

## RESULTS OF THE PHENOLOGICAL STUDY OF THE NORWAY SPRUCE IN THE MIXED STAND.

Lucie Merklová, Emilie Bednářová

Ústav ekologie lesa, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

### Summary:

The paper deals with results of phenological studies of Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) in a mixed stand in 2004 to 2007. Results obtained showed the different onset and duration of phenological stages in particular years. This broad range was important in spring phenological stages. High correlations were determined between the mean air temperature and the start of phenological stages in monitored species. The onset and duration of autumnal phenological stages are affected not only by air temperature but also by air humidity. The annual variability in the onset and course of phenological stages in forest species showed that except genetic factor external conditions, particularly meteorological factors affecting their onset and duration were also important. Relationships between the onset of phenological stages and changes in meteorological parameters were expressed by the sum of effective air temperatures exceeding 0 and 5°C. To evaluate the relationships by means of the sum of effective temperatures >5°C, the stage of budbreak was most important in all studied species.

Phenological observations in forest trees are carried out on a research plot of the Institute of Forest Ecology, Mendel University of Agriculture and Forestry (MUAFF) in Brno (Rájec – Němčice) carried out since 1991.

The species composition of trees of the 27-year mixed stand is as follows: Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) 60%, European beech (*Fagus sylvatica* L.) 30%, European larch (*Larix decidua* Mill.) 10% and European birch (*Betula pendula* Roth) as an interspersed species.

The onset of budbreak in Norway spruce occurred on average in the 125<sup>th</sup> day in the period 2004 to 2007. First, the stage of budbreak in spruce began the 121<sup>st</sup> day and at the latest the 128<sup>th</sup> day in 2005. The onset of foliage in spruce began between the 128<sup>th</sup> day (year 2004) and the 136<sup>th</sup> day (year 2005). Full 100% foliage occurred in 2007, viz. the 159<sup>th</sup> day, i.e. 12 day earlier than in the previous year. In 2005, full foliage occurred the 171<sup>st</sup> day. A mean value for the budbreak of spruce at the 16-year average was the 122<sup>nd</sup> day, for the beginning of foliage the 128<sup>th</sup> day and for 100% full foliage the 162<sup>nd</sup> day. The most often budbreak for the 16-year period was in 2007.

**Keywords:** phenology, effective temperature, vegetative period, Norway spruce, *Picea abies* /L./ Karst.

### Úvod

Sledování fenologických fází a jejich vyhodnocení může sloužit jako bioindikátor klimatických změn. Fenologická pozorování mohou charakterizovat klimatickou oblast s průměrnou délkou vegetačního období s ohledem na ekologické vlastnosti dřevin (HOFMAN 1957). CHALUPA (1969) uvádí, že i příznivé povětrnostní podmínky mohou u většiny dřevin vyvolat růst až po skončení období zimního klidu. U dřevin, které ke svému růstu vyžadují zimní období vegetačního

