

VLIV OČEKÁVANÝCH ZMĚN KLIMATU NA POTENCIÁLNÍ RŮSTOVÉ PODMÍNKY LESNÍCH POROSTŮ NA ÚZEMÍ DRAHANSKÉ VRCHOVINY V ČASOVÉM HORIZONTU 2050

Pavel Hadaš

Summary:

Impact of anticipated climatic changes on the potential growth conditions of forest stands in the Drahanská vrchovina Upland at a time horizon until 2050

Effect of anticipated climatic changes in the Drahanská vrchovina Upland at a time horizon until 2050 and of their influence on the potential growth conditions of forest stands was carried out with using output data from HadCM2 global climatic model. The assessment of potential forest stand growth conditions dwells on the climate and site parameters. Climatic parameters used are those with a greater influence on the condition and development of physiological processes in forest stands, i.e. environment temperature and water amount. Highly important for the growth conditions of woody species are also extreme climate oscillations – i.e. the annual course of temperature and precipitation parameters. Therefore, derivations were made of daily precipitation totals, average daily temperatures, and extreme air temperatures – absolute minima and maxima. The derived daily data were further processed as monthly averages and sums, and according to respective definitions as frost-, ice-, summer- and tropical day numbers, and days of rainless period of time (a minimum number of 5 subsequent days without any precipitation – as a drought characteristic). The mentioned characteristics are derived for the Drahanská vrchovina Upland in altitudinal vegetation zones 4, 3 and 2 for a time horizon until 2050, and compared with the normal period 1961-1990.

Abstrakt:

Pro hodnocení vlivu očekávaných klimatických poměrů Drahanské vrchoviny (území PLO 30) v časovém horizontu 2050 a jejich vlivu na potenciálních růstové podmínky lesních porostů byly použity výstupy globálního klimatického modelu HadCM2. Hodnocení potenciálních růstových podmínek lesních porostů se opírá o parametry klimatu a stanoviště. Z klimatických parametrů jsou použity ty, které podstatnou měrou ovlivňují stav a vývoj fyziologických procesů lesních porostů, tzn. teplota prostředí a množství vody. Z hlediska růstových podmínek dřevin mají velký význam rovněž extrémní výkyvy klimatu, respektive roční chod parametrů teplot a srážek. Proto jsou rovněž odvozeny denní úhrny srážek, průměrné denní a extrémní hodnoty teploty vzduchu – absolutní minima, maxima. Odvozená denní data byla dále zpracována ve formě měsíčních průměrů resp. úhrnů a dle příslušných definic ve formě počtu mrazových, ledových, letních, tropických dnů, počtu dnů bezsrážkového období (počet minimálně 5 dnů jdoucích za sebou, během kterých se nevyskytly žádné srážky – jako charakteristiku sucha). Uvedené charakteristiky jsou odvozeny pro území Drahanské vrchoviny v rámci 4., 3. a 2. lesního vegetačního pro časový horizont 2050 a jsou porovnávány s normálovým obdobím 1961-90.

Úvod

Pro hodnocení vlivu očekávaných klimatických poměrů Drahanské vrchoviny (dále jako PLO 30) v časovém horizontu 2050 a jejich vlivu na potenciálních růstové podmínky lesních porostů byly použity dva klimatické modely HadCM2 a ECHAM4. Jak uvádí Kalvová (2000) použité

klimatické modely pro scénáře změny klimatu na území ČR - HadCM2 a ECHAM4 byly vybrány na základě objektivní metody multikriteriálního hodnocení (kritéria: prostorové rozložení teploty vzduchu, termická kontinentalita, roční chod teploty vzduchu, prostorové rozložení ročních úhrnů atmosférických srážek, roční chod atmosférických srážek, roční chod průměrných měsíčních rych-

lostí větru, roční chod tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře). V rámci použitých modelů HadCM2 a ECHAM4 se uvažují tyto scénáře vývoje CO₂. Pesimistický s vysokou citlivostí klimatu na výrazný růst CO₂ (SRES-A2) a optimistický s nízkou citlivostí klimatu na mírný růst CO₂ (SRES-B1). Ve zvolených scénářích se odráží stav a očekávaný vývoj problémů socioekonomické sféry v měřítku planety Země, které budou mít přímý i nepřímý vliv na globální i regionální stav klimatického systému.

Metodika

Hodnocení potenciálních růstových podmínek lesních porostů se opírá o parametry klimatu a stanoviště. Z klimatických parametrů jsou použity

ty, které podstatnou měrou ovlivňují stav a vývoj fyziologických procesů lesních porostů, tzn. teplota prostředí a množství vody. V rámci stanovištních parametrů je použita nadmořská výška. Tyto parametry jsou součástí kritérií, které vymezují prostorovou polohu lesních vegetačních stupňů (dále jako LVS) na zemském povrchu. Z klimatických kritérií jsou použity průměrné roční teploty vzduchu, roční úhrny srážek a délka vegetačního období. Klimatické charakteristiky definující LVS byly převzaty od Zlatníka (1977) a ÚHUL. Kritéria délky vegetačního období byly použity podle od Ambrose (1992). Délka vegetačního období je hodnocena na základě počtu dnů s průměrnou denní teplotou $\geq 8^{\circ}\text{C}$. Hodnoty jednotlivých parametrů charakterizujících LVS jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Kritéria parametrů charakterizující lesní vegetační stupně (délka vegetačního období je podle Ambrose (1992))

