

VLIV EXTRÉMNÍCH POKLESŮ TEPLoty VZDUCHU NA TEPLOTNÍ POMĚRY SMRKOVÉHO POROSTU

Klára Kamlerová

Summary

Effect of extreme air temperature on temperature conditions of a Norway spruce stand.

The change in temperature conditions can become an important factor affecting tree species in the future. In connection with thinning down of crowns and potential decrease in canopy density, it is possible to suppose changes in the vertical temperature profile of stands and increase in ground temperatures. The aim of the paper was, therefore, to characterize the vertical stratification of air temperature in the profile of a stand, to analyse effect of extreme air temperature on temperature conditions of a Norway spruce stand. Air temperature was measured in an experimental forest site, the Dražanská vysočina Upland about 3 km west of the village of Němčice. Its position is given by coordinates 49°26' N, 16°41' E and altitude about 620 m. According to the climatological classification of the CR, the research plot is situated in the MT7 region. The measurement was carried out in a spruce stand (25 m x 25 m) of the second generation (age 24 years) on a site of originally mixed stands. In 1978, 3-year-old seedlings of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) were planted at a spacing of 2.5 m x 2 m. Since the time, no tending measures were carried out there. In the vertical profile of the stand, air temperatures were measured by platinum thermometers Pt100 (EMS Brno) at a height of 0.3, 2, 4, 7.5, 10 and 14.5 m above the ground. A ten-minute mean from one-minute readings was recorded into the MiniCube (EMS Brno) automatic central. Based on the data, the daily air temperature mean was calculated. The lowest daily air temperatures were measured in the region of tree crowns at a height of 7.5 m, the highest in the region of crown tops at a level of 10 m above the soil surface. The smallest amplitude of air temperature was found in the proximity of the soil surface at a height of 0.3 m, or above the stand on the level of measurement of 14.5 m above the soil surface, the highest one in the region of crown tops (10 m).

Úvod

Pro rostliny je teplota prostředí v němž žijí a jehož klimatické podmínky svou přítomností a životními ději spoluvytvářejí, jedním ze základních faktorů mikroklimatických poměrů. V souvislosti s očekávanou změnou teplotních poměrů v budoucnu, s možným prořezáváním korun a snížením zápoje porostů lze předpokládat změnu vertikálního teplotního profilu porostů a zvyšování přízemních teplot (Vinš et al. 1996). Cílem tohoto příspěvku je proto charakterizovat vertikální zvrstvení teploty vzduchu v mladém smrkovém porostu a postihnout vliv extrémních poklesů teplot vzduchu na změnu teplotních poměrů

tohoto porostu.

Materiál a metodika

Pro zhodnocení vlivu extrémních změn teploty vzduchu na teplotní poměry v mladých smrkových porostech vrchovinné oblasti na stanovišti původně smíšených porostů jsme měřili teplotu vzduchu ve vertikálním profilu 24-letého porostu smrku ztepilého druhé generace na Dražanské vrchovině. Výzkumná plocha se nachází asi 3 km západně od obce Němčice. Její poloha je určena souřadnicemi 49°26' severní šířky, 16°41' východní délky a nadmořskou výškou cca 620 m n.m. Podle klimatologické klasifikace podnebí ČR (Quitt 1971) leží vý-

zkumná plocha v oblasti MT7.

Z komplexu porostů na výzkumné ploše byla naše pozornost zaměřena na plně zapojený, nevychovávaný díl (25 x 25m) porostu smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.), který byl založen v roce 1978 ve sponu 2,5 x 2m a od doby vzniku zde nebyl proveden žádný výchovný zásah (podrobněji Janíček 1990). Zastoupení jednotlivých tloušťkových tříd všech živých smrků rostoucích na hodnoceném dílu je na obr. 1, rozložení biomasy jehličí ve vertikálním profilu porostu (Kučera et al. 2002) na obr. 2.

