

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra hospodářské úpravy lesa



Vyšetření průběhu střední výšky smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst.  
v lesních ekosystémech ČR na základě dat Národní inventarizace lesů

DISERTAČNÍ PRÁCE

Doktorand: Ing. Vratislav Mansfeld

Školitel: prof. Ing. Jan Kouba, CSc.

Praha 2012

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Vyšetření průběhu střední výšky smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. v lesních ekosystémech ČR na základě dat Národní inventarizace lesů“ vypracoval samostatně s použitím pramenů uvedených v kapitole Rozbor problematiky vzhledem k literatuře.

V Praze dne 14. 3. 2012

.....

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych využil příležitost a poděkoval všem, kteří přispěli ke vzniku této práce. Především vedoucímu doktorandské práce prof. Ing. Janu Koubovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky. Rovněž Ing. Miroslavu Zemanovi za pomoc při databázovém zpracování dat a praktická doporučení. Konečně s díky tuto práci připisuji své rodině jako malou splátku velikého dluhu za mnohé chvíle, které patřily jim, ale byly věnovány odbornému studiu.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2. ROZBOR PROBLEMATIKY VZHLEDEM K LITERATUŘE.....</b>	<b>9</b>
2.1 ROZŠÍŘENÍ SMRKU V ČESKÉ REPUBLICE.....	9
2.2 VÝVOJ HOSPODÁŘSKÉ ÚPRAVY LESŮ A LESNICKÉ TYPOLOGIE .....	11
2.3 TEORIE LESNÍHO TYPU A VARIABILITA TYPOLOGICKÝCH JEDNOTEK .....	14
2.4 EKOSYSTÉMOVÉ ANALÝZY A DATA INVENTARIZACE LESŮ .....	17
2.5 ZMĚNA RŮSTOVÝCH PODMÍNEK SMRKU A BEZPEČNOST JEHO PRODUKCE.....	19
2.6 MÍŠENÍ DŘEVIN.....	23
2.7 BONITA, PRODUKTIVITA STANOVIŠTĚ A PRODUKCE LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ .....	25
2.8 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOB BONITACE .....	28
2.9 RŮSTOVÉ ŘADY A VÝŠKOVÉ KŘIVKY .....	30
2.10 VÝŠKOVÝ RŮST STROMŮ.....	31
2.11 VYMEZENÍ RŮSTOVÉHO OBORU DŘEVINY .....	34
2.12 RŮSTOVÉ MODEL Y .....	36
2.13 POSOUZENÍ JEDNOTNÉHO VÝŠKOVÉHO RŮSTU SMRKU .....	40
<b>3. CÍL PRÁCE .....</b>	<b>42</b>
<b>4. METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>43</b>
<b>5. POPIS ŘEŠENÍ.....</b>	<b>45</b>
5.1 PODKLADOVÁ DATA .....	46
5.2 PARAMETRY PRO VÝBĚR INVENTARIZAČNÍCH PLOCH .....	48
5.3 ZÁJMOVÉ POLOŽKY .....	48
5.3.1 <i>Identifikační číslo inventarizační plochy</i> .....	48
5.3.2 <i>Souřadnice středů inventarizačních ploch</i> .....	48
5.3.3 <i>Označení dřeviny</i> .....	49
5.3.4 <i>Počet smrků na inventarizační ploše</i> .....	49
5.3.5 <i>Výška stromu a výška středního kmene smrku na inventarizační ploše</i> .....	49
5.3.6 <i>Výčetní tloušťka stromu a výčetní tloušťka středního kmene smrku na inventarizační ploše</i> .....	50
5.3.7 <i>Věk stromu</i> .....	50
5.3.8 <i>Lesní vegetační stupeň</i> .....	50
5.3.9 <i>Soubor lesních typů</i> .....	51
5.3.10 <i>Hospodářský tvar lesa</i> .....	52
5.3.11 <i>Přírodní lesní oblast</i> .....	52

5. 3. 12 Výškový grafikon na inventarizační ploše.....	53
5. 3. 13 Klimatická data .....	54
5. 4 PRACOVNÍ POSTUP VYHODNOCENÍ INVENTARIZAČNÍCH PLOCH S VÝSKYTEM SMRKU.....	55
5. 4. 1 Analýza rozšíření inventarizačních ploch s výskytem smrku v závislosti na podmínkách lesních stanovišť.....	55
5. 4. 2 Vyšetření průběhu výšky smrku v růstových řadách.....	57
5. 4. 3 Návrh charakteristik pro posouzení produkčního potenciálu smrku.....	62
5. 4. 4 Mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku.....	62
5. 4. 5 Shluková analýza.....	63
<b>6. VÝSLEDKY .....</b>	<b>66</b>
6. 1 ROZŠÍŘENÍ INVENTARIZAČNÍCH PLOCH S VÝSKYTEM SMRKU V ZÁVISLOSTI NA PODMÍNKÁCH LESNÍCH STANOVIŠŤ .....	66
6. 2 ANALÝZA VÝŠKOVÝCH KŘIVEK SMRKU V RŮSTOVÝCH ŘADÁCH .....	70
6. 3 BONITNÍ A PRODUKČNÍ CHARAKTERISTIKY SMRKU .....	74
6. 4 MAPA PRODUKČNÍHO POTENCIÁLU SMRKU .....	75
6. 5 JEDNOTNOST VÝŠKOVÉHO RŮSTU SMRKU A SHLUKOVÁ ANALÝZA RŮSTOVÝCH ŘAD .....	78
<b>7. DISKUSE .....</b>	<b>88</b>
7. 1 ZASTOUPENÍ SMRKU V LESNÍCH EKOSYSTÉMECH ČR .....	88
7. 2 ROZBOR VÝŠKOVÝCH KŘIVEK V RŮSTOVÝCH ŘADÁCH A BONITNÍ (PRODUKČNÍ) POTENCIÁL SMRKU.....	92
7. 3 PRODUKČNÍ (BONITNÍ) CHARAKTERISTIKY SMRKU A PARAMETRY RŮSTOVÉ FUNKCE .....	97
7. 4 PŘÍNOS MAPY PRODUKČNÍHO POTENCIÁLU SMRKU .....	100
7. 5 SHLUKOVÁ ANALÝZA A JEJÍ VYUŽITÍ PŘI HODNOCENÍ RŮSTOVÝCH ŘAD SMRKU .....	101
<b>8. ZÁVĚR.....</b>	<b>104</b>
<b>9. SUMMARY.....</b>	<b>107</b>
<b>10. LITERATURA.....</b>	<b>109</b>
PŘÍLOHA 1. ZASTOUPENÍ SMRKU V EKOLOGICKÉ SÍTI TYPOLOGICKÉHO SYSTÉMU LESŮ ČR... 123	
PŘÍLOHA 2. VÝSLEDEK ANALÝZY VÝŠKOVÝCH KŘIVEK SMRKU V RŮSTOVÝCH ŘADÁCH .....	124
PŘÍLOHA 3. PRODUKČNÍ CHARAKTERISTIKY VYBRANÝCH SLT .....	126
PŘÍLOHA 4. PŘEHLED VÝSLEDKŮ SHLUKOVÉ ANALÝZY .....	149
PŘÍLOHA 5. UKÁZKA MAPY PRODUKČNÍ POTENCIÁLU SMRKU NA PLO 21 .....	150
PŘÍLOHA 6. PŘEHLEDOVÁ MAPA PRODUKČNÍ POTENCIÁLU SMRKU NA PLO 21.....	150

## ABSTRAKT

### VYŠETŘENÍ PRŮBĚHU STŘEDNÍ VÝŠKY SMRKU ZTEPILÉHO *Picea abies* (L.) KARST. V LESNÍCH EKOSYSTÉMECH ČR NA ZÁKLADĚ DAT NÁRODNÍ INVENTARIZACE LESŮ

Na základě vyšetření střední výšky smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst., dále jen smrku, byl zjišťován jeho bonitní a produkční potenciál v lesních ekosystémech České republiky. Poznatky o výškovém růstu dřevin jsou klíčové pro odhad a porovnání produktivnosti lesních stanovišť. Analýza je založena na předpokladu, že shodně vymezené stanovištní jednotky mají jednotnou produkční úroveň ASSMANN (1961).

Předkládaná práce je založena na datech Národní inventarizace lesů ČR 2001–2004 (NIL) stratifikovaných podle souborů lesních typů (SLT) typologického systému ÚHÚL. Na základě SLT byly smrkové inventarizační plochy uspořádány do růstových řad, ve kterých bylo růstovou funkcí (KORF, 1939) analyzováno výškové bodové pole. Růstové řady vymezené na základě typologických jednotek zohledňují vliv podstatných stanovištních faktorů.

Výsledky analýzy umožnily porovnat výškový růst, bonitní a produkční potenciál smrku ve vztahu ke stanovištním podmínkám. Mapa produkčního potenciálu smrku v měřítku lesnických map (1 : 10 000) je zcela novým výstupem. Získané poznatky jsou důležité pro vlastníky lesů, úpravu cílové druhové skladby lesů a pro praktické naplnění lesnické legislativy (vyhláška č. 83/1996 Sb.). Kromě toho mohou být aplikovány v lesnické typologii, např. při typologickém průzkumu lesních stanovišť (vylišení typologických jednotek) a jsou příspěvkem k rozvoji typologického systému ÚHÚL.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý, produkční funkce lesů, lesní stanoviště, typologický klasifikační systém lesů ČR, soubor lesních typů, Národní inventarizace lesů ČR.

## ABSTRACT

EXAMINATION OF THE COURSE OF NORWAY SPRUCE *Picea abies* (L.) KARST.  
MEAN HEIGHT IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE CZECH REPUBLIC  
BASED ON THE NATIONAL FOREST INVENTORY DATA

Yield class and production potentials of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. in forest ecosystems of the Czech Republic were established based on surveying the mean height of the species. Knowledge of the height growth of woody plants is of key importance for estimating and comparing productivity of forest sites. The analysis dwells on the presumption that identically delimited site units exhibit a uniform level of production (ASSMANN, 1961).

The submitted paper stems out from data of the National Forest Inventory (NFI) conducted in the Czech Republic in 2001–2004 and stratified according to forest sites complexes (FSCs) classified in the Typological Classification System of Forests of the Czech Republic. Based on FSCs, Norway spruce inventory plots were arranged into growth series in which the height point field was analyzed by using the growth function (KORF, 1939). The growth series defined on the basis of typological units take into account the effect of essential site factors.

Results of the analysis made it possible to compare height growth, yield class and production potentials of Norway spruce in relation to site conditions. The map of the Norway spruce production potential on the scale of forest maps (1 : 10 000) is a brand new output. The gained knowledge is important for forest owners, for the modification of the target species composition of forests and for the practical fulfilment of the forest legislation (Decree no. 83/1996 Coll.). In addition, the data can be applied in forest typology, e.g. in the typological research of forest sites (differentiation of typological units) and can be also considered a contribution to the development of the Typological Classification System of Forests of the Czech Republic.

**Keywords:** Norway spruce, production function of forests, forest site, Typological Classification System of Forests, forest sites complex, National Forest Inventory in the Czech Republic

*„Součinností dřeviny s činiteli ovzdušnými a půdními udržuje se v chodu i bez lidského přičinění onen veliký zjev přírodní produktivnosti, který je podstatou skutečné tvorby lesní.“*

*Konšel J. 1931*

## 1. Úvod

Podle výsledků Národní inventarizace lesů (ÚHÚL, 2007) zaujímá smrk ztepilý, dále jen smrk, celkem 1 138 424 ha a je v České republice (ČR) nejvíce plošně zastoupenou dřevinou (47,7 %). Prvenství smrku je dáno jednak přírodními podmínkami (SVOBODA, 1953; ZLATNÍK, 1956), ale také historií obhospodařování lesních ekosystémů (NOŽIČKA, 1957; MÁLEK, 1961). Smrk je oblíbený u vlastníků lesů pro snadné pěstování, relativně rychlý růst a mnohostranné využití dřeva.

Přírodní podmínky významným způsobem ovlivňují výškový růst lesních dřevin a v hospodářské úpravě lesů je výška důležitým bonitním ukazatelem. Bonitu lesního stanoviště určují vlastnosti půdy, reliéf a podnebí bez ohledu na to, jaká dřevina (stanovištně vhodná nebo nevhodná) a jaký porost momentálně na konkrétním stanovišti roste. Výšková bonita dřeviny (porostu) je výrazem intenzity produkce lesního ekosystému (HALAJ, 1978).

Znalost bonity lesního stanoviště, včetně průběhu růstu jednotlivých dřevin, je rozhodujícím předpokladem pro aplikaci lesnické typologie. Variabilita výškové bonity dřeviny v rámci lesního typu by měla mít rozsah dvou bonitních stupňů (ŘEHÁK, 1971b). Podle ekosystémových analýz oblastních plánů rozvoje lesů (MACKŮ, 2001) a výsledků typologických elaborátů (ÚHÚL, 2007–2008) se však ukazuje, že je tato variabilita významně vyšší. Z dostupných podkladů vyplývá, že tato problematika nebyla dosud uspokojivě vyřešena.

Hlavním cílem této práce bylo analyzovat výškové křivky smrku v souborech lesních typů (SLT). Ve vybraných SLT byla data uspořádána do růstových řad, ve kterých byl vyšetřen průběh výšky smrku prostřednictvím růstové funkce (KORF, 1939). Zjištěné údaje byly podkladem pro stanovení produkčního potenciálu smrku na daném stanovišti. Analýza byla zpracovaná nad daty Národní inventarizace lesů ČR (NIL).

Výsledky poskytly detailní informace o zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR ve vztahu k jednotlivým SLT a mají význam pro lesnickou typologii. Mohou přispět k rozvoji typologického systému lesů ČR a být východiskem pro hodnocení vývojových trendů změn výškového růstu smrku.