LVS	Prům. roční teplota °C	Roční úhrn srážek mm	Délka veg. období Dny	Nadm. výška m
1. dubový	> 8.00	< 600	180 - 200	< 320
2. bukodubový	7.5 - 8.0	600 - 650	160 - 180	320-400
3. dubobukový	6.5 - 7.5	650 - 700	150 - 170	400-550
4. bukový	6.0 - 6.5	700 - 800	140 - 160	550-600
5. jedlobukový	5.5 - 6.0	800 - 900	130 - 145	600-700
6. smrkobukový	4.5 - 5.5	900 - 1050	108 - 130	700-900
7. bukosmrkový	4.0 - 4.5	1050 - 1200	100 - 120	900-1050
8. smrkový	2.5 - 4.0	1200 - 1500	60 - 100	1050-1350
9. klečový	< 2.5	> 1500	< 60	> 1350

Odvození meteorologických parametrů

Jak naznačuje tabulka 1, je metodika hodnocení vlivu očekávaných změn klimatu na potenciální růstové podmínky lesních porostů založena na prostorovém odvození příslušných klimatických parametrů. Metoda výpočtu klimatických parametrů spočívá v tom, že prostorové změny měřených hodnot meteorologických parametrů (např. denní, měsíční průměrné teploty, úhrny srážek atd.) z klimatologických a srážkoměrných stanic byly pomocí orografické interpolace převedeny do sítě gridů, reprezentující reliéf studovaného území. Orografická interpolace je založena na systému polynomických funkcí, pomocí kterých se vyjadřuje závislost použitých meteorologických parametrů na nadmořské výšce. Je zřejmé, že polynomické funkce aproximují sledovanou závislost vždy

z určitou odchylkou residua od naměřené hodnoty v místě stanice. Pro zvýšení přesnosti jsou odvozená residua hodnot klimatických parametrů stanic pomocí metody inverze vzdáleností interpolovány do souřadnic sítě gridů (resp. referenčních bodů). Interpolace residuí představuje horizontální interpolaci a jejím výsledkem je zvýšení nebo snížení vypočítané hodnoty příslušného klimatického parametru podle systému polynomických funkcí v příslušném gridu.

Prvním krokem metodického přístupu je definování pravidelné i nepravidelné sítě gridů, které v rámci zvoleného měřítka s určitou přesností reprezentují reliéf studovaného území. Pro studijní území PLO 30 bylo definováno celkem 2913 gridů. Každý grid je definován zeměpisnými souřadnicemi – zeměpisnou délkou, šířkou a nadmořskou výškou. Pomocí výše uvedeného postupu lze pro libovolný počet gridů (i

jeden grid) odvodit potřebné klimatické parametry. Na základě kritérií jednotlivých LVS (viz tabulka 1) a odvozených klimatických parametrů jsou každému gridu přiřazeny konkrétní LVS. Tímto postupem získáme prostorové rozložení LVS studovaného území.

Při posuzování změn prostorového rozložení LVS se uplatňovaly průměrné roční hodnoty teplot, srážek, a délka vegetačního období. Avšak z hlediska růstových podmínek dřevin mají velký význam rovněž extrémní výkyvy klimatu, respektive roční chod parametrů teplot a srážek. Na základě výše uvedeného postupu jsou proto rovněž odvozeny denní úhrny srážek, průměrné denní a extrémní hodnoty teploty vzduchu – absolutní minima, maxima. Odvozená denní data byla dále zpracována ve formě měsíčních průměrů resp. úhrnů a dle příslušných definic ve formě počtu mrazových, ledových, letních, tropických dnů, počtu dnů bezesrážkového období (počet minimálně 5 dnů jdoucích za sebou, během kterých se nevyskytly žádné srážky – jako charakteristiku sucha). V rámci detailnějšího hodnocení jsou pro dílčí LVS odvozeny očekávané měsíční srážkové úhrny a průměrné teploty, počty mrazových, ledových, letních, tropických dnů a počtu dnů bezesrážkového období odvozené pro časový horizont 2050 i pro stav charakterizovaný normálovým obdobím 1961-90.

Potřebná meteorologická data – denní průměry teplotních charakteristik nebo denní úhrny srážek 31 stanic pro období 1961-1990, pro časový horizont 2050 (2036-2075) v rámci scénářů ECHAM4+SRES-B1 (dále jako **scénář 01**), ECHAM4+SRES-A2 (dále jako **scénář 02**), HadCM2+SRES-B1 (dále jako **scénář 03**), HadCM2+SRES-A2 (dále jako **scénář 04**) byly poskytnuty ČHMÚ. Denní řady meteorologických prvků pro časový horizont 2050 byly získány přímou modifikací pozorovaných hodnot podle příslušného scénáře. U teploty vzduchu se jedná o rozdíl průměrných hodnot mezi obdobími 2036-2065 a 1961-1990 (tzv. aditivní změna). U atmosférických srážek se jedná o procentuální změnu, tzn. přes podíl hodnot pro období 2036-2065 k hodnotám období 1961-1990 vyjádřený v procentech (Kalvová, 2000). Období 1961-1990 představuje **výchozí stav** (tzv. klimatický normál), ke kterému se modifikuje očekávaná změna teplotních a srážkových poměrů.

Modelový scénář 04 patří do skupiny pesimistických nejvíce pravděpodobných scénářů.