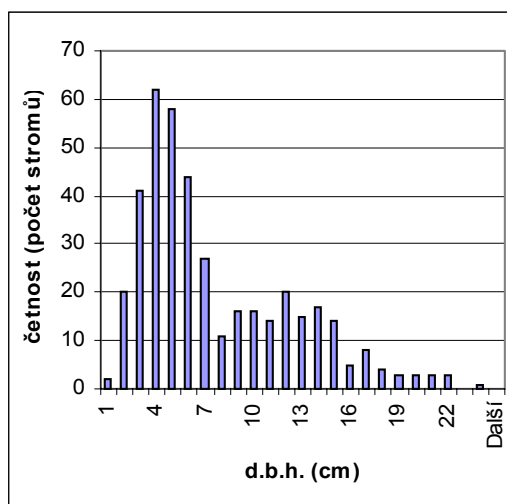
Teplota vzduchu ve vertikálním profilu porostu byla měřena platinovými teploměry Pt100 (EMS Brno), které byly umístěny ve výškách 14,5m, 10m, 7,5m, 4m, 2m a 0,3m nad povrchem půdy. Do automatické ústředny MiniCube (EMS Brno) byl zapisován pro uvedené hladiny měření desetiminutový průměr (T_a) z jednodominutových čtení okamžitých

hodnot teploty vzduchu. Průměrná denní teplota vzduchu (T_{ad}) pro příslušnou výšku měření byla počítána jako průměr všech hodnot T_a daného dne.

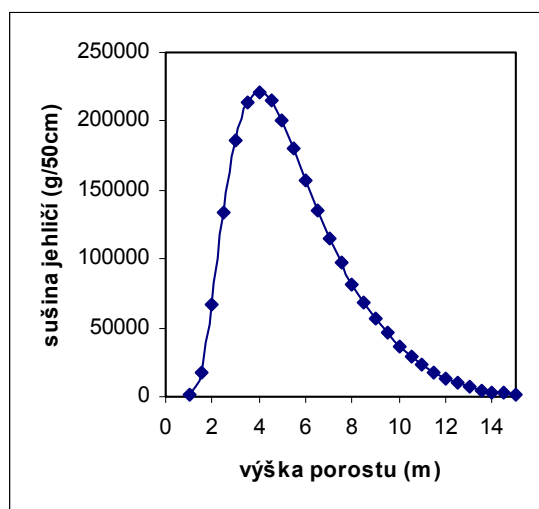
Výběr hodnocených dnů byl podmíněn splněním těchto kritérií: stejný průběh počasí (typ povětrnostní situace) spojený s poklesem teploty vzduchu, stejná a co nejnižší T_{ad} nad porostem (ve výšce 14,5m), kompletnost dat.

Výsledky a diskuse

Ve vertikálním profilu porostu se rozložení teploty vzduchu výrazně mění v závislosti na jednotlivých povětrnostních situacích (Rožnovský, Tomášková 1996, Hurtalová, Rožnovský 1999, Kamlarová 2002). Pro charakteristiku vertikálního zvrstvení teploty vzduchu ve smrkovém porostu proto byly vybrány dny, které splňují uvedená kritéria (tab. 1, 2), a to 25.prosinec 2002 a 1.leden 2003 (obr. 3).



Obr. 1. Zastoupení tloušťkových tříd smrků na hodnoceném dílu v roce 2002.



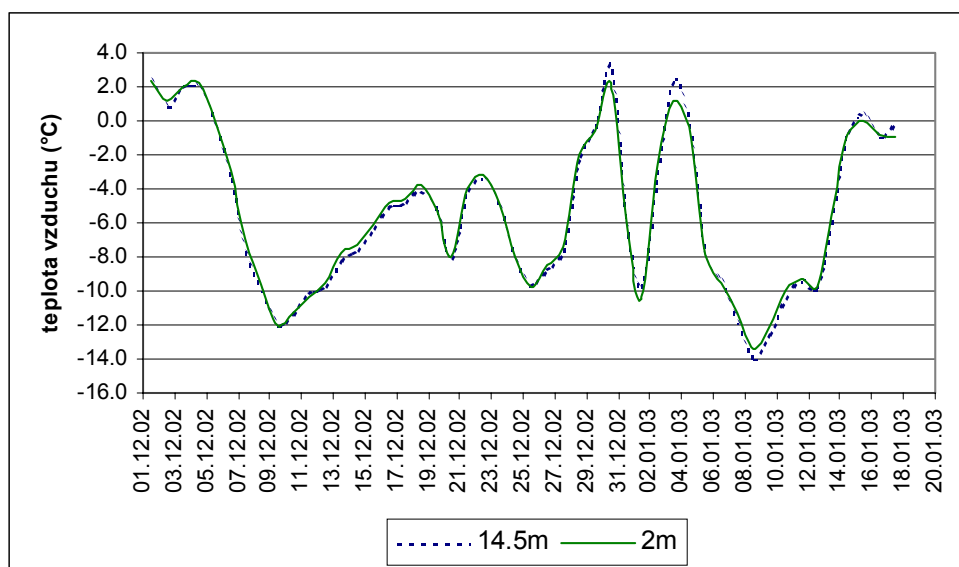
Obr. 2. Rozložení biomasy jehličí ve vertikálním profilu porostu v roce 2002.