## 2. Rozbor problematiky vzhledem k literatuře

### 2.1 Rozšíření smrku v České republice

Areálem přirozeného rozšíření smrku je myšleno území, na němž lze vysledovat výskyt smrku v období před podstatnými zásahy člověka do krajiny. Historickými a typologickými pracemi byl prokázán výskyt smrku i v nižších polohách. Důležité doklady o rozšíření smrku pocházejí ze 16. a 17. století, tj. z období, kdy ještě nenastala změna dřevinné skladby lesů v důsledku intenzivního obhospodařování lesů (MÁLEK, 1961). Málek ve svém příspěvku doložil, že území, na němž byl smrk přirozeně rozšířen, je podstatně větší nežli plocha, na níž se nevyskytoval.

Z dostupných podkladů (NOŽIČKA, 1957; MÁLEK, 1961) vyplývá, že smrk se vyskytoval prakticky ve všech nadmořských výškách a Málek poukázal na dvě centra přirozeného rozšíření smrku; první bylo v nadmořské výšce cca 600 až 800 m n. m. a druhé se nacházelo nad 1000 m n. m. Dále uvedl, že celkový přirozený podíl smrku v dřevinné skladbě lesů byl nízký, přestože areál přirozeného rozšíření smrku byl značný.

SVOBODA (1953), na základě provenienčních pokusů, označil jako optimální polohy pro růst smrku na Šumavě mezi 600–1000 m n. m., v Krušných horách mezi 500–800 m n. m., v Krkonoších mezi 600–900 / 950 m n. m. a v Jeseníkách mezi 600–900 m n. m.

Rozsáhlé lesní ekosystémy smrk vytvářel v horských polohách v makroklimaticky odpovídajících podmínkách, zatímco v nižších polohách bylo jeho rozšíření reliktního charakteru. Přirozené zastoupení smrku ve středních a nižších polohách je nutno si představit jen jako příměs, protože zde byl omezen makroklimatickými poměry (teplotou, srážkami). Pouze ve zvláště příznivých půdních a mikroklimatických podmínkách zde mohl smrk vystupovat jako převládající dřevina. Jedná se zejména o extrazonální stanoviště stinných expozic s nižší teplotou, na kterých jsou čerstvé až vlhké a zamokřené půdy. Zde se smrk vyskytoval v chladných údolích řek, potoků a ve skalních soutěskách (roklích) (MÁLEK, 1961). Na těchto stanovištích zvýšená půdní vlhkost kompenzuje nedostatek atmosférických srážek, vedle toho existenci smrku zde umožnily také časté teplotní inverze, či správněji řečeno snížily cenotický tlak jiných, konkurenčně silnějších dřevin.

Území České republiky (ČR) bylo vždy z větší části zalesněné a v předhistorické době lidské osídlení nedosahovalo takové hustoty, aby tím byl původní lesní ekosystém zásadně ohrožen. Základní změny nastaly od 12. století, kdy probíhala zemědělská kolonizace a plochy původních lesních ekosystémů byly přeměňovány na zemědělskou půdu nebo pastviny. V důsledku nárůstu obyvatel a stále rostoucí spotřebě dřeva začíná plocha lesních ekosystémů výrazně ubývat. Tento trend s různými přestávkami, např. třicetiletá válka (1618–1648), vydržel až do 18. století, kdy odlesnění na území ČR dosahuje svého vrcholu a zároveň se v té době začíná s opětovnou masovou výsadbou lesů (NOŽIČKA, 1957).

Snaha dosáhnout co nejvyššího finančního užitku z lesa vedla vlastníky lesů k požadavkům pěstování nejlépe přírůstavých, zpracovatelných a prodejných dřevin, zejména smrku a borovice, i na nevhodných stanovištích. Zároveň se pro obnovu lesa používalo osivo bez ohledu na svůj původ. Lesy byly zakládány jako stejnověké a stejnorodé lesní kultury, většinou smrkové, výsadbou do pravidelných řad. Převládal holosečný hospodářský způsob a uměle založené kultury byly vychovávány šablonovitě. Listnáče byly často hodnoceny jako nežádoucí dřeviny (ÚHÚL, 2007).

Na základě rozhodnutí vlastníků lesa tento vývoj pokračoval a z tohoto důvodu je více než polovina lesních ekosystémů v ČR ve třetí až čtvrté generaci na nepůvodních stanovištích. Především stejnorodé smrkové kultury jsou nejčastěji postiženy kalamitami, které způsobují abiotické faktory a biotičtí činitelé (ZAHRADNÍK, 2008).

Od poloviny 19. století se rozvíjel stanovištní průzkum lesnické typologie a do popředí se dostala otázka zhoršování půdy související s pěstováním stejnorodých a stejnověkých lesních kultur. Současně se měnil charakter lesních ekosystémů: podstatně se snížila výměra výmladkového a sdruženého lesa ve prospěch lesa vysokokmenného (ÚHÚL, 2007).

Civilizační změny vyvolaly zejména ve druhé polovině 20. století další požadavky na lesy, které nesouvisely již jenom s jejich dřevoprodukční funkcí. Vzrostla výměra lesů, v nichž se hospodaření podřídilo i jiným funkcím. Zvýšil se zejména vodohospodářský a rekreační význam lesa. V této době již byly lesy poškozovány imisemi, což vedlo zejména v severních oblastech ČR např. v Krušných horách, až k ekologické katastrofě. Za nesporně pozitivní jev lze však považovat absolutní nárůst výměry lesních ekosystémů v důsledku zalesňování nelesních půd, které nelze zemědělsky či jinak využívat (ÚHÚL, 2007).

## 2. 2 Vývoj hospodářské úpravy lesů a lesnické typologie

Historické prameny dokládají, že snahy o cílevědomé obhospodařování lesních ekosystémů jsou datovány do první poloviny šestnáctého století (NOŽIČKA, 1957). Tehdejší rozvoj hutnictví a hornictví vyvolal zvýšenou spotřebu dřeva. V důsledku dalšího industriálního rozvoje společnosti začalo hrozit nebezpečí, že zdroje dřeva budou vyčerpány. Zájem vlastníků lesů o trvale vyrovnaný výnos z jejich majetků vedly v první polovině 18. století k rozvoji hospodářské úpravy lesů jako vědní disciplíny.

ZATLOUKAL (2006) uvedl, že nejstarší pravidelně uplatňovaná metoda hospodářské úpravy – metoda lánová, usilovala o dosažení trvalosti a vyrovnanosti výnosu geometrickým rozdělením lesních majetků na srovnatelné díly (lány, tratě, leče). Tato metoda ve zlepšené „proporcionální“ formě poukázala na nutnost zohlednění bonity, jako vyjádření produkční schopnosti stanoviště. Tento moment lze považovat za jeden z prvních impulzů pro využití stanovištní typizace v hospodářské úpravě lesů.

Produktivita stanoviště je systematicky lesníky studována od první poloviny devatenáctého století. Jedná se především o tyto významné osobnosti: Carl Justus Heyer (Německo, 1797–1856), Franz Baur (Německo, 1830–1897), Wilhelm Weise (Německo, 1846–1914), Ernst Gehrhardt (Německo, 1867–1936), Fritz Eichhorn (Německo, 1870–1939), Alf Langsæter (Norsko, 1897–1986), Eilhard Wiedeman (Německo, 1891–1950), Carl Marenus Møller (Dánsko, 1891–1978) a Ernst Assman (Německo, 1903–1979).

TRUHLÁŘ (1962) považuje Baurovy výnosové tabulky za publikaci, která stála u počátku studia růstových procesů lesních dřevin. Tyto tabulky (Die Fichte in Bezug auf Ertrag, Zuwach und Form) vyšly knižně roku 1876 a Truhlář je označil za metodicky pečlivě zpracovanou studii o růstových procesech stejnorodých porostů smrku.

CAJANDER (1927, přeložil KONŠEL) také uvedl odkaz na Baura, avšak první kdo navrhl použití výškového růstu dřeviny pro ocenění stanoviště byl pravděpodobně Remy de Perthuis de Laillevault v druhé polovině 18. století (BATHO et GARCIA, 2006). De Perthuis' názorně popsal základní představu oceňování a třídění (bonitaci) stanoviště s použitím výšky v předepsaném věku. I když jeho práce neobsahuje výškové křivky a tabulky, lze přesto poukázat na základ proužkové metody, která nacházela uplatnění ještě v polovině 20. století, např. HALAJ (1959).

Dalším významným mezníkem byly Schwappachovy růstové tabulky (SCHWAPPACH, 1943), které byly poprvé publikovány v období 1890–1904. Tyto tabulky byly používány i v českém lesnictví, a to až do roku 1987.

Přestože je možné považovat Schwappachovu práci za dílo zásadní nejen pro lesnictví v Německu, odborné studie z druhé poloviny minulého století poukázaly na nevhodnost jejich použití v růstových podmínkách České a Slovenské republiky (ŘEHÁK, 1962; MÁLEK, 1965; WOLF, 1967; 1971; HLAVÁČEK, 1968; POLENO, 1975). Tyto a další podněty vedly k vývoji vlastních růstových tabulek, neboť jde o pomůcku nezbytnou především pro řešení základních taxačních a hospodářsko-úpravnických úloh.

Rozsáhlá akce sestavení československých růstových tabulek byla zahájena v roce 1964. Tehdy na základě rozhodnutí Ministerstva zemědělství, lesního a vodního hospodářství byla při vědecké radě Výzkumného ústavu lesního hospodářství vo Zvolenu jmenována celostátní komise pro organizaci a zabezpečení všech prací spojených s vyhotovením růstových tabulek (HALAJ, 1971).

V období 1965–1974 byly zakládány a opakovaně měřeny výzkumné plochy. Výsledkem tohoto výzkumného úkolu bylo první vydání růstových tabulek (HALAJ et ŘEHÁK, 1979).

V období 1975–1980 práce pokračovaly dalším opakovaným měřením výzkumných ploch a byly vydány další tabulky s vylepšenou konstrukcí (HALAJ et al., 1987b).

Přestože v minulosti nebyl lesnický výzkum orientován výlučně na stejnověké a stejnorodé porosty, začaly se objevovat podněty k hospodaření ve smíšených porostech s biologicky a ekonomicky optimálním zastoupením dřevin (např. SVOBODA, 1952b; KORF, 1955; ZLATNÍK, 1956; MÁLEK, 1965). Tito a další lesníci upozorňovali především na zhoršování stanoviště vlivem pěstování smrkových stejnorodých porostů tam, kde byly původně rozšířené smíšené listnaté porosty. SVOBODA (1953) zároveň poukázal na nesprávné zevšeobecnování negativního vlivu smrku na stanoviště, zejména ve smyslu paušální prognózy stupňování kyselosti v důsledku pěstování smrkových stejnorodých porostů od generace ke generaci.

Tato problematika je stále aktuální a otázka bezpečně dosažitelné produkce je součástí konceptu trvale udržitelného obhospodařování lesů (Národní lesnický program pro období do roku 2013). Trvale udržitelné hospodaření je správa a využívání lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, které zachovávají jejich biodiverzitu, produkční schopnosti a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti a budoucnosti odpovídající ekologické, ekonomické a sociální funkce na místní, národní a mezinárodní úrovni a které nepoškozují ostatní ekosystémy (2. ministerská konference o ochraně lesů v Evropě, Helsinky 1993). Dále je kladen důraz na integritu lesních ekosystémů, které souběžně společnosti poskytují ekologické, ekonomické, sociální a kulturní benefity

ve prospěch současných a budoucích generací. Ačkoliv takováto všeobsahující definice by mohla být apelem na současné poměry, není vhodná pro kvantifikovatelný výzkum, zvláště v malých měřítkách (MONSERUND, 2003) a tato poznámka platí i pro její aplikaci v konkrétních podmínkách LH.

Z hlediska hospodářsko-úpravnického plánování, jehož základním článkem je volba provozních cílů, je nejdůležitějším podkladem elaborát typologického průzkumu (KOUBA, 1969). Rovněž PRIESOL 1971; AMBROS, 1991 a řada dalších ve svých odborných aktivitách vycházeli z lesnické typologie.

Lesnická geobiocenologie (popřípadě lesnická typologie) je prostředkem k soubornému uplatnění přírodovědného základu v lesním hospodářství (POLÁK, 1985). Pestrá paleta přírodních podmínek ČR pro růst, produkci, obnovu a soužití lesních ekosystémů, je členěna a tříděna do typů lesních geobiocenóz, jež jsou přírodovědným východiskem k hospodářsko-technickým úvahám.

Lesnická typologie už od svého vzniku úzce souvisí s produkcí lesů, např. CAJANDER (1927, přeložil KONŠEL) ve své publikaci napsal: „*Jest obvyklé nazývati třídy lesní produktivity třídami kvalitními čili bonitami.*“ KONŠEL (1931) ve vztahu k dané problematice uvedl: „*Tři složky přírodní třeba sledovati, chceme-li chápati vegetační schopnost produkční v její podstatě i v rozsahu, totiž ovzduší jakožto složku proměnlivou, půdu jakožto složku stálejší... konečně rostlinu jakožto pravé instrumentum produkční.*“ Konšel dále poznamenal, že jakmile začaly být soubory lesního rostlinstva chápány jako vodítko pro posuzování produkční schopnosti porostů, v ten moment vznikla typologie lesní.

Počátek lesnické typologie v ČR souvisí se založením Lesní taxační kanceláře v Brandýsem nad Labem k 1. lednu 1935. Lesnická typologie byla nejprve součástí sociologie a ekologie lesních dřevin. Již v roce 1941 bylo zahájeno stanovištní mapování a tím byl položen základ typologie lesů. V roce 1944 pak vzniklo oddělení pro průzkum lesních stanovišť. O nezávislé odborné lesnické disciplině je možno uvažovat od chvíle, kdy začíná systematické mapování typologických jednotek. Typologický systém ÚHÚL se vyvíjel od počátku 50. let, kdy se lesnická typologie stala nedílnou součástí hospodářské úpravy lesů.

