahových, nebo vrcholových plošinách, kde se může v důsledku pozdějšího stékání vzduch stykem s povrchem svahu více ochladit. Svahy s proměnlivým úhlem sklonu můžeme tedy v nočních hodinách rozdělit v soulase s H. G. Kochem (1961) na úseky chladnější (s malým úhlem sklonu) a teplejší (s velkým úhlem sklonu).

Při stékání studeného vzduchu ze svahů dochází k jeho adiabatickému oteplování. Názory na vliv adiabatického oteplování stékajícího vzduchu se značně liší. Podle H. G. Kocha (1961) má značný význam, a může způsobit i zastavení pohybu. V soulase s A. Baumgartnerem (in F. Schnelle 1963) je však třeba uvést, že vliv tohoto oteplování není příliš výrazný. Adiabatické oteplování stékajícího vzduchu může totiž v závislosti na poklesu teploty a s ním souvisejícím růstem hustoty (a tedy i váhy) ochlazovaného vzduchu kompenzovat podle Baumgartnera pouze asi třetinu zvýšení hustoty vzduchu, vyvolaného zvýšením tlaku při stékání. Podle F. Schnelleho (1963) a P. A. Voroncova (1960) je adiabatické oteplování stákajícího vzduchu i v případě klesání ze značně vysokých svahů nevýrazné navíc v důsledku malých rychlostí stékání a tím dodatečného ochlazování stékajícího vzduchu povrchem svahu. Dalším faktorem malého vlivu adiabatického oteplování je podle Baumgartnera vysoká hodnota horizontálního teplotního gradientu mezi studeným vzduchem na svazích a vzduchem ve stejné výšce nad sníženinami. Vzhledem k této hodnotě nemůže být adiabatické oteplování stékajícího vzduchu překážkou stékání.

Tok studeného vzduchu po svazích může mít podle R. Geigera (1961) a P. A. Voroncova (1960) buď charakter nepřerušovaného proudění, nebo může probíhat

v podobě pulzací, které se výrazně projevují v nočním průběhu teploty těch částí svahů, přes které jednotlivé objemy studeného vzduchu stékají.

Nárazovité stékání může být dvojího druhu: a) stékání malých objemů vzduchu, které je podle M. Reihera (in litt. R. Geiger 1961), A. Schmauße (1951), J. Küttnera (1949) a F. Defanta (1949) krátkodobé — trvá pouze několik minut. Podle H. G. Kocha (1961) dochází k tomuto stékání velmi často a je jím způsobován teplotní neklid v přízemní vrstvě vzduchu, zvláště v úpatních částech svahů. Poklesy teploty při tomto typu stékání nepřesahují podle uvedených autorů 1–2 °C; b) stékání velkých objemů studeného vzduchu, které může trvat podle R. Geigera (1961), A. Schmauße (1951) a J. Küttnera (1949) i několik hodin a projevuje se jako přerušovaný svahový vítr.

Rychlosti nočního proudění ze svahů nejsou velké a závisí na úhlu sklonu svahu, na drsnosti jeho povrchu a na vertikálním rozměru studeného vzduchu. P. A. Voroncov (1960), S. A. Sapožnikovová (1952), R. Geiger (1961) a E. Pelzl (1957) uvádějí, že tyto rychlosti nepřesahují 2 m · sek⁻¹, o větších rychlostech se zmiňuje pouze G. S. P. Heywood (in litt. F. Schnelle 1963).

4.3. Čas výskytu nepravidelných nočních poklesů teploty typu A a B

Kdybychom předpokládali, že prudké lomy, nebo dílčí vzestupy teploty typu A a B jsou na stanicích umístěných v různých úrovních téhož svahu způsobeny stékáním jediného objemu studeného vzduchu, musela by být mezi časy lomů, nebo dílčích vzestupů teploty úpatní a svahové stanice časová návaznost. Studium nepravidelných poklesů teploty typu A a B však bylo zjištěno, že pro tyto dvojice stanic tento předpoklad neplatí. Stejný typ nepravidelného poklesu teploty v jedné noci se na úpatních a svahových stanicích umístěných v jednom profilu svahu vyskytuje pouze v několika případech (typ A na stanicích č. I a II devětkrát, na stanicích č. IX a X jedenáctkrát a na stanicích č. XI a XII čtrnáctkrát; typ B na stanicích č. I a II devětkrát, na stanicích č. IX a X pětkrát a na stanicích č. XI a XII pětkrát).

Při porovnání časů lomů nebo dílčích vzestupů při nočních poklesech teploty v uvedených případech nebyla zjištěna mezi dvojicemi stanic časová návaznost. Je tedy zřejmé, že nepravidelné noční poklesy teploty jsou způsobeny stékáním studeného vzduchu pravděpodobně z různých úrovní svahů, při čemž jednotlivé objemy studeného vzduchu nepokrývají celou plochu svahu, nýbrž stékají po individuálních drahách.

Určení časů lomu a časů dílčích vzestupů při nočních poklesech teploty bylo prováděno podle záznamů termografů. Vzhledem k tomu, že nebyla zjištěna žádná závislost časů na roční době, bylo celé uvedené období zpracováno jako celek.

Jak vyplývá z tab. 2 a 3, je pro oba soubory charakteristických časů typické velké rozpětí.

Tab. 2. Nejčastější (t_1) a nejpozdější (t_2) čas výskytu lomu nočního poklesu teploty typu A a absolutní rozpětí obou časů.

Stanice č.	I	II	IV	V	VII	XIII	IX	X	XI	XII	VIII
t_1	18 ⁵⁰	18 ¹⁰	20 ⁰⁰	20 ⁵⁰	20 ¹⁰	17 ⁰⁰	19 ²⁰	19 ⁰⁰	20 ⁰⁰	20 ⁰⁰	19 ²⁰
časové rozpětí	6 ⁵⁰	11 ⁰⁰	7 ²⁰	5 ⁴⁰	6 ⁴⁰	9 ⁴⁰	9 ¹⁰	8 ²⁰	7 ⁰⁰	9 ¹⁰	7 ⁵⁰
t_2	01 ⁴⁰	05 ¹⁰	03 ²⁰	02 ³⁰	02 ⁵⁰	02 ⁴⁰	04 ³⁰	03 ²⁰	03 ⁰⁰	05 ¹⁰	03 ¹⁰

Tab. 3. Nejčastější (t_1) a nejpozdější (t_2) čas výskytu počátku dílčího nočního vzestupu teploty typu B a absolutní rozpětí obou časů.

Stanice č.	I	II	IV	V	VII	XIII	IX	X	XI	XII	VIII
t_1	16 ³⁰	18 ⁰⁰	13 ¹⁰	18 ⁰⁰	17 ⁵⁰	16 ²⁰	19 ⁰⁰	17 ⁰⁰	13 ³⁰	17 ³⁰	17 ³⁰
časové rozpětí	9 ³⁰	5 ¹⁰	8 ⁰⁰	8 ²⁰	7 ³⁰	9 ⁰⁰	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	7 ³⁰	8 ³⁰	6 ⁰⁰
t_2	02 ⁰⁰	23 ¹⁰	02 ¹⁰	02 ²⁰	01 ²⁰	01 ²⁰	02 ⁰⁰	01 ⁰⁰	02 ⁰⁰	02 ⁰⁰	23 ³⁰

Při výpočtu statistických charakteristik uvedených souborů jsem se omezil na výpočet průměrů (\bar{x}_t) a směrodatných odchylek (s_t) ze skupinového rozdělení četností (tab. 4 a 5).

Tab. 4. Průměry (\bar{x}_t) a směrodatné odchylky (s_t) časů lomu nočních poklesů teploty typu A (zaokrouhлено na celé minuty).

Stanice č.	I	II	IV	V	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VIII
s_t	22 ¹⁷	23 ⁰⁷	0 ¹⁹	23 ⁴¹	23 ⁰⁷	21 ³⁷	23 ⁰⁴	22 ²¹	23 ¹³	23 ³⁸	0 ²⁵
\bar{x}_t	1 ⁴⁹	2 ²⁰	1 ⁴⁸	1 ³⁷	1 ⁴⁷	1 ⁵³	2 ²¹	2 ⁰²	2 ⁰⁶	2 ⁰¹	1 ⁵⁰

Tab. 5. Průměry (\bar{x}_t) a směrodatné odchylky (s_t) časů dílčích nočních vzestupů teploty typu B (zaokrouhлено na celé minuty).

Stanice č.	I	II	IV	V	VII	XIII	IX	X	XI	XII	XIII
\bar{x}_t	21 ¹²	21 ⁰⁷	21 ¹⁷	20 ¹⁰	21 ¹²	20 ³⁸	22 ⁴¹	21 ⁰⁶	21 ⁰⁷	21 ⁴⁹	20 ³¹
s_t	1 ⁵⁸	1 ²⁰	1 ⁴⁰	1 ³³	1 ⁴³	1 ⁵⁰	2 ¹⁰	1 ⁵⁸	2 ⁰¹	1 ⁵⁷	1 ⁴²

Rozdělení četností časů lomů a počátků dílčích vzestupů teploty v nočních hodinách v práci neuvádím. Na všech stanicích je pro ně typická velká nevyrovnanost. Svědčí o tom i vysoké hodnoty směrodatných odchylek obou souborů charakteristických časů.

Porovnáním průměrných časů lomů a dílčích vzestupů teploty v nočních hodinách na stanicích úpatních a svahových nebyla zjištěna výrazná závislost těchto statistických charakteristik na poloze stanic.

