



## **Zpráva spoluřešitele projektu QI112A170 za rok 2013**

Možnosti cíleného pěstování a využití geneticky hodnotných částí populací sadebního materiálu smrku ztepilého s klimaxovou strategií růstu pro horské oblasti

**Karel Matějka**

IDS, Na Komořsku 2175/2A, 143 00 Praha 4  
e-mail: [matejka@infodatasys.cz](mailto:matejka@infodatasys.cz)

Praha, 2013

Horské lesní ekosystémy v horských oblastech střední Evropy prošly během posledních desetiletí překotným vývojem. Po období totálního rozvratu některých lesních ekosystémů v důsledku imisně – ekologické situace ve druhé polovině dvacátého století, probíhá v současnosti regenerace lesů (MATĚJKA 2011a; VACEK et al. 2007). Je využívána umělá i přirozená obnova lesa. Tato regenerace je výrazně ovlivňována změnami ekologickými podmínkami (klimatické změny, vyšší depozice dusíku). Zásadní otázkou pro další vývoj lesních ekosystémů je jejich budoucí stabilita, které je mimo jiné zásadně ovlivněna volbou způsobu obnovy lesa (umělá nebo přirozená obnova).

To, že růst rostlin je závislý na klimatických poměrech daného roku, je obecně známý fakt. Rovněž lze předpokládat, že v lokalitách klimaticky nejméně příznivých bude klimatická variabilita mít zvýšený význam. Tak tomu je u smrku *Picea abies* v 8. lesním vegetačním stupni.

V současnosti je silně rozvíjena oblast růstových modelů lesních dřevin a lesních porostů (HASENAUER 2006; PRETZSCH 2009). Výsledky většinou slouží k analýze produkčních možností porostů. Proto je většina takových modelů jen obtížně použitelná pro analýzu růstu mladých populací regenerujícího porostu. Přestože je k růstu potřeba přistupovat jako k fyziologickému procesu, pro účely analýzy výškového růstu (přírůstu) mladé populace stromů, která se nachází ve fázi exponenciálního nebo konstantního růstu, lze vztahy zjednodušit. Takový přístup má opodstatnění i vzhledem k tomu, že mnoho parametrů nemusí být měřeno (například velikost listové plochy), ale regresní model si vystačí s velmi jednoduchými parametry - v naše případě s celkovou výškou stromku a s výškovými přírůsty během několika posledních let, které lze zjistit i retrospektivně za několik let v průběhu jediného měření.

Růst mladých populací smrku (*Picea abies*) na jeho přirozených stanovištích - v lesích 8., případně v horní části 7. lesního vegetačního stupně (LVS) závisí nejen na variabilitě průměrných teplot v období od května do srpna příslušného roku, jak bylo prokázáno v Krkonoších (Matějka 2011b, Matějka et Leugner 2013) i v Krušných horách (Matějka 2012a). Na základě analýzy dat získaných v letech 2011 a 2012 bylo též prokázáno, že růst smrku je závislý na struktuře hodnocené populace. Tato struktura může být dobře vyjádřena zastoupením různých fenotypů, které jsou definovány na základě charakteristiky jehlic. Mezi základní charakteristiky jehlice patří mikroskopické znaky patrné na příčném řezu jehlicí, především znaky kvantitativní, ale i makroskopické charakteristiky, jako například poměr délky a šířky jehlice. Takové kvantitativní znaky mohou být korelovány s rychlostí růstu mladého jedince, jak je ukázáno ve studii Matějka et Leugner: *Phenotype features in juvenile populations of Picea abies and their growth*, která byla odeslána k publikaci. Závěry této publikace lze shrnout následovně:

Struktura populací *Picea abies* z přirozené a umělé obnovy se výrazně liší. Tyto rozdíly se projevují nejen ve fenotypové variabilitě populací, ale i v rychlosti růstu jejich jedinců.

Posuzování fenotypové variability mladých populací smrku nemůže být prováděno bez znalosti toho, jak se různé typy (fenotypy, typy dle selekčních a růstových strategií a pod.) podílejí na dynamice lesního ekosystému. Zastoupení těchto typů v populacích vychází jak z geografických a přírodních podmínek (například v návaznosti na šíření metapopulací s různou genotypovou skladbou v postglaciálu), tak z ovlivnění struktury lokálních populací činností člověka (ovlivnění přímé - typicky pěstební zásahy; ovlivnění nepřímé - například selekce v důsledku imisního stresu). Nezanedbatelný význam má přenos sadebního materiálu mezi různými regiony. V horském prostředí je potřeba uvažovat i šíření genotypů (fenotypů) typických pro určitý výškový stupeň do stupňů jiných (jak směrem nahoru, tak dolů). Nelze jednoznačně doporučit, jaká by měla být optimální variabilita (diversita) fenotypů (genotypů) v populacích mladého smrku. Lze nalézt umělé populace smrku v horských podmínkách založené výsadbou, které mají jak širší, tak i užší variabilitu ve srovnání s obdobnými populacemi vzniklými spontánní obnovou. Pro další vývoj uměle zakládaných porostů smrku je podstatné zastoupení různých typů (fenotypů, růstových typů) v populaci, aby tato měla dostatečnou plasticitu a byla tedy odolná vůči potenciálnímu stresu (například změna klimatu, výskyt škůdců). Přílišné zvýšení této variability by však v budoucnu zřejmě znamenalo potenciální ohrožení až úhyn vyššího podílu jedinců. Diversitu typů v uměle zakládaných (vysazovaných) populacích je tedy potřeba srovnávat s obdobnou diversitou v mladých populacích založených přirozenou obnovou, které vycházejí z lokálního potenciálu přírodních populací a jsou modifikovány místními přírodními podmínkami a jejich variabilitou v minulosti.

Prokázáno bylo, že dynamika růstu mladého smrku souvisí s některými kvantitativními vlastnostmi jehlic, přičemž se jedná především o poměr délky a šířky jehlic, případně o samostatně hodnocenou délku jehlic, která má vyšší význam u nejmladších jedinců (semenáčků). Pro zachování stability budoucích porostů by tedy neměli být z pěstovaného sadebního materiálu vyřazováni zvláště jedinci s krátkými jehlicemi, přestože mohou mít menší výšku. Pro zachování dostatečné diversity v uměle zakládaných populacích by měl být brán ohled též na specifické nevyučování jedinců některých typů podle charakteristického průřezu jehlicí.