Tab. 1. Typy povětrnostních situací na území ČR v poslední dekádě prosince 2002.

prosinec 2002	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
situace	Ap ₃	Vfz	Vfz	Vfz	SEa	SEa	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Vfz	Vfz

Tab. 2. Průměrné denní teploty vzduchu (T_{ad}) pro vybrané dny a jednotlivé hladiny měření.

T_{ad} (°C)	Ta 14.5m	Ta 10m	Ta 7,5m	Ta 4m	Ta 2m	Ta 0.3m
20.12.02	-8.1	-8.0	-8.2	-8.0	-8.0	-8.0
21.12.02	-4.1	-3.9	-4.1	-4.0	-4.0	-4.0
22.12.02	-3.4	-3.2	-3.3	-3.1	-3.2	-3.2
23.12.02	-5.0	-4.9	-5.0	-4.8	-4.8	-4.8
24.12.02	-8.2	-8.0	-8.1	-7.9	-7.9	-7.9
25.12.02	-9.7	-9.5	-9.8	-9.7	-9.7	-9.6
26.12.02	-8.8	-8.6	-8.7	-8.5	-8.5	-8.4
27.12.02	-7.6	-7.4	-7.5	-7.3	-7.4	-7.3
28.12.02	-2.1	-2.0	-2.1	-2.0	-2.1	-2.2
29.12.02	-0.3	-0.4	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7
30.12.02	3.1	3.0	2.7	2.5	2.1	0.9
31.12.02	-6.8	-6.7	-6.8	-6.4	-6.2	-6.1
01.01.03	-9.7	-9.7	-10.6	-10.5	-10.4	-10.1
02.01.03	-3.0	-2.8	-2.8	-2.7	-2.8	-2.8
03.01.03	2.4	1.8	1.5	1.5	1.2	0.5
04.01.03	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.3	-0.7
05.01.03	-8.2	-8.1	-8.4	-8.0	-7.8	-7.5



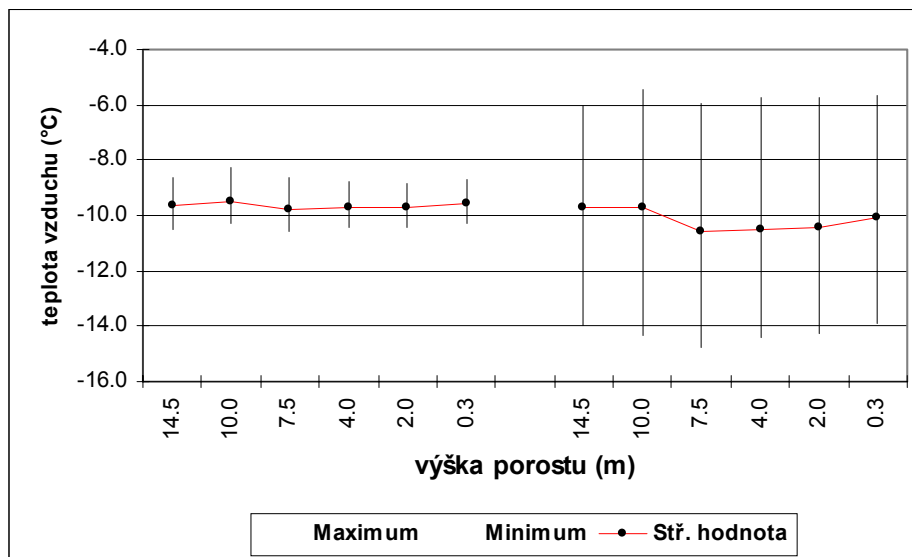
Obr. 3. Chod průměrných denních teplot vzduchu na hladinách měření 14,5 a 2,0m v porostu smrku ztepilého ve vybraných dnech.