4.4. Rozbor nočních poklesů teploty typu A

Při analýze lomů nočních poklesů teploty typu A jsem přihlížel z počátku pouze ke tvaru křivky nočního průběhu teploty, nebral jsem tedy zřetel na úroveň teploty. Záporné diference teploty v intervalech 3–2, 2–1 a 1–0 hod. před lomem nočního poklesu teploty a v intervalech 0–2 a 2–3 hod. po lomu jsem sestavil do skupinového rozdělení četností. Při zpracování záporných diferencí teploty po lomu jsem nevolil jednohodinový interval vzhledem k hodnotě variačního rozpětí souborů v intervalech 0–1 a 1–2 hod. po lomu. Při šířce intervalu 0,5 °C, která odpovídá variačnímu rozpětí souborů hodinových diferencí teploty nebyly všechny intervaly dostatečně obsazeny a některé zůstaly dokonce neobsazeny. Šířka intervalu 1 °C by byla vzhledem k variačnímu rozpětí hodinových diferencí příliš velká. Zpracováním dvouhodinového intervalu 0–2 hod. po lomu

jsem dosáhl zvětšení variačního rozpětí souborů záporných diferencí teploty, kterému přibližně odpovídá i šířka intervalu 1 °C, při čemž žádný interval nezůstal neobsazen. Z důvodu dostatečného obsazení všech intervalů záporných diferencí teploty jsem byl nucen volit šířku intervalu u ostatních intervalů času před lomem i po něm 0,5 °C. Ze skupinového rozdělení četností záporných diferencí teploty v uvedených intervalech jsem vypočetl základní statistické charakteristiky — aritmetické průměry a směrodatné odchylky, které jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6. Průměry a směrodatné odchylky záporných diferencí teploty v intervalech 3—2 (\bar{x}_1, s_1), 2—1 (\bar{x}_2, s_2) a 1—0 (\bar{x}_3, s_3) hod. před lomy nočního poklesu teploty typu A a v intervalech 0—2 (\bar{x}_4, s_4) a 2—3 (\bar{x}_5, s_5) hod. po těchto lomech

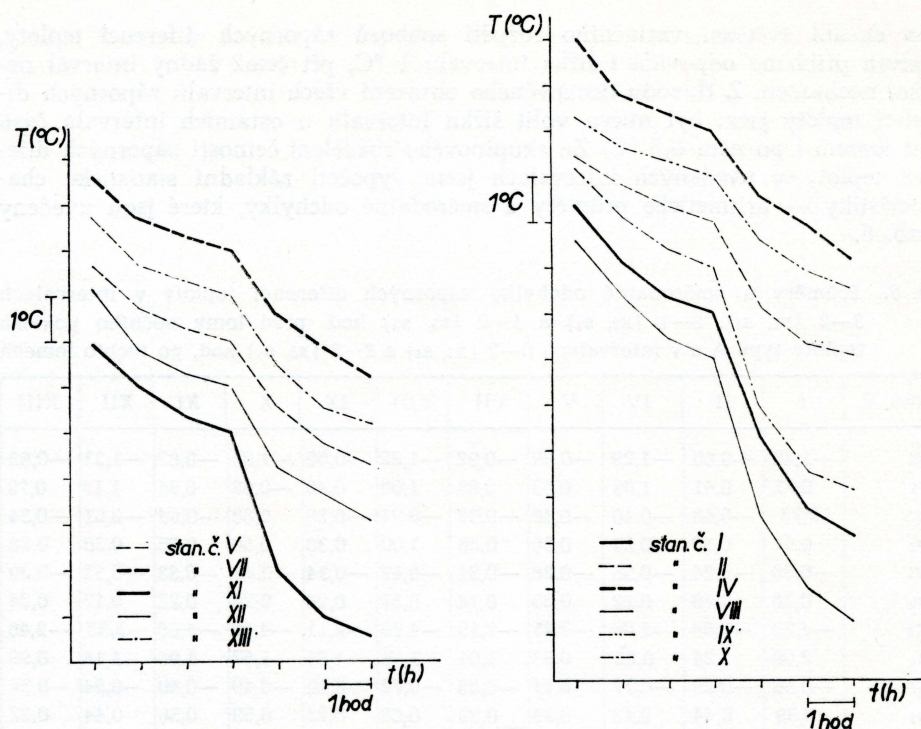
Stan. č.	I	II	IV	V	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
\bar{x}_1	-1,26	-0,65	-1,29	-0,89	-0,92	-1,22	-0,66	-1,03	-0,97	-1,31	-0,98
s_1	0,71	0,41	1,03	0,63	0,66	1,08	0,45	-0,68	0,94	1,18	0,79
\bar{x}_2	0,73	-0,48	-0,40	-0,48	-0,37	-0,91	-0,29	0,83	-0,63	-0,51	-0,34
s_2	0,57	0,30	0,28	0,30	0,26	1,00	0,30	0,50	0,65	0,36	0,26
\bar{x}_3	-0,38	-0,34	-0,35	-0,28	-0,31	-0,47	-0,34	-0,45	-0,33	-0,31	-0,36
s_3	0,26	0,20	0,22	0,20	0,14	0,37	0,24	0,26	0,22	0,17	0,24
\bar{x}_4	-4,29	-2,64	-2,06	-2,25	-2,15	-4,99	-2,11	-4,46	-4,05	-2,33	-2,46
s_4	2,00	1,24	0,82	0,93	1,04	1,98	1,01	1,87	1,99	1,18	0,99
\bar{x}_5	-0,58	-0,29	-0,77	-0,44	-0,63	-0,72	-0,40	-0,40	-0,40	-0,54	-0,34
s_5	0,39	0,44	0,42	0,39	0,39	0,68	0,24	0,59	0,36	0,44	0,22

Pro hodnocení významnosti rozdílů mezi průměrnými zápornými diferencemi teploty jednotlivých stanic jsem u všech zpracovaných časových intervalů použil testu významnosti rozdílů mezi dvěma výběrovými průměry (Studentova t-testu), který jsem prováděl na základě výsledku testu významnosti rozdílů mezi dvěma rozptyly (Fisher-Shnedecorova F-testu). Oba testy byly prováděny na pěti-procentní hladině významnosti ($\alpha_{0,05}$), F-test při nulové hypotéze $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ a t-test při nulové hypotéze $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$, nebo $H : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ podle výsledku F-testu. Bližší popis obou testů uvádí např. R. Reisenauer (1970) a jejich klimatologické aplikace M. Nosek (1972).

Testování významnosti rozdílů mezi dvěma výběrovými průměry jsem prováděl proto, že tyto průměry v časových intervalech před lomem poklesu teploty i po něm ukazují výrazný rozdíl, nebo shodu mezi jednotlivými stanicemi. Vyplyvá to i z křivek průměrného poklesu teploty při lomech typu A v obr. 4.

Podle skupinového rozdělení četností diferencí teploty v uvedených časových intervalech jsem nakreslil čáry kumulovaných relativních četností (obr. 5).

Z tab. 6 je vidět, že průměrné poklesy teploty v intervalech 3—2 a 2—1 hod. před lomy nočních poklesů teploty jsou poměrně malé a že stejně jako směrodatné odchylky nezávisí na poloze stanic na úpatích nebo ve středních částech svahů. Pokles teploty v těchto časových intervalech tedy můžeme na jednotlivých stanicích považovat za individuální, stanice nelze podle hodnoty průměrných záporných diferencí teploty rozdělit na dvě odlišné skupiny — svahové a úpatní. Toto zjištění bylo potvrzeno i F-testy a t-testy směrodatných odchylek a průměrných diferencí teploty v těchto intervalech a vyplývá i z průběhu křivek relativních kumulovaných četností (obr. 5 [a, b]).