Tento scénář byl proto použit jako základ pro další hodnocení potenciálních růstových podmínek např. potenciálního ohrožení lesních porostů biotickými faktory, půdních podmínek, respirace atd. Pro potřebu přehodnotit nové růstové podmínky LVS očekávané dle scénáře 04 byly stávající kritéria LVS (viz tabulka 1) upraveny na základě očekávaného růstu teplot, délky vegetačního období, poklesu atmosférických srážek a odolnostního potenciálu dřevin smrku a buku. V upravených kritériích LVS byla teplota zvýšena o 40 % z průměrného zvýšení teploty o 2.45°C (dle scénáře 04 je $\Delta t = 0.98$ °C), srážky sníženy o 40 % z průměrného snížení 6 mm (o 2.4 mm), délka vegetačního období zvýšena o 40% z průměrného zvýšení délky 29 dnů (o cca 11 dnů). Tyto změny kritérií LVS jsou pracovně označovány jako **scénář 05**.

Odvození LVS

Odvození LVS v dílčím gridu bylo provedeno pomocí substituce meteorologických parametrů. Princip substituce je založen na tom, že dílčí kritéria LVS jsou vyjádřena intervalem. Pro každý dílčí grid lze na základě odvozených hodnot klimatických parametrů (teploty, srážek, délky vegetačního období) a podle příslušných klimatických kritérií LVS vyjádřených v intervalovém rozsahu přisoudit odpovídající číslo LVS teoreticky od 1 do 9. Současně s tímto číslem se přisuzuje určitá váha, vyjádřená v %. V případě využití tří kritérií má každé klimatické kritérium váhu 0.3333. Váha kritérií v dílčím gridu se postupně sčítá. V tom LVS, ve kterém získá grid nejvyšší váhu, se přiřadí příslušné číslo LVS. V případě výskytu stejné váhy u dvou LVS (např. 0.6666 - grid lze zařadit do dvou LVS) přiřadí se gridu obě čísla LVS a vytvoří se tzv. přechodný typ LVS např. 21, 32, 43 atd..

Výsledky a diskuse

Posun LVS mezi výchozím stavem a dílčími scénáři 01-04 na území PLO 30

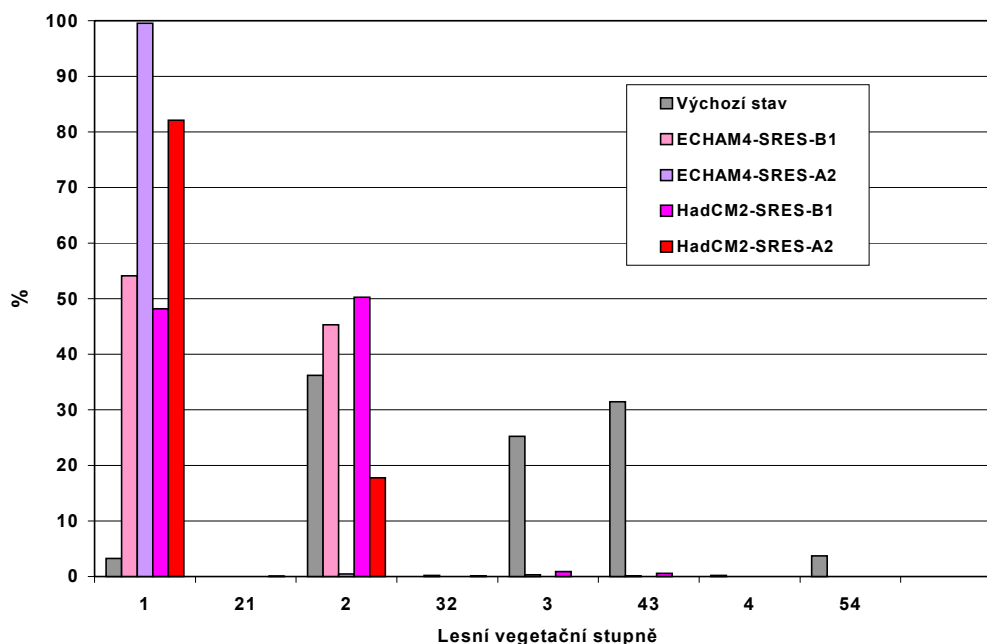
Jak se mění situaci v relativním a absolutním zastoupení LVS na území PLO 30 vlivem produkce skleníkových plynů v časovém horizontu 2050 podle pracovních scénářů 01 až 04 je shrnuto v tabulce 2 a graficky znázorněno na obrázku 1.

Tabulka 2. Počet gridů v absolutní a relativní vyjádření v LVS podle dílčích scénářů očekávaných změn klimatu na území PLO 30 Dražanská vrchovina

LVS	Východní stav 1961-90	%	Scénář 01	%	Scénář 02	%	Scénář 03	%	Scénář 04	%
1	95	3.26	1577	54.14	2900	99.55	1403	48.16	2391	82.08
21	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.03
2	1055	36.22	1319	45.28	13	0.45	1465	50.29	517	17.75
32	-	-	5	0.17	-	-	-	-	4	0.14
3	735	25.23	9	0.31	-	-	27	0.93	-	-
43	915	31.41	3	0.10	-	-	18	0.62	-	-
4	5	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
54	108	3.71	-	-	-	-	-	-	-	-

Z tabulky 2 i obrázku 1 vyplývá, že největší posun LVS nastává u scénáře 02, kde více jak 99 % gridů se přesouvá do 1. LVS, zastoupení 2. LVS se snižuje na pouhých 0.45 %. Ostatní LVS nejsou zastoupeny. Je to dáno tím, že v tomto modelovém scénáři se očekává vysoká citlivost ke klimatickým změnám, tzn. předpokládá se nejvyšší přírůstek roční průměrné teploty vzduchu o 3.01 °C a nejvyšší pokles ročního srážkového úhrnu o 0.6 %. Naopak v modelových scénářích 01 a 03 dochází k podstatně menším posunům LVS. Do 1.LVS se přesune cca 48-54% gridů. Vzhledem k výchozímu stavu se zvýší zastoupení 2.LVS cca o 9-11 %.