Do roku 1970 ÚHÚL používal dva typologické systémy (ÚHÚL, 1964). Geobiocenologický systém Zlatníkův byl aplikován hlavně v zachovalejších porostních poměrech karpatské oblasti. Stanovištně-typologický systém Mezery-Mráze-Samka kladl

důraz na stanovištní charakteristiku lesních typů a používal se v hercynské oblasti s často silně pozměněnou porostní skladbou. Na přelomu 60. a 70. let minulého století byly zásluhou Ing. Plívy (PLÍVA, 1971), Ing. Průši (PRŮŠA, 1975) a specialistů lesnické typologie z řad ÚHÚL zpracovány poznatky z typologického průzkumu do typologického systému lesů ČR. V tomto novém systému byly uplatněny přednosti obou do té doby používaných systémů a zároveň byla provedena revize analogových typologických map v měřítku 1 : 10 000 pro všechny lesní ekosystémy ČR. Transformace stanovišť podle typologického systému lesů ČR byla ukončena v roce 1980 a lesnická typologie byla propojena s daty lesních hospodářských plánů (LHP).

### **2. 3 Teorie lesního typu a variabilita typologických jednotek**

CAJANDER (1927, přeložil KONŠEL) popsal podstatu „*typů lesních*“ a na jejím základě lze charakterizovat různé růstové i produkční podmínky lesních ekosystémů. Typologický systém lesů je založen na této teorii a tvoří základní východisko pro diferenciaci lesních ekosystémů ČR.

Současnou lesnickou typologii (VIEWEGH, 1997; PLÍVA, 2000; VIEWEGH et al., 2003; ÚHÚL, 2007–2008) lze charakterizovat jako vědeckou disciplínu studující typologické jednotky lesních ekosystémů sružené do lesnických typologických klasifikací. Teorie lesního typu poukazuje na komplexní přístup při hodnocení lesního ekosystému (ŠTYKAR, 2008). Rostlinná společenstva, která na určitém stanovišti vznikají a existují za působení klimatu, tvoří jeden celek. Jedná se o předpoklad s praktickým významem umožňující posouzení každého stanoviště z produkčního hlediska.

WANG et KLINKA (1996) konstatovali, že stanoviště se stejným kvalitativním hodnocením (pokud jde o tři synoptické míry) jsou považována za biologický CAJANDER (1927, přeložil Konšel) nebo ekologický ekvivalent (POJAR et al., 1987).

Základní jednotkou diferenciaci růstových podmínek je lesní typ (PLÍVA, 1991), který je podle ZLATNÍKA (1956) definován takto: „*Lesní typ je soubor lesních biocenóz, původních i změněných a jejich vývojových stadií včetně prostředí, tedy geobiocenóz vývojově k sobě patřících.*“ Dále je možno lesní typ charakterizovat jako jednotku s úzkým ekologickým rozpětím pro růst dřevin a jejich produkci (ZLATNÍK, 1956; MÁLEK, 1965; ŘEHÁK, 1971b; PLÍVA, 1986; 1991).

ZLATNÍK (1956) uvedl: „*V produkčním ohledu nejsou skupiny lesních typů jednotkami, neboť těmi jsou teprve lesní typy k nim náležející. Skupiny lesních typů jsou tedy ve většině*

*případů jednotkami s více méně širokým produkčním rozmezím uvažované dřeviny...“* Ovšem zároveň konstatoval, že uvedené názory nejsou dílem dokonalým a konečným. Podle jeho vyjádření se jednalo o první pokus celkového pohledu na typologické jednotky a předpokládal jeho další rozpracování. Zda je pro hodnocení produkce lesních porostů a bonitaci jednotlivých dřevin vhodný pouze lesní typ, není ještě zcela uzavřeno (PLÍVA, 1999; MACKŮ, 2001).

Charakteristika produkčních schopností lesních typů a průběh růstu jednotlivých dřevin, které jsou pro daný lesní typ charakteristické, jsou důležitým předpokladem pro spolehlivé využití lesnické typologie k hospodářsko-technickým úvahám (PRIESOL, 1971).

POLÁK (1975) uvedl, že určitou šíří rozptylu typologické jednotky nelze nikdy vyloučit. Tento rozptyl závisí na přesnosti striktního definování jednotky geobiocenózy, správnosti mapování, vnitřních růstových vlastností porostů (provenience) a vnějších zásahů do porostů (hospodaření, škodliví činitelé apod.).

POLÁK (1985) též poznamenal: *„Z rozptylu je možno usuzovat na správnost typizace, produkční schopnosti porostů podle typologických jednotek a současně i na možnosti jejich sdružování do souborů na základě produkčních podobností. Stupeň překrývání může být východiskem k úvahám o slučování typů pro další praktické účely.“*

MACHANSKÝ (2010) konstatoval že, prvořadou úlohou při slučování pro dřevinu produkčně podobných hospodářských souborů lesních typů (HSLT) je, aby se variabilita středních porostních veličin vytvořených HSLT výrazně nezvyšovala ve vztahu k variabilitě jednotlivých HSLT.

ZLATNÍK (1956) uvedl, že dobře popsaná variabilita sledovaného objektu je základ pro jeho taxonomické členění a pro účast taxonu v segmentu biocenózy. KORF (1973) napsal: *„Jednotný systém souborů lesních typů pro celé území ČSSR vypracovaný typologickou komisí (Plíva, Hančinský) se ukázal již při studiu výškového růstu jako velmi účelné zjednodušení.“* ŘEHÁK (1971b) zastává shodné stanovisko a k variabilitě lesního typu uvedl, že nemívá rozpětí produkčních poměrů větší než dva bonitní stupně. Ve vztahu k souboru lesních typů konstatoval, že produkční podmínky mají rozsah v rozpětí tří až čtyř bonitních stupňů.

Kromě variability typologických jednotek je nutno vzít v úvahu i další aspekty. POLÁK (1968) na základě testování produkční identity typů lesních biogeocenóz v rámci jednotek prostorového rozdělení lesa konstatuje, že existují případy, kdy mezi porostními částmi

náležejícími ke stejnému typu biogeocenózy jsou větší rozdíly, než mezi částmi porostu nestejného typu biogeocenózy.

KOUBA (1969) nevyhovující homogenitu vylišených lesních typů zdůvodnil chybným vymezením typologické jednotky. Tento stav může být zapříčiněn metodikou, která není natolik propracovaná, aby umožnila vymezený lesní typ v terénu spolehlivěji identifikovat. Dále uvažoval nad tím, zda je možné vymezený lesní typ z hlediska výnosového tak, aby se v něm vyskytovaly pouze porosty dřevin o stejné produkci.

Oblastní typologický elaborát Středočeské pahorkatiny (PRŮŠA, 1975) hodnotil produkční poměry výškovou křivkou. Poněvadž z uvedené práce nejsou známy údaje o konstrukci křivky, lze pouze usuzovat z grafu, že jde o běžný výškový grafikon. Prezentovaná data vykazují za lesní typ variabilitu absolutní výškové bonity (AVB) 5 až 10 m. Ovšem o původu a přesnosti způsobu měření nejsou uvedeny bližší informace.

PLÍVA (1999) o významu produkčních charakteristik typologických jednotek v Lesnické práci napsal: *„K bonitování jednotlivých dřevin na rozdílných stanovištích a k otázce stanovištních bonit bylo vedeno již dost odborných diskusí při tvorbě růstových tabulek, které jsou z tohoto pohledu určitým kompromisem. Zůstává proto úkolem typologie, aby dnes, kdy je většinou již dostatek i těchto materiálů v lesní oblasti (popř. celém systému), upřesňovala nejen bonitní stupeň dřeviny v určitém SLT (LT) (AVB ve 100 letech, popř. RVB korespondujícími s tabulkami, platnými v předchozím období), ale vyhodnotila pro hlavní dřeviny těchto jednotek průběh růstové křivky výškové, jako funkci výšky a věku dřeviny. Odchylný průběh výškové křivky oproti tabulkovanému bonitnímu vějíři (popř. dalších růstových křivek) vyjadřuje specifické podmínky stanoviště a umožňuje usměrnit pěstební opatření i zpřesnit (resp. zpochybnit) v určitých podmínkách některé ukazatele vázané na tabulkovou bonitaci.“*

PRŮŠA (2001b) na semináři věnovanému lesnické typologii v Kostelci nad Černými lesy ve svých připomínkách rovněž vyzval k revizi dosažených výsledků: *„Většinu empirických poznatků, které se snaží aplikace typologie prosazovat v zásadách hospodaření podle SLT, je třeba fundovaně prověřit, opravit nebo doplnit lesnickým výzkumem. Je to úkol nemalý, ale velmi naléhavý.“*

K variabilitě lesního typu se vyjadřuje studie, která porovnávala AVB „šřavelových“ lesních typů edafické kategorie S v jednotlivých lesních vegetačních stupních v PLO 40 Moravskoslezské Beskydy pro porostní typ smrku (zastoupení 91–100%) (HOLUŠA st.; ŽÁRNÍK et HOLUŠA, 2005). Autoři vycházeli z dat LHP a jejich výsledky poukazují na velký rozptyl absolutních výškových bonit (produkčních podmínek) u hodnocených



lesních typů, což nepodporuje hypotézu lesního typu jako rámce s úzkým ekologickým rozpětím a tedy i jednotky přibližně stejné produkce (ZLATNÍK, 1956; PLÍVA, 1986; 1991).

MACKŮ et al. (2006) poznamenali: „*První systematické šetření průběhu absolutní výškové bonity (AVB) dřevin dle SLT na podkladě dat LHP se uskutečnilo v rámci ekosystémových analýz pro OPRL (MACKŮ, 2001). Toto souborné zpracování odhalilo řadu nesrovnalostí v průběhu zastoupení četností AVB dřevin. Především to bylo velké rozpětí v zastoupení AVB v rámci SLT a v řadě případů výskyt inflexních bodů, které indikují lokálně zcela jiné růstové podmínky.*“

Obdobné problémy s variabilitou studovaných objektů existují i v lesnické pedologii, kde výrazná heterogenita půd limituje vytvoření půdní mapy (VAVŘÍČEK, 2001). Při mapování půd byly získány dostatečně přesné výsledky, které ale nelze generalizovat bez potlačení neopakovatelných informací (VAVŘÍČEK, 2008).

Variabilita typologických jednotek zásadním způsobem ovlivňuje jejich aplikaci, což dokládají práce kolegů ze Slovenska (MACHANSKÝ, 2010; KULLA et al., 2010), výsledky oblastních typologických elaborátů (ÚHŮL, 2007–2008) a dalších analýz (HRUBAN, 2010).

## **2. 4 Ekosystémové analýzy a data inventarizace lesů**

Doposud zpracované ekosystémové analýzy vycházely především z dat LHP. Přesnost a správnost analýz byla podmíněna kvalitním popisem porostů v průběhu taxačních prací. Na problémy s aplikací dat lesnické typologie v lesních hospodářských plánech poukázal ZATLOUKAL (2006), když poznamenal: „... *zůstal nevyřešen zásadní problém, kterým je navázání funkčního systému diferenciací hospodaření na základě lesnické typologie na model hospodářské úpravy na bázi lesa věkových tříd. Tento problém dlouho nebyl a ani v současnosti často není, vnímán.*“

Výsledky Národní inventarizace lesů (NIL) uvádějí celkovou rozlohu lesů v ČR ve výši 2 751 586 ha a lesnatost 34,9 %, čímž převyšují plochu pozemků určených k plnění funkcí lesa (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2010 uvádí 2 663 837 hektarů, což je 33,8 % území státu). Zdůvodnění tohoto rozdílu je především v rozdílné definici lesa podle metodiky NIL (KUČERA, 2010) a podle lesního zákona. Tento rozdíl má vliv i na výši zastoupení smrku. Např. v roce 2010 podle dat LHP byl smrk v ČR zastoupen 52,0 % (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství ČR v roce 2010), avšak výsledky NIL uvedly zastoupení smrku ve výši 47,7 %.

Význam datového zdroje typu NIL předeslal WOLF (1971) v poznámkách k problematice sestrojení růstových tabulek. V jeho pojednání byly analyzovány základní možnosti pro uplatnění metody statistické indukce v podmínkách lesnické praxe. Zákonitosti růstu taxačních veličin, které mají tvořit obsah růstových tabulek, jsou zákonitostí stochasticko-korelační. Proto je možno tuto problematiku řešit jen induktivním – výběrovým – způsobem, tedy za použití biometricko-statistických (sylvimetrických) metod.

POLÁK (1975) uvedl: „*Poznání růstových charakteristik porostů na typologických jednotkách je otázkou poznání konkrétních segmentů geobiocenóz řazených k jednotlivým typologickým jednotkám.*“ Dále konstatoval, že typ geobiocenózy je možné poznat pouze z dostatečného velkého a vhodně volitelného souboru segmentů a tak se přiblížit k požadované představě abstraktně pojatých typů lesních geobiocenóz. Proto není doporučeno výzkum soustředit pouze na segmenty nebo zkusné plochy přísně reprezentující daný typ, ale je nutno pracovat s co nejširším souborem segmentů mapovaných k danému typu a tak pro praktické účely získat poznatky o typu v plné šíři.