V rámci dvouletých semenáčků smrku byly na základě příčného průřezu jehlicí rozlišeny čtyři základní fenotypy smrku s jehlicemi plochými (typ W; šířka jehlice je výrazně větší než její tloušťka, sklerotizované lišty na povrchu se mohou vyskytovat podél dvou bočních hran), s intermediálními jehlicemi (typ I; šířka a tloušťka jehlice jsou přibližně stejné, sklerotizované lišty na povrchu chybí), s inverzním typem jehlic (typ T; šířka jehlice je menší než její tloušťka, sklerotizované lišty na povrchu chybí) a se sklerotizovanými jehlicemi s povrchovými lištami (typ S; šířka a tloušťka jehlice jsou přibližně stejné, sklerotizované lišty jsou čtyři, průřez jehlice je přibližně čtvercový).

Cílem řešení projektu v třetím roce bylo ověření dosud získaných poznatků v území, které se liší od dosud zpracovávaných horských regionů ležících na obvodu České kotliny (Krkonoše a Šumava). Výběr modelových populací smrku na jeho přirozených stanovištích a analýza růstu těchto populací tedy proběhly v Jeseníkách. Podpůrnou aktivitou bylo vypracování modelu lesních vegetačních stupňů v Jeseníkách tak, aby výsledný model byl obdobný s tím, který byl používán pro dříve analyzovaná pohoří České kotliny (Matějka 2012b).

Nově byla pozornost věnována vyhodnocení mikroskopických charakteristik jehlic. Na rozdíl od techniky trvalých preparátů, které byly užity pro kvantitativní vyhodnocení mikroskopických znaků jehlic u semenáčků smrku, byla v letošním roce zvolena technika *hand-free* řezů. Ta umožňuje relativně rychlé a levné hodnocení většího počtu vzorků, přičemž je dostatečně přesná pro stanovení typu jehlic a pro měření šířky a tloušťky jehlice, což jsou parametry důležité pro zjištění vztahu k rychlosti růstu jedince.

## Metodika

### Modelování lesních vegetačních stupňů

Pro toto modelování byl zvolen obdobný postup, jako v případě Krkonoš (Matějka 2011b) a Krušných hor (Matějka 2012a), který používá modelování globálních teplotních gradientů v České republice společně s rastrovým digitálním modelem terénu (Matějka 2012b). Vzhledem k tomu, že Jeseníky jsou ve srovnání s dříve řešenými okrajovými pohořími české kotliny položeny výrazně východněji, mezi teplotními gradienty má výraznější postavení též gradient zeměpisné délky. Proto byl v programu PlotOA doplněn též výpočet zohledňující zeměpisnou délku (Matějka 2009). Parametry globálního modelu pro období teplotního normálu 1961-1990

$$T = c + B_a A + B_\phi \phi$$

byly převzaty z práce Matějka (2010):  $c = 25.80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $B_a = -0.00557 \text{ }^\circ\text{C/m}$ ;  $B_\phi = -0.3180 \text{ }^\circ\text{C}/^\circ$ . Vliv konfigurace terénu byl zohledněn hodnotami potenciálního ročního přímého záření (výpočet podle rovnice 1) a parametrem  $B_h/B_a$  vypočteným pro oblast Šumavy (-286.419), který byl úspěšně používán i ve všech dříve vyhodnocovaných regionech (Matějka 2012b).

### Terénní práce

V září 2013 byly měření jedinci zmlazení na vybraných lokalitách (Tabulka 1). Zaznamenána byla celková výška stromku v daném roce ( $H$  s indexem roku měření) a výškový přírůst v posledních 6 letech ( $P$  s indexem odpovídajícího roku). Dopočítány byly výšky jedince v jednotlivých předchozích letech.

U všech měřených jedinců byly odebrány větvičky pro analýzu velikosti a barvy jehlic. Tyto větvičky byly umístěny v igelitových sáčcích a dále analyzovány po převozu do laboratoře. Vyhodnocení těchto vzorků bude provedeno později. Současně ze všech jedinců byly odebrány vzorky pro mikroskopickou analýzu jehlic. Pro tyto účely byly jehlice odebrané v terénu fixovány v roztoku FAA - formaldehyd (36 % vodný roztok) 5ml + ledová kyselina octová 5ml + 90ml ethanol (50 % směs s vodou).

### Mikroskopická analýza jehlic

Z každého jedince byly vybrány k analýze 3 reprezentativní jehlice posledního ročníku. Byly provedeny příčné *hand-free* řezy střední (nejširší) částí každé jehlice. Nativní preparáty byly mikroskopovány (přístroj Nikon Eclipse E200) s objektivem 10x a fotografovány (fotoaparát Canon EOS 1100D). Vyhodnocení snímků proběhlo programem FotoOverlay (Matějka 2013). Měřena byla tloušťka jehlice a její šířka, přičemž rozhodující pro orientaci os podél nichž proběhlo měření bylo umístění cévního svazku, respektive poloha floému a xylému. Pro vyhodnocení byla pozornost věnována vedle poměru tloušťky a šířky jehlice též tvaru jehlice, především tomu, má-li horní polovina jehlice tvar konvexní nebo konkávní.

## Výsledky

### Lesní vegetační stupně a výběr lokalit v Jeseníkách

Přehled šetřených lokalit je uveden v tabulce 1. Výškové rozpětí těchto lokalit bylo 518 až 1329 m, čímž bylo pokryto spektrum 4. až 9. lesního vegetačního stupně. LVS zde uváděný je odvozen na základě terénního průzkumu kombinovaného s vypočteným modelem průměrných teplot vzduchu za období 1961-1990 a s výsledky numerické klasifikace fytoecologických snímků (Obr. 1). Na základě této klasifikace lze dobře odlišit shluky (A) smíšených lesů 4. až 6. LVS (až spodní část 7. LVS), (B) klimaxových smrkových lesů 7. a 8. LVS, a (C) lesů v blízkosti alpské hranice lesa v 8. a 9. LVS.