Výraznější změny můžeme pozorovat u 3. LVS (zastoupení se snižuje na 0.31 resp. 0.93 %) a u přechodného 43. LVS (zastoupení se snižuje na 0.10 resp. 0.62 %). Vyšší LVS (4 a vyšší stupeň), vzhledem ke klimatickým podmínkám oblast PLO 30 opouští. Nejpravděpodobnější změny v plošném rozložení LVS se očekávají u scénáře 04. Do 1. LVS přesune více jak 82 % gridů. Vzhledem k výchozímu stavu se snižuje zastoupení 2.LVS cca o téměř 18 %, zastoupení 3. LVS a 4. LVS, případně jejich přechodných variant (mimo 32), se v důsledku změn klimatu na území PLO 3 neobjevuje.

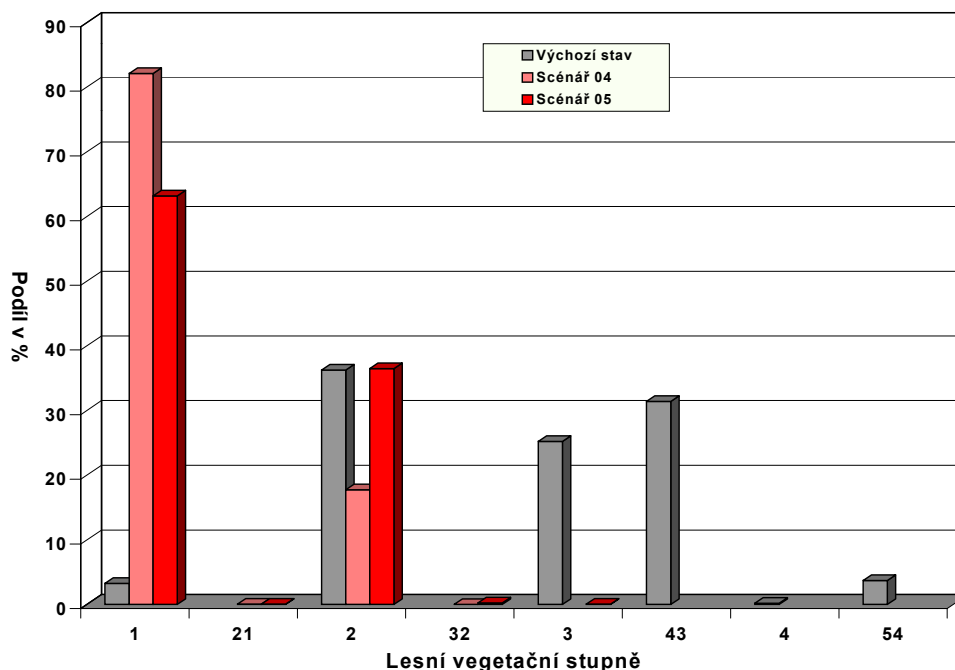


Obrázek 1. Relativní počet gridů v LVS odvozených pro výchozí stav klimatu (1961-90) a podle řad klimatických parametrů získaných přímou modifikací dílčích scénářů očekávaných změn klimatu na území PLO 30 Dražanská vrchovina.

Nové růstové podmínky dle scénáře 05

Výsledné posuny LVS pro PLO 30 podle scénáře 05 jsou znázorněny na obrázku 3. Z obrázku 3 vyplývá, že při uplatnění nových kritérií LVS v rámci scénáře 05 dochází ke zvětšení území na 37.5 % zahrnující 2. LVS na a snížení rozlohy území na 61.4 % zahrnující 1. LVS, na přechodné LVS 21, 32 a 3. LVS zůstává jen 1.1 % podíl území PLO 30. V podstatě

to znamená, že i přes předpokládanou zvýšenou odolnost dřevin v ekologických nárocích na teplo a vláhu (na vyšší teploty a nižší srážky) dochází k výstupu 1. a 2. LVS do vyšších nadmořských výšek, tzn. do lokalit, které dle výchozího stavu klimatu zabírá 3. nebo 4. LVS. I přes očekávaný vyšší odolnostní potenciál dřevin, vyvolá tato situace velký tlak na změnu druhové skladby v neprospěch smrkových porostů.



Obrázek 3. Relativní počet gridů v LVS odvozených pro výchozí stav, pro scénář 04 a pro scénář 05 (nová kritéria LVS) na území Dražanské vrchoviny.