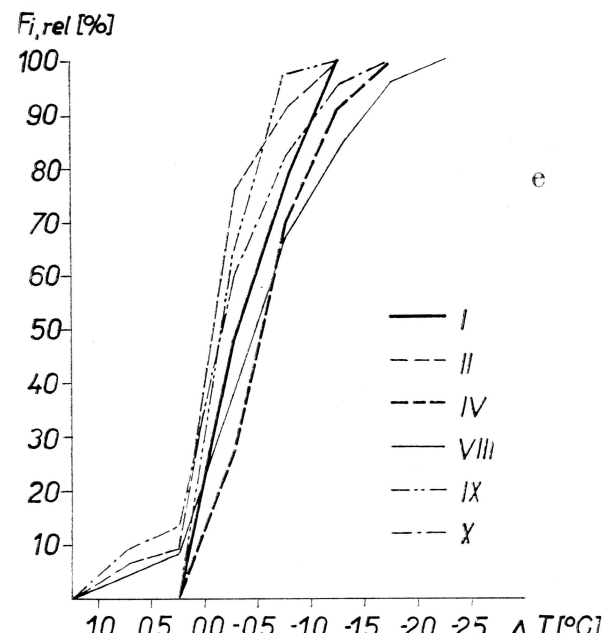
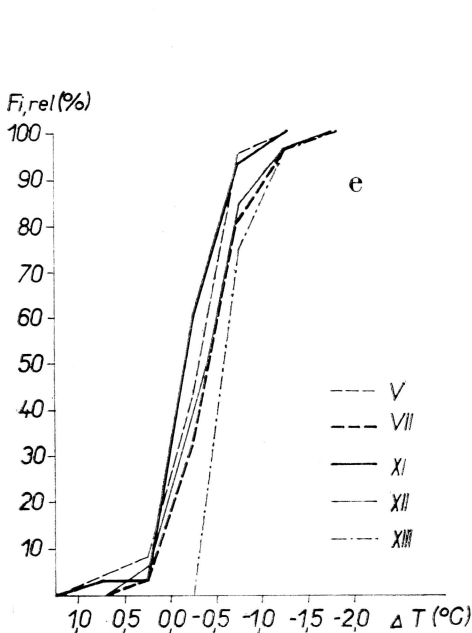
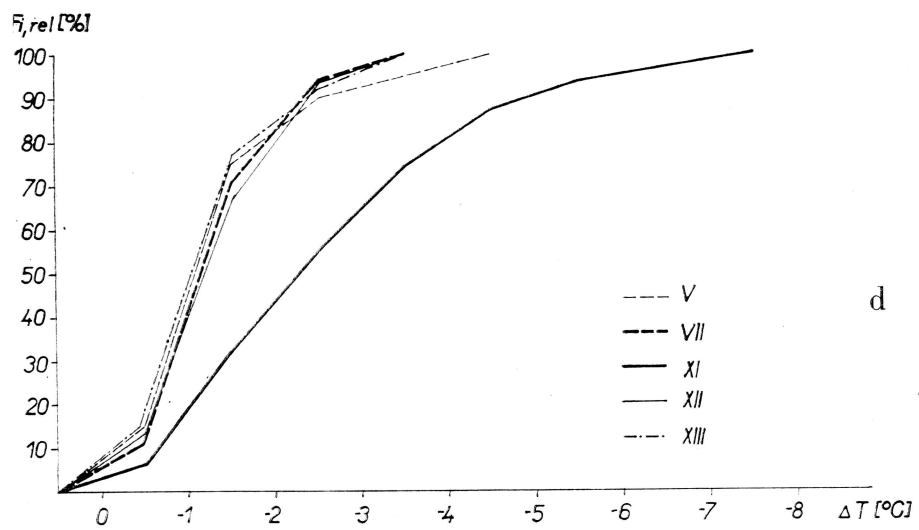
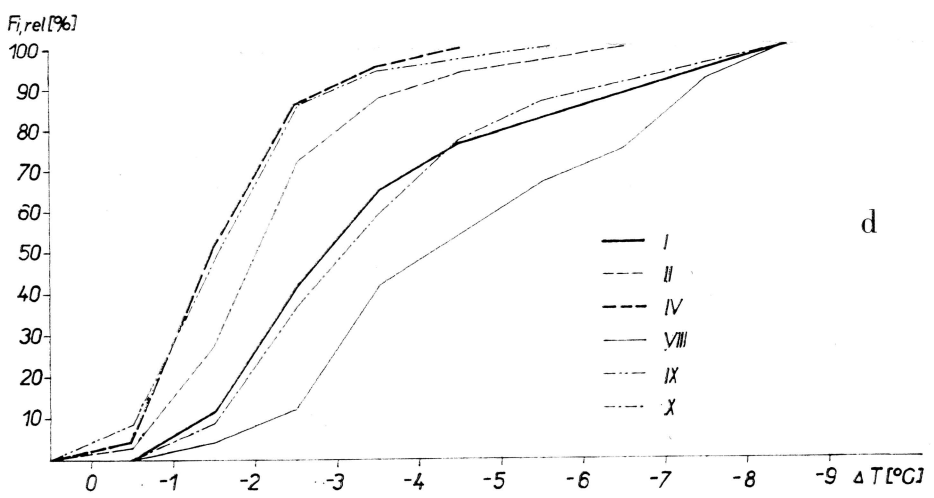
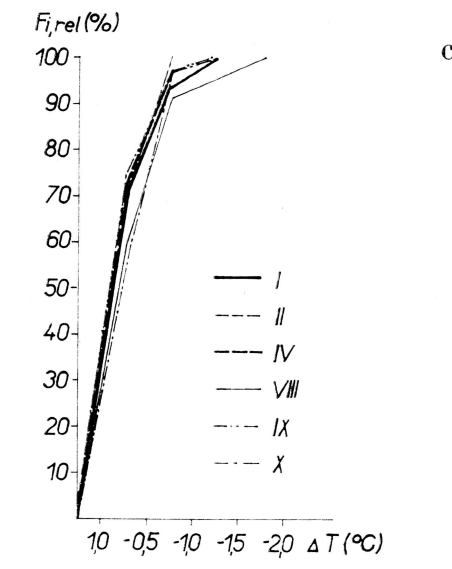
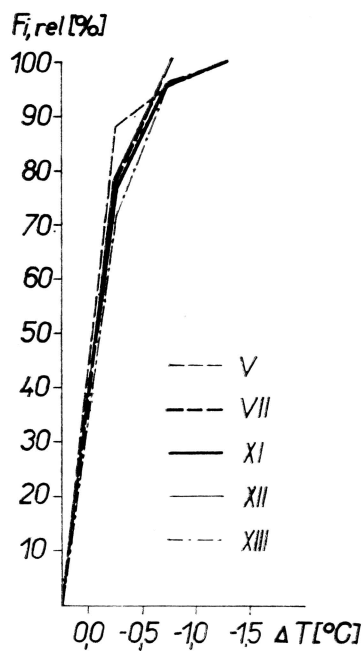
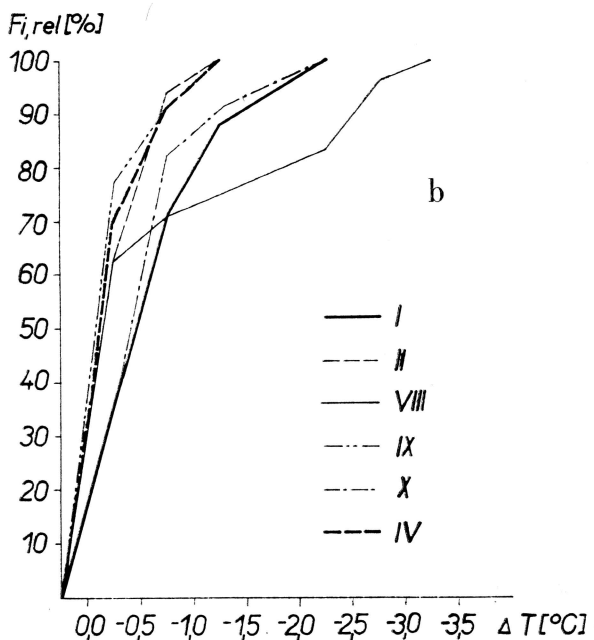
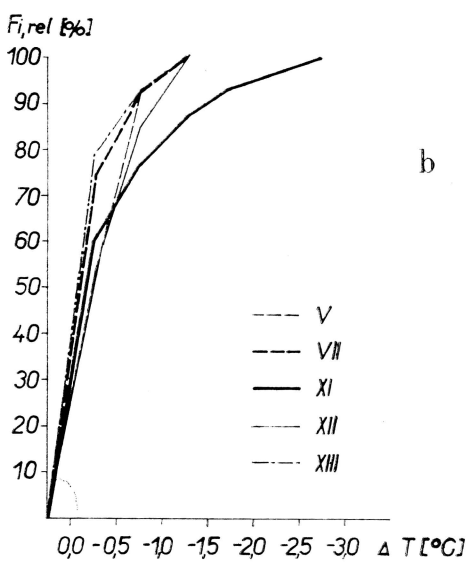
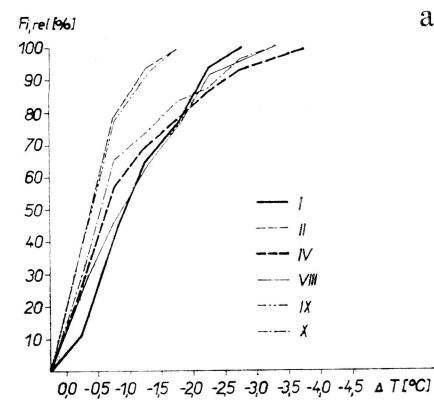
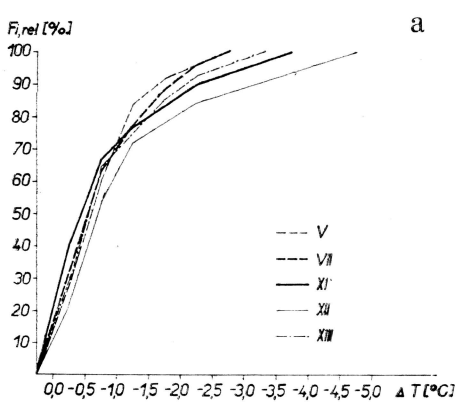
4. Křivky průměrného nočního poklesu teploty typu A. [Měřítka stupnice teploty (T) i času (t) je pro snadnější porovnání jednotlivých stanic relativní.]

V intervalu 1–0 hod. před lomem nočního poklesu teploty jsou průměrné záporné diference teploty v porovnání s předchozími intervaly ještě menší (tab. 5). Jednotlivé hodnoty průměrných diferencí teploty se od sebe jen nepatrně liší a hodnoty směrodatných odchylek svědčí o vysoké koncentraci jednotlivých diferencí teploty kolem průměru.

Pro testování významnosti rozdílů průměrných záporných diferencí teploty v tomto intervalu jsem použil dvojice stanic z oblasti Děvína (stanice č. VIII a IX) a dvojice stanic z oblasti Stolové hory (stanice č. V a XIII), u kterých byly největší rozdíly průměru a směrodatných odchylek diferencí teploty. Testováním bylo ověřeno, že mezi průměrnými poklesy teploty a jejich směrodatnými odchylkami neexistují statisticky významné rozdíly a průměrný pokles teploty v tomto časovém intervalu můžeme považovat na svahových i úpatních stanicích obou oblastí za stejně intenzivní. Tomu odpovídá i průběh křivek kumulovaných relativních četností v obr. 5 (c).

Při porovnání průměrných záporných diferencí teploty v časovém intervalu 0–2 hod. po lomu nočního poklesu teploty vynikají rozdíly mezi jednotlivými stanicemi nejvýrazněji (tab. 6).