V Jeseníkách existuje výraznější lokální diference průměrných teplot vzduchu, která se projevuje odchylkami měřených a modelovaných teplot - zatímco přibližně jihozápadní část pohoří je teplejší oproti globálnímu teplotnímu modelu, severovýchodní část pohoří je naopak chladnější. Další výraznější odchylky byly zaznamenány v nejvyšších polohách okolo Pradědu. Vzhledem k těmto skutečnostem nebyly pro hranice lesních vegetačních stupňů použity isothermy odvozené dříve (Matějka 2012b), ale byly odvozeny limitní teploty na základě v terénu pozorovaných hranic vegetačních stupňů. Ve vhodných místech (Tabulka 1) byly pořízeny také fytoecologické snímky (Tabulka 2). Odvozeny tak byly hraniční teploty 2.0 °C (hranice 8. / 9. LVS), 3.0 °C (hranice 7. / 8. LVS), 4.0 °C (hranice 6. / 7. LVS), 5.0 °C (hranice 5. / 6. LVS) a 6.0 °C (hranice 4. / 5. LVS). Je patrné, že tyto hranice jsou o 0.2 až 0.7 °C nižší oproti hranicím zjištěným v Čechách (Matějka 2012b). Nejvýznamnější je odchylka hranice 7. / 8. LVS. V oblasti Hrubého Jeseníku bude, vzhledem k výše uvedeným odchylkám, potřebné provést další zpřesnění použitého teplotního modelu.

Lokalita pro sledování růstu mladého smrku byly vybírány na základě výše uvedeného vymezení 8. LVS, přičemž jeden pár lokalit se nachází v blízkosti hranice 8. / 9. LVS (Dlouhé stráně, lokality DS) a druhý pár v blízkosti hranice 7. / 8. LVS (Alfrédka, lokality A). Tyto lokality byly doplněny přirozenou obnovou na pralesní lokalitě Eustaška (E; součást NPR Praděd), která je výrazně oddělena od míst v současnosti nebo v minulosti narušených porostních skupin.

**Tabulka 1.** Umístění šetřených lokalit v PLO Hrubý Jeseník.

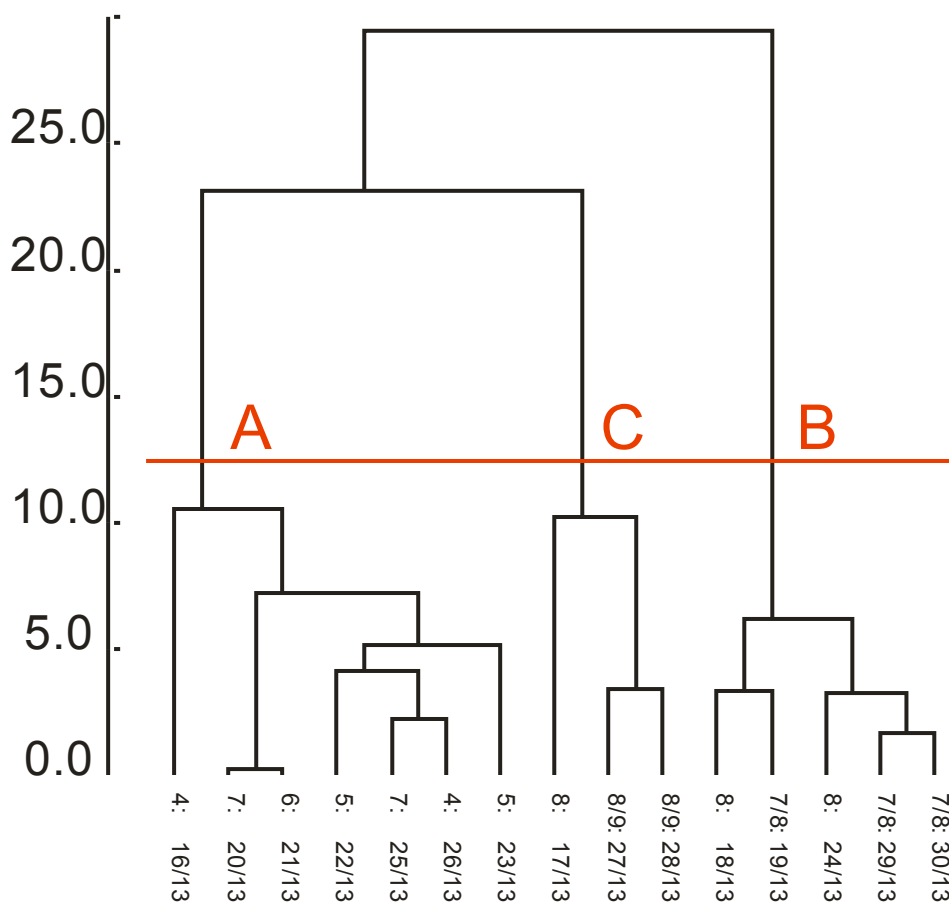
Snímek	Lokalita	JTSK-X (m)	JTSK-Y (m)	Nadmořská výška (m)	Modelovaná teplota (°C)	LVS
27/13	DS:P	-1068072	-548642	1329	2.2	8/9
28/13	DS:U	-1067983	-548851	1324	2.0	8/9
29/13	A:P	-1073535	-545126	1141	3.1	7/8
30/13	A:U	-1073798	-544924	1123	3.2	7/8
	E:P	-1069608	-541520	1196	3.0	8
16/13		-1063506	-533620	586	6.5	4
26/13		-1088056	-550580	518	6.8	4
22/13		-1070595	-548210	897	5.3	5
23/13		-1071077	-548231	786	4.6	5
21/13		-1068855	-548808	1012	4.3	6
20/13		-1068644	-548923	1158	3.6	7
25/13		-1072196	-545069	1128	3.5	7
		-1068557	-548899	1184	3.5	7
19/13		-1068320	-548722	1267	2.9	7/8
		-1073568	-545130	1140	3.1	7/8
17/13		-1068134	-548694	1323	2.3	8
18/13		-1068175	-548659	1312	2.5	8
24/13		-1073580	-545238	1174	3.2	8