ZEMAN (2005) v návaznosti na možnosti moderního zpracování dat NIL a ve vztahu k využití růstových modelů založených na nepravých časových řadách poznamenal: „*Lze předpokládat, že data v sobě zahrnují projevy několika rozličných růstových procesů, které by bylo účelné od sebe separovat vhodnou formou stratifikace s ohledem na růstové podmínky.*“

Přestože NIL poskytuje dostatek kvalitních zdrojových dat, je nezbytné při jejich zpracování zohlednit velikost inventarizační plochy, neboť z ní nelze odvozovat porostní charakteristiky. ČERNÝ (2005) podotkl: „*Výpočet středních porostních veličin z několika stromů inventarizační plochy nedává dobrý smysl a je i proti smyslu statistické inventarizace lesů – samostatná inventarizační plocha není vyhodnocovací jednotkou.*“

Jako příklad využití dat inventarizace lesů v lesnické typologii lze poukázat např. na francouzskou Inventarie forestier national (IFN). Jejich ekosystémové analýzy identifikovaly faktory prostředí determinující potenciální produkci smrku (SEYNAVE et al., 2004) a buku (SEYNAVE et al., 2006). Databáze IFN umožňuje pokrýt velmi širokou paletu stanovištních a produkčních podmínek, fytoekologická databáze doplňuje data naměřená v IFN tím, že poskytuje informace o trofických podmínkách, a technologie GIS připojuje klimatické informace, které jsou v přímé vazbě na růst. Což ve svém důsledku umožňuje lépe vyhodnotit vliv nadmořské výšky na produkci dané dřeviny (porostu). Vhodným propojením dat byly získány nové poznatky a podněty, které mohou přispět k pochopení

dopadu klimatických změn na dřeviny (porosty) i ve vztahu ke konkrétnímu stanovišti. Zároveň byly významně uspořeny náklady spojené s typologickým průzkumem.

Kromě analytických možností NIL přinesla i některé podněty k zamyšlení ve vztahu k používaným růstovým tabulkám. Podle výsledků NIL jsou zásoby dřeva v lesích ČR o 33 % vyšší, než uvádí údaje založené na základě databáze LHP. Tento rozdíl je způsoben především započtením sdruženého porostu do datové základny NIL, nižší registrační hranicí výčetních průměrů a rozdílnou metodikou sběru a vyhodnocení dat v NIL (ŠMELKO, 2009).

PACOUREK et ZEMAN (2009) podrobně porovnávali data NIL a informace o stavu lesů (data LHP). Tito autoři dospěli k závěru, že průběh výškových křivek v jednotlivých věkových stupních pro jednotlivé dřeviny je obdobný. Střední výšky z NIL jsou vyšší řádově o jeden až dva metry v závislosti na dřevině a věkovém stupni. Nejmenší rozdíl je u smrku, největší u listnatých dřevin. Podle autorů hlavní problém nespočívá jen ve způsobu zjišťování výšek, ale především v odlišném metodickém způsobu zpracování dat.

ŠMELKO (2009) též konstatoval, že asi 1/3 rozdílu způsobují s velkou pravděpodobností buď symetricky vychýlené odhady vstupních veličin a nebo skutečnost, že růstové tabulky ztratily na aktuálnosti a současný stav podhodnocují. Tento názor odpovídá poznatkům ze západní Evropy o nárůstu zásob biomasy a zvýšené přirůstavosti lesních ekosystémů (SPIECKER, 2000) i výsledkům opakovaných inventarizací lesních ekosystémů v zahraničí.

## **2. 5 Změna růstových podmínek smrku a bezpečnost jeho produkce**

PEŘINA et KADLUS (1968) uvedli, že porosty se stanovištně vhodnými dřevinami jsou všeobecně charakterizovány rychlým růstem, vysokou objemovou produkcí, svěžím vzhledem a dobrým zdravotním stavem. HALAJ (1971) rovněž poukázal na rozdílnost výnosové úrovně stanovišť. Za rozhodující faktor považuje vodní režim, méně se uplatňuje vliv živin, teploty a jiné.

PRIESOL (1971) charakterizoval lesní typ návrhem vhodného druhového složení, které zajistí dosažení plné a trvalé produkce. Dřevinná skladba navrhovaná pro jednotlivé lesní typy je však jen rámcová. Optimální zastoupení dřevin ve výhledovém cíli ovlivňuje kromě trvalosti a výše i kvalita a bezpečnost produkce, případně ohled na plnění ostatních užitečných funkcí lesních ekosystémů.

SOUČEK et TESAR (2008) uvedli, že výše celkové objemové produkce stejnorodých smrkových porostů, považovaná v minulosti za jeden z hlavních faktorů při volbě dřevinné skladby, ustupuje do pozadí. Podle autorů je zvýšený důraz kladen na kvalitu dřeva a ve větší míře i na plnění mimoprodukčních funkcí lesních ekosystémů. Dále poukazují na riziko poškození stejnorodých smrkových porostů nahodilými těžbami, které se zvyšuje s odlišností stanovištních podmínek od růstového optima smrku. Je to tím, že uměle založené stejnověké a stejnorodé smrkové porosty rostoucí na těchto stanovištích jsou málo stabilní.

S ohledem na zvýšené teploty v letních měsících doprovázené snížením úhrnů srážek, KAHLE et al. (2005) poznamenal, že v důsledku častějšího výskytu extrémního sucha lze očekávat větší ohrožení smrku zejména na stanovištích mimo areál jeho přirozeného rozšíření.

Ve vztahu k pěstování stejnorodých smrkových porostů KANTOR (2005) uvedl: „*Nelze a priori a kategoricky vyloučit smrk z cílové druhové skladby na kyselých i živných stanovištích chlumních oblastí jako produkčně významnou přimíšenou dřevinu. Jednoznačně se doporučuje jednotlivá forma smíšení a na základě principu předběžné opatrnosti by zde neměl v žádném porostu přesáhnout podíl zastoupení smrku 30 až 40 %.*“

Vývoj v růstovém procesu dřevin a porostů byl v posledních desetiletích dáván do souvislosti se změnami prostředí (např. zvýšený spad dusíku, změny v atmosféře, klimatické změny...), které mají globální charakter a projevují se zejména u mladších porostů (ČERNÝ et PAŘEZ, 1989).

Růstové změny smrku jsou důsledkem synergického působení nejrůznějších stresových faktorů, z nichž nejdůležitější vedle imisí jsou sucho a velké teplotní výkyvy během krátkých časových úseků (KUPKA, 1991). Mnohá produkční šetření (např. KOUBA, 1987) zjistila, že změny přírůstu jsou přímo úměrné poškození stromů.

KUPKA (1991) navrhl pětiletý periodický běžný výškový přírůst jako jeden z nelepších indikátorů růstových změn smrku. Dále uvedl, že prokázaný pokles výškového přírůstu u starších porostů může být jednou z příčin, které vedly ke zjištění (analytický rozbor databáze LHP), že výškové křivky jsou zejména v druhé polovině obmýtí (porosty starší padesáti let) podstatně plošší, než uvádějí běžně používané růstové tabulky. Tento poznatek byl založen na statisticky průkazném poklesu výškového přírůstu na trvalých výzkumných plochách.

*„Bonita porostů v rámci jednoho stanoviště by se neměla s věkem měnit. Skutečnost v současných porostech na území ČR je jiná. Mladší porosty rostou po lepších bonitách než starší. V rámci stejného stanoviště dochází k poklesu bonit s věkem“ (ČERNÝ et al., 1994).*

Řada studií doložila, že změny růstových podmínek v posledních desetiletích významně ovlivnily vývoj lesních ekosystémů. V důsledku toho se současné modely růstu lesa liší od dřívějších pozorování, pokud jde o takové parametry, jako je výška (ČERNÝ et PAŘEZ, 1992; SEQUENS et al., 2004; KOUBA, 1990; 2005a). Registrace přírůstu potvrzuje měnící se intenzitu růstu lesů, a proto někteří autoři doporučují uvažovat o přírůstu jako o funkci věku porostu a letopočtu (KOUBA, 2005a).

Obecně lze konstatovat, že v důsledku odezvy na měnící se podmínky prostředí byly v posledních desetiletích zaznamenány výrazné změny v trendu růstového vývoje evropských dřevin. Na základě měření a výzkumu toto dokladuje řada autorů (KAHLE, 1996; HASENAUER et al., 1999; REHFUESS et al., 1999; SPIECKER et al., 2000; MACKŮ, 2005; MUSIL, 2005; MATALA, 2005; RÖTZER et al., 2009 a další).

Např. VEJPUSTKOVOU et al. (2004) byli v Orlických horách vyšetřeny tloušťkové a výškové přírůsty smrku s cílem prozkoumat v porostech různého stáří jejich vztah ke klimatu a k úrovni depozic dusíku. Kmenová analýza 10 vzorníků ze starého smrkového porostu prokázala výrazný vzestup tloušťkových a výškových přírůstů od poloviny osmdesátých let 20. století. Ze vzájemného srovnání vývojových výškových křivek mladých porostů (11–47 let) vyplynulo, že čím je porost mladší, tím strmější je průběh výškové křivky. Výška nejmladších porostů je řádově dvojnásobná v porovnání s hodnotami výšek starších porostů ve stejném věku. Hodnoty výškových přírůstů mladých porostů významně převyšují tabulkové hodnoty ve všech analyzovaných věkových stupních. Vývoj přírůstů v posledních deseti letech velmi dobře koresponduje s průběhem klimatu.

Výrazné klimatické změny, které ovlivnily produkci lesních ekosystémů během uplynulého století, nastolují otázku vztahu mezi jejich produktivitou a stanovištními podmínkami. Této problematice je věnována zvláštní pozornost (RAY, 2008; ALBERT et SCHMIDT, 2010; GE et al., 2010) a jsou vyvíjeny modely adaptace lesních ekosystémů, které navrhuje scénáře na zmírnění negativního dopadu klimatických změn. Např. projekt CLIMADAPT (<http://www.coford.ie/>) ve Velké Británii je založen na ekologické klasifikaci stanoviště.

Klima je dominantním parametrem biotického prostředí, respektive hlavní řídicí silou fungování ekosystémů a udržování ekologické stability (HADAŠ, 1997). Vliv klimaticko-topografických faktorů na výšku smrkových porostů studovala GÖMÖRYOVÁ (2004), která zjistila, že ve variabilitě porostních výšek se z klimaticko-topografických faktorů nejvíce projevila nadmořská výška a průměrná roční teplota. Největší střední výšky dosahovaly porosty v nadmořské výšce 650 m n. m. při průměrné roční teplotě 6,5 °C.

SEYNAVE et al. (2005) publikovali, že za hlavní faktory produktivity smrku ztepilého lze považovat klima, vlhkost půdy a půdní živiny. V literatuře jsou půdní živiny často reprezentovány jednou syntetickou proměnou. V její studii bylo zjištěno, že růst smrku závisí na pH a dostupnosti přípustné formy dusíku. Nižší produktivita je na stanovištích s vysokým pH a s vysokým poměrem C/N. Ovšem pH a poměr C/N byly významnými prediktory bonitního indexu pouze tehdy, když byly kalkulovány společně. Tento výsledek je zajímavý a ukazuje schopnost základního vegetačního indexu oddělit různé účinky faktorů souvisejících s výživou půd.

Na permanentní klimatický stres, který působí na lesní ekosystémy, poukázal HADAŠ (2000). V předložené studii zvažoval pravděpodobný posun LVS v důsledku měnících se klimatických podmínek, které postupně sníží konkurenceschopnost smrku. V této spojitosti další specialisté zkoumají souběžné účinky antropogenních a přírodních stresových faktorů, které pravděpodobně souvisí se změnou klimatu. Vliv stresu je aplikován jako metodologický nástroj pro využití v analýze změn, které v krajině vznikají jako odezva na významnou zátěž prostředí (HADAŠ, 2005a; POLÁK et al., 2007, TENE et al., 2010).

Problematiku vláhové bilance vyšších LVS studovali HADAŠ et KUŇÁK (2006) a hodnotili její potenciální vliv na obnovu smrkových porostů. Ve své práci uvedli, že teplotní a srážkové anomálie klimatu jsou v přírodních podmínkách střední Evropy často spojeny se zvýšením nebezpečí narušení fyziologických procesů v důsledku stresu suchem.

Dlouhodobější srážkové a teplotní výkyvy, včetně znečištění atmosféry, jsou hlavními faktory vyvolávajícími poškození porostů (VAVŘÍČEK et al., 2007). Autor uvedl na příkladu Suchého vrchu v Orlických horách, že nejrizikovější jsou stanoviště s vyšším zastoupením skeletu ve svrchních organických vrstvách a riziko poškození stoupá s rostoucím podílem skeletu. Stanovištní činitelé působí komplexně, produkční schopnost půdy je tedy podmíněna vývojem a celým souborem vlastností půdy, polohy a klimatu. VAVŘÍČEK (2008) poznamenal, že kombinace stresových faktorů působí silněji na lesy v horských oblastech.

Bezpečnost produkce ovlivňuje acidifikace lesních půd, která přesahuje přirozenou regeneraci půdního prostředí. Vysoká kyselost půdy ovlivňuje výživu lesních porostů, která v kombinaci s extrémními projevy klimatu, především výskytem vyšších teplot a nedostatkem srážek způsobuje chřadnutí lesních ekosystémů (HADAŠ, 2009).

## 2. 6 Míšení dřevin

WECK (1955) prokázal, že předrůstavé a úrovněvé dřeviny mají ve smíšeném porostu stejný průběh výškového růstu jako ve stejnorodých porostech. Rovněž HALAJ (1959) na základě vlastního pozorování konstatuje, že stanovištně vhodné dřeviny smíšené v jednom porostu vykazují v průměru srovnatelnou bonitu.

POLÁK (1965b) uvedl, že každý lesní typ je charakterizován návrhem dřevinné skladby, která je považovaná za nejvhodnější pro dosažení plné a trvalé produkce. Pokud dojde ke shodě na určité dřevinné skladbě lesního typu jako optimální, je možno považovat produkční schopnost daného lesního typu s touto dřevinnou skladbou za jakýsi standard nebo srovnávací normu. Značnou překážkou pro zjišťování standardní produkční schopnosti lesních typů je nedostatek porostů s dřevinou skladbou, která plně odpovídá představě daného lesního typu.