Očekávané srážkové a teplotní poměry PLO 30 dle scénáře 04 v časovém horizontu 2050 v dílčích LVS

Úhrny srážek

Ve 2. LVS v ročním úhrnu srážky poklesnou nepatrně z 654 mm na 651 mm, více ve vegetačním období ze 425.4 mm na 402.3 mm (pokles o 23.1 mm). Větší změny se projeví v roční dynamice, největší pokles srážek v průměru cca o 14 až 8 mm nastane v měsíci srpnu a září, v červenci v průměru o 6 mm. Vzrůst srážek lze očekávat na přelomu podzimu a zimy v průměru od 9 do 3 mm, mírný růst srážek se předpokládá v jarním období až do začátku léta

v průměru od 0.6 do 2.5 mm. Změny ročního chodu srážek se nepromítají do počtu bezsrážkových období. K časovému horizontu 2050 je průměrný výskyt těchto period ve vegetačním období 3.625 dnů (stejný jako pro normál), maximální délka bezsrážkového období zůstává rovněž stejná v délce 19 dnů. Zvýší se pouze nepatrně celkový počet všech bezsrážkových dnů (bez ohledu na 5-ti denní posloupnost) ze 79.8 dnů na 80.7 dnů během vegetačního období (IV.-IX.) Absolutní hodnoty očekávaných měsíčních srážkových úhrnů 2.LVS v časovém horizontu roku 2050 a jejich odchylky od normálu (v mm) jsou uvedeny v tabulce 3.:

Tabulka 3.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
33,4	32,4	36,3	48,8	76,8	93,6	76,3	64,4	42,4	48,4	51,1	42,1	651,3	402,3
-0,5	-1,6	+1,3	+2,4	+0,6	+2,5	-6,0	-14,5	-8,1	+8,6	+4,4	+2,9	-2,6	-23,1

U **3. LVS** v ročním úhrnu srážky poklesnou nepatrně z 691 mm na 688 mm, větší pokles se projeví ve vegetačním období ze 444 mm na 419.5 mm. Výraznější změny se projeví v roční dynamice, největší pokles srážek v průměru o cca 15 a 9 mm nastane v měsíci srpnu a září, v červenci v průměru o 6 mm.. Vzrůst srážek lze očekávat na podzim až do začátku zimy v průměru od 9 do 3 mm, mírný růst srážek se předpokládá v jarním období až do začátku léta v průměru od 0.6 do 2.7 mm. Změny ročního chodu srážek se nepatrně promítají do počtu be-

zesrážkových období. K časovému horizontu 2050 se v průměru zvýší výskyt těchto period ve vegetačním období z 3.25 na 3.625 dnů, maximální délka bezesrážkového období zůstává jako v LVS 2. 19 dnů. Zvýší se pouze nepatrně celkový počet všech beze srážkových dnů (bez ohledu na 5-ti denní posloupnost) ze 76.8 dnů na 77.6 dnů během vegetačního období (IV.-IX.) Absolutní hodnoty očekávaných měsíčních srážkových úhrnů 3. LVS v časovém horizontu roku 2050 a jejich odchylky od normálu (v mm) jsou uvedeny v tabulce 4:

Tabulka 4.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
36,9	34,9	38,9	51,1	79,3	97,1	80,0	67,4	44,7	51,4	54,4	46,8	688,3	419,5
-0,5	-1,9	+1,3	+2,5	+0,6	+2,7	-6,4	-15,1	-8,6	+9,2	+4,7	+3,2	-2,8	-24,3

Ve **4. LVS** v ročním úhrnu srážky poklesnou nepatrně z 735 mm na 732 mm, více ve vegetačním období ze 466 mm na 440 mm (pokles o cca 26 mm). Větší změny se projeví v roční dynamice, největší pokles srážek v průměru cca o 14 až 8 mm nastane v měsíci srpnu a září, v červenci v průměru o 7 mm.. Vzrůst srážek lze očekávat na přelomu podzimu a zimy v průměru od cca 10 do 4 mm, mírný růst srážek se předpokládá v jarním období až do začátku léta v průměru od 0.5 do 2.7 mm. Změny ročního chodu srážek se nepromítají do počtu bezesrážkových období. K časovému horizontu

2050 je průměrný výskyt těchto period ve vegetačním období 2.375 dnů (stejný jako pro normál), maximální délka bezesrážkového období zůstává rovněž stejná v délce 19 dnů. Zvýší se pouze nepatrně celkový počet všech bezesrážkových dnů (bez ohledu na 5-ti denní posloupnost) ze 69.2 dnů na 70 dnů během vegetačního období (IV.-IX.) Absolutní hodnoty očekávaných měsíčních srážkových úhrnů 4.LVS v časovém horizontu roku 2050 a jejich odchylky od normálu (v mm) jsou uvedeny v tabulce 5.:

Tabulka 5.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
40,8	37,9	42,1	53,8	82,3	101,4	84,7	70,9	47,5	54,9	58,3	52,2	732,2	440,6
-0,6	-2,0	+1,9	+2,6	+0,5	+2,7	-7,1	-15,9	-9,0	+9,8	+5,1	+3,6	-3,0	-25,7

Teplota vzduchu

Ve **2. LVS** se průměrné roční teploty vzduchu zvýší v průměru o 2.45 °C (na 10.41 °C), teplota vegetačního období o 2.17 °C (na 16.48 °C). Z roční dynamiky vyplývá, že nejvyšší zvýšení teplot se očekává v měsíci září o 3.49 °C, dále v prosinci o 3.39 °C. Nejnižší zvýšení

teplot se očekává v jarních měsících v rozmezí od 1.36 do 1.85 °C. V ostatních měsících se pohybuje zvýšení průměrné měsíční teploty vzduchu v rozmezí 2 až 3 °C. Přehled očekávaných průměrných měsíčních teplot vzduchu a jejich kladné odchylky od normálu ve °C v 2. LVS je uveden v tabulce 6.:

Tabulka 6.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
-0,24	2,03	4,85	9,47	14,5	17,92	19,85	20,14	17,05	11,39	5,67	2,34	10,41	16,48
2,62	2,93	1,85	1,36	1,37	1,79	2,19	2,90	3,49	2,88	2,66	3,39	2,45	2,17

Je zřejmé, že tak výrazné zvýšení průměrných měsíčních teplot vzduchu se musí projevit i v rozložení extrémních teplot vzduchu. Pro hodnocení extrémních teplotních poměrů byly použity počty dnů s maximální denní teplotou ≥ 25 °C (tzv. letní den), počty dnů s maximální

denní teplotou ≥ 30 °C (tzv. tropický den), absolutní teplotní maximum, rovněž počty dnů s minimální denní teplotou ≤ -0.1 °C (tzv. mrazový den) a absolutní minimum. Očekávané hodnoty kladných teplot a jejich extrémů v 2. LVS jsou uvedeny v tabulce 7:

Tabulka 7. Teplotní charakteristiky 2 LVS: průměrné hodnoty TD - počet tropických dnů, LD – počet letních dnů, absolutní maximum T_{max} – maximální denní teplota vzduchu.

	IV. TD	V. TD	VI. TD	VII. TD	VIII. TD	IX. TD	Σ TD Dny	Σ LD Dny	T_{max}
Období 1961-2000	-	-	0,6	2,0	2,2	0,1	4,8	36,2	35,3 °C
Scénář 04	-	-	1,9	5,9	7,6	1,1	16,5	65,1	38,1 °C

Nejvyšší počet 23 dnů TD v časovém horizontu roku 2050 připadá na srpen.

Z tabulky 7. vyplývá, že průměrný počet TD vzroste cca 5 na téměř 17, letních dnů bude téměř o 80 % více, než v období 1961-2000. Počty TD vzrostou v měsících VI. až IX., nejvyšší počet lze očekávat v srpnu. Růst teplot vzduchu se projeví i ve výskytu absolutně nej-

vyšší teploty vzduchu, v časovém horizontu roku 2050 lze očekávat $T_{max} = 38.1$ °C.

Oteplení klimatu má dopad i na výskyt opačného extrému – záporných teplot vzduchu. Očekávané hodnoty záporných teplot a jejich extrémů v 2. LVS jsou uvedeny v tabulce 8:

Tabulka 8. Teplotní charakteristiky 2 LVS: průměrné hodnoty MD - počet mrazových dnů, absolutní minimum T_{min} – minimální denní teplota vzduchu.

	I. MD	II. MD	III. MD	IV. MD	X. MD	XI. MD	XII. MD	Σ MD Dny	T_{min}
Období 1961-2000	26,9	16,8	17,0	5,3	3,8	13,0	24,4	107,2	-23,8 °C
Scénář 04	19,5	10,5	9,4	1,9	0,7	5,6	12,3	60,0	-21,1 °C

Z tabulky 8. vyplývá, že průměrný počet MD v roce se sníží o 44 %, pokles MD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu MD lze očekávat v prosinci a lednu. Absolutní minimální teplotu vzduchu lze očekávat v úrovni – 21.1 °C.

Pro hodnocení záporných teplot vzduchu byly použity rovněž počty dnů s maximální denní teplotou ≤ -0.1 °C (tzv. ledový den). Očekávané hodnoty záporných teplot a jejich extrémů v 2. LVS jsou uvedeny v tabulce 9.:

Tabulka 9. Teplotní charakteristiky 2 LVS: průměrné hodnoty LD - počet ledových dnů.

	I. LD	II. LD	III. LD	IV. LD	X. LD	XI. LD	XII. LD	Σ LD Dny	Max LD
Období 1961-2000	13,9	6,2	1,8	-	-	2,5	10,5	34,9	74
Scénář 04	7,6	2,3	0,9	-	-	0,6	3,8	15,1	50

Z tabulky 9. vyplývá, že průměrný počet LD v roce se sníží o téměř 57 %, maximální počet LD o 32 %, pokles LD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu MD lze očekávat v prosinci a lednu.

Ve 3. LVS se průměrné roční teploty vzduchu zvýší v průměru o 2.44 °C (na 10.08 °C), teplota vegetačního období o 2.19 °C (na 16.12 °C). Z roční dynamiky vyplývá, že nejvyšší zvýšení teplot se očekává podobně jako u 2.

LVS v měsíci září o 3.49 °C, dále v prosinci o 3.39 °C. Nejnižší zvýšení teplot se očekává v jarních měsících v rozmezí od 1.36 do 1.85 °C. V ostatních měsících se pohybuje zvýšení průměrné měsíční teploty vzduchu v rozmezí 2 až 3 °C. Přehled očekávaných průměrných měsíčních teplot vzduchu a jejich kladné odchylky od normálu ve °C v 2. LVS je uveden v tabulce 10:

Tabulka 10.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
-0,46	1,71	4,49	9,06	14,13	17,52	19,47	19,78	16,73	11,13	5,40	2,10	10,08	16,12
2,63	2,93	1,85	1,36	1,38	1,79	2,19	2,90	3,49	2,87	2,66	3,39	2,44	2,19

Je zřejmé, že tak výrazné zvýšení průměrných měsíčních teplot vzduchu se musí projevit i v rozložení extrémních teplot vzduchu. Očeká-

vané hodnoty kladných teplot a jejich extrémů v 3. LVS jsou uvedeny v tabulce 11:

Tabulka 11. Teplotní charakteristiky 3 LVS: průměrné hodnoty TD - počet tropických dnů, LD – počet letních dnů, absolutní maximum T_{max} – maximální denní teplota vzduchu.