**Tabulka 2.** Fytcenologické snímky v PLO Hrubý Jeseník.

Snímek	27/13	28/13	17/13	18/13	19/13	24/13	29/13	30/13	25/13	20/13	21/13	23/13	22/13	26/13	16/13
Lokalita	DS:P	DS:U					A:P	A:U							
Nadmořská výška (m)	1329	1323	1323	1311	1267	1174	1140	1122	1128	1158	1011	786	897	518	586
Sklon (°)	15	10	10	18	25	15	15	3	25	40	30	25	30	18	
Expozice (°)	160	305	165	170	190	110	70	60	90	165	160	350	210	285	
Pokryvnost E <sub>3</sub> (%)	0	0	0	20	50	40	0	15	55	85	80	80	80	75	60
Pokryvnost E <sub>2</sub> (%)	1	20	1	1	0	2	2	25	30	0	0	15	30	25	2
Pokryvnost E <sub>1</sub> (%)	90	90	99	99	60	45	90	98	20	50	25	40	25	10	75
Pokryvnost E <sub>0</sub> (%)	30	10	10	2	30	30	30	20	2	15	1	2	1		10
LVS	9	8/9	8	8	7/8	7/8	7/8	7	7	7	6	5	5	4	4
Poznámka			1												2
E <sub>3</sub> :															
<i>Picea abies</i>				100%	100%	100%		70%	50%	15%	5%				45%
<i>Sorbus aucuparia</i>								30%							
<i>Fagus sylvatica</i>									50%	85%	95%	100%	90%	50%	10%
<i>Acer pseudoplatanus</i>													5%		39%
<i>Acer platanoides</i>													5%		
<i>Quercus robur</i>														20%	5%
<i>Betula pendula</i>														5%	1%
<i>Carpinus betulus</i>														15%	
<i>Prunus avium</i>														10%	
E <sub>2</sub> :															
<i>Picea abies</i>	100%	100%	100%	100%		40%	95%	100%	25%						
<i>Fagus sylvatica</i>						30%	5%		75%			100%	95%	20%	
<i>Sorbus aucuparia</i>						30%									
<i>Acer platanoides</i>													5%		
<i>Carpinus betulus</i>														50%	
<i>Corylus avellana</i>														30%	
<i>Sambucus racemosa</i>															50%
<i>Ulmus glabra</i>															50%
E <sub>1</sub> :															
<i>Luzula luzuloides</i>	+		1	1	+						+	+			+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	+	+	4	1	1-2	1	4	r						r
<i>Calamagrostis villosa</i>	+		+	2	3		2	2	1-2						1
<i>Picea abies</i>	1	+	r			1	1	1	+	+					
<i>Luzula sylvatica</i>	r	+1		+	+	+	+	+	+						
<i>Nardus stricta</i>	3-4	+	2-3	+1											
<i>Potentilla erecta</i>	r	r	+	+											
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2	3	2												
<i>Calluna vulgaris</i>	+	+	2-3												
<i>Salix silesiaca</i>	+	r	+												
<i>Carex ovalis</i>	r		+												
<i>Festuca rubra</i>	1-2	2													
<i>Betula pubescens</i>	+														
<i>Trientalis europaea</i>		r		+1	+	+									
<i>Bistorta major</i>		+	r	r	r										
<i>Senecio ovatus</i>		+	1-2		r					r	+	+	+		
<i>Calamagrostis arundinacea</i>			1-2		+					3-4	2-3	1	+		+1
<i>Epilobium angustifolium</i>		+													
<i>Betula pendula</i>			r												+
<i>Agrostis capillaris</i>			2												
<i>Anthoxanthum odoratum</i>			1												
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>			+												
<i>Juncus filiformis</i>			1												
<i>Lycopodium clavatum</i>			r												
<i>Sorbus aucuparia</i>				r	r	1	+	+						r	+
<i>Dryopteris dilatata</i>				r	+	+	r	r							
<i>Avenella flexuosa</i>				1		3	2-3	1-2							
<i>Melampyrum sylvaticum</i>				r		+									
<i>Athyrium filix-femina</i>				r						r		1	+		
<i>Maianthemum bifolium</i>					+	+1	r		r	+	r	1			2
<i>Fagus sylvatica</i>					r			r	1	+	+	1		1	+
<i>Blechnum spicant</i>					+						r				
<i>Phegopteris connectilis</i>					1				+1						
<i>Homogyne alpina</i>					+										
<i>Veratrum album</i>					r										

<i>Oxalis acetosella</i>	+	r	1	+	+	1-2	+	1
<i>Rubus idaeus</i>	r					+		3-4
<i>Lycopodium annotinum</i>		+1						
<i>Ranunculus platanifolius</i>				+				
<i>Polygonatum multiflorum</i>				+		r	r	
<i>Dryopteris carthusiana</i>			1	r	+		+	+
<i>Prenanthes purpurea</i>			+		+	+1	+	2
<i>Dryopteris filix-mas</i>			+			1	+	+
<i>Stellaria nemorum</i>			+			r		+
<i>Lysimachia nemorum</i>			r					
<i>Hieracium murorum</i>					+			
<i>Acer pseudoplatanus</i>						+	+	1
<i>Ulmus glabra</i>						r	+	r
<i>Urtica dioica</i> L.						+	+	r
<i>Galium odoratum</i>						+1	1	+1
<i>Gymnocarpium robertianum</i>						3	+	
<i>Hordelymus europaeus</i>						r	+	
<i>Mercurialis perennis</i>						+	1-2	
<i>Viola reichenbachiana</i>						+	+	
<i>Galeobdolon montanum</i>						1		
<i>Acer platanoides</i>						+		
<i>Galeopsis pubescens</i>						+		
<i>Asarum europaeum</i>						r		
<i>Festuca altissima</i>							+	+
<i>Poa nemoralis</i>							1	+
<i>Carex sylvatica</i>							1	
<i>Lamium maculatum</i>							+1	
<i>Stachys sylvatica</i>							+1	
<i>Dentaria enneaphyllos</i>							+	
<i>Geranium robertianum</i>							+	
<i>Epilobium montanum</i>							r	
<i>Fragaria vesca</i>							r	
<i>Mycelis muralis</i>							r	
<i>Veronica officinalis</i>							r	
<i>Rubus fruticosus</i> agg.								+
<i>Carpinus betulus</i>								+
<i>Abies alba</i>								r
<i>Impatiens parviflora</i>								2-3
<i>Galeopsis speciosa</i>								+
<i>Sambucus racemosa</i>								+
<i>Ajuga reptans</i>								r
<i>Silene dioica</i>								r

Poznámka: 1 - po rozpadu stromového patra / snížená horní hranice lesa; 2 - zbytek lesa mezi pastvinami, z boku porost prosvětlen



**Obr. 1.** Klasifikace fytoocenologických snímků z PLO Hrubý Jeseník. Užitá Wardova metoda s kvadrátem euklidovské distance jako mírou nepodobnosti. Rozlišeny byly shluky A - smíšené lesy 4. až 6. (až 7.) LVS, B - smrkové lesy 7. a 8. LVS, C - lesy v blízkosti alpské hranice lesa (8. a 9. LVS). Každý snímek je označen kódem LVS a jedinečným označením snímku.