HALAJ (1968) porovnával výškový růst stejnorodých a smíšených porostů. Zjistil, že výškový růst předrůstavých a úrovněvých dřevin ve smíšených porostech je stejný jako ve stejnorodých porostech. Zároveň shledal, že způsob míšení dřevin zásadně neovlivňuje průběh a tvar výškových křivek. Jinak řečeno, stanovištně vhodné dřeviny smíšené v jednom porostu (kromě potlačených melioračních dřevin) v širším průměru mají přibližně stejnou bonitu. Ovšem porovnání relativních bonit jednotlivých dřevin je sporné, protože konkrétní stanoviště nemusí všem dřevinám vyhovovat stejně, jak dodává autor.

POLÁK (1985) se ve svém výzkumu v oblasti Školního lesního podniku Křtiny soustředil na vybrané lesní typy, respektive jejich soubory, a na stejnověké smíšené porosty, v nichž hlavní dřevinou byl smrk. Dospěl k závěru, že zastoupení smrku ve smíšených porostech prakticky neovlivňuje bonitu smrku. Růstové křivky odvozené pro smrk v porostech s jeho různým zastoupením vykazují obdobný průběh jako výškové křivky stejnorodých smrčín. Polák zjistil, že průběh výškového růstu není závislý na stupni míšení dřevin, ale závisí jen od určitého minimálního zastoupení méně zastoupené dřeviny. Při porovnání produkce smíšených porostů se stejnorodými kladl důraz na podmínky šetření a konstatoval, že téměř po celý sledovaný časový úsek je porostní zásoba smíšeného porostu více či méně

nižší než zjištěná nebo předpokládaná zásoba stejnorodého smrkového porostu. Měření poukázala na značnou vyrovnanost zásob směsí a zásob odvozených pro stejnorodý smrkový porost. Jeho zjištění, i když byla co do podmínek a rozsahu šetření omezená, nepotvrdila názory na vyšší produkci smíšených porostních směsí ve srovnání se stejnorodými smrkovými porosty.

V této souvislosti je vhodné zmínit studii, která zkoumala pružnost růstu v nesmíšených a smíšených porostech smrku a buku (PRETZCH, 2003). Závěry v jeho práci ukazují na to, že růst uvedené porostní směsi je vyrovnanější i při různé hustotě porostu, než je tomu v nesmíšených porostech. V čistých porostech lze dosáhnout maximálního růstu pouze při střední hustotě porostu, zatímco ve smíšených porostech se růst při nízké, střední ani vysoké hustotě nemění.

POLÁK (1990) konstatoval: *„Nejvyšší produkce i kvality dosahují smrkové porosty v lesních vegetačních stupních dubobukovém, bukovém a jedlobukovém v řadách a kategoriích dobře zásobených vodou a živinami.“*

KANTOR et HURT (2003) dospěli k názoru, že smrk s bukem, popř. buk se smrkem, lze považovat za základ jedné z variant cílové druhové skladby i v hospodářských souborech 25 a 45. Z pohledu nejistoty vývoje klimatu i principu předběžné opatrnosti je účelnější zakládat porosty jednotlivě, popř. hloučkovitě (skupinkovitě) smíšené, přičemž by zde cílové zastoupení smrku nemělo zpravidla překročit 50 %.

PRETZCH (2005) v publikaci, ve které věnuje pozornost vztahu mezi biodiverzitou a produktivitou stromů uvedl, že nelze paušálně hodnotit směsi ve vztahu k produkci. Účinky směsi se mohou značně lišit v závislosti na druhu směsi, stanovišti, způsobu pěstování porostu a případným rizikům. V porovnání se stejnorodými porosty může být využití zdrojů vyšší o 30 % tím, že jsou kombinovány časně a pozdní sukcesí druhy, ontogeneticky časněji a později kulminující druhy, stinné a světlo milné druhy. Jsou-li si však ekologické niky a funkční charakteristiky podobné, mohou druhy soutěžit o stejné zdroje v korunové vrstvě a kořenovém prostoru. V důsledku účinků vzájemného vlivu může nastat snížení produktivity až o 30 %. Rovněž poznamenal, že kombinací několika druhů je rozloženo riziko, neboť smíšené porosty pružněji reagují na měnící se podmínky a vykazují vyšší odolnost vůči kalamitám.



## 2. 7 Bonita, produktivita stanoviště a produkce lesních ekosystémů

KONŠEL (1931) uvedl, že pokud bude porovnáván růst dřevin, mělo by srovnání vycházet ze stanovištních podmínek, protože různorodá stanoviště působí různě na růst téže dřeviny.

POLÁK (1965b) poznamenal: *„Zvlášt' nepříznivě se projevuje nedostatečná znalost lesních typů po stránce jejich produkčních schopností a růstu hlavních taxačních veličin různých dřevin, ačkoliv právě tato znalost je rozhodující pro ověření teoretických základů vlastní typologické myšlenky.“*

TRUHLÁŘ (1962) poukázal na to, že lesnická typologie rozděluje lesní ekosystémy na typologické jednotky se stejnými produkčními možnostmi převážně nepřímým způsobem – studiem stanoviště, fytoocenózy apod. a jen ve velmi omezené míře (zvláště v porostech hospodářsky změněných) šetřením produkce samé. Rovněž POLÁK (1968) uvedl: *„K vymezení typů lesní biogeocenózy se používá většinou postupů, které ke třídění biogeocenóz používají vlastních produkčních znaků jen ve velmi omezené míře. Mohou tak vznikat pochybnosti, zda typy vymezené zvláště s ohledem na rostlinná společenstva s přihlédnutím k dalším faktorům jsou skutečně typy stejné nebo velmi podobné produkce.“*

TRUHLÁŘ (1962) navrhl zavedení pojmu typová porostní bonita, která měla být relativním měřítkem k vyjádření odchylky skutečného produkčního stavu lesních ekosystémů od jejich stavu optimálního v rámci dané typologické jednotky. Vypracováním výnosových tabulek podle lesních typů by vyloučil z hodnocení rozdílnost růstových podmínek a následně by zjišťoval odchylky produkčního stavu lesních porostů způsobené hospodářskými zásahy. Nižší bonitní stupně měly mít původ v nevhodných hospodářských opatřeních. Ovšem jeho záměr kriticky zhodnotil MÁLEK (1965), neboť Truhlář v analýze vycházel z taxačních údajů LHP a předpokládal, že dřevina, která dosahuje na lesním typu maximální produkce (nejvyšší výšková bonita) je v optimálních podmínkách. Maximální (extrémní) hodnoty nejsou pro hodnocení růstových (produkčních) poměrů vhodné. Pokud je vyloučena měřičská chyba, tak tyto údaje představují přechod k bonitnějším stanovištím a tudíž nelze uvažovat o reprezentativních hodnotách charakterizující optimální produkční stav. Atypické maximální hodnoty jsou náhodné a pro většinu plochy lesního typu nedosažitelné. Produkční poměry v typologické jednotce jsou nepochybně závislé především na vlastnostech prostředí a teprve v druhé řadě mohou být ovlivněny hospodářskými zásahy, proveniencí semene. MÁLEK (1965) kritické hodnocení zakončil

takto: „V lesních typech je především nutno zjistit hodnoty „průměrné“ produkce, aby bylo možno typy vzájemně porovnávat.“

WOLF (1967) konstatoval, že produkce porostů je ovlivňována zejména vlastnostmi lokality, na které rostou. ŘEHÁK (1971b) poznamenal: „Rozdíly ve vlastnostech růstového prostředí a v biocenóze (mezi lesními typy) podmiňují i rozdíly v produkci.“

Bonita stanovitě je daná vlastnostmi půdy, reliéfu a podnebím bez ohledu na to, jaká dřevina a jaký porost na konkrétním stanovišti roste (HALAJ, 1959). SKOVSGAARD et VANCLAY (2008) uvedli, že oproti tomu produktivita stanoviště je kvantitativní odhad potenciálu stanoviště produkovat biomasu. Produktivita stanoviště zahrnuje jak potenciál stanoviště, tak i produkci porostu, která je daným stanovištěm ovlivněna, a ukazatelé produktivity zase nepochybně odráží bonitu stanoviště.

Nejspolehlivějším ukazatelem produktivity stanoviště je celková objemová produkce, ovšem v běžné lesnické praxi je tato informace přímým způsobem obtížně zjistitelná. Mezi výškovým růstem porostu a jeho celkovou objemovou produkcí je velmi těsná korelace (WECK, 1955; ASSMANN, 1961; KORF, 1971; HALAJ, 1978; ROD, 1979; POLÁK 1985; KOUBA et ZAHRADNÍK, 2005 a další).

SVOBODA (1952a) uvedl, že měřítkem produktivity lesa jsou bonity, které jsou určovány podle výšky porostů. Dále poznamenává, že táž produktivita může být ovšem výsledkem složení nejen nestejných, ale dokonce i proti sobě působících nebo společně nepracujících sil. Např. suchá, ale na živiny bohatá půda může mít stejnou bonitu jako relativně na živiny chudá, ale mokrá. Z toho je patrné, že pouhé vyjádření produktivity např. výškou je velmi jednostrannou charakteristikou, neboť chybí znalost dalších souvislostí, které jsou určeny stanovištěm a typem lesního ekosystému. Z toho vyplývá, že porovnávání produktivity formou např. AVB příslušné dřeviny, byť v rámci daného druhu, bez znalosti typologické jednotky, je nedostačující.

TRUHLÁŘ (1962) uvedl, že bonitní křivky uvedené v tabulkách jsou umělé, v libovolném počtu sestavené, bez ohledu na růstové podmínky a jsou též bez ohledu na tyto podmínky užívané v praxi. Zanedbání vlivu stanoviště způsobí, že tabulkové bonitní křivky zkreslují reálný průběh růstu porostu a v důsledku toho se během jeho vývoje mění porostní bonita.

Na principu nepřímé bonitace je hodnota střední výšky porostu vztažená k určitému věku. Bonita určená ze střední výšky má označení výšková bonita dřeviny (HALAJ, 1959). Ta odpovídá bonitě stanoviště jen v porostech se stanovištně vhodnými dřevinami a normálním průběhem vývoje růstu. Pokud vývoj porostu není normální např. vlivem kalamit, pak taxační bonita dřeviny charakterizuje jen momentální stav porostu.

HALAJ (1959; 1973a) při srovnání střední a horní výšky dřeviny a dalších bonitačních faktorů došel k závěru, že nejhodnějším (i když ne zcela spolehlivým) bonitačním faktorem je střední výška. Shodné stanovisko zaujímá KORF (1961) a řada dalších, i když jiní autoři popisují výhody horní výšky (např. ASSMANN, 1961; POLÁK, 1965a).

ŘEHÁK (1962) ve výzkumné zprávě zaměřené na studium růstových procesů podpořil použití Korfovy růstové funkce a prokázal význam středního kmene hlavního porostu. V této souvislosti poznamenal, že střední kmen může být i spolehlivějším bonitním ukazatelem než střední porostní výška. Vztah středního kmene ke všem ostatním porostním charakteristikám je velmi těsný. Na základě rozboru středního kmene bylo doloženo, že růstová intenzita není odvislá od bonity a je tedy pouze funkcí času. Tento poznatek platí i pro další porostní veličiny – hektarovou zásobu, střední výšku, výčetní tloušťku aj. Řehák dále na základě porostních veličin zjistil: „*Témuž střednímu hmotovému kmeni přísluší (ve stejných produkčních podmínkách) tatáž hodnota celkové produkce, a to bez ohledu na věk a stanovištní bonitu – (jinak vyjádřeno: celková produkce je pouze funkcí středního kmene a není již funkcí bonity a věku).*“

WOLF (1967) uvedl, že porostní výška je vhodným ukazatelem pro hodnocení bonitních rozdílů. Je snadno určitelná a málo ovlivňovaná způsobem výchovy porostů. Její přednost vyplývá ze skutečnosti, že za předpokladu stejných podmínek růstu, tj. při stejné bonitě a stejném způsobu výchovy, jsou porostní výška a celková objemová produkce v poměrně těsné závislosti. Polák (1968) také odkazuje na porostní výšku jako poměrně spolehlivý produkční ukazatel.

ŘEHÁK (1971a) poukázal na zásadu, že bonitní veličina má být současně i veličinou třídicí. Výška je nejspolehlivějším bonitním ukazatelem, přičemž je to veličina i jednoduše přímo měřitelná. Dále uvedl, že Eichhorn v roce 1904 na podkladě rozborů empirického materiálu dospěl k závěru, že zásoba hlavního porostu je závislá pouze na střední výšce porostu - bez ohledu na věk a bonitu. Tato zákonitost však neplatí všeobecně (ŠMELKO et al., 1992), neboť byl prokázán i vliv stanoviště.

Velikost porostní výšky je úzce vázána na hodnoty dalších porostních veličin, a proto je velmi často aktuální hodnota porostní výšky používána k zatřídění porostu do určité kategorie produktivní zdatnosti – bonity (ČERNÝ et PAŘEZ, 1989).

MACKŮ (2000) z dat LHP kvantifikoval potenciální produkci dřevin (smrk, buk, borovice a dub) podle souboru lesních typů. Kvantifikace absolutních výškových bonit (AVB) a jejich přiřazení k SLT byla zpracována na základě četností AVB pro dané dřeviny.

## 2. 8 Alternativní způsob bonitace

Bonita porostu (dřeviny) vyjadřuje intenzitu produkce konkrétního porostu (dřeviny) a na základě hypotézy bonitního indexu lze k hodnocení produktivity lesního stanoviště použít střední výšku (GARCIA, 2004; SKOVSGAARD et VANCLAY, 2008).