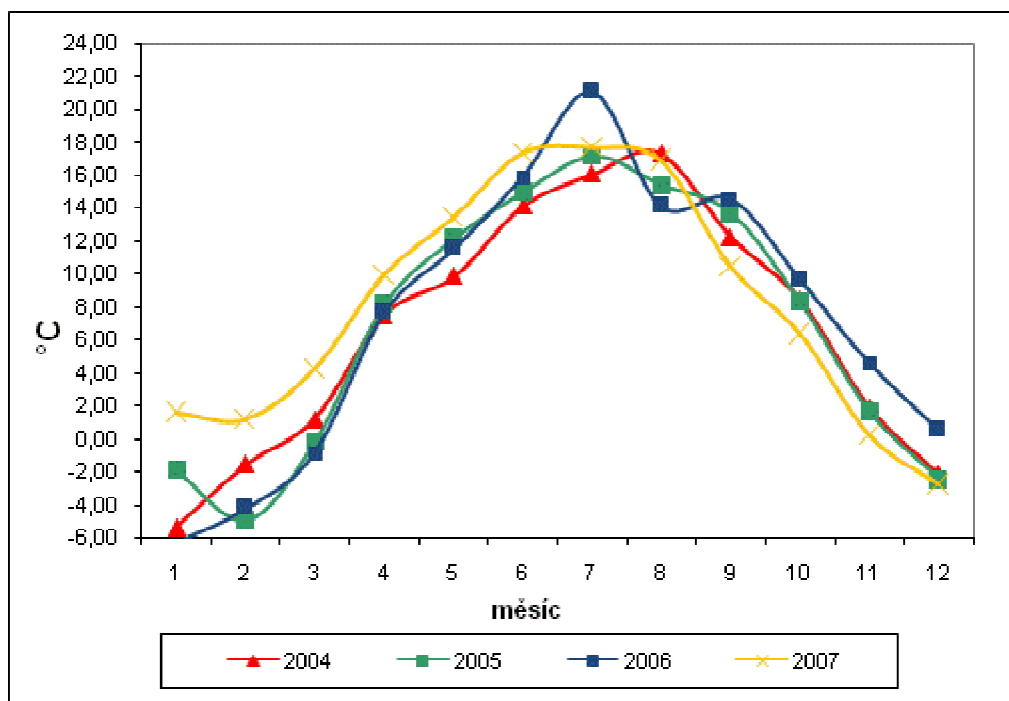
klidu je udáváno, že fenologie rašení je ve velké míře závislá na vzestupu teplot v jarním období (SORENSEN, CAMPBELL 1987). Doba nástupu jarních fenologických fází závisí především na překročení určitých teplotních hranic. Začátek rašení, otevírání pupenů, kvetení je obvykle možné tehdy, když teplota půdy a vzduchu překročí kritický bod, charakteristický pro každou fázi životního cyklu (BEDNÁŘOVÁ, KUČERA 2002). Nejlépe jsou teplotní nároky rostlinných druhů pro nástup jednotlivých fenologických fází vyjádřeny kumu-

lativní sumou efektivních teplot (HAVLÍČEK 1986).

V závislosti na změnách počasí v daných klimatických podmínkách podle změn fenologických fází můžeme hodnotit i tendence změn klimatu. Očekávané klimatické změny a s nimi související negativní faktory, mohou zasáhnout do průběhu základních životních projevů rostlin. Vlivem oteplování může dojít i ke změnám ve vývoji lesních dřevin a bylin. Fenologii lesních dřevin lze využít při hodnocení vlivu aktuálních podmínek prostředí na vývoj rostlinných společenstev a přispět tak k diskutované otázce předpokládaných změn klimatu a jejich dopadů na druhovou skladbu a zdravotní stav lesních ekosystémů.

## Materiál a metodika

Fenologická pozorování u lesních dřevin jsou na výzkumné ploše ÚEL MZLU v Brně (Rájec – Němčice) prováděna již od roku 1991. Předkládaný příspěvek je zaměřen na výsledky fenologické studie u smrku ztepilého ve smíšeném porostu v letech 2004 až 2007. Lokalita výzkumné plochy je situována na severovýchodním až východním svahu rozvodného hřbetu v nadmořské výšce 625 m. Plocha je určena souřadnicemi 16° 41' 30" východní délky a 49° 26' 31" severní šířky v geografickém celku Dražanské vrchoviny. Klimaticky je oblast řazena jako mírně teplá a mírně vlhká s dlouhodobým průměrem roční teploty 6,6°C a 683 mm ročních srážek (KOLEKTIV AUTORŮ 1992). Za období 1990 až 2006 byla na výzkumné lokalitě naměřena průměrná roční teplota 6,96°C a úhrn srážek 734 mm. Srážkově a teplotně charakterizují aktuální situaci lokality graf č. 1 a tabulka č. 1.



Obr. 1: Průměrné měsíční teploty vzduchu za období 2004 až 2007

**Tab. 1: Úhrn srážek za období 2004 až 2007.**

Rok/Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
<b>2004</b>	83	68,3	70,7	48	63,6	118,1	78,7	69,6	63,4	58,9	93,1	29,1	844,5
<b>2005</b>	34,5	64,0	53,1	38,8	97,0	38,7	113,7	117,4	126,3	2,0	37,4	75,7	798,6
<b>2006</b>	35,0	51,0	71,0	79,0	64,3	71,4	17,5	200,7	4,3	21,1	30,5	10,7	656,5
<b>2007</b>	43,9	37,8	65,8	1,0	48,5	65,5	115,3	34,5	116,6	38,4	37,1	17,3	621,8