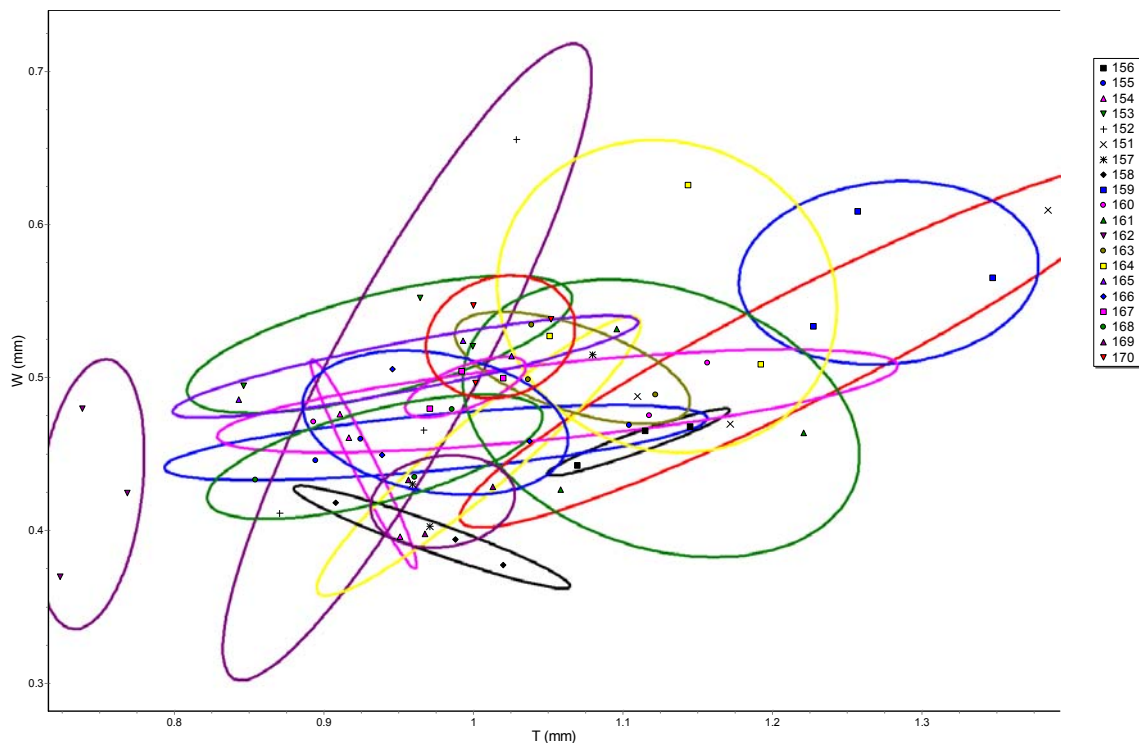
## Porovnání přirozeného zmlazení a výsadeb smrku v Jeseníkách

Variabilita přirozené populace mladého smrku na lokalitě Eustaška je velmi nízká. Všichni jedinci náležejí jedinému typu na základě tvaru příčného průřezu jehlicí - jedná se o inverzní typ. Tomu odpovídá i poměrně úzké a kontinuální rozpětí zjištěných velikostí jehlic, pouze jediný exemplář (162) vykazuje výrazněji tenčí jehlice (obr. 2).

Zásadní rozdíly lze objevit u variability jedinců smrku rostoucích v rámci tří srovnatelných lokalit: Eustaška a Alfrédka s přirozenou obnovou a Alfrédka s umělou obnovou. Rozdíly mezi jehlicemi lze vidět na příkladech na obr. 3-5. Měřeny byly tloušťka a šířka jehlice na jejich mikroskopickém řezu, jejich celková variabilita byla porovnáвана na základě ploch příslušných distribučních elips (Obr. 6). Lokalita s nejpřirozenější skladbou populace - Eustaška vykazuje nejnižší variabilitu těchto znaků. Nejvyšší variabilita byla nalezena na ploše s umělou obnovou. Současně na ploše s umělou obnovou byla zjištěna největší průměrná hodnota především šířky jehlice, ale i její tloušťky. Naopak nejdrobnější jehlice byly nalezeny pouze u jedinců z lokality Eustaška. Rozdíly ve velikosti jehlic na sledovaných lokalitách jsou statisticky signifikantní (Tabulka 3) a to jak při hodnocení celého datového souboru analýzou variance, tak při užití párového testu rozdíly mezi všemi dvojicemi ploch.

Velmi problematické je hodnocení výskytu siličných kanálků v jehlicích, respektive na zhotovených příčných řezech. Tyto kanálky totiž neprocházejí celou jehlicí a jejich zaznamenání na řezu tedy není jen otázkou jejich výskytu v jehlicí, ale též jejich lokalizace podél jehlice a zachycení či nezachycení provedeným řezem. Přesto se zdá, že se sledované lokality mírně liší v průměrném počtu siličných kanálků v jehlicí (E: 0.77; A: P: 0.90; A: U: 0.79). Výrazné byly rozdíly v zastoupení jedinců s konkávní horní polovinou řezu jehlicí. Zatímco se takoví jedinci na lokalitě Eustaška vůbec nevyskytovali, na lokalitě Alfrédka to bylo 32,7 % jedinců z přirozené obnovy a 5,4 % jedinců z výsadby.

Lze tedy shrnout, že sledované populace se výrazně liší z hlediska zastoupení různých fenotypů smrku. Minimální fenotypová variabilita byla zjištěna v pralesní rezervaci Eustaška. Rozdíly v růstu populací z přirozené a umělé obnovy mohou být dány tím, že v rámci výběru sadebního materiálu ve školkách jsou preferováni jedinci s nejrychlejším růstem a naopak jedinci s pomalým růstem, kteří současně mívají drobné jehlice, jsou ze sadebního materiálu vyřazováni. Tím dochází i k (nezáměrné) selekci fenotypové.