GARCIA (2004) analyzoval možné problémy v chápání bonitního indexu. Na základě deterministického a stochastického přístupu dokladuje rozdíly mezi definicemi bonitního indexu implicitně užívaný různými autory. Odlišné přístupy mohou způsobit zbytečné polemiky a stanovištní index definuje takto: „*Bonitní index je nejvíce pravděpodobná (střední nebo horní) výška porostu základního věku mezi všemi hypotetickými porosty, které by mohly růst na daném místě.*“ Další zdroj nepochopení může mít původ v nedostatečném rozlišování používaných růstových funkcí při modelování růstu porostů.

Ve vztahu k bonitaci ŠMELKO (2008) připomenul problémy s objektivním stanovením střední výšky a věku dřeviny, které jsou základem současně používaného bonitního systému. V důsledku toho navrhuje kombinaci střední výška / střední tloušťka, resp. horní výška / horní tloušťka a poukázal na řešení dané bonitací založenou na komplexu stanovištních ukazatelů. Tento přístup použil např. FABRIKA (2004) při ekologické bonitaci v modelu růstu lesních ekosystémů na podkladě klimatických a půdních charakteristik.

WANG et KLINKA (1996) také zastávají ekologické pojetí hodnocení bonity stanoviště a produktivity lesa. Uvedli, že ačkoliv bonitní index dřeviny (např. AVB) je obecně uznávanou mírou bonity stanoviště nebo produktivity lesa, metody ohodnocení bonity stanoviště jsou rozdílné. Odlišnost nastává při použití stanovištních proměnných. Tyto běžně měřené proměnné jsou však zřídka mírou kauzativních faktorů (to jest světla, tepla, vláh, výživy a provzdušňování), které řídí růst dřeviny a jsou spíše mírou sekundárních environmentálních faktorů (to jest zeměpisného umístění, topografie a půdy), které jsou nepřímou příbuznou ke kauzativním faktorům. Korelace mezi sekundárními faktory a růstem stromu se mění v závislosti na vstupu energie (světla, tepla) materií (živiny, vlhkost a provzdušnění). Protože tyto vstupy se v rámci přírodních oblastí značně střídají, spojení mezi bonitním indexem a efekty sekundárních faktorů je pravděpodobně proměnlivé. Toto může být hlavním úskalím při tradičním půdně-stanovištním studiu, když jsou zjištěné poznatky aplikovány mimo studijní oblast.

V Britské Kolumbii je biogeoklimatická klasifikace ekosystémů (Biogeoclimatic Ecosystem Classification) uplatňovaná již třicet let a poskytuje lesníkům efektivní nástroj pro řízení lesních ekosystémů, což zároveň umožňuje předvídat důsledky hospodářských

opatření (POJAR et al., 1987; KAYAHARA et al., 1998; KLINKA et al., 1991; KLINKA et CHEN, 2010). Základ systému tvoří edatopická mřížka, která používá dvě ordinální třídy: půdní vlhkostní režim a půdní nutriční režim. Tento klasifikační systém je řízen vegetací ovšem nezávisle na vlastnostech stromu a jeho cílem je uspořádat lesní ekosystémy podle vztahů klimatu, vegetace, bonity stanoviště a času.

Podobný systém ekologické bonitace stanovišť (Ecological Site Classification) je aplikovaný ve Velké Británii (CLARE et RAY, 2001). I když Británie nemá přirozené lesy, tento metodologický přístup predikuje vhodnou dřevinnou skladbu a poměr domácích a introdukovaných dřevin pro jakékoliv stanoviště.

Odklon od dosavadního způsobu bonitace stanoviště zastává také MONSERUND (2003) a poukazuje na nadměrnou důvěru lesníků ve strom jako ukazatele pro stanovení bonitního indexu dané dřeviny při hodnocení produktivity stanoviště.

KUKLA et KUKLOVÁ (2007) poznamenali, že v prostoru každého segmentu konkrétní přírodní biocenózy působí komplex biotických a abiotických faktorů vytvářející ekologické prostředí. Kvalita stanoviště závisí na ekologických podmínkách a je zachována do té míry, pokud nedojde k jejich změně. Stejně prostředí při tom může být vytvořeno v důsledku kombinace různých ekologických podmínek.

SEYNAVE et al. (2008) uvedli, že stanovení produktivity porostů na základě variabilních složek prostředí je hlavním cílem lesnického výzkumu. Tyto složky životního prostředí používané jako odhad produktivity se mění podle druhu dřeviny a ekologických podmínek.

Při hledání alternativních způsobů bonitace byly v minulosti testovány i další přístupy. Např. existoval předpoklad, že klesající sbíhavost stromu souvisí se stoupající produktivitou stanoviště a že hustota porostu neovlivňuje výšku dominantních stromů v nestejnověkých nebo smíšených porostech. WANG (1998) tento názor prověřil, když porovnal stanovištní index produktivity pro hodnocení bonity stanoviště ve vztahu ke sbíhavosti kmene s bonitním indexem ekologické bonity stanoviště (půdní vlhkost a výživa) a hustoty porostu. Ve své práci zjistil, že výška předrůstavých stromů určitého průměru není postačující mírou bonity stanoviště.

## 2. 9 Růstové řady a výškové křivky

Možnosti (přednosti a nedostatky) metody růstových řad byly dostatečně popsány (ASSMANN, 1961; KORF, 1973; HALAJ, 1978; HALAJ et al., 1987a) a výškovými křivkami dřevin podle lesních typů doplnili poznatky o růstových zákonitostech lesních ekosystémů.

Růstové a produkční charakteristiky lesních ekosystémů na daném stanovišti lze nejspolehlivěji zjistit jen dlouhodobým monitoringem. Tento přístup je však limitován dostatečným množstvím vhodných ploch. Výsledky monitoringu jsou k dispozici až za poměrně dlouhou dobu a tato skutečnost se negativně promítá do nákladů na daný výzkum. Především z těchto důvodů je vhodné aplikovat metody, které jsou založeny na jednorázovém měření (WOLF, 1979; KORF, 1973; HALAJ, 1978).

Např. WOLF (1971) poukázal na to, že praktické využití opakovaných měření při konstrukci růstových tabulek nemusí být úplně úspěšné a ekonomicky vhodné. Naopak, za splnění jistých předpokladů, dal přednost zpracování dat z jednorázového měření. Také HLADÍK (1991) při volbě srovnávacího ukazatele produkční podobnosti stanoviště využil princip výškových křivek z jednorázového měření v růstové řadě na úrovni typologických jednotek.

Pokud jsou k dispozici údaje pouze z jednorázového měření, pak jeden z možných způsobů odvození výškových bonitních křivek z bodového rozptylového pole je matematicko-statistická rozptylová metoda. Tuto metodu aplikoval KORF (1973) a jeho postup dále rozpracoval HALAJ (1978) a ROD (1979). Na základě této metody byl vypracován bonitní systém *Rastové tabulky hlavných dřevin ČSSR* (HALAJ et al., 1987b).

ŘEHÁK (1971a) k jednorázovému způsobu měření dat poznamenal, že pro každou stanovištní bonitu dřeviny je nutno stanovit takové množství stejnověkových a kompaktních porostů, aby byly, pokud možno, zastoupeny všechny věkové stupně.

Růstová křivka, která určuje výšku porostu v závislosti na věku, je označena jako věkové výšková křivka (dále jen výšková křivka) a vznikne na základě vyrovnání graficky vnesených hodnot (středních výšek) rozptylových bodových polí (HALAJ, 1978). Růstovou funkcí vyrovnaná střední výšková křivka reprezentuje výškovou křivku příslušného stanoviště.

Podle povahy dendrometrických dat jsou výškové křivky děleny na statické a dynamické. Dynamické výškové křivky jsou odvozeny z dlouhodobějšího pozorování na základě opakovaného měření z výzkumných ploch (BALÍN et al., 2009).

Statické výškové křivky jsou odvozeny na základě věku a výšky jednorázovým měřením na daném stanovišti a uspořádány do růstových řad.

Růstové řady lze vymezit na základě typologických jednotek, neboť jimi je zachycený vliv podstatných stanovištních faktorů (HALAJ, 1973b; 1978). HALAJ et al. (1987a) definovali růstovou řadu jako soubor porostů rozdílného věku na stejném a nebo příbuzném stanovišti, stejného původu a způsobu výchovy, pro kterou je charakteristický jednotný růst hlavních porostních veličin, a to především výškový růst. Dále uvedli, že výškové křivky vykreslené z bodových polí v SLT mají nedostatek, který vyplývá z nepravidelného rozložení počtu výšek ve věkových stupních. ŠMELKO (2003) poznamenal, že toto výrazně pravostranné rozdělení výškových četností je typickou vlastností rozdělení výšek stromů ve stejnověkových porostech.

Střední výšková křivka věrně charakterizuje růstový vývoj v SLT jen v případě homogenity zdrojových dat (HALAJ et al., 1987a). Pokud tato podmínka není splněna, pak je průběh této křivky zkreslen.

POLÁK (1975) uvedl, že sloučením měření v porostech různého věku a na různých stanovištích do jedné průběžné série s cílem získat růstovou řadu je metodou obvyklou. Osobně tento přístup aplikoval s poznámkou, že názor na konstrukci časové řady není jednotný. Dále konstatoval, že vzhledem ke složitosti vytvoření přirozené růstové řady je tento postup považován za spolehlivý pro vyjádření pravděpodobné tendence růstu střední porostní výšky dřeviny v dané typologické jednotce, a tedy vhodný pro vyjádření produkční charakteristiky.

ŠMELKO et. al. (1992) poznamenali, že růstové řady poskytují údaje z jednorázových pokusných ploch, které byly vybrány reprezentativním způsobem z přesně definovaného základního souboru a jsou seřazeny v chronologickém pořadí podle věku. Rovněž potvrdili, že analýza růstových řad se přednostně používá na vysvětlení vztahů mezi stanovištěm a produkcí.

## **2. 10 Výškový růst stromů**

KORF (1955) zjistil, že při stejných středních výškách vykazují slunné dřeviny poměrně menší rozptyl výšek než dřeviny stinné. Dále poznamenal, že porosty starší mají zpravidla větší směrodatnou odchylku než porosty mladší.

HALAJ (1959) uvedl, že nejednotnost výškového růstu porostů může být způsobena makroklimatickými účinky, nadmořskou výškou, pedologickými vlivy (geologickým

podkladem), způsobem smíšení a hospodářským stavem porostů – respektive způsobem jejich výchovy. Ve vztahu k produkci lesního stanoviště byly KOUBOU (1969) definovány tyto činitele: růstové podmínky, volba stanovištně vhodné dřeviny, hospodářský tvar lesa, hospodářský způsob, časová úprava a pěstební technika.

Stratifikací údajů podle růstových řad založených na SLT lze posoudit jednotnost výškového růstu smrkových porostů (HALAJ, 1973b; 1978). Nejednotnost výškového růstu se projevuje celkově odlišným tvarem výškových křivek stejného bonitního indexu.

Odchytky výškového růstu jsou způsobované především stanovištními podmínkami. Rozhodující a prvořadý vliv na dynamiku výškového růstu v různých obdobích života má především vodní režim stanoviště a průměrná teplota (KÄLBLE, 1966).

Rovněž ŠMELKO et. al. (1992) uvedli, že teplota a srážky jsou rozhodující klimatický činitele, které mimořádně diferencují růst. Oba elementy ohraničují maximální výšky a ovlivňují tempo růstu a vývoje.

HALAJ (1973b; 1978) publikoval, že tyto stanovištní faktory velmi kolísají v důsledku různých půdních poměrů, polohy, reliéfu, expozice a pod. Může nastat situace, kdy porosty shodné AVB zahrnují odlišné SLT s rozdílnými vlastnostmi stanovištního prostředí. Proto mohou výškové křivky některých SLT probíhat odlišně, přestože mají ve sto letech stejnou výšku. Odlišnost výškového růstu může být rovněž způsobená i vlivem provenience dřevin, způsobem založení a výchovy porostu.

Jak vyplývá z textu, produkční rozdílnost jednotlivých lesních typů je posuzována podle růstu a produkce dřevin v daném lesním typu. Proto je správnější hovořit o produkční schopnosti dřevin nebo porostů podle lesních typů, a ne o produkční schopnosti lesních typů (POLÁK, 1965b; PRIESOL, 1971).

KORF (1953) a další autoři (např. HALAJ, 1959; 1968; PRIESLOR, 1971) se shodují na tom, že výškový růst je závislý především na stanovišti. Odlišnost výškového růstu může být také způsobena výškovou a zeměpisnou polohou (HALAJ, 1978). V podmínkách ČR připadá v úvahu především vertikální poloha stanoviště, která je definovaná lesním vegetačním stupněm. Též poznamenal, že výjimečné poměry jsou na horách, kde i při dostatečném zásobování vodou je výškový růst trvale brzděn (především v mladém věku) sněhovými polomy, mrazem, škodami zvěří ... Toto dočasné brzdění výškového růstu v mládí se později postupně vyrovnává a vede k trvalému udržování výškového růstu až do vysokého věku. Hlavní rozdíl výškového růstu v horských polohách oproti středním polohám spočívá v tom, že na horách je výškový růst rovnoměrnější, stálejší a udržuje se podstatně delší dobu až do vysokého věku.



HALAJ (1978) na základě odlišnosti výškového růstu smrkových porostů zhodnotil produktivitu SLT. Nejnížší vykazují smrkové porosty v SLT 7Z (AVB 15,5). Nejvyšší produktivitu mají smrkové porosty v SLT 5D, 6D a 5F, které vykazují v průměru AVB 36. Na základě této analýzy bylo konstatováno, že převážná většina SLT jeví uspokojivou jednotnost výškového růstu. Jemnější rozdíly lze vysledovat jen na základě porovnání parametrů  $A$ ,  $k$ ,  $n$  Korfovy růstové funkce výškových křivek v jednotlivých SLT. Nejvýraznější nesoulad ve tvaru výškových křivek je možné pozorovat u souborů 6R, 3O, 4O, 5N, 6N a 7K. Halaj v závěrečném hodnocení konstatuje jednotnost tvaru výškových křivek převážné většiny SLT, což odpovídá jednotnému systému bonitních křivek v růstových tabulkách.