Druhová skladba dřevin 27-mi letého smíšeného porostu je: smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.) zastoupen z 60 %, buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) z 30 %, modřín opadavý (*Larix decidua* Mill.) z 10 %, vtroušeně se zde vyskytuje bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth). Z keřového patra je zastoupen bez hroznatý (*Sambucus racemosa* L.), bylinné patro porostu představuje jahodník obecný (*Fragaria vesca* L.), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis* L.), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus* L.), pstroček dvoulistý (*Maianthemum bifolium* L.), na okraji porostu se nachází podběl obecný (*Tussilago farfara* L.) a devětsil bílý (*Petasites albus* /L./ GAERTN.). Pro fenologická pozorování byla použita upravená metodika ČHMÚ (1987). Fenologická sledování jsou prováděna u 10 vybraných úrovnových jedinců smrku ztepilého. Během jarního období (duben až červen) bylo fenologické pozorování prováděno 3x týdně. V letním a podzimním období 1x týdně. K datu jednotlivých fenofází bylo přiřazeno pořadové číslo dne od počátku kalendářního roku.

V předkládané práci jsou hodnoceny fenologické fáze u smrku ztepilého: rašení z 10 %, začátek olistování z 10 %, začátek olistování z 50 %, začátek olistování ze 100 %, zcela rozvinutá listová plocha (plné olistění 100%). Nástup jednotlivých fenologických fází byl stanoven ke dni, kdy alespoň 50 % sledovaného druhu dosáhlo dané fáze. Jako začátek velkého vegetačního období byl stanoven den, kdy průměrná denní teplota vzduchu dosáhla tři po sobě následující dny vyšší teploty jak 5 °C (HAVLÍČEK et al. 1986). Ke každé fenolo-

gické fázi byly spočítány sumy průměrných denních teplot vzduchu, s prahovou hodnotou 0 °C a 5 °C (TS 0°C a TS 5°C).

Ve zkoumaném porostu byla nainstalována čidla na měření teploty vzduchu (Datalogger Minikin T) a to na spodní hranici koruny ve výšce 4 m. Ve vzdálenosti 500 m od hodnoceného porostu je na volné ploše sledováno množství srážek (Climatron a datalogger Microlog ER), teplota vzduchu a radiace (Datalogger Minikin RT). Tato měření vybraných charakteristik jsou na lokalitě prováděna od roku 2005. Jedná se o měřicí zařízení od fy EMS Brno (Environmental Measuring System, Brno). Podrobněji byla metodika a instalace měření popsána (KUČERA 2003, 2005).

Pro zhodnocení fenologických údajů za charakterizované období byla vypočítána závislost mezi vybranými fenofázemi a teplotou vzduchu v období před nástupem fenofáze.

## Výsledky a diskuze

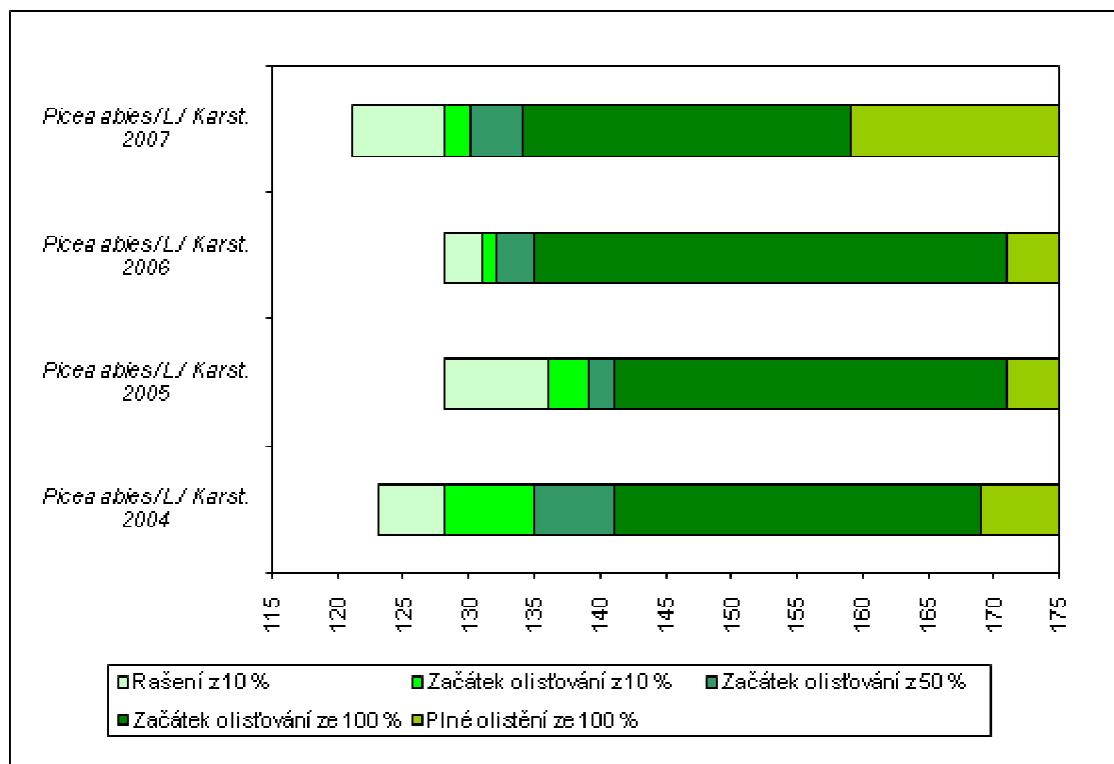
Cílem příspěvku bylo vyhodnotit fenologické fáze u smrku ztepilého ve smíšeném porostu ve vztahu k sumě efektivních teplot před nástupem sledované fáze v oblasti Dražanská vrchovina za období 2004 - 2007.