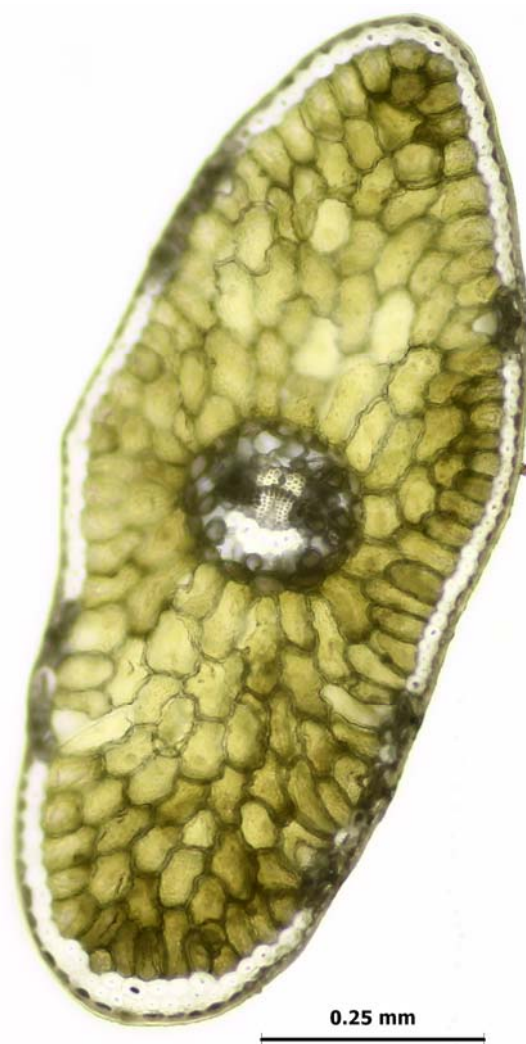


**Obr. 2.** Porovnání tloušťky (T) a šířky (W) na základě měření mikroskopických preparátů - průřezů jehlicemi pro jedince z lokality Eustaška (NPR Praděd v Jeseníkách). Vykresleny 95-procentní konfidenční elipsy pro 20 měřených jedinců. Čísla označují jedinečné kódy měřených jedinců smrku.



**Obr. 3.** Příčný řez jehlicí jedince 162 z lokality Eustaška. Inverzní typ jehlice s velmi malým průřezem. Poznámka: pro srovnání velikosti jsou obr. 3 až 5 zobrazeny při shodném zvětšení.





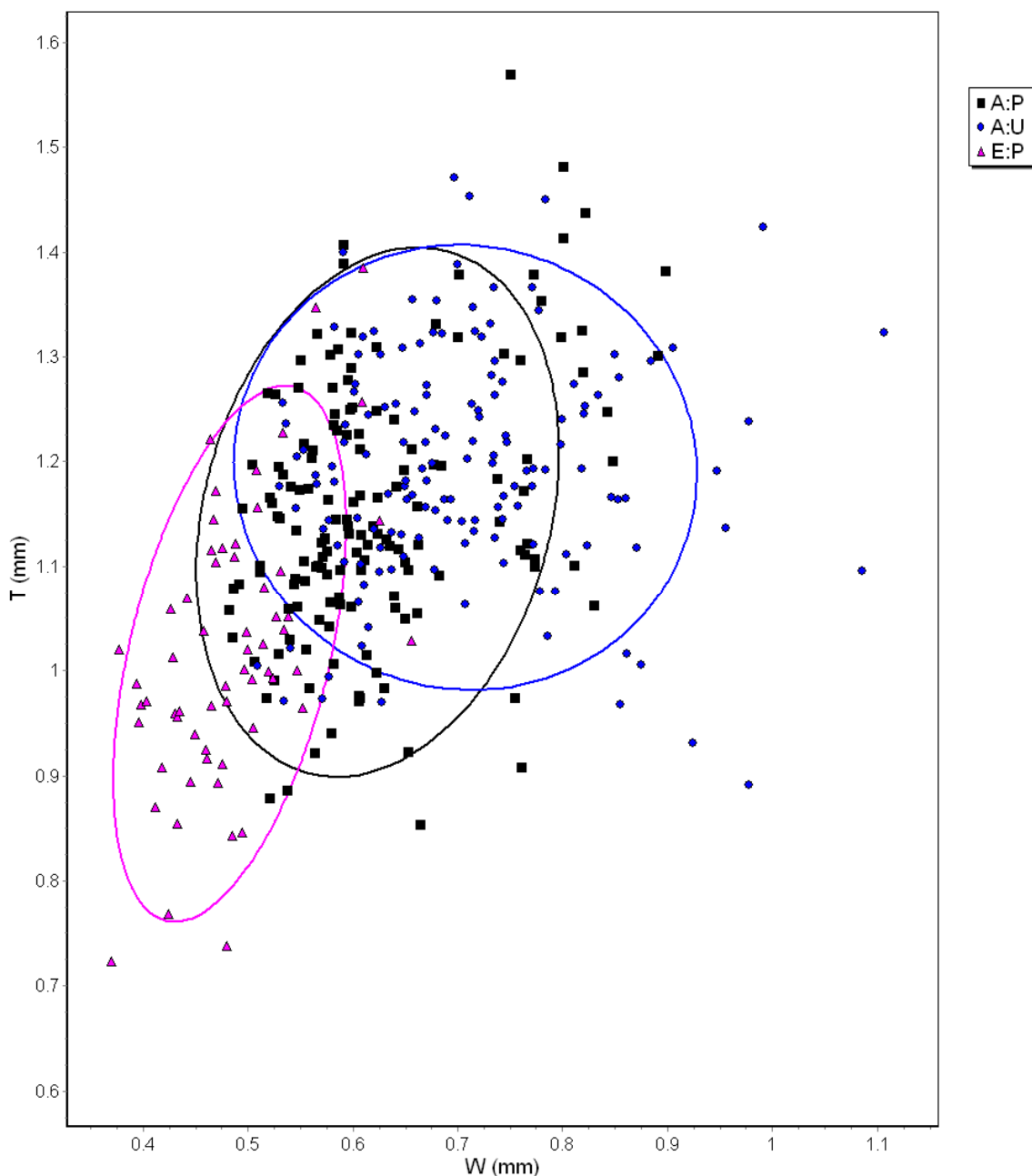
**Obr. 4.** Příčný řez jehlicí jedince 164 z lokality Eustaška. Silně inverzní typ jehlice připomínající plochou jehlicí.



**Obr. 5.** Příčný řez jehlicí jedince 15 z lokality Alfrédka - umělá obnova. Intermediální typ jehlice, jejíž šířka je srovnatelná s tloušťkou, makroskopicky tak jehlice budí dojem "hranatosti", který je zdůrazněn konkávností "boků" jehlice.

**Tabulka 3.** Mikroskopicky hodnocená šířka (W) a tloušťka (T) jehlice *Picea abies* na hodnocených lokalitách. N - počet hodnocených jehlic (3 jehlice z jednoho jedince). Rozdíly hodnoceny F-testem.

Lokalita	N	W (mm)		T (mm)	
		avg	Std.Err.	avg	Std.Err.
E:P	80	0.4884	0.0100	1.0216	0.0132
A:P	150	0.6232	0.0073	1.1524	0.0097
A:U	147	0.7068	0.0073	1.1948	0.0098
DS:P	150	0.5819	0.0072	1.1218	0.0097
F(3, 523)		113.31		38.56	
p		<0.001		<0.001	



**Obr. 6.** Porovnání variability jehlic *Picea abies* na třech lokalitách podle mikroskopického průřezu jehlicí. Hodnoceny byly šířka (W) a tloušťka (T) jehlice. Zobrazeny jsou 95-procentní distribuční elipsy.