O několik let později ovšem ČERNÝ et al. (1993) uvedli: „*Problematičnost výškového vývoje porostů výrazně vystupuje rovněž při srovnání růstových křivek s křivkami popisujícími vztah mezi porostní výškou a věkem porostů na stejném stanovišti (bonitní křivky taxačních tabulek). Tvar těchto křivek se výrazně odlišuje, růstové křivky jsou podstatně strmější. Příčinou odlišnosti křivek jsou poměrně prudké změny růstu porostů v posledních deceniích způsobené pravděpodobně změnami růstového prostředí.*“

Při studiu jednotnosti výškového růstu a konstrukce růstových křivek je doporučeno rozlišovat 3 typy přírůstu, přičemž všechny tři mají stejnou bonitu (HALAJ, 1978). Základem uvedené diferenciacie je dynamika výškového růstu porostů na rozdílných stanovištích. Hlavní kritériem je výškový přírůst.

Zajímavé je srovnání věkových kulminací výškových přírůstů podle různých autorů (Tab. 1). Čím dříve nastane kulminace výškového přírůstu, tím rychleji nastává jeho snižování. Doba kulminace běžného výškového přírůstu je důležitý poznatek pro včasné uplatnění a usměrnění výchovných zásahů ve smrkových porostech (ROD, 1974).

Tab. 1. Věk kulminace běžného a průměrného přírůstu smrkových porostů podle rozličných autorů (1 – nejlepší bonita, 2 – střední bonita, 3 – nejhorší bonita), zpracoval rod (1974)

Autor	Věk kulminace běžného přírůstu pro bonitu			Věk kulminace průměrného přírůstu pro bonitu		
	1	2	3	1	2	3
Schwappach 1902	21,0	32,0	46,0	43,0	65,0	92,0
Assmann-Franz 1963	20,0	25,0	34,0	42,0	52,0	59,0
Korf 1973	13,0	18,0	26,0	28,0	37,0	47,0
Rod 1974	11,0	16,0	22,0	26,0	35,0	46,0
Halaj 1975	11,2	16,0	26,0	27,1	34,2	51,4

Modelové výchovné programy (SLODIČÁK et NOVÁK, 2007) jsou založeny na horní výšce porostu. Na bohatších stanovištích je horní výšky dosaženo dříve a na chudších později. SLODIČÁK et NOVÁK (2007) zjistili, že v uměle založených smrkových porostech převládá tendence k velmi rychlému růstu v mládí s kulminací výškového přírůstu ve věku 20–30 let. HALAJ (1959) ovšem publikoval, že výškové přírůsty kulminují většinou již před patnáctým rokem. K podobným závěrům dospěl ROD (1974; 1979).

POLENO (1975) napsal, že výškový růst lesních stromů a jeho střední hodnota pro soubory lesních stromů má pro hospodářskou úpravu lesů mimořádný význam. Tato výlučnost vyplývá především ze skutečnosti, že výškový růst stromů je úzce závislý na stanovištních podmínkách. ŠEBÍK (1990) při posuzování výškové struktury porostu uvedl, že platí všeobecná zákonitost, podle které se s rostoucí střední výškou zvětšuje její variační rozpětí a směrodatná odchylka a klesá variační koeficient výšek. Rovněž poznamenal, že výškový růst stromu je nejdůležitějším faktorem v konkurenčním boji mezi dřevinami ve smíšených porostech; rozhoduje o osudu dřeviny a znalost zákonitostí výškového růstu, která je klíčová při zakládání smíšených porostů.

## 2. 11 Vymezení růstového oboru dřeviny

KORSUŇ (1950) na základě průzkumu karpatských pralesů uvedl, že v první řadě je nutné rozlišovat růst jednotlivých stromů od růstu celých porostů a poukázal na obtíže spojené s parametrizací Korfovy růstové funkce (1939) na konkrétním empirickém materiálu.

KORF (1967) na tyto podněty reagoval, jednalo se o parametry  $k$ ,  $n$  a nabídl nový způsob řešení pomocí metody nejmenších čtverců. Rozborem Backmanovy růstové funkce dokázal, že jeho funkce vyhovuje požadavkům jak lesnickým, tak požadavkům na matematickou formulaci organického času. Také připomněl skutečnost, že závislost mezi růstovými veličinami a věkem není v přírodě nikdy funkcionální. Teprve vyrovnáním je dosaženo toho, že vyrovnané hodnoty jsou ve funkcionální závislosti.

Vhodnost aplikace Korfovy růstové funkce doložil POLENO (1975), jenž analyzoval význam asymptoty. Parametry růstových funkcí musí mít určité zákonité uspořádání s ohledem na bonitu, např. asymptota se musí s klesající bonitou snižovat. Vyjádřil názor, že pro AVB by bylo výhodné použít asymptotické hodnoty výšek s konstantními intervaly. U ostatních parametrů dále navrhl sledovat jejich zákonitou korelaci k bonitě.

WOLF (1971) konstatoval, že zákonitosti růstu, z kterých vychází obsah růstových tabulek, jsou zákonitosti stochasticko-korelační. Je zde aplikována metoda statistické

indukce založená na teorii náhodném výběru, která předpokládá vymezení základního souboru a na základě vlastností náhodného výběru objektivní odhad jeho vlastností. Takový výběr, který nejlépe vystihuje vlastnosti základního souboru, je nazýván reprezentativní. Ve vhodně zvolené růstové oblasti by měl být spolehlivě definován základní soubor porostů dané dřeviny a vlastností, z něhož budou vybrány plochy k odvození zákonitostí vztahů taxačních veličin.

Vymezení výškového růstového oboru pro smrkové růstové tabulky studoval KORF (1961), který poukázal na to, že kontinuita růstové veličiny pro určitý věk musí být patrná v celém rozsahu růstového oboru, tj. od nejlepších k nejhorším růstovým předpokladům.

Všechny taxační veličiny mají svůj růstový obor vymezen potřebným věkovým rozpětím a růstovými (stanovištními) podmínkami, poznamenal KORF (1973), když analyzoval výškový růst stejnověkových nesmíšených smrkových porostů na základě hodnocení 492 středních výšek z 11 SLT ve věku 25 až 105 roků. Pro zkoumaný soubor odvodil střední výškovou růstovou křivku a tzv. obalové výškové růstové křivky. Při výpočtu použil svoji troj-parametrovou růstovou funkci. Poznatky o zákonitosti růstu lesních dřevin a vymezení výškového růstového oboru publikované Korfem prověřil ROD (1979).

WOLF (1979) řešil problém zjišťování zákonitostí růstu stejnověkových porostů odlišným způsobem, a sice cestou poznání zákonitostí přírůstků těchto porostů, z něhož pak již zase poměrně snadno odvodil zákonitosti růstové.

POLÁK (1985) s odkazem na práce zaměřené na ověření správnosti bonitace shledal, že porostní bonita dřeviny sledovaného typu geobiocenózy nebo jejích souborů se s věkem v řadě případů mění. Na úrovni lesního typu až o dva stupně a v této souvislosti poznamenal: „*I kdyby s zcela vyloučily chyby v typizaci a mapování, zůstává tu stále skutečnost, že střední porostní výška nebo i celková objemová produkce porostů, zařazovaných do zkoumaných souborů, není jen výsledkem ekologických podmínek, ale i výsledkem biologických a sociálních vlastností porostů a antropické činnosti.*“

ČERNÝ et PAŘEZ (1992) uvedli, že v deterministickém pojetí bonita je konstantní během celého vývoje porostu. To znamená, že rozdíl mezi skutečnou hodnotou výšky opakovaných měření porostu a výškou odvozenou z růstového modelu na základě zatřídění porostu do bonity podle prvního měření, by byl vždy roven nule. Vzhledem ke stochastickému charakteru procesu růstu porostu je na místo požadované nulové odchylky uplatněn požadavek na minimální dosažitelnou odchylku.

DRÁPELA (2009) konstatoval, že cílem regresní analýzy je popsat závislost mezi veličinami tak, aby model vyjadřoval jejich reálný vztah a zároveň byla nevysvětlená variabilita co nejmenší. Také ve svém příspěvku popisuje podstatu nelineárních smíšených modelů jako prostředků zpřesnění lesnický využitelných modelů, respektive dosažení co nejnižší míry nevysvětlitelné variability.

ŘEHÁK (1971a) podotkl, že při použití růstových tabulek je třeba dbát na to, zda opravdu a jakou měrou mohou vystihovat produkci dřevin v dané oblasti. Zejména u všeobecných růstových tabulek, které zpravidla vyjadřují produkční možnosti i vývojovou tendenci porostů vyskytujících se na území se zcela odchylnými (proměnlivými) klimatickými, geologickými, půdními a ostatními růstovými poměry. U těchto tabulek mohlo dojít ke zprůměrování značně rozkolísaných hodnot jednotlivých porostních veličin; jejichž skutečné stavy se mohou v různých úsecích vývoje od tabulkových hodnot značně lišit. ŘEHÁK (1971b) též poukázal na postupný přechod starších porostů do nižších bonit.

POLÁK (1985) s odkazem na teorii o nestejně výnosové úrovni různých stanovišť zdůrazňuje, že pro všechny typy geobiocenózy nemůžeme vystačit s jediným funkčním vyjádřením vztahu mezi porostní výškou a celkovou objemovou produkcí.

Celá problematika je studována dlouhodobě, neboť již v roce 1947 FRIC poznamenal: *„Nelze přezírat, že místní poměry vzrůstové se často značně uchylují od průměru, na němž všeobecné tabulky musí být vybudovány, a že v důsledku toho vyplývají při použití tabulek všeobecných nesprávné závěry, aniž by tato nesprávnost byla zaviněna nesprávným použitím tabulek nebo nesprávnými podklady.“*

## **2. 12 Růstové modely**

Růstové modely používané v lesnictví prošly poměrně dlouhým vývojem od konce 19. století. Tehdy vznikaly první generace růstových a objemových tabulek, až po současnost, kdy jsme svědky značného rozvoje simulačních modelů řešících širokou škálu biometrických, ekologických, ekonomických a dalších veličin (DRÁPELA, 2005; 2009).

Z historického pohledu lze připomenout práci LEPORSKÉHO (1950), která testovala použitelnost Schwappachových výnosových tabulek (1893) pro státní lesy Čech a Moravy. Leporský rovněž poukázal na význam srovnávacích vzorových ploch, čímž podpořil myšlenku založení poloprovozních a trvale výzkumných ploch, které se staly podkladem

pro sestavení československých růstových tabulek. PAŘEZ (1965) uvedl, že na jedné straně bylo zjištěno (LEPORSKÝ, 1950), že jsou Schwappachovy tabulky mimořádně vhodné, na straně druhé ŘEHÁKŮV (1962) rozbor prokázal závady v samotné konstrukci těchto tabulek. PAŘEZ (1965) v závěru shrnutí orientačního průzkumu o vzrůstových tabulkách a jejich vhodnosti pro určování zásob hroubí v mladších porostech výzkumných probírkových ploch potvrdil oprávněnost požadavku na sestavení nových vzrůstových tabulek.

HALAJ (1971) v úvaze nad odlišností výnosové úrovně konstatoval, že pokud nejsou tabulky diferencované na více stupňů výnosové úrovně, vystihují pouze průměrnou výnosovou úroveň a odchylky od ní se projeví jako chyby tabulek. Doporučil zkoumat rozrůzněnost výškového růstu a výnosové úrovně. Shoda těchto dvou veličin s místním průběhem růstu a produkcí dřeviny zabezpečuje maximální přesnost taxace porostů pomocí růstových tabulek. Podle těchto dvou faktorů by měly být vymezeny vhodné typologické jednotky, pro které by byly zkonstruovány jednotlivé růstové tabulky.

WOLF (1979) uvedl dva přístupy ke konstrukci růstových tabulek. V prvním lze růstové tabulky sestavit bezprostředně potom, co byly jednorázově získány empirické údaje z reprezentativního souboru vzorových pokusných ploch. Druhý přístup je založen na periodickém šetření výběrového souboru vzorových pokusných ploch. Tento přístup je z hlediska lesnické praxe komplikovanější, protože působí značné časové ztráty, což může v důsledku způsobit těžkosti technického i ekonomického rázu. Pokud bude zvažován způsob popsáný v první variantě, pak nutně vystoupí do popředí stochastický charakter růstu taxačních veličin celého statistického souboru.

ZEMAN (2005) u lesnických růstových modelů popsal rozdíl mezi statickým a dynamickým modelem. Statický růstový model je míněn jako vztah taxačních hodnot středního kmene k věku stromu, lesního porostu nebo jeho části v rámci souboru tvořící věkovou řadu. Věk zde nereprezentuje časovou souřadnici, ale stav sledovaného porostu nebo stromu. Taxační veličina (např. výška) a věk celé skupiny vybraných prvků jsou zjištěny ve stejném čase. Oproti tomu dynamický růstový model zohledňuje časovou závislost růstových podmínek.