	IV. TD	V. TD	VI. TD	VII. TD	VIII. TD	IX. TD	Σ TD Dny	Σ LD Dny	T_{max}
Období 1961-2000	-	-	0,4	1,3	1,7	0,1	3,4	31,3	34,9 °C
Scénář 04	-	-	1,4	4,9	6,5	0,9	13,7	59,1	38,1 °C

Nejvyšší počet 23 dnů TD v časovém horizontu roku 2050 opět připadá na srpen.

Z tabulky 11. vyplývá, že průměrný počet TD vzroste cca ze 3 na téměř 14, letních dnů bude téměř o cca 89 % více, než v období 1961-2000. Počty TD vzrostou v měsících VI. až IX., nejvyšší počet lze očekávat v srpnu. Růst teplot vzduchu se projeví i ve výskytu absolutně nejvyšší teploty vzduchu, v časovém horizontu

roku 2050 lze podobně jako u 2. LVS očekávat $T_{max} = 38.1$ °C.

Oteplení klimatu má dopad i na výskyt opačného extrému – záporných teplot vzduchu. Očekávané hodnoty záporných teplot a jejich extrémů v 3. LVS jsou uvedeny v tabulce 12.:

Tabulka 12. Teplotní charakteristiky 3 LVS: průměrné hodnoty MD - počet mrazových dnů, absolutní minimum T_{min} – minimální denní teplota vzduchu.

	I. MD	II. MD	III. MD	IV. MD	X. MD	XI. MD	XII. MD	Σ MD Dny	T_{min}
Období 1961-2000	27,3	17,4	17,8	6,1	3,8	13,6	25,0	111,0	-23,6 °C
Scénář 04	20,2	11,2	10,2	2,3	0,8	6,1	13,1	64,0	-20,9 °C

Z tabulky 12. vyplývá, že průměrný počet MD v roce se sníží o cca 42 %, pokles MD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu

MD lze očekávat v prosinci a lednu. Absolutní minimální teplotu vzduchu lze očekávat již jen v úrovni -20.9 °C.

Tabulka 13. Teplotní charakteristiky 3 LVS: průměrné hodnoty LD - počet ledových dnů.

	I. LD	II. LD	III. LD	IV. LD	X. LD	XI. LD	XII. LD	ØΣMD Dny	Max LD
Období 1961-2000	14,6	6,9	2,2			3,0	11,6	38,3	75
Scénář 04	8	2,5	1,1			0,7	4,1	16,4	52

Z tabulky 13. vyplývá, že průměrný počet LD v roce se sníží o 57 %, maximální počet LD o cca 31 %, pokles LD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu MD lze očekávat opět v prosinci a lednu.

Ve 4. LVS se průměrné roční teploty vzduchu zvýší v průměru o 2.45 °C (na 9.69 °C), teplota vegetačního období o 2.19 °C (na 15.68 °C). Z roční dynamiky vyplývá, že nejvyšší zvýšení teplot se očekává podobně jako u 2 a 3.

LVS v měsíci září o 3.49 °C, dále v prosinci o 3.39 °C. Nejnižší zvýšení teplot se očekává v jarních měsících v rozmezí od 1.36 do 1.85 °C. V ostatních měsících se pohybuje zvýšení průměrné měsíční teploty vzduchu v rozmezí 2 až 3 °C. Přehled očekávaných průměrných měsíčních teplot vzduchu a jejich kladné odchylky od normálu ve °C v 2. LVS je uveden v tabulce 14:

Tabulka 14.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Rok	V.ob.
-0,74	1,33	4,05	8,57	13,67	17,04	19,02	19,38	16,36	10,83	5,06	1,78	9,69	15,68
2,63	2,93	1,85	1,36	1,38	1,79	2,18	2,90	3,49	2,88	2,66	3,39	2,45	2,19

Je zřejmé, že tak výrazné zvýšení průměrných měsíčních teplot vzduchu se musí projevit i v rozložení extrémních teplot vzduchu. Očeká-

vané hodnoty kladných teplot a jejich extrémů v 4. LVS jsou uvedeny v tabulce 15:

Tabulka 15. Teplotní charakteristiky 4 LVS: průměrné hodnoty TD - počet tropických dnů, LD – počet letních dnů, absolutní maximum T_{max} – maximální denní teplota vzduchu.

	IV. TD	V. TD	VI. TD	VII. TD	VIII. TD	IX. TD	ΣTD Dny	ΣLD Dny	T_{max}
Období 1961-2000	-	-	0,3	0,9	0,9	-	2,1	24,2	33,9 °C
Scénář 04	-	-	0,8	3,6	5,2	0,6	10,2	50,6	37,1 °C

Nejvyšší počet 17 dnů TD v časovém horizontu roku 2050 opět připadá na srpen.