### Vyhodnocení růstu smrku

Rozdíl mezi populacemi smrku původem z přirozené a umělé obnovy je patrný z modelů růstu ( $P_{2012}$ ) v závislosti na celkové výšce jedince předcházející hodnocený rok 2012 ( $H_{2011}$ ), které vycházejí:

- přirozená obnova  $P = 2,029739 \times H^{0,374920}$
- umělá obnova  $P = 0,027922 \times H^{1,249025}$

Toto jsou výsledky zcela srovnatelné s těmi, které byly získány v Krkonoších a v Krušných horách. Výškový růst jedinců v rámci přirozené obnovy je tedy mnohem méně závislý na výšce jedince ve srovnání s obnovou umělou. U umělé obnovy naopak pozorujeme exponenciální růst.

Analýza přírůstu v letech po sobě bezprostředně následujících (Tabulka 5) neprokázala závislost mezi rozdílem průměrných teplot vzduchu v květnu až srpnu příslušných let (Tabulka 6) a rozdílu výškového přírůstu

(resp. regresního koeficientu  $b$ ). Tento fakt může být způsoben několika skutečnostmi. Výškový růst nebyl pravděpodobně v roce 2013 ještě dokončen v době měření, o čemž svědčí výrazná odchylka regresních koeficientů  $a$  a  $b$  při posuzování dvojice let 2012 a 2013 ve srovnání s předchozím obdobím. Bez dat z posledního roku je možno porovnávat růst pouze ve třech dvojicích po sobě následujících let. V rámci takového rozsahu let je možno očekávat nějaký rok, kdy růst probíhá nějak odchylně - takový případ byl pozorován jak v Krkonoších, tak v Krušných horách.

Růst na jednotlivých lokalitách se výrazně liší, o čemž vypovídají rozdíly v parametrech regresní rovnice  $P_{2012} = a \times h_{2011}^b$  počítané po jednotlivých lokalitách (Tabulka 7). Variabilita rozdílu mezi modelovaným a skutečným přírůstem vypovídá o růstové variabilitě celé populace. Nejvyšší variabilita byla zjištěna u přirozeného zmlazení v pralesní rezervaci Eustaška, ale i ve výsadbě na lokalitě Dlouhé Stráně. Zatímco na lokalitě Eustaška může být tato vysoká variabilita vysvětlena rozdílným charakterem mikrostanovišť s různou intenzitou osvětlení v malých světlinách pod mateřským porostem (zvláště přihlídneme-li k nízké fenotypové variabilitě zjištěné při hodnocení jehlic), u výsadbě na lokalitě Dlouhé Stráně bude variabilita dána skutečnou variabilitou růstových schopností jednotlivých stromků v populaci, protože charakter jejich růstového prostředí je velmi vyrovnaný.

**Tabulka 4.** Základní statistiky měřených charakteristik růstu sledovaných populací smrku. N - počet jedinců, E(x) - aritmetický průměr,  $s_x$  - směrodatná odchylka.

lokalita	obnova		h13	P13	P12	P11	P10	P09	Věk
DS	P	N	50	50	50	50	50	50	50
		E(x)	<b>87,44</b>	<b>12,22</b>	<b>11,60</b>	<b>10,82</b>	<b>9,22</b>	<b>7,72</b>	<b>10,3</b>
		$s_x$	29,55	5,94	4,10	3,97	3,88	3,72	2,5
DS	U	N	50	50	50	50	50	50	50
		E(x)	<b>174,12</b>	<b>21,46</b>	<b>16,12</b>	<b>15,88</b>	<b>15,16</b>	<b>12,70</b>	<b>15,8</b>
		$s_x$	47,11	12,17	6,76	6,67	6,09	6,40	1,9
A	P	N	50	50	50	50	50	50	50
		E(x)	<b>99,08</b>	<b>15,54</b>	<b>11,84</b>	<b>8,34</b>	<b>8,14</b>	<b>6,54</b>	<b>10,6</b>
		$s_x$	27,79	10,73	5,11	5,00	4,43	3,26	1,9
A	U	N	50	50	50	50	50	50	50
		E(x)	<b>163,96</b>	<b>10,80</b>	<b>10,92</b>	<b>11,54</b>	<b>10,46</b>	<b>10,54</b>	<b>19,0</b>
		$s_x$	59,84	8,37	7,96	6,94	6,57	7,52	2,15
E	P	N	20	20	20	20	20	20	20
		E(x)	<b>100,20</b>	<b>7,40</b>	<b>8,25</b>	<b>7,90</b>	<b>8,90</b>	<b>8,20</b>	<b>12,8</b>
		$s_x$	36,88	6,47	5,18	3,46	5,18	3,78	3,6

**Tabulka 5.** Růst smrku ve dvou po sobě jdoucích letech hodnocený regresní rovnicí  $P_{y+1} = a + b P_y$ .

y	a	b	r
2012	1.1238	1.0791	0.6764
2011	4.9172	0.6462	0.6232
2010	4.1184	0.6794	0.6437
2009	4.8883	0.6138	0.6055