Z přehledu průměrných denních teplot vzduchu (T_{ad}) pro jednotlivé hladiny měření (tab. 2) je patrné, že oba hodno-

cené dny mají srovnatelné vertikální zvrstvení T_{ad} . Teplota vzduchu od povrchu půdy s výškou klesá až k nejnižší

hodnotě na hladině měření 7,5m ($-9,8^{\circ}\text{C}$ pro 25.12.02 a $-10,6^{\circ}\text{C}$ pro 1.1.03). Ve této výšce (7,5m nad povrchem půdy) dosahuje množství sušiny biomasy jehličí v profilu koruny 83% z celkové biomasy jehličí ve vertikálním profilu porostu a v oblasti vrcholů korun (tj. cca ve výšce 10m nad povrchem půdy), dosahuje již 95% z celkové biomasy jehličí v porostu. Mezi hladinou měření 7,5m a 10m dochází ke zvýšení průměrných denních teplot vzduchu až o $0,9^{\circ}\text{C}$ (pro 1.1.03). S vyšší výškou měření (14,5m) se *Tad* mění již jen minimálně (o $0,2^{\circ}\text{C}$ pro 25.12.02 a o $0,0^{\circ}\text{C}$ pro 1.1.03). Denní průměry teploty vzduchu uvnitř porostu (7,5m) tak byly v hodnocených dnech nižší než nad korunami stromů (14,5m) nebo naopak u povrchu půdy (0,3m). Nejvyšších hodnot teploty vzduchu bylo ve shodě s Sapožnikovová (1952), Petrik et al. (1986), Kamlerová, Kučera (2002) aj. dosahováno na povrchu korun (10m nad povrchem půdy).

Pro podrobnější charakteristiku vertikálního zvrstvení teploty vzduchu v mladém smrkovém porostu byly do grafu doplněny maximální a minimální teploty vzduchu na jednotlivých hladinách měření (obr. 4). Rozdíl v denních amplitudách je zcela zřetelný. Shodně pro oba dny byly největší amplitudy teploty vzduchu v oblasti korunových vršků na hladině měření 10m ($2,0^{\circ}\text{C}$ pro 25.12.02 a $8,9^{\circ}\text{C}$ pro 1.1.03). Nejmenší amplituda naopak byla u povrchu půdy ve výšce 0,3m pro 25.12.02 ($1,6^{\circ}\text{C}$) či nad porostem ve výšce 14,5m pro 1.1.03 ($7,9^{\circ}\text{C}$). K obdobným výsledkům došel také Matějka et al. (2000). Ten uvádí (pro 16-letý smrkový porost, průměrná výška cca 6m, hustota porostu 2600 stromů/hektar), že denní amplituda teploty vzduchu byla vyšší na úrovni průměrné výšky stromů než nad porostem. Základní statistické zpracování teploty vzduchu (*Ta*) na jednotlivých hladinách měření je v tab. 3.



Obr. 4. Vertikální zvrstvení průměrné denní teploty vzduchu, denního maxima a minima v hodnocených dnech.

Tab. 3. Základní statistika teploty vzduchu (T_a) pro hodnocené dny a jednotlivé hladiny měření.

Ta (°C)	Ta 14.5m	Ta 10m	Ta 7.5m	Ta 4m	Ta 2m	Ta 0.3m
25.12.2002						
Stř. hodnota	-9.7	-9.5	-9.8	-9.7	-9.7	-9.6
Chyba stř. hodnoty	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Směr. odchylka	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
Rozptyl výběru	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
Špičatost	-1.2	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6
Šikmost	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2
Rozdíl max-min	1.9	2.0	2.0	1.7	1.6	1.6
Minimum	-10.5	-10.3	-10.6	-10.5	-10.5	-10.3
Maximum	-8.6	-8.3	-8.6	-8.8	-8.8	-8.7
1.1.2003						
Stř. hodnota	-9.7	-9.7	-10.6	-10.5	-10.4	-10.1
Chyba stř. hodnoty	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
Směr. odchylka	2.6	3.0	2.8	2.8	2.7	2.6
Rozptyl výběru	7.0	9.1	8.1	7.8	7.2	6.8
Špičatost	-1.5	-1.5	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4
Šikmost	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	-0.1
Rozdíl max-min	7.9	8.9	8.8	8.7	8.5	8.3
Minimum	-14.0	-14.4	-14.7	-14.4	-14.3	-13.9
Maximum	-6.0	-5.4	-6.0	-5.7	-5.8	-5.6