Z tabulky 15. vyplývá, že průměrný počet TD vzroste cca ze 2 na téměř 10, letních dnů bude téměř o cca 109 % více, než v období 1961-2000. Počty TD vzrostou v měsících VI. až IX., nejvyšší počet lze očekávat v srpnu. Růst teplot vzduchu se projeví i ve výskytu absolutně nej-

vyšší teploty vzduchu, v časovém horizontu roku 2050 lze očekávat $T_{max} = 37.1$ °C.

Oteplení klimatu má dopad i na výskyt opačného extrému – záporných teplot vzduchu. Očekávané hodnoty záporných teplot a jejich extrémů v 4. LVS jsou uvedeny v tabulce 16:

Tabulka 16. Teplotní charakteristiky 4 LVS: průměrné hodnoty MD - počet mrazových dnů, absolutní minimum T_{min} – minimální denní teplota vzduchu.

	I. MD	II. MD	III. MD	IV. MD	X. MD	XI. MD	XII. MD	ΣMD Dny	T_{min}
Období 1961-2000	28,3	18,0	19,3	7,4	4,4	15,2	26,3	119,0	-23,9 °C
Scénář 04	21,4	12,0	11,7	3,2	0,8	7,1	14,4	70,6	-21,2 °C

Z tabulky 16. vyplývá, že průměrný počet MD v roce se sníží o cca 41 %, pokles MD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu

MD lze očekávat v prosinci a lednu. Absolutní minimální teplotu vzduchu lze očekávat v úrovni $-21.2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabulka 17. Teplotní charakteristiky 4 LVS: průměrné hodnoty LD - počet ledových dnů.

	I. LD	II. LD	III. LD	IV. LD	X. LD	XI. LD	XII. LD	∑ΣMD Dny	Max LD
Období 1961-2000	16,3	7,7	3			3,5	13,1	43,7	81
Scénář 04	8,6	3,3	1,5			0,9	4,8	19,1	53

Z tabulky 17. vyplývá, že průměrný počet LD v roce se sníží o 56 %, maximální počet LD o cca 35 %, pokles LD se týká všech měsíců v roce, největší pokles počtu MD lze očekávat opět v prosinci a lednu.

Závěr

V důsledku očekávaných změn klimatu k časovému horizontu 2050 lze očekávat s velkou pravděpodobností se změnou v plošném rozložení LVS i posunem nižších LVS do vyšších nadmořských výšek. Současné polohy LVS 4. a 3. LVS budou nahrazeny převážně 2. a 1. LVS. I při uplatnění nových kritérií LVS v rámci scénáře 05 nastanou posuny LVS do vyšších nadmořských výšek. Na území PLO 30 bude 1. LVS zahrnovat 61.4 % z celkové rozlohy, 2. LVS 37.5 %, na přechodné LVS 21, 32 a 3. LVS zůstane jen 1.1 % podíl celkové rozlohy. I přes očekávaný vyšší odolnostní potenciál dřevin, vyvolá tato situace velký tlak na změnu druhové skladby v neprospěch smrkových porostů

Změny srážkových poměrů Dražanské vrchoviny budou významnější ve vegetačním období zejména v měsíci srpnu, září a červenci. Srážkové úhrny s růstem nadmořské výšky se zvyšují, odchylky změn rovněž s výškou mírně rostou. V podzimním období a na začátku zimy

je tento pokles srážek vyrovnáván, proto je roční pokles srážek nepatrný (do 3 mm). Nebyly zjištěny podstatné změny v délce bezsrážkového období.

Z rozložení průměrných měsíčních teplot vzduchu, tropických dnů a dosažených absolutních hodnot T_{\max} vyplývá, že nejvyšší oteplení klimatu lze očekávat na konci léta v září o $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, vysoký růst teplot lze očekávat i v letních měsících červenec a srpen. Tomuto trendu odpovídá i růst počtu tropických dnů zejména v srpnu. V tomto měsíci je i nejvyšší pravděpodobnost dosažení extrému T_{\max} až na hodnoty 37 až $38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oteplení klimatu se projeví i v zimním období poklesem počtu mrazových dnů až o 44 %, zvýšením teplotního minima T_{\min} na cca $-21.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzhledem k vývoji počtu ledových dnů, lze očekávat snížení škod mrazem. Z hlediska vodního provozu rostlin, vláhové bilance je zřejmé, že v důsledku růstu teplot v druhé polovině léta a celkovým poklesem srážek v letním období, lze očekávat u ekologických podmínek smrkových porostů častý výskyt vlhkostního i teplotního stresu – především v měsíci srpnu. V zimním období, vzhledem k růstu srážkových úhrnů a i přes nižší počet mrazových dnů, lze očekávat sněhové kalamity z mokrého těžkého sněhu zvláště ve stávajícím 4. LVS.

Poděkování

Práce vznikla v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM č. 6215648902 „Zásady hospodaření a optimalizace druhové skladby lesů v antropicky se měnících podmínkách pahorkatin a vysočin“

Literatura

- Zlatník A., 1977: Lesnická fytoecologie, Praha, SZN, s. 82-83.
Ambros Z., 1992: Geobiocenologická regionalizace ČSFR jako podklad hypotézy o klimatických a edafických ekotypích hlavních lesních dřevin. Brno ÚŽP.

Kalvová J., 2000: Pravidelné sledování změn klimatu, odhady změn ve variabilitě a četnosti výskytu extrémních povětrnostních jevů a zpřesnění scénářů vývoje klimatu na území ČR. Dílčí zpráva DP 01 v rámci projektu VaV/740/1/00 „Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku. MFF UK Praha, 50 str.