Testováním průměru a směrodatných odchylek záporných diferencí teploty v tomto intervalu jsem ověřoval, zda svahové stanice náleží vzhledem k malým rozdílům průměru a směrodatných odchylek diferencí teploty do jedné skupiny a zda se tyto stanice významně liší od stanic úpatních. Při testování rozdílů mezi svahovými stanicemi byly z obou částí zkoumaného území vybrány dvojice



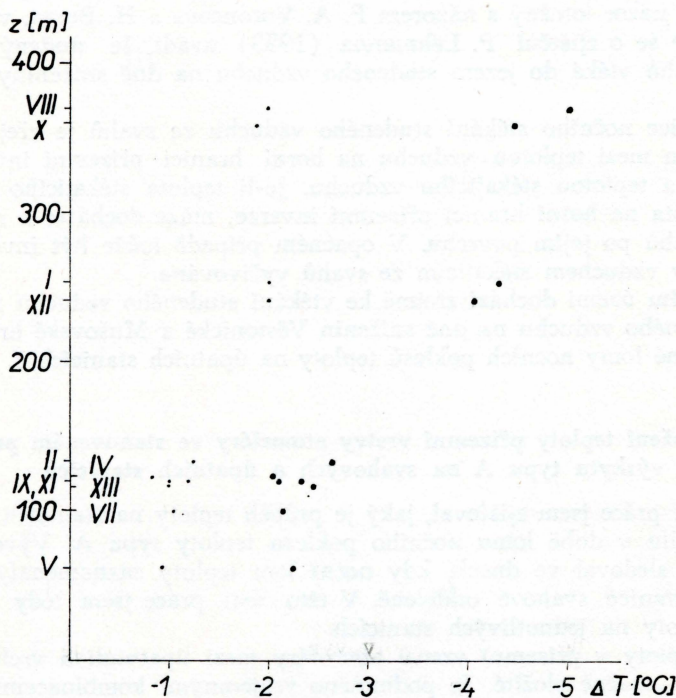
5. Součtové křivky relativních četností záporných diferencí teploty v intervalech 3-2 (a), 2-1 (b) a 1-0 (c) hod. před lomy nočních poklesů teploty typu A a v intervalech 0-2 (d) a 2-3 (e) hod. po těchto lomech. [$F_i, rel. (\%)$ — kumulované relativní četnosti; $T (^\circ C)$ — diference teploty.]

svahových stanic s maximálním rozdílem průměrů a směrodatných odchylek záporných diferencí teploty (v oblasti Děvína stanice č. II a IV, v oblasti Stolové hory stanice č. VII a XIII). Pro testování významnosti rozdílů uvedených statistických charakteristik mezi svahovými a úpatními stanicemi jsem zvolil stanice s minimálními rozdíly průměrů a směrodatných odchylek záporných diferencí teploty (v oblasti Děvína stanice č. I a II, v oblasti Stolové hory stanice č. XI a XIII).

Testováním bylo zjištěno, že rozdíly průměrných diferencí teploty mezi svahovými stanicemi v oblasti Děvína i Stolové hory nemůžeme považovat za významné a tyto stanice lze vzhledem k hodnotě průměrného poklesu teploty v tomto intervalu zařadit do jedné skupiny s hodnotou průměrného poklesu teploty kolísající v rozmezí 2,06–2,64 °C. Tato skupina stanic se podstatně liší od stanic úpatních, vyznačujících se podstatně většími zápornými diferencemi teploty pohybujícími se v rozmezí 4,05–4,99 °C.

Rozdíly mezi svahovými a úpatními stanicemi jsou patrné i z průběhu křivek kumulovaných relativních četností v obr. 5 (d).

Na základě výsledků testů jsem zjišťoval, zda existuje závislost mezi průměry a směrodatnými odchylkami záporných diferencí teploty v tomto časovém intervalu a mezi převýšením svahů nad stanicemi (obr. 6).



6. Závislost průměrů (●) a směrodatných odchylek (°) záporných diferencí teploty v intervalu 0–2 hod. po lomech nočních poklesů teploty typu A na převýšení svahů nad stanicemi. [z m — převýšení svahů; ΔT (°C) — průměrné difference teploty.]

Z obr. 6 je zřejmé, že se zmenšováním převýšení svahů se zmenšuje i hodnota průměrné diference teploty. Tato závislost je zřetelná u stanic úpatních. U stanic svahových, kde nejsou výrazné rozdíly v převýšení svahů nad stanicemi není uvedena závislost zřetelná. Totéž, i když méně výrazně, platí i o hodnotách směrodatných odchylek.

Charakter poklesu teploty v intervalu 2–3 hod. po lomu nočního poklesu teploty je obdobný, jako v intervalech 3–2 a 2–1 hod. před lomem. Závislost průměrů a směrodatných odchylek na převýšení svahů nad stanicemi mizí a pokles teploty v tomto intervalu můžeme na jednotlivých stanicích považovat opět za individuální. Tento fakt byl potvrzen i testováním významnosti rozdílů průměrů a směrodatných odchylek a vyplývá i z průběhu křivek kumulovaných relativních četností v obr. 5 (e).

Vzhledem k vysokým hodnotám průměrných záporných diferencí teploty v intervalu 0–2 hod. po lomech nočních poklesů teploty na úpatních stanicích je třeba zabývat se otázkou vzájemných vztahů nočního stékání studeného vzduchu po svazích a přízemní inverzí teploty, vytvářející se na dně sníženin lemuujících úpatí svahů. Na tyto vztahy není jednotný názor. Podle P. A. Voroncova (1960) a H. Berga (1951) se vzduch stékající po svahu roztéká na horní hranici přízemní inverze nad dnem sníženiny, podle H. Aicheleho (1953) je naopak přízemní inverze vzduchem ze svahu zesilována. A. Baumgartner (in F. Schnelle 1963) pokládá v tomto případě za rozhodující, jedná-li se o přízemní inverzi v uzavřených kotlinách nebo otevřených údolích a sníženinách. V prvním případě je jeho názor totožný s názorem P. A. Voroncova a H. Berga, v druhém případě, opíraje se o zjištění P. Lehmana (1953) uvádí, že studený vzduch stékající ze svahů vtéká do jezera studeného vzduchu na dně sníženiny a vyživuje ho.

Spodní hranice nočního stékání studeného vzduchu ze svahů je zřejmě podmíněna vztahem mezi teplotou vzduchu na horní hranici přízemní inverze na dně sníženiny a teplotou stékajícího vzduchu. Je-li teplota stékajícího vzduchu vyšší, než teplota na horní hranici přízemní inverze, může docházet k roztékání vzduchu ze svahů po jejím povrchu. V opačném případě může být inverze nad dnem sníženiny vzduchem stékajícím ze svahů vyživována.

Ve zkoumaném území dochází zřejmě ke vtékání studeného vzduchu ze svahů do jezera studeného vzduchu na dně sníženin Věstonické a Mušovské brány, což potvrzují výrazné lomy nočních poklesů teploty na úpatních stanicích č. I, VIII, X a XI.

4.4.1. Rozložení teploty přízemní vrstvy atmosféry ve stanoveném profilu při výskytu typu A na svahových a úpatních stanicích

V další etapě práce jsem zjišťoval, jaký je průběh teploty na stanicích jednoho svahového profilu v době lomu nočního poklesu teploty typu A. Vývoj teplot na svahu jsem sledoval ve dnech, kdy noční lom teploty zaznamenaly stanice úpatní a kdy stanice svahové odděleně. V této části práce jsem tedy bral na zřetel výši teploty na jednotlivých stanicích.

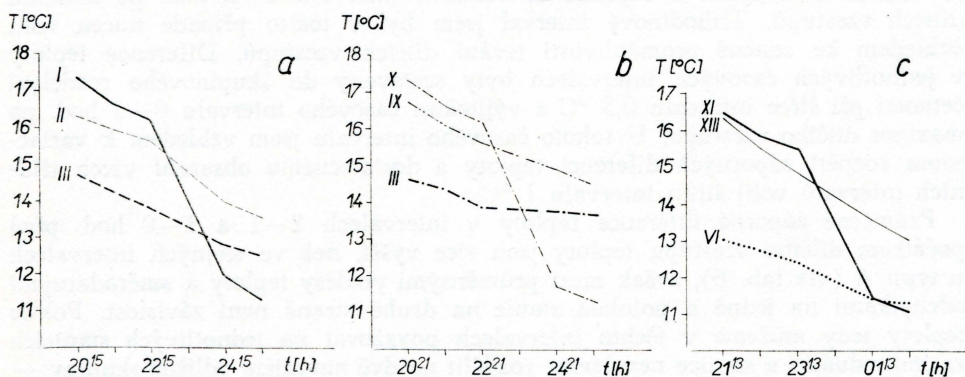
Rozložení teploty v přízemní vrstvě atmosféry mezi úpatními a vrcholovými částmi svahů je značně složité. Je podmíněno vzájemnými kombinacemi ve výskytu jednotlivých typů nepravidelných nočních poklesů teploty a jejich velkou časovou variabilitou na stanicích jednoho svahového profilu. Z toho důvodu jsem prováděl rozbor rozložení teploty na svazích pouze porovnáním křivek průměrných poklesů teploty ze stejného časového úseku, jako v předchozí části práce. Pro tento rozbor jsem zvolil svahy, v jejichž profilu se nachází jak úpatní,

tak svahová stanice (severovýchodní a jihovýchodní svah Děvina, západní svah Stolové hory).

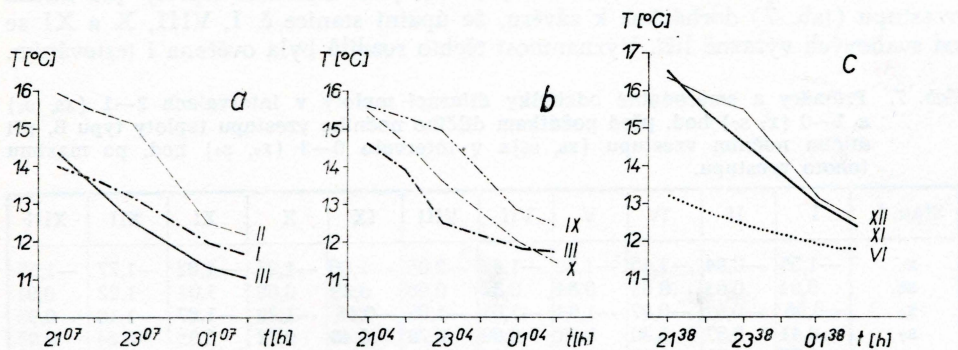
Před lomem nočního poklesu teploty typu A na úpatních stanicích je pro rozložení teploty v blízkosti svahů charakteristický její pokles s nadm. výškou (obr. 7). Od okamžiku lomu dochází k postupné změně rozložení teploty. Na úpatí svahů teplota intenzivně klesá, takže na úpatních stanicích je brzy po lomu v porovnání se stanicemi svahovými a vrcholovými nejnižší. Střední části svahů jsou relativně nejteplejší, což odpovídá rozložení teploty typickému pro teplou svahovou zónu.

Po lomu nočního poklesu teploty na svahových stanicích č. II, IX a XII nedochází k tak intenzivnímu ochlazení, jako na stanicích úpatních (obr. 8). Už před lomem poklesu teploty odpovídá rozdělení teploty na svahu teplé svahové zóně. Lomem je však toto rozdělení teploty zeslabeno.