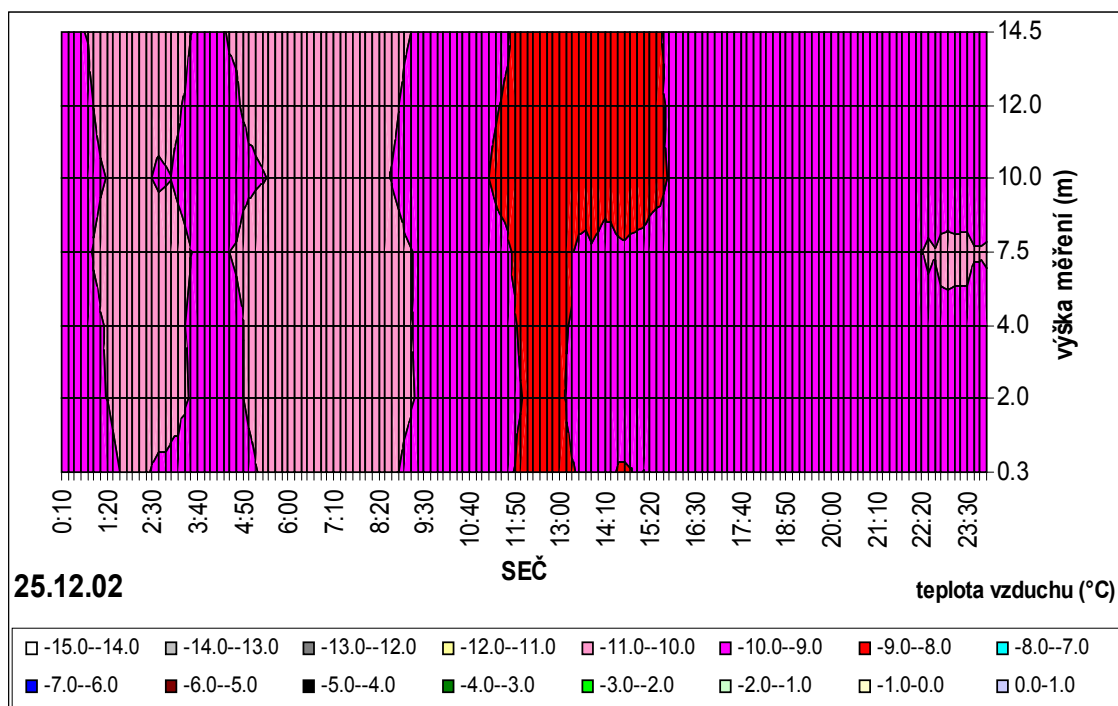
Změny vertikálního zvrstvení teploty vzduchu v čase (10 minutový interval) pro hodnocené dny jsou dobře patrné z grafů, na kterých jsou znázorněny izotermy s rozlišením 1,0 °C. Během celého dne 25.12.02 (obr.5) se teplotní poměry ve vertikálním profilu porostu měnily v mezích do 2°C (v daném čase max 2 barvy ve vertikálním profilu). K největším změnám teploty vzduchu s výškou měření v porostu docházelo jednak mezi 0,3 a 2,0m nad povrchem půdy (v průběhu celého dne), jednak mezi 7,5 a 10m nad povrchem půdy (nejmarkantněji kolem poledne).

Pestřejší rozložení teploty vzduchu ve vertikálním profilu mladého smrkového porostu je popisováno na příkladu dne 1.1.03 (obr. 6). Teplotní poměry porostu se také v tomto případě formovaly v závislosti na povětrnostní situaci (vchod frontální zóny – Vfz přes naše území, tj. situace spojená s výběžky vyššího tlaku vzduchu, které byly tvořeny studeným vzduchem) a již od předchozího dne se uvnitř porostu v oblasti korun