DRÁPELA (2006) poznamenal, že: *„Závažným problémem většiny modelů, používaných v naší lesnické praxi, např. růstových nebo objemových tabulek, je skutečnost, že příslušný model je postaven globálně nad všemi použitými daty. Tato data byla shromážděna z celého území státu, tedy z geograficky značně odlišných oblastí. Jednotlivé oblasti se značně liší i z hlediska růstových podmínek. Nevýhodou takto sestavených modelů je jejich*

*pravděpodobná značná chyba při použití v konkrétních podmínkách určité oblasti nebo dokonce porostu, protože takto konstruovaný model vyjadřuje hlavní (globální) trend dat a nezhledňuje lokální odchylky.“*

Přes absenci lokálních růstových tabulek jsou v praxi běžně aplikovány Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin ČR (ČERNÝ et al., 1994; 1996). Růstové tabulky hlavních dřevin se staly součástí vyhlášky č. 84/1996 Sb., a tím se růstové modely a růstové tabulky staly i oficiálně nástrojem hospodářské úpravy lesů (ČERNÝ et PAŘEZ, 1998). S ohledem na dynamiku růstových podmínek je použití výškového bonitního vějíře taxačních tabulek časově omezené, zhruba do roku 2010 (ČERNÝ et PAŘEZ, 1992; ČERNÝ, PAŘEZ et MALÍK, 1996).

PRETZCH (2001) zdůraznil, že vývoj lesnických modelů nelze koncipovat jako zdokonalování známých modelů jednoho typu. Podle časového a prostorového pojetí rozlišuje modely ekofyziologické, jednotlivé stromové a porostní modely, sukcesní modely a modely „*biome shift*“. Samostatnou kategorií tvoří modely hybridní, které mají za cíl spojit výhody jednotlivých modelů. Dále uvedl, že růstové modely shromažďují zjištěné jednotlivé poznatky o růstu lesa v představu o celkovém systému, takže z ní lze odvozovat vždy podle účelu modelu pro vědu a praxi důležité informace o systémové výstavbě a systémovém chování. Tím, že jednotlivé informace agregují až na úroveň jednotlivých stromů, staví do středu dění porost, který lze chápat jednak jako hospodářskou jednotku, ale také jako biologickou systémovou jednotku. Tím růstové modely odpovídají nejvíce zájmům o poznatky výzkumů růstu lesa a informační potřebě lesnické praxe.

MONSERUND (2003) kriticky zhodnotil dostupné kategorie modelů ve vztahu k trvale udržitelnému obhospodařování lesů a konstatoval, že všechny modely jsou nepravdivé, pouze některé jsou užitečné. Z jeho pohledu mají lesnické modely tu nevýhodu, že nejsou v přímém spojení se základními činiteli produktivity (uhlík, půdní výživa, vlhkostní režim a klima). Výnosové modely implicitně předpokládají stálost přírodních podmínek. Tento přístup znemožňuje vyhodnocovat změny vyplývající z klimatické změny za účelem přijetí dlouhodobých opatření směřujících k trvale udržitelnému obhospodařování lesních ekosystémů.

ĎURSKÝ (2003) v kontextu možností a vývoje informačního potenciálu lesního hospodářství poznamenal, že jsou k dispozici rozsáhlá a doposud málo využitá data. Jsou to jednak informace z různých druhů inventarizací (především podnikových a národních), ale i velmi cenná data stanovištních a ekologických průzkumů. Ve velké míře jsou už i integrální součástí lesních informačních systémů. Růstové modely se proto

nemusí omezit například na nepřímou bonitaci podle výškové vyspělosti porostu a věku, ale mohou využívat kauzální závislosti mezi růstem na jedné straně a stanovištními charakteristikami (půda, klima, reliéf) na straně druhé.

SEYNAVE et al. (2005) poukázali na možnost využití údajů francouzské Inventarie forestier national (IFN) doplněné o klimatické údaje a vybrané informace z EcoPlant IV. Tato databáze obsahuje údaje, na jejichž základě lze hodnotit dostupnost živin v půdě pro lesní porosty. Jejich analytický přístup umožňuje rozvíjet souvislost mezi ekologickými proměnnými uvedené databáze ve vztahu k predikci bonitního indexu. Vychází z modelování bonitního indexu v závislosti na různých ekologických, topografických a půdních proměnných. Dále uvedli, že nadmořská výška (jako hlavní faktor smrkového bonitního indexu) by mohla být nahrazena klimatickými údaji počítanými z klimatické databáze. Tyto proměnné přímo ovlivňují fyziologické procesy dřevin, jako jsou fotosyntéza a transpirace. Kromě toho, nahrazení nadmořské výšky klimatickou proměnnou dává možnost studovat potenciální dopad klimatických změn na bonitní index smrku.

WANG et KLINKA (1996) na základě synoptických proměnných ekologické bonity stanoviště zkoumali jejich účinky na bonitní index smrku s cílem nalézt kvantitativní propojení mezi ekologickou bonitací stanoviště a produktivitou lesa. Klimatické režimy, půdní vlhkost, provzdušnění a výživa půdy byly aplikovány jako ekologické míry bonity stanoviště. Subzóny a varianty stanoviště rozlišené podle zonální vegetace byly synoptickým měřítkem klimatu. Režimy půdní vlhkosti, diferencované podle skutečných (potenciálních) evapotranspiračních poměrů, hloubka oglejené vrstvy nebo významných skvrn a hloubka podzemní vody, byly názornými měřítky půdní vlhkosti. Režimy provzdušňování půdy, rozlišené podle nasycení půdního tělesa vodou, svahu, odvodnění a zrnitostní složení půdy, byly synoptickým měřítkem provzdušnění půdy. Režimy živin v půdě, diferencované podle mineralizovatelného dusíku ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a poměr C/N, byly synoptickým měřítkem dostupných půdních živin. Výsledky ukázaly, že ekologické stanovištní klasifikace mohou být použity k vyhodnocení jak ekologické bonity stanoviště, tak na základě těchto proměnných může být hodnocena produktivita lesních ekosystémů.

## 2. 13 Posouzení jednotného výškového růstu smrku

HLAVÁČEK (1968) uvedl, že pro vzájemné porovnání křivek nejlépe poslouží porosty ve věku 70–80 let, kdy jsou porosty již vyzrálé, vzájemné vztahy jsou vyrovnány a při tom ještě nezačaly obnovní zásahy.

WOLF (1971) zmínil, že pokud zjistíme u jistého množství stejnověkových porostů téže dřeviny téměř stejný průběh růstu jejich taxačních veličin, lze přijmout za velmi pravděpodobné, že podmínky růstu těchto porostů byly rovněž téměř stejné.

ŘEHÁK (1971b) předpokládal, že bude možno seskupit některé soubory lesních typů, produkčně i vývojově příbuzné, do společné bonitační soustavy podle jednotného modelu (patrně v užším bonitním rozpětí než univerzální tabulky), aniž by to bylo na úkor správného vyjádření časového vývoje porostních veličin a vzájemného vztahu mezi nimi. Obdobný názor vyjádřil POLÁK (1975; 1985), když poznamenal, že porovnání výškového růstu může být východiskem k úvahám o sdružování typologických jednotek.

MACHANSKÝ (2010) podotkl, že na základě statistických analýz hospodářských souborů lesních typů (HSLT) bylo potvrzeno, že vyšší kvalita stanovištní jednotky výrazněji potlačuje ostatní faktory působící na produkci a růst dřeviny. Z tohoto důvodu kvalitnější stanoviště představují produkčně homogennější stanovištní jednotku.

Za účelem ověření daných podnětů je v předkládané práci navrženo aplikovat metodu shlukové analýzy. ŽÁK (2004a) o shlukové analýze uvedl, že je známa několik desítek let. V současnosti je často aplikovaná, zejména v souvislosti s automatickým sběrem a vyhodnocením dat. Právem patří do skupiny metod „*data mining*“, které získávají informace z dat a i v lesnickém výzkumu nachází významné uplatnění (např. POLÁK et al., 2007; VIEWEGH et al., 2008; HADAŠ, 2009).

FABRIKA et PRETZCH (2011) doporučili shlukovou analýzu pro stanovištní stratifikaci, anebo vymezení růstových typů při analýze výškového bodového pole z růstových řad. Východiskem při shlukové analýze je měření vzdálenosti mezi skupinami, které jsou vytvářeny iteračně v průběhu analýzy. Kromě způsobu výpočtu vzdálenosti je důležitý i způsob definování vzdálenosti mezi shluky. Jeho volba se odvíjí od typu řešené úlohy a v tomto směru HORÁK et al. (2012) zjistili, že dle dosavadních zkušeností metoda nejbližšího souseda poskytuje nejlepší výstupy. Na základě shlukové analýzy je získána hierarchická posloupnost objektů seřazených podle podobnosti od nejméně po nejvíce podobné. Též navrhl realizovat několik pokusů v různých variantách nastavení

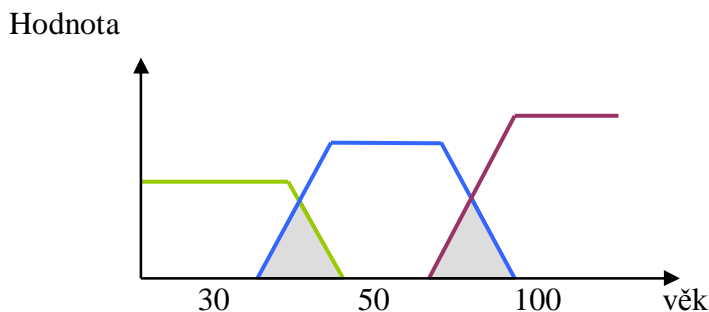


shlukové analýzy. V případě více shodných výsledků lze tímto přístupem rozpoznat stabilní strukturu zvoleného řešení.

ŽÁK (2004a) o shlukové analýze napsal, že jejím cílem je rozdělit danou množinu objektů do takových podmnožin, aby objekty patřící do téže podmnožiny si byly blíže (podobnější), než objekty z jiných podmnožin.

ŽÁK (2004b) popsal obecné problémy shlukování. Ty nastávají, pokud data obsahují shluky, které nejsou dostatečně charakteristické, a pak různé metody poskytují rozdílné výsledky. Zná-li uživatel další vlastnosti dat, vybere vhodnou metodu. Pokud uživatel nemá o datech bližší informace, použije více metod a pomocí rozhodovacích kritérií rozhodne, jakým způsobem postupovat.

V praxi se často vyskytují objekty, které nelze jednoznačně identifikovat. Například existuje takový znak objektu, který obsahuje více hodnot současně nebo pro který existuje neurčitost (vágnost) ve vyjádření hodnot tohoto znaku (Obr. 1). „Fuzzy“ shlukování umožňuje shlukování jednoho objektu do více než jednoho shluku, zatímco v běžném shlukování je každý objekt členem pouze jednoho shluku (MELOUN et MILITKÝ, 2002).



Obr. 1. Znárodnění pojmu mladý, střední a starý pomocí „fuzzy“ množin (ŽÁK, 2004c)

### 3. Cíl práce

Výchozí teze: pokud stromy v lesních ekosystémech rostou ve shodných podmínkách, lze předpokládat, že mají stejný průběh růstu.

Má-li být tato myšlenka potvrzena, tak výškový růst smrku je mezi jednotlivými soubory lesních typů (SLT) rozdílný.

Základní cíl práce: analýzou věkových výškových křivek vyšetřit průběh střední výšky smrku v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť.

Střední výška smrku byla zjištěna z výškového grafikonu na inventarizační ploše, ve kterém byla odečtena hodnota výšky k odpovídající výčetní tloušťce středního kmene. Výčetní tloušťka středního kmene byla určena z výčetní kruhové základny jako kvadratický průměr výčetních tlouštěk smrků na inventarizační ploše. Údaje inventarizačních ploch (IP) s výskytem smrku, které obsahují hodnotu výšky středního kmene smrku, byly podle SLT uspořádány do růstových řad. Pak byla růstovou funkcí (KORF, 1939) zjištěna hodnota stanovištního indexu, který charakterizuje bonitní potenciál smrku. Stanovištní index (SI) vyjadřuje potenciální výšku dřeviny ve věku sto let a byl stanoven za předpokladu, že stanovištní (růstové) podmínky jsou relativně stálé. SI byl odvozen z vyrovnané věkové výškové křivky smrku v rámci příslušné růstové řady a na jeho základě byl kalkulován produkční potenciál smrku v lesních ekosystémech ČR.

Dílní úlohy:

1. Stratifikovat údaje NIL podle SLT a získat přehled o rozšíření IP s výskytem smrku v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť.
2. Na základě výšek středních kmenů smrků z IP vyšetřit průběh střední výšky smrku v růstové řadě a sestavit přehled jeho stanovištních indexů.
3. Navrhnout charakteristiky bonitního a produkčního potenciálu pro SLT, které bude možné využít při praktickém vylišování typologických jednotek.
4. Klasifikovat bonitní potenciál smrku podle jeho SI a technologií GIS vytvořit tematickou mapu v měřítku 1 : 10 000.
5. Porovnat SLT z hlediska výškového růstu a produkčního potenciálu smrku.

## 4. Metodika práce

Pro každou inventarizační plochu lze stanovit typickou výšku, respektive výšku středního kmene na ní rostoucí dřeviny, a také lze IP umístit do růstové řady. „*Růstová řada je soubor porostů různých věkových ročníků na stejném a nebo příbuzném stanovišti, pro které je charakteristický jednotný průběh růstu všech porostních veličin a to především jednotnost výškového růstu*“ (HALAJ, 1973b). Pro vytvoření růstové řady by měly být splněny i další podmínky, jako je stejná provenience, způsob založení a obhospodařování porostů. Avšak spolehlivé zařazení IP do růstové řady je v praxi obtížné, protože údaje o hospodářské evidenci jsou buď nedostupné anebo pro účely této práce nepoužitelné.

Typologické jednotky zahrnují vliv stanovištních faktorů a proto na základě SLT byly vymezeny růstové řady. Stratifikací dat NIL podle SLT byl získán podrobný přehled o zastoupení smrku v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť. Růstová řada byla ohraničena od 15 do 125 let, čímž byl vyloučen nejistý průběh vyrovnané věkové výškové křivky na obou okrajích bodového pole růstové