Vzhledem k úrovni teploty na jednotlivých stanicích před lomem poklesu teploty typu A je zřejmé, že intenzivnější pokles teploty po lomech na úpatních stanicích je podmíněn vyšší teplotou na těchto stanicích v okamžiku lomu. Na-



7. Křivky průměrného nočního poklesu teploty na stanicích umístěných v profilu sv. svahu Děvina (a), jv. svahu Děvina (b) a z. svahu Stolové hory (c) při lomech typu A na úpatních stanicích. [T (°C) — teplota vzduchu; t (h) — čas. Stupnice času je volena vzhledem k průměrnému času lomu.]



8. Křivky průměrného nočního poklesu teploty na stanicích umístěných v profilu sv. svahu Děvina (a), jv. svahu Děvina (b) a z. svahu Stolové hory (c) při lomech typu A na svahových stanicích. [T (°C) — teplota vzduchu; t (h) — čas. Stupnice času je volena vzhledem k průměrnému času lomu.]

víc lze předpokládat, že se stékající studený vzduch ochlazuje tím více, čím déle je ve styku s ochlazeným povrchem svahu, což závisí na délce svahu a nepřímo tedy i na převýšení svahů nad stanicemi. Dodatečné ochlazení stékajícího vzduchu bude tedy na úpatí svahů větší než v jejich středních částech. Závislost mezi velikostí poklesu teploty na lomech typu A a úhlem sklonu nebyla ve zkoumaném území zjištěna.

Podle vysokých hodnot směrodatných odchylek poklesů teploty na úpatních stanicích č. I, VIII, X a XI lze v souvislosti s předchozí úvahou předpokládat, že ke stékání studeného vzduchu k úpatí svahů dochází z různých částí svahů lišících se nadmořskou výškou. Tím je podmíněn rozdílný pokles teploty v jednotlivých případech a tedy i vysoká hodnota směrodatných odchylek.

4.5. Rozbor dílčích nočních vzestupů teploty typu B

Aanalýzu nepravidelných nočních poklesů teploty typu B jsem prováděl obdobně jako u typu A. V první části jsem sledoval záporné diference teploty v intervalech 2—1 a 1—0 hod. před počátkem dílčích nočních vzestupů teploty, zvýšení teploty při dílčích vzestupech a záporné diference v intervalu 0—3 hod. po maximum dílčích vzestupů. Tříhodinový interval jsem byl v tomto případě nucen volit vzhledem ke značné proměnlivosti trvání dílčích vzestupů. Diference teploty v jednotlivých časových intervalech byly sestaveny do skupinového rozdělení četností při šířce intervalu 0,5 °C s výjimkou časového intervalu 0—3 hod. po maximum dílčího vzestupu. U tohoto časového intervalu jsem vzhledem k variačnímu rozpětí záporných diferencí teploty a dostatečnému obsazení všech třídních intervalů volil šířku intervalu 1 °C.

Průměrné záporné diference teploty v intervalech 2—1 a 1—0 hod. před počátkem dílčího vzestupu teploty jsou sice vyšší, než ve stejných intervalech u typu A (viz tab. 6), avšak mezi průměrnými poklesy teploty a směrodatnými odchylkami na jedné a polohou stanic na druhé straně není závislost. Pokles teploty tedy můžeme v těchto intervalech považovat na jednotlivých stanicích za individuální a stanice nemůžeme rozdělit na dvě navzájem odlišné skupiny — stanice svahové a úpatní. Rozdíly směrodatných odchylek a průměrů diferencí teploty byly ověřeny F-testem a t-testem na téže hladině významnosti a při téže nulové hypotéze, jako při testování významnosti rozdílů směrodatných odchylek a průměrů záporných diferencí teploty typu A.

Porovnáním průměrů a směrodatných odchylek diferencí teploty při dílčím vzestupu (tab. 7) docházíme k závěru, že úpatní stanice č. I, VIII, X a XI se od svahových výrazně liší. Významnost těchto rozdílů byla ověřena i testováním.

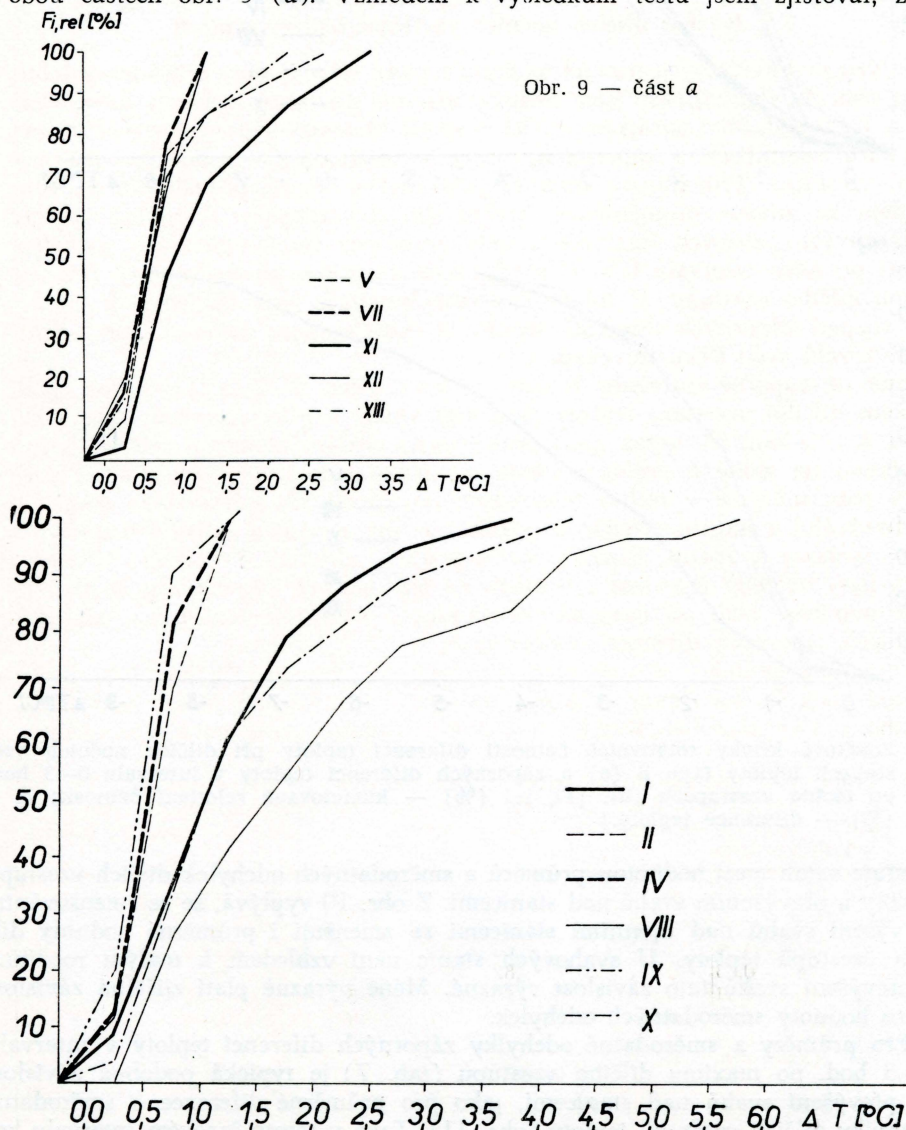
Tab. 7. Průměry a směrodatné odchylky diferencí teploty v intervalech 2—1 (x_6, s_6) a 1—0 (x_7, s_7) hod. před počátkem dílčího nočního vzestupu teploty typu B, při dílčím nočním vzestupu (x_8, s_8) a v intervalu 0—3 (x_9, s_9) hod. po maximum tohoto vzestupu.

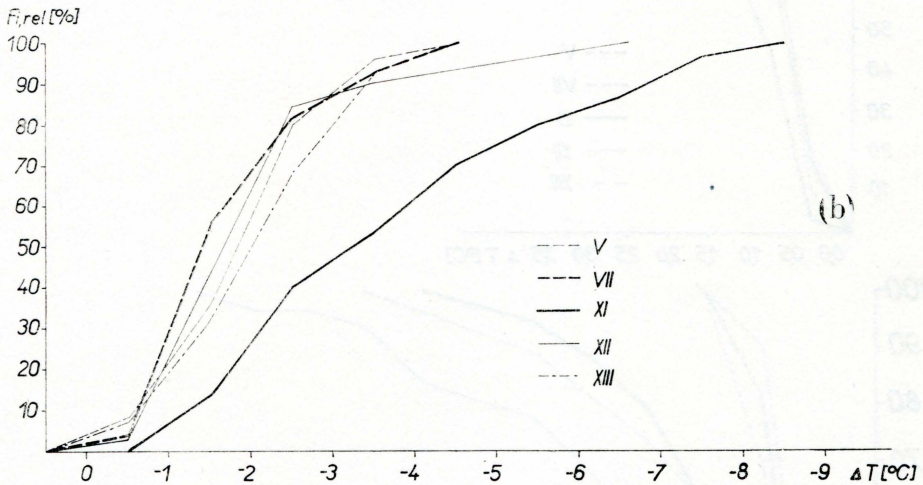
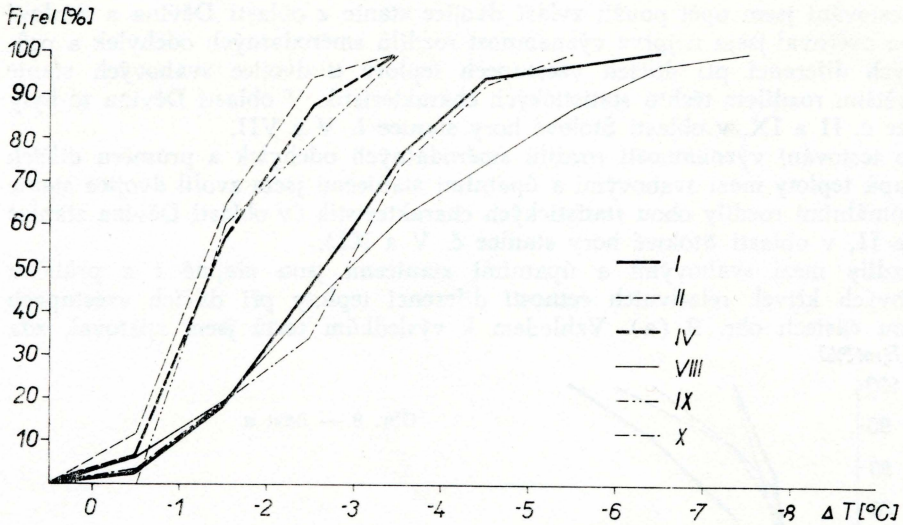
Stan. č.	I	II	IV	V	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
x_6	-1,55	-0,94	-1,15	-1,35	-1,62	-2,05	-1,00	-1,28	-1,62	-1,77	-1,55
s_6	0,94	0,63	0,65	0,84	0,82	0,90	0,99	0,69	1,01	1,22	0,91
x_7	-0,96	-0,91	-0,97	-1,33	-1,01	-1,05	-0,65	-1,39	-1,67	-1,10	-0,99
s_7	0,41	0,57	0,40	0,71	0,69	0,76	0,46	0,72	0,95	0,54	0,65
x_8	1,38	0,79	0,73	0,89	0,73	2,05	0,65	1,55	1,33	0,77	0,89
s_8	0,83	0,28	0,24	0,59	0,28	1,36	0,22	0,99	0,79	0,32	0,52
x_9	-3,18	-1,74	-1,95	-1,70	-1,69	-3,61	-2,05	-3,22	-2,99	-1,72	-1,60
s_9	1,24	0,69	0,74	0,90	0,68	1,81	0,75	1,22	1,66	0,71	0,71

Pro testování jsem opět použil zvláště dvojice stanic z oblasti Děvína a Stolové hory a ověřoval jsem nejprve významnost rozdílů směrodatných odchylek a průměrných diferencí při dílčích vzestupech teploty u dvojice svahových stanic s největším rozdílem těchto statistických charakteristik. V oblasti Děvína to byly stanice č. II a IX, v oblasti Stolové hory stanice č. V a VII.

Pro testování významnosti rozdílů směrodatných odchylek a průměru dílčích vzestupů teploty mezi svahovými a úpatními stanicemi jsem zvolil dvojice stanic s minimálními rozdíly obou statistických charakteristik (v oblasti Děvína stanice č. I a II, v oblasti Stolové hory stanice č. V a XI).

Rozdíly mezi svahovými a úpatními stanicemi jsou zřejmé i z průběhu součtových křivek relativních četností diferencí teploty při dílčích vzestupech v obou částech obr. 9 (a). Vzhledem k výsledkům testů jsem zjišťoval, zda

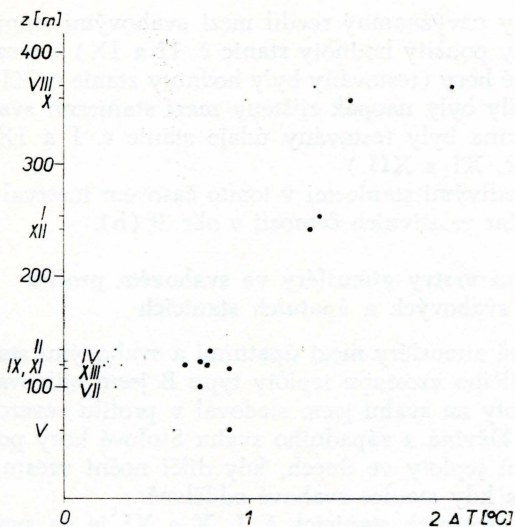




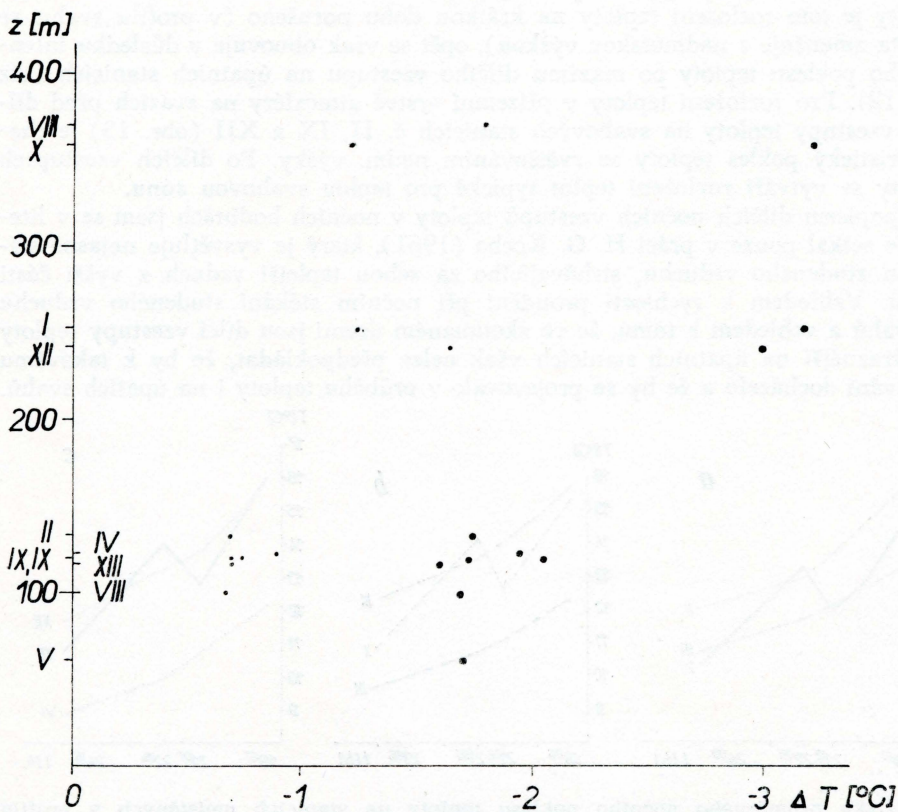
9. Součtové křivky relativních četností diferencí teploty při dílčích nočních vzestupech teploty typu B (a) a záporných diferencí teploty v intervalu 0—3 hod. po těchto vzestupech (b). [F_i , rel (%) — kumulované relativní četnosti; ΔT ($^{\circ}\text{C}$) — diference teploty.]

existuje vztah mezi hodnotou průměru a směrodatných odchylek dílčích vzestupů teploty a převýšením svahů nad stanicemi. Z obr. 10 vyplývá, že se zmenšováním převýšení svahů nad úpatními stanicemi se zmenšují i průměrné hodnoty dílčích vzestupů teploty. U svahových stanic není vzhledem k malým rozdílům v převýšení svahů tato závislost výrazná. Méně výrazně platí zjištěná závislost i pro hodnoty směrodatných odchylek.

Pro průměry a směrodatné odchylky záporných diferencí teploty v intervalu 0—3 hod. po maximu dílčího vzestupu (tab. 7) je typická podobná závislost na převýšení svahů nad stanicemi, jako pro průměrné diference a směrodatné odchylky dílčích vzestupů teploty (obr. 11). Také v tomto časovém intervalu byl



10. Závislost průměrů (●) a směrodatných odchylek (°) dílčích nočních vzestupů teploty typu B na převýšení svahů nad stanicemi. [z m — převýšení svahů; ΔT (°C) — průměrné difference teploty.]



11. Závislost průměrů (●) a směrodatných odchylek (°) záporných diferencí teploty v intervalu 0—3 hod. po maximum dílčích nočních vzestupů teploty typu B na převýšení svahů nad stanicemi. [z m — převýšení svahů; ΔT (°C) — průměrné difference teploty.]

F-testem a t-testem ověřen statisticky nevýznamný rozdíl mezi svahovými stanicemi v oblasti Děvína (k testům byly použity hodnoty stanic č. II a IX) a mezi svahovými stanicemi v oblasti Stolové hory (testovány byly hodnoty stanic č. XII a XIII). Statisticky významné rozdíly byly naopak zjištěny mezi stanicemi svahovými a úpatními. (V oblasti Děvína byly testovány údaje stanic č. I a IX, v oblasti Stolové hory údaje stanic č. XI a XII.)

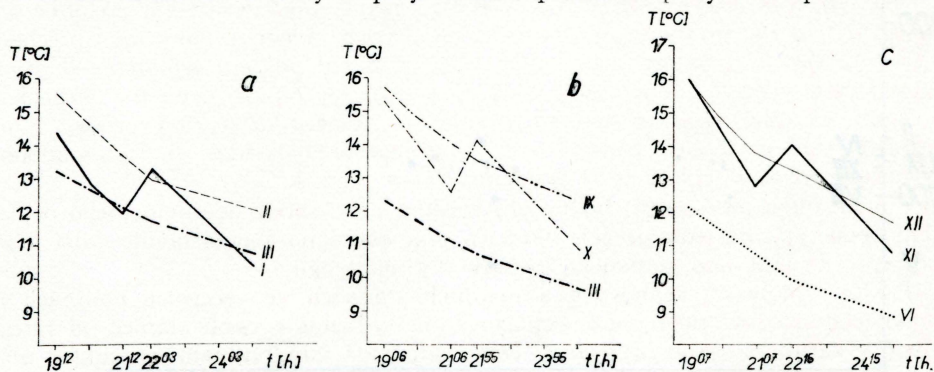
Rozdílů poklesů teploty mezi jednotlivými stanicemi v tomto časovém intervalu jsou patrné i z průběhu součtových čar relativních četností v obr. 9 (b).

4.5.1. Rozložení teploty přízemní vrstvy atmosféry ve svahovém profilu při výskytu typu B na svahových a úpatních stanicích

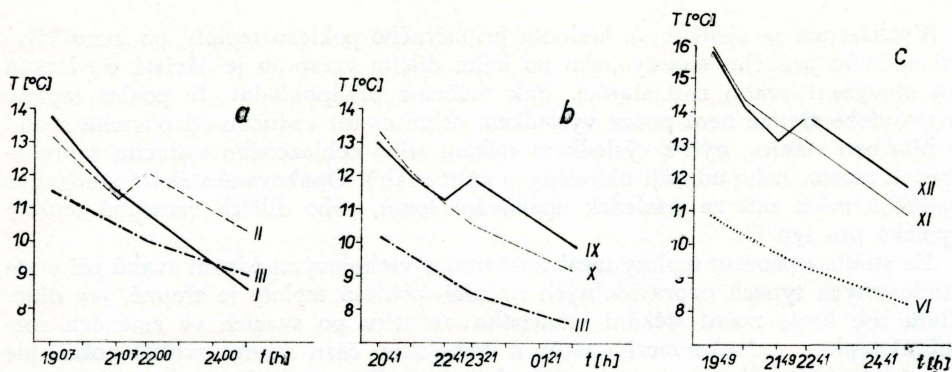
Rozložení teploty v přízemní vrstvě atmosféry mezi úpatními a svahovými stanicemi jednotlivých svahů v době dílčího vzestupu teploty typu B jsem zjišťoval obdobně, jako u typu A. Vývoj teploty na svahu jsem sledoval v profilu severovýchodního a jihovýchodního svahu Děvína a západního svahu Stolové hory porovnáním křivek průměrných poklesů teploty ve dnech, kdy dílčí noční vzestup teploty zaznamenaly stanice úpatní a kdy stanice svahové odděleně.

Před dílčím vzestupem teploty na úpatních stanicích č. I, X a XI je na svazích rozložení teploty typické pro teplou svahovou zónu. Při dílčím vzestupu teploty je toto rozložení teploty na krátkou dobu porušeno (v profilu svahu se teplota zmenšuje s nadmořskou výškou), opět se však obnovuje v důsledku intenzivního poklesu teploty po maximu dílčího vzestupu na úpatních stanicích (viz obr. 12). Pro rozložení teploty v přízemní vrstvě atmosféry na svazích před dílčími vzestupy teploty na svahových stanicích č. II, IX a XII (obr. 13) je charakteristický pokles teploty se zvětšováním nadm. výšky. Po dílčích vzestupech teploty se vytváří rozložení teplot typické pro teplou svahovou zónu.

S popisem dílčích nočních vzestupů teploty v nočních hodinách jsem se v literatuře setkal pouze v práci H. G. Kocha (1961), který je vysvětluje nejasně stékáním studeného vzduchu, strhávajícího za sebou teplejší vzduch z vyšší části svahu. Vzhledem k rychlosti proudění při nočním stékání studeného vzduchu ze svahů a vzhledem k tomu, že ve zkoumaném území jsou dílčí vzestupy teploty nejvýraznější na úpatních stanicích však nelze předpokládat, že by k takovému strhávání docházelo a že by se projevovalo v průběhu teploty i na úpatních svahů.



12. Křivky průměrného nočního poklesu teploty na stanicích umístěných v profilu sv. svahu Děvína (a), jv. svahu Děvína (b) a z. svahu Stolové hory (c) při dílčích vzestupech teploty typu B na úpatních stanicích. [T (°C) — teplota vzduchu; t (h) — čas. Stupnice času je volena vzhledem k průměrnému času počátku a maxima dílčího vzestupu.]



13. Křivky průměrného nočního poklesu teploty na stanicích umístěných v profilu sv. svahu Děvína (a), jv. svahu Děvína (b) a z. svahu Stolové hory (c) při dílčích vzestupech teploty typu B na svahových stanicích. [T ($^{\circ}\text{C}$) — teplota vzduchu; t (h) — čas. Stupnice času je volena vzhledem k průměrnému času počátku a maxima dílčího vzestupu.

5. Závěr

Na základě zjištěných vlastností nepravidelných nočních poklesů teploty typu A a B je možno konstatovat, že oba typy mají řadu společných znaků a že je můžeme podle charakteru změn teploty v čase rozdělit na tři základní úseky. Pro první je typický individuální pokles teploty bez výrazné závislosti na převýšení svahů nad stanicemi. Druhý je typický buď velmi malým poklesem teploty, při kterém jsou rozdíly mezi stanicemi bez zřetele na jejich polohu bezvýznamné (u typu A), nebo jejím dílčím vzestupem, jehož průměrná hodnota závisí na převýšení svahů nad stanicemi. Třetí úsek se vyznačuje intenzivním poklesem teploty, jehož průměrná hodnota závisí na převýšení svahů nad stanicemi. Podle významnosti rozdílů průměrných poklesů teploty na jednotlivých stanicích je možno v tomto časovém úseku rozlišovat mezi skupinou stanic svahových s poměrně malým průměrným poklesem teploty a skupinou stanic úpatních s průměrnými poklesy teploty podstatně většími.

Můžeme tedy předpokládat, že jak typ A, tak B jsou výsledkem podobné geneze nočního stékání studeného vzduchu po svazích. Svědčí o tom i řada přechodných variant mezi oběma typy (např. dílčí ukončení poklesu teploty před prudkým lomem typu A, nebo velmi malé dílčí vzestupy teploty typu B). Vzhledem k tomu, že dílčí vzestupy teploty začínají v průměru dříve, než prudké lomy nočních poklesů teploty (tab. 4 a 5), můžeme předpokládat, že jsou obdobou zmenšení poklesu teploty před prudkými lomy typu A.

Použití obou testů se při hodnocení rozdílu, nebo shody nepravidelného ochlazení obou typů na jednotlivých stanicích plně osvědčilo a představuje další možnost pro využití této statistické metody v klimatologii.

Pokles teploty na svahových a úpatních stanicích ve večerních hodinách je pravděpodobně ovlivněn pouze ochlazením vzduchu v okolí stanice od intenzivně vyzařujícího povrchu svahu. Tomu odpovídá i individuální charakter průměrného poklesu teploty na jednotlivých stanicích v této době. Jakmile začne ochlazený vzduch stékat ze své původní polohy, je zde nahrazován vzduchem ze sousedních částí svahů. Zvětšení výměny je pravděpodobně příčinou zmenšení poklesu teploty před prudkým lomem u typu A, nebo může vést i k dílčímu vzestupu teploty u typu B.

Vycházejme ze zjištění, že hodnota průměrného poklesu teploty po lomu křivky nočního průběhu teploty nebo po jejím dílčím vzestupu je závislá především na převýšení svahu nad stanicí. Pak můžeme předpokládat, že pokles teploty v této době zřejmě není pouze výsledkem ochlazování vzduchu od povrchu svahu v blízkosti stanice, nýbrž výsledkem stékání silně ochlazeného vzduchu z vrcholových plošin, nebo mírněji ukloněných částí svahů. Opakované stékání studeného vzduchu může mít za následek opakování lomů, nebo dílčích vzestupů teploty typické pro typ C.

Ze studia rozložení teploty mezi úpatními a vrcholovými částmi svahů při obou studovaných typech nepravidelných nočních poklesů teploty je zřejmé, jak důležitou roli hraje noční stékání studeného vzduchu po svazích ve změnách rozložení teploty vzduchu mezi úpatím a vrcholovou částí svahu, zvláště pokud jde o tvorbu teplé svahové zóny. Je však třeba si uvědomit, že jsme při studovaných změnách rozložení teploty v přízemní vrstvě vzduchu na svazích vycházeli pouze z částí průměrných křivek nočních poklesů teploty vybraných vzhledem k výskytu typů A a B na svahových a úpatních stanicích. Při výskytu nepravidelných nočních poklesů teploty typu C, nebo při kombinaci jednotlivých typů na stanicích jedného svahového profilu bude rozložení teploty v atmosféře přílehlající ke svahům daleko komplikovanější.

Literatura

- AICHELE H. (1953): Kaltluftpulsationen, Met. Rundsch., Bd. 6, 53—54.
- BERG H. (1951): Kleinmeteorologische Messungen im Hohen Venn, Zeit. f. Met., Bd. 5, 229—235.
- DEFANT F. (1949): Zur Theorie der Hangwinde, nebst Bemerkungen zur Theorie der Berg- u. Talwinde, Arch. f. Met. (A), Bd. 1, 421—450.
- DEMEK J. a kol. (1970): Závěrečná zpráva dílčího úkolu Státního plánu badatelského výzkumu A III-0-1/1 — Fyzickogeografická rajonizace, 1. verze, kap. Geomorfologické jednotky ČSR, str. 11, Brno 1970.
- GEIGER R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht, F. Vieveg & Sohn, Braunschweig 1961, 422—425.
- HORÁK J. (1966): Beitrag zur Erforschung der mikroklimatischen Verhältnisse von Pavlovské kopce (Pollauer Berge) in Südmähren, Sbor. VŠZ v Brně, roč. 35, 196—233.
- HROMÁDKA J. (1956): Orografické třídění Československé republiky, Sbor. ČSSZ, roč. 56, str. 265, 273.
- KOCH H. G. (1961): Die warme Hangzone, Zeit. f. Met., Bd. 15, 151—171.
- KOLÁČEK F. (1933): Pavlovský kraj, Spisy vydávané Přírodověd. fak. Masarykovy university, rok 1933, č. 177, 1—6.
- KÜTTNER J. (1949): Periodische Luftlawinen, Met. Rdsch., Bd. 2, 183—184.
- LEHMANN P. (1953): Abkühlung und Erwärmung im Nächtlichen Kaltluftfluß, Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone, Bd. 6, Nr. 38, 113—116.
- NOSEK M. (1972): Metody v klimatologii, Academia, Praha 1972, 128—130.
- PELZL E. (1957): Geographie — Gelände- und Mikroklimakunde, Lehrbriefe für das Fernstudium der Oberstufenlehrer, Hochschule Potsdam 1957, 89—93.
- PROŠEK P. (1967): Metody topoklimatologického výzkumu. Písemná práce k odb. kandidátské zkoušce, Katedra geografie na přírodovědecké fakultě UJEP v Brně, Brno 1967, 48—58.
- REISENAUER R. (1970): Metody matematické statistiky a jejich aplikace v technice, PRÁCE-SNTL, Praha 1970, 68—86.
- SAPOŽNIKOVÁ S. A. (1952): Mikroklíma a místní klíma, nakl. Brázda, Praha 1952, 139—142.
- SCHMAUSS A. (1951): Über Luftlawinen, Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone, Bd. 4, Nr. 31, 14—16.
- SCHNELLE F. (1963): Frostschutz im Pflanzenbau, Bd. 1, BLV Verlagsgesellschaft München, Wien, Basel, München, 1963, 152—187.
- VORONCOV P. A. (1960): Aerologičeskije issledovanija pograničnogo sloja atmosfery. Gidromet. izdat., Leningrad 1960, 178—179, 373, 429—430.