(7,5m) utvářela místa s nižšími teplotami vzduchu (-14 až -13°C) vzhledem k ostatnímu profilu porostu (-13 až -12°C). Mezi 3 a 8 hod ranní 1.1.03 byly v celém vertikálním profilu porostu zaznamenány vůbec nejnižší teploty vzduchu pro tento den (hodnoty viz. statistický přehled). Po východu slunce (8:00 SEČ) se začala zvyšovat teplota vzduchu nad porostem (14,5m) a v oblasti korunových vršků (10m), zatímco uvnitř porostu se stále udržoval vzduch v noci ochlazený (teploty v rozmezí -11 až -10°C). Nižší teploty vzduchu oproti zbývající části vertikálního profilu porostu se nejdéle udržovaly na hladině měření 2m. Kolem 10 hodiny, kdy se začal ohřívat i korunový prostor, byly v oblasti korunových vršků (10m) teploty vzduchu dokonce vyšší než nad porostem (14,5m). Ve vertikálním profilu porostu tak byl rozdíl teplot až 4,1°C (např. 11:10 SEČ -5,6°C (hladina měření 10m) a -9,7°C (hladina měření 2m) aj.). Nejvyšší T_a pro tento den byla naměřená na hladině měření 10m, a to -5,4°C (13:30 SEČ). Odpo-

ledne teplota vzduchu postupně klesala v celém vertikálním profilu, po západu Slunce (15:50 SEČ) se korunový prostor i oblast nad ním rychle ochlazovali. V noci se ve vertikálním profilu vytvořilo teplotní zvrstvení blízké inverzi. Každé rostlinné společenstvo si vytváří vlastní

porostní mikroklima a jak uvádí Sapožniková (1952), Smolen, Matejka (1982), Grace et al. (1987) aj., odlišné teplotní poměry uvnitř porostu se vytvářejí zadržováním slunečního záření korunami stromů a aktivním povrchem v lesních porostech je úroveň stromů.

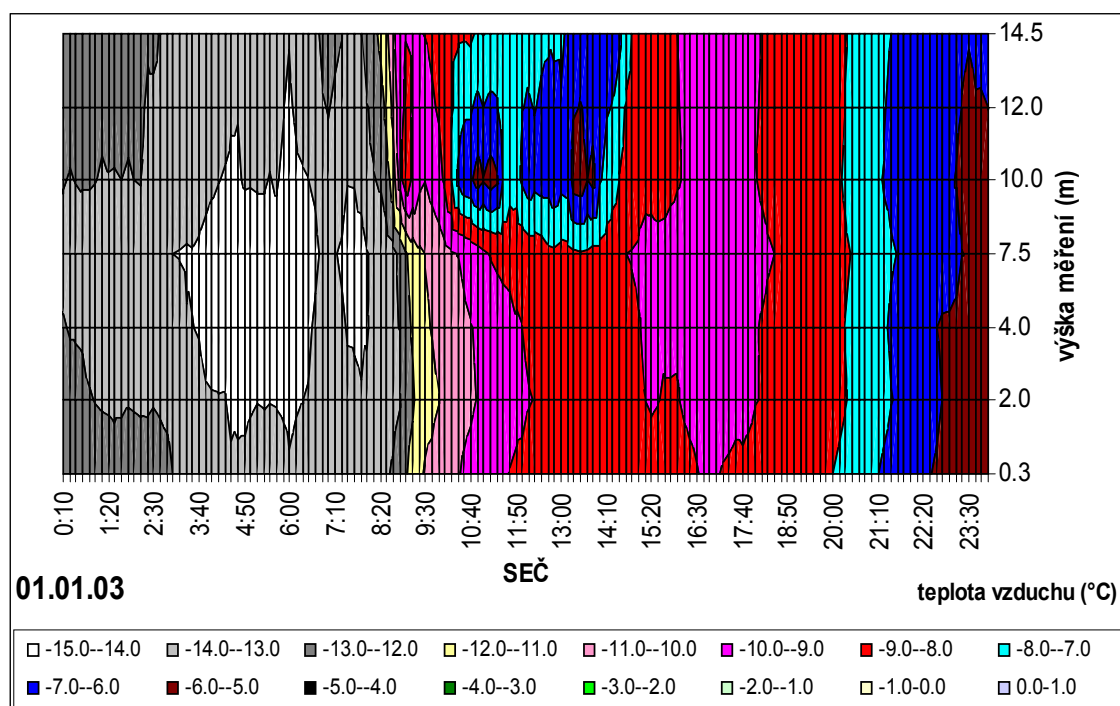


Obr. 5. Změny vertikálního zvrstvení teploty vzduchu ve smrkovém porostu v čase (10 minutový interval) pro 25.12.02.