Nástup a trvání fenologických fází rostlin je ovlivněn komplexem vnějších faktorů (teplota vzduchu, teplota půdy, globální radiace, vlhkostní poměry, kvalita stanoviště) spolu s vnitřní periodicitou (resp. genetickými vlastnostmi) (BEDNÁŘOVÁ, KUČERA 2002).

Odezva smrku ztepilého na teplotu vzduchu byla vyhodnocena na základě kumulativních sum efektivních teplot nad 5 °C v porovnání se sumami teplot nad 0 °C. Pro rašení dřevin mírného pásma je důležitá denní teplota nad 5 °C. Tyto poznatky jsou patrné ze zpracovaných výsledků

teplotních sum průměrných denních teplot, které jsou rozhodující pro nástup fenologických fází.

Výsledky časového průběhu fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu za období 2004 až 2007 jsou uvedeny v grafu č. 2.



**Obr. 2: Průběh fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu v letech 2004 -2007.**

### **Reakce fenologických fází u smrku ztepilého na variabilitu počasí**

Počátek rašení u smrku ztepilého nastal v průměru za období 2004 až 2007 ve 125. dni při sumě teplot nad 5°C (TS5 = 157 °C) a při sumě teplot nad 0°C (TS0 = 416 °C). Nejdříve nastala fáze rašení u smrku 121. den, při sumě teplot 5°C 172,7 °C a při sumě nad 0°C 525 °C (rok 2007) a nejpozději 128. den v roce 2005 při sumě teplot 5°C 179,6 °C a při sumě nad 0°C 442 °C. Olistovat se začal smrk mezi 128. dnem (rok 2004 - TS5=181°C, TS0=440°C, rok 2007 - TS5=205,4°C; TS0=593°C) až 136. dnem (rok 2005 - TS=199,7°C; TS0=501°C). Plné olistění ze

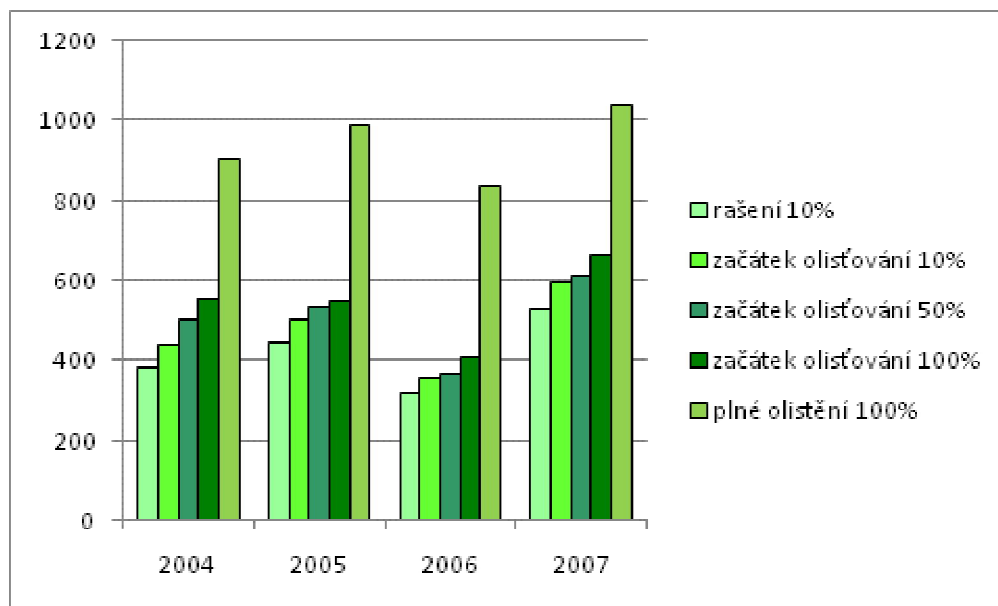
100 % nastalo v roce 2007 159. den, což je o 12 dní dříve než v předchozím roce, při sumě efektivních teplot 493,7°C a sumě teplot nad 0°C 1036°C a v roce 2005 nastalo plné olistění 171. den při sumě teplot nad 5°C 511,6°C a při TS0°C 987°C. Průměrná hodnota pro rašení smrku v 16-ti letech průměru byla 122. den, pro začátek olistování 128. den a pro plné olistění ze 100 % se jednalo o 162. den (BEDNÁŘOVÁ, KUČERA 2002, BEDNÁŘOVÁ, MERKLOVÁ 2007). Nejčasnější rašení za 16-ti leté období bylo v roce 2007.