**Tabulka 6.** Průměrné teploty (°C) na meteorologické stanici ČHMÚ Šumperk (328 m n.m.) v posledních letech.

Rok	Měsíc												t <sub>5-8</sub>	t <sub>year</sub>	dt <sub>5-8</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2000	-3.6	0.9	3.2	11.4	14.6	16.5	15.2	18.1	11.7	11.1	6.7	0.9	16.1	8.9	
2001	-1.7	-0.9	2.8	6.8	14.3	14.2	18.1	18.0	11.4	10.5	1.0	-5.4	16.2	7.4	0.05
2002	-3.1	2.2	3.7	7.6	15.8	16.9	19.1	19.9	11.8	6.7	4.9	-4.1	17.9	8.5	1.78
2003	-3.1	-6.5	2.0	6.7	14.8	18.4	18.3	19.1	12.2	5.0	5.2	-1.4	17.7	7.6	-0.28
2004	-5.4	-1.4	2.2	8.9	11.6	15.4	17.0	17.5	12.1	9.5	3.4	-1.1	15.4	7.5	-2.28
2005	-1.5	-4.6	-0.6	8.9	12.7	15.6	18.0	15.7	13.4	7.7	1.8	-1.8	15.5	7.1	0.13
2006	-8.2	-4.7	-1.7	8.3	12.8	17.0	20.6	15.5	14.5	9.3	5.8	2.2	16.5	7.6	0.98
2007	3.1	2.8	5.0	9.6	14.6	17.7	18.3	17.7	11.1	7.2	1.6	-1.4	17.1	8.9	0.60
2008	0.9	1.9	2.8	8.1	13.2	17.1	17.9	16.8	12.3	8.2	5.4	1.3	16.3	8.8	-0.82
2009	-4.6	-1.0	3.2	11.8	13.1	15.5	18.4	18.1	14.4	7.3	4.9	-0.9	16.3	8.4	0.02
2010	-5.6	-1.7	2.3	8.3	12.0	17.0	19.9	17.2	11.7	6.1	6.0	-5.5	16.5	7.3	0.25
2011	-2.4	-2.2	3.1	10.3	12.9	17.4	16.7	18.0	14.2	7.5	1.8	0.8	16.3	8.2	-0.27
2012	-1.8	-6.3	4.6	8.6	14.3	17.1	18.7	18.1	13.2	7.5	6.0	-3.1	17.1	8.1	0.80
2013	-2.5	-0.9	-0.2	8.3	12.9	16.7	19.5	18.3	11.5	9.0			16.9		-0.20

**Tabulka 7.** Model růstu  $P_{2012} = a \times h_{2011}^b$  jednotlivých populací *Picea abies* v Jeseníkách. SE - standardní chyba, p - pravděpodobnost chyby, s<sub>resid</sub> - směrodatná odchylka rozdílu mezi skutečným a modelovaným přírůstem.

Lokalita	a	SE <sub>a</sub>	p	b	SE <sub>b</sub>	p	s <sub>resid</sub>
DS: P	2.988	1.578	0.064	0.3304	0.1260	0.012	3.83
A: P	1.699	1.456	0.249	0.4569	0.1984	0.026	4.84
E: P	0.021	0.023	0.376	1.3321	0.2314	0.000	6.66
DS: U	0.490	0.528	0.358	0.7122	0.2164	0.002	6.00
A: U	0.001	0.001	0.253	1.9367	0.1637	0.000	3.95

## Závěr

Tradována je vysoká genetická diversita přirozených populací dřevin. Otázkou však je, je-li tento názor správný. Dlouhodobou přirozenou selekcí dochází ke snižování genetické diversity v populaci. Naopak umělou výsadbou mohou vznikat populace, kde se mísí jedinci z různých "dílcích" populací, čímž může docházet naopak k nepřirozenému zvyšování genetické diversity nové populace. To se zřejmě projevuje i v PLO Hrubý Jeseník při srovnávání fenotypové variability (která je odrazem genetické diversity) mladých populací *Picea abies*.

Předchozí výrok však nemusí nutně znamenat, že nemůže vzniknout uměle (například výsadbou) populace (porost), který má naopak výrazně zúženou genetickou diversitu. Charakter nově zakládaného porostu (nové populace) je silně závislý na původu pěstovaného materiálu ve školce i na selekci uplatňované v průběhu pěstování ve školce.

Pravděpodobně bude velmi obtížné vyhodnotit přirozenou variabilitu (genetickou, fenotypovou) přirozených populací *Picea abies* ve střední Evropě, protože zdejší populace smrku jsou dlouhodobě ovlivňovány hospodářskou činností. Nejedná se pouze o přímé ovlivnění populace v daném porostu, ale i o ovlivnění genomu na základě dálkového sprášení.

Rozdíl v růstu smrku z přirozené a umělé obnovy má i v Jeseníkách obdobný charakter, jako v Krkonoších (Matějka 2011b) a v Krušných horách (Matějka 2012a). Jedná se o výrazné zrychlování růstu jedinců z umělé obnovy, které může vést ke snížení stability vznikajících porostů, které jsou složeny z převažujících jedinců s "ruderalní" strategií růstu (r-stratégové).

## Literatura

Hasenauer H. (ed.) (2006): Sustainable forest management. Growth models for Europe. - Springer, Berlin et Heidelberg, 398 p.

Matějka K. (2009) Nápopověda k programu PlotOA. Plotting of ordination diagrams and cartograms. - URL: [http://www.infodatasys.cz/software/hlp\\_PlotOA/plotoa.htm](http://www.infodatasys.cz/software/hlp_PlotOA/plotoa.htm)

- Matějka K. (2010): Globální gradienty teploty v České republice. - URL: <http://www.infodatasys.cz/climate/GlobalGradients.pdf>
- Matějka K. (2011a): Long-term vegetation dynamics in the mountain forests of the Czech Republic. - URL: <http://www.infodatasys.cz/proj003/forestdynamics2011.pdf>
- Matějka K. (2011b): Zpráva spoluřešitele projektu QI112A170 za rok 2011. - URL: [http://www.infodatasys.cz/proj005/QI112A170\\_results2011.pdf](http://www.infodatasys.cz/proj005/QI112A170_results2011.pdf)
- Matějka K. (2012a): Zpráva spoluřešitele projektu QI112A170 za rok 2012. - URL: [http://www.infodatasys.cz/proj005/QI112A170\\_results2012.pdf](http://www.infodatasys.cz/proj005/QI112A170_results2012.pdf)
- Matějka K. (2012b): Klimatické gradienty a modelování lesních vegetačních stupňů v ČR. [Climate gradients and modelling of the forest altitudinal zones in the Czech Republic] - URL: [http://www.infodatasys.cz/public/model\\_lvs\\_cr\\_2012.pdf](http://www.infodatasys.cz/public/model_lvs_cr_2012.pdf)
- Matějka K. (2013): Návod a popis programu FotoOverlay. [Description of the program FotoOverlay and program help] - URL: [http://www.infodatasys.cz/software/hlp\\_FotoOverlay/FotoOverlay.htm](http://www.infodatasys.cz/software/hlp_FotoOverlay/FotoOverlay.htm)
- Matějka K., Leugner J. (2013): Growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karsten) from artificial and natural regeneration in the Krkonoše Mts. and air temperature variability. - Journal of Forest Science, 59: 150-158.
- Pretzsch H. (2009): Forest dynamics, growth and yield. Springer, Berlin et Heidelberg, 664 p.
- Vacek S., Matějka K., Simon J., Malík V., Schwarz O., Podrázský V., Minx T., Tesař V., Anděl P., Jankovský L., Mikeska M. (2007): Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší. In: Folia Forestalia Bohemica, Vol. 4. - Lesnická práce, s.r.o., Kostelec n. Černými lesy, 216 p.