Závěr

Hodnocené dny mají srovnatelné vertikální zvrstvení průměrných denních teplot vzduchu, kdy teplota vzduchu od povrchu půdy s výškou klesá až k nejnižší hodnotě na hladině měření 7,5m. Ve této výšce dosahuje množství sušiny biomasy jehličí v profilu koruny 83% z celkové biomasy jehličí ve vertikálním profilu porostu. Mezi hladinou měření 7,5m a 10m dochází ke zvýšení průměrných denních teplot vzduchu až o 0,9°C, s vyšší výškou měření se průměrná denní teplota vzduchu mění již jen minimálně. Denní průměry teploty vzduchu uvnitř porostu (7,5m) tak byly v hod-

nocených dnech nižší než nad korunami stromů (14,5m) nebo naopak u povrchu půdy (0,3m). Nejvyšších hodnot teploty vzduchu bylo dosahováno na povrchu korun (10m nad povrchem půdy). Shodně pro oba dny byly největší amplitudy teploty vzduchu v oblasti korunových vršků na hladině měření 10m. Nejmenší amplituda naopak byla u povrchu půdy ve výšce 0,3m nebo nad porostem ve výšce 14,5m. Odlišné teplotní poměry uvnitř porostu se vytvářejí zadržováním slunečního záření korunami stromů, aktivním povrchem v lesních porostech je úroveň stromů. Dokonale zapojený smrkový porost měl zmírňující účinek na teplotní výkyvy.



Obr. 6. Změny vertikálního zvrstvení teploty vzduchu ve smrkovém porostu v čase (10 minutový interval) pro 1.1.03.

Poděkování

Tato publikace byla vypracována s finanční podporou GA ČR, projekt 526/01/D079.

Literatura

- Grace, J.C., Jarvis, P.G., Norman, J.M., 1987: Modelling the interception of solar radiant energy in intensively managed stands. *New Zealand Journal of Forest Science*, 17: 193-209.
- Hurtalová, T., Rožnovský, J., 1999: Vertical stratification of air temperature in the layer affected by spruce forest. *Contr. Geophys. Inst. SAS, Ser. Meteorol.*, 19: 63-74.
- Janiček, R., 1990: Analýza struktury a vývoj populace smrku na zalesněné pasece. Závěrečná zpráva. Brno, VŠZ: 27 pp.
- Kamlerová, K., 2002: Teplotní poměry vrstvy vzduchu ovlivněné smrkovým porostem. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds.), XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference "Bioklima-prostředí-hospodářství". Lednice na Moravě 2.-4. 9. 2002, ČBS. CD: 154-160.
- Kamlerová, K., Kučera, J., 2002: Air temperature distribution in the vertical profile of a spruce stand. In: Hurtalová, T. et al. (eds.), Xth International Poster Day "Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy-Atmosphere". Bratislava 28.11.2002, IH-SAS / GPI-SAS. CD: 214-218.

- Kučera, J. et al., 2002: Vertical profile of needle biomass and penetration of radiation through the spruce stand. *Ekológia (Bratislava)*, 21, Supplement 1: 107-121.
- Matejka, F. et al., 2000: Vplyv mladého smrekového porastu na príľahlú vrstvu vzduchu. Bratislava, Polygrafia SAV: 92 pp.
- Petrík, M. et al., 1986: *Lesnícka bioklimatológia*. Bratislava, Príroda: 352 pp.
- Quitt, E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Brno, Geografický ústav: 84 pp.
- Rožnovský, J., Tomášková, K., 1996: Vertikální stratifikace meteorologických prvků ve smrkovém porostu. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pōda-rastlina-atmosféra. Bratislava, SAV: 102.
- Sapožnikovová, S.A., 1952: *Mikroklima a místní klima*. Praha, Brázda: 260 pp.
- Smolen, F., Matejka, F., 1982: Vertical stratification of air temperature in the production space of oak-hornbeam forest (in Slovak). *Ecology*, 1, 1: 25-36.
- Vinš, B. et al., 1996: Dopady možné změny klimatu na lesy v České republice. Národní klimatický program ČR. Praha, ČHMÚ, 19: 135 pp.