DER UNREGELMÄSSIGE VERLAUF DER NÄCHTLICHEN ABKÜHLUNG IN DER BODENNAHEN ATMOSPHERE IM WESTLICHEN TEIL DER POLLAUER BERGE

In der Einleitung dieses Artikels wird das Relief des Forschungsgebiets und das Netz den Geländeklimastationen beschrieben (siehe Abb. 1). Der westliche Teil der Pollauer Berge ist durch große Höhenunterschiede (rund 350 m) auf kleinem Gebiet charakteristisch. Hier sind also sehr starke Geländeeinflüsse auf den Tagesgang der Temperatur zu erwarten.

Im Forschungsgebiet wurden 13 Geländeklimastationen angebracht — jede Station wurde mit einer Kleinhütte (wo Thermograph, Hygrograph und Augustsksychrometer in der Höhe 1,5 m über der Oberfläche untergebracht wurde) ausgestattet.

Aus der Thermographregistrierungen wurde festgestellt, daß die unregelmäßigen nächtlichen Abkühlungen den Hang- und Bergfußstationen sehr häufig sind und daß man diese in 3 Grundtypen verteilen kann (siehe Abb. 2).

Für den A-Typ ist die steile Brechung der Temperaturabnahme charakteristisch. Vor dieser Brechung ist die Temperaturabnahme wesentlich vermindert.

Bei dem B-Typ ist bemerkenswert, daß nach der ununterbrochenen Temperaturabnahme in den Abendstunden die Teilzunahme stattfindet. Nach dieser Zunahme folgt steile Temperaturabnahme.

Der C-Typ ist ähnlich den beiden vorigen. Der Unterschied zwischen diesem Typ und beiden vorigen Typen liegt in der Wiederholung der Unregelmäßigkeiten, die für A- und B-Typen charakteristisch sind.

Die unregelmäßige Temperaturabnahme bei der nächtlichen Abkühlung sind in dem Forschungsgebiet durch den nächtlichen Kaltluftfluß von den Hängen bedingt.

In diesem Artikel analysiere ich nur die A- und B-Typen. In dem ersten Teil bewerte ich nur die Form der nächtlichen Temperaturkurve ohne Berücksichtigung der Temperaturhöhe. Mit der Anwendung der Häufigkeitstatistik wurden bei dem A-Typ die Stundentemperaturdifferenzen aus den Zeitabschnitten 3—2, 2—1 und 1—0 Stunden vor der Brechung, sowie 0—2 und 2—3 Stunden nach der Brechung der Temperaturabnahme behandelt. Gleichartig wurde auch der B-Typ bearbeitet. In diesem Fall wurden aber die Temperaturunterschiede in den Zeitabschnitten 2—1 und 1—0 Stunden vor, während, und 0—3 Stunden nach der Teilzunahme behandelt.

Die Mittelwertunterschiede und die Unterschiede der Standardabweichungen der Temperaturdifferenzen aus einzigen Zeitabschnitten zwischen einzelnen Stationen wurden durch die Signifikanzprüfung nach dem F- und t-Test überprüft.

Auf Grund der Analyse der beiden unregelmäßigen Temperaturabnahmetypen können wir beide für den Effekt der ähnlichen Entwicklung des nächtlichen Hängekaltluftflusses halten. Aber die Tatsache, daß zwischen den beiden Typen eine Reihe von Übergangsvarianten steht, bezeugt diesen Schluß. Die Temperaturabnahme in den Abendstunden auf den Hang- und Bergfußstationen ist sichtbar durch die nächtliche Abkühlung der bodennahen Luft von der Hangoberfläche beeinflusst. In den Stunden vor der Brechung, oder vor der Teilzunahme ist deshalb die Temperaturabnahme auf einzelnen Stationen individual. Sobald diese abgekühlte Luft aus ihrem Ursprungsort herausfließen beginnt, strömt die Luft aus der Umgebung wahrscheinlich auf ihre Stelle. Die Austauscherrhöhung führt zur Verminderung, oder sogar zur Teilzunahme der Temperaturabnahme.

Die starke Temperaturabnahme nach der Brechung, oder nach dem Maximalwert der Teilzunahme, ist höchstwahrscheinlich durch mächtigen Kaltluftfluß aus Gipfelplateaus, oder aus den hochgelegenen mäßigen Hangteilene bedingt.

Im zweiten Teils dieses Artikels befasste ich mich mit diesen Typen vom Standpunkt der Temperaturverteilung in dem Hangprofil. Zu diesem Zweck wurden die Kurven der mittleren Temperaturabnahme auf den Stationen, welche in einem Hangprofil lokalisiert wurden, bei dem Auftreten des A-, oder B-Typen auf den Hang-, oder Bergfußstationen, benützt. Dabei habe ich festgestellt, daß der nächtliche Kaltluftfluß in bodennaher Atmosphäre eine bedeutende Rolle für die Temperaturverteilung auf dem Hang spielt und zum Entstehen der warmen Hangzone führt.

Text zu den Abbildungen:

1. Das Netz der Geländeklimastationen im westlichen Teil der Pollauer Berge. (Δ 549 — die Höhenpunkte; \bullet XII — die Geländeklimastationen.)
2. Drei Haupttypen der unregelmäßigen nächtlichen Abkühlung aus den Thermographregistrierungen auf den Geländeklimastationen VIII (1, 4) und XI (2, 3.)

3. Die Extrembrechungen der nächtlichen Temperaturabnahme des A-Typs. (Für bessere Vergleichung einzelner Brechungen ist der Maßstab der Temperatur- (T) und Zeitskala (t) relativ.)
4. Die Kurven der mittleren nächtlichen Temperaturabnahme des A-Typs. (Die Temperatur- (T) und Zeitskala ist für bessere Vergleichung einzelner Stationen relativ.)
5. Die relative Häufigkeitsverteilung der negativen Temperaturdifferenzen in den Zeitabschnitten 3—2 (a), 2—1 (b) und 1—0 (c) Stunden vor der Brechung der nächtlichen Temperaturabnahme des A-Typs und in den Zeitabschnitten 0—2 (d) und 2—3 (e) Stunden nach dieser Brechung. (Fi, rel. [%] — relative Kumulativhäufigkeit; T [°C] — Temperaturdifferenz.)
6. Die Abhängigkeit der Temperaturmittel (●) und der Standardabweichungen (°) der negativen Temperaturdifferenzen in dem Zeitabschnitt 0—2 Stunden nach der Brechung der nächtlichen Temperaturabnahme des A-Typs auf der Hangüberhöhung über den Stationen. z [m] — Hangüberhöhung; ΔT [°C] — mittlere Temperaturdifferenz.)
7. Die Kurven der mittleren nächtlichen Temperaturabnahme auf den Stationen, die in dem NE-Hangprofil von Dėvín(a), dem SE-Hangprofil von Dėvín(b) und in dem W-Hangprofil von Stolov hora(c) liegen, bei der Brechung des A-Typs auf den Bergfu Stationen. (T [°C] — die Lufttemperatur; t [h] — die Zeit. Die Zeitskala ist mit Rücksicht auf die mittlere Brechungszeit gewählt.)
8. Die Kurven der mittleren nächtlichen Temperaturabnahme auf den Stationen, die in dem NE-Hangprofil von Dėvín(a), in dem SE-Hangprofil von Dėvín(b) und in dem W-Hangprofil von Stolov hora liegen, bei der Brechung des A-Typs auf den Hangstationen. (T [°C] — Lufttemperatur; t [h] — Zeit. Die Zeitskala ist mit Rücksicht auf die mittlere Brechungszeit gewählt.)
9. Die relative Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen bei der nächtlichen Temperaturteilzunahme des B-Typs(a) und der negativen Temperaturdifferenzen in dem Zeitabschnitt 0—3 Stunden nach dieser Teilzunahme(b). (Fi, rel [%] — die relative Kumulativhufigkeit; T [°C] — Temperaturdifferenz.)
10. Die Abhängigkeit der Temperaturmittel (●) und der Standardabweichungen (°) der nächtlichen Temperaturteilzunahme des B-Typs auf der Hangüberhöhung über den Stationen. (z [m] — Hangüberhöhung; T [°C] — mittlere Temperaturdifferenz.)
11. Die Abhängigkeit der Temperaturmittel (●) und der Standardabweichungen (°) der negativen Temperaturdifferenzen in dem Zeitabschnitt 0—3 Stunden nach dem Maximum der nächtlichen Temperaturteilzunahme des B-Typs auf der Hangüberhöhung über den Stationen. (z [m] — Hangüberhöhung; ΔT [°C] — mittlere Temperaturdifferenz.)
12. Die Kurven der mittleren nächtlichen Temperaturabnahme auf den Stationen, die in dem NE-Hangprofil von Dėvín(a), in dem SE-Hangprofil von Dėvín(b) und in dem W-Hangprofil von Stolov hora liegen, bei der Temperaturteilzunahme des B-Typs auf den Bergfu Stationen. (T [°C] — Lufttemperatur; t [h] Zeit. Die Zeitskala ist mit Rücksicht auf die mittlere Zeit des Anfangs und des Maximums der Temperaturteilzunahme gewählt.)
13. Die Kurven der mittleren nächtlichen Temperaturabnahme auf den Stationen, die in dem NE-Hangprofil von Dėvín(a), in dem SE-Hangprofil von Dėvín(b) und in dem W-Hangprofil von Stolov hora liegen, bei der Temperaturteilzunahme des B-Typs auf den Hangstationen. (T [°C] — Lufttemperatur; t [h] — Zeit. Die Zeitskala ist mit Rücksicht auf die mittlere Zeit des Anfangs und des Maximums der Temperaturteilzunahme gewählt.)