Z výsledků sledování je patrné, že nástup a průběh jednotlivých fenologických fází smrku byl velmi variabilní a podléhal vlivu teplotních změn. V roce

2006 byly naměřeny do dubna nízké teploty s dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, proto se nástup fáze rašení a počátek olisťování u smrku ztepilého mírně opozdil oproti předchozím letům.

Nejvýrazněji se projevil vliv teploty vzduchu na nástup a trvání fáze rašení a počátek olisťování smrku. Rychlým nárůstem teplot v měsíci květnu 2006 se

délka trvání fáze počátku olisťování značně zkrátila. Plné olisťování nastalo v tomto roce stejně jako v roce předchozím. Extrémním rokem z hlediska časného nástupu jarních vegetativních fenofází u smrku ztepilého byl rok 2007. V tomto roce byl zaznamenán výrazný posun v nástupu jednotlivých fází oproti předchozím letům.

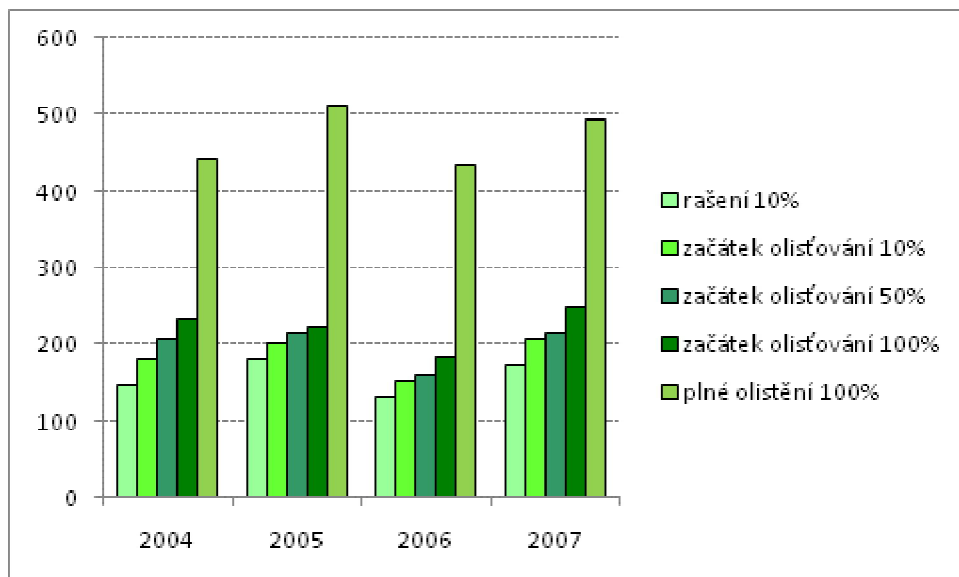


**Obr. 3: Sumy teplot nad 0°C pro fenologické fáze u smrku ztepilého za období 2004 až 2007**

#### ***Závislost nástupu fenologických fází na sumě efektivních teplot***

Nejvýznamnější závislost nástupu fenofází na teplotě vzduchu byla zjištěna u fáze rašení z 10 % a plné olisťování ze 100 %. Rozdíly v nástupu fenologických fází u smrku ztepilého ve smíšeném porostu v letech 2004 až 2007 jsou patrné z grafů č. 2 a č. 5. Fenologické fáze kopírují průběh počasí v jednotlivých letech. Nejvýrazněji se vliv teploty vzduchu na nástup fenofází projevil v roce 2007, kdy vysoké teploty v zimním a časně jarním období nastartovaly vývoj rostlin velmi brzy.

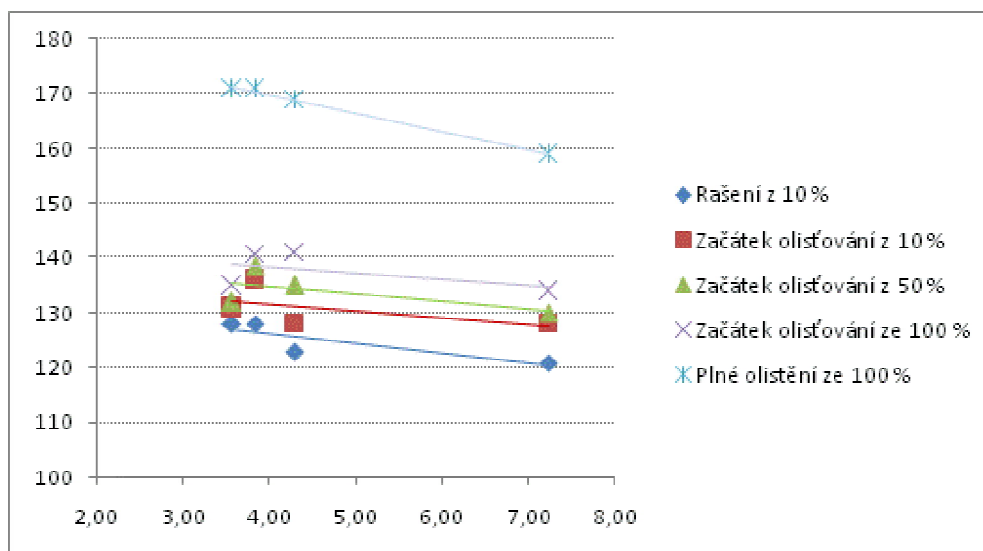
Vysokou závislost mezi nástupem fenologických fází a teplotou vzduchu v období před nástupem sledovaných fází potvrzují vypočítané záporné korelační koeficienty (tab. 2 a obr. 5). Nejvýrazněji se u smrku ztepilého projevila závislost fenologických fází na teplotě vzduchu. Byly vypočítány statisticky významné korelační koeficienty. Zjištěné závislosti korespondují s výsledky dalších autorů. Největší korelaci nástupu jarní fenofáze rašení u smrku s teplotou vzduchu v měsících únor až květen uvádí LUKNÁROVÁ (2001), BRASLAVSKÁ, KAMENSKÝ (1999).



Obr. 4: Sumy teplot nad 5°C pro fenologické fáze u smrku ztepilého za období 2004 až 2007

Tab. 2: Korelace mezi nástupem fenofází u smrku ztepilého a průměrnou teplotou vzduchu v letech 2004 až 2007.

	<i>Koeficient korelace</i>	<i>Hodnota spolehlivosti R2</i>
Rašení z 10 %	-0,8453	0,714
Začátek olisťování z 10 %	-0,5545	0,307
Začátek olisťování z 50 %	-0,6418	0,411
Začátek olisťování ze 100 %	-0,5471	0,299
Plné olisťování ze 100 %	-0,9983	0,996



Obr. 5: Závislost mezi nástupem fenologických fází a teplotou vzduchu

## Závěr

V příspěvku byly hodnoceny výsledky z fenologického pozorování v oblasti Drahanská vrchovina za období 2004-2007. Práce popisuje nástup a trvání jednotlivých fenofází u smrku ztepilého v závislosti na efektivních teplotách při prahové hodnotě 0 a 5 °C. I když jsou růstové a vývojové procesy podmíněny především geneticky, značnou roli hraje i teplota a vlhkost spolu s vlastnostmi stanoviště. Termíny nástupu a průběhu jednotlivých fenofází se lišily ve sledovaném porostu v závislosti na teplotních podmínkách jednotlivých let. Především jarní fenofáze byly ovlivněny teplotou vzduchu během časného jara. Předcházející dlouhodobá sledování prokázala, že v této oblasti je vláhový režim v jarních měsících dostačující a pro počátek vegetace a nástup jednotlivých fenologických fází je rozhodující suma teplot, aktivující jejich počátek. Sledování fenologie i fotosyntetických procesů dřevin v této oblasti

dlouhodobě ukazují, že fyziologické pochody ve stromech probíhají až při teplotě nad 5°C. Proto je vhodnější uvažovat v této oblasti se sumou kumulativních teplot TS 5 °C.

Získané výsledky ukazují, že v hodnocené oblasti dochází k dřívějším nástupům fenologických fází při nižších efektivních teplotách. Nejvýznamněji se vliv teploty projevil na nástupu rašení a plného olistění u smrku ztepilého. Byly zjištěny vysoké závislosti na teplotě vzduchu. Následkem vysokých teplot dochází k dřívějším nástupu fenologických fází a dochází tak k prodlužování vegetačního období a tím ke zkracování odpočinkového období, které hraje u lesních dřevin velmi důležitou roli. Prodlužování vegetačního období v dlouhém časovém úseku může vyvolávat u dřevin poruchy fyziologických procesů a následně i jejich chřadnutí, zvláště pak u druhů nacházejících se na nepůvodním stanovišti.

## Použitá literatura

- BEDNÁŘOVÁ, E., KUČERA, J. 2002: Phenological observations of two spruce stands (*Picea abies* /L./ Karst.) of different age in the years 1991 – 2000. Ekologia (Bratislava), Vol. 21, Supplement 1/2002, pp. 98-106.
- BEDNÁŘOVÁ, E., MERKLOVÁ, L., 2007: Vyhodnocení fenologie mladého smrkového porostu v oblasti Drahanská vrchovina. In ROŽNOVSKÝ, J. -- LITSCHMANN, T. -- VYSKOT, I. *Klima lesa. Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference, Křtiny 11. - 12. 4. 2007.* Praha: Česká bioklimatologická společnost, pp. 1-5. ISBN 978-80-86690-40-7.
- BRASLAVSKÁ, O., KAMENSKÝ, L., 1999: Fenologické charakteristiky ihličnatých dřevin na Slovensku v období 1986-1995. Meteorologický časopis, **2,3**, pp. 41-47.
- HAVLÍČEK, V. et al. 1986: Agrometeorologie. SZN Praha, 260 p.
- HOFMAN, J., 1957. Několik výsledků fenologických pozorování a problematika lesnické fenologie. In: Práce Výzkumných ústavů lesnických ČSR, Zbraslav-Strnady, VÚLH v SZN, 12: 65-110.
- CHALUPA, V., 1969: Onset, duration and finishing the vegetation period by forest trees. In: VÚLHM Reports, 37, Zbraslav – Strnady, VÚLHM, p. 41-68.
- KOLEKTIV AUTORŮ, 1992: Ekologické důsledky obnovy smrkových porostů holosečným způsobem. Kontrolovatelná etapa výzkumného úkolu ÚEL MZLU v Brně, 120 p.
- KUČERA, J., 2003: Minikin - Datalogger with embedded sensors - smart sensors, User's Manual, Brno, [www.emsbrno.cz](http://www.emsbrno.cz), 8 p.
- KUČERA, J., 2005: MicroLog SP - One-channel datalogger for soil water potential measurement. User's manual, Brno, [www.emsbrno.cz](http://www.emsbrno.cz), 9 p.

LUKNÁROVÁ, V., 2001: Dependence of the onset of spring phenological phases of Norway spruce on climatic elements. Meteorologický časopis, **4,2**, pp. 29-37.

SORENSEN, F. C., CAMPBELL, R. K., 1978: Comparative roles of soil and air temperatures in the timing of spring bud flush in seedling Douglas-fir. Can. J. Bot., 56, p. 2307-2308.

### **Poděkování**

Studie vznikla za finanční podpory Výzkumného záměru LDF MZLU v Brně MSM 6215648902.

---

### **Adresy autorů:**

Ing. Lucie Merklová, Ústav ekologie lesa, MZLU v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká Republika. Tel: 545 134 012, E-mail: [merklova@email.cz](mailto:merklova@email.cz)

Ing. Emilie Bednářová, CSc., Ústav ekologie lesa, MZLU v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika. Tel: 545 134 185, E-mail: [bednarov@mendelu.cz](mailto:bednarov@mendelu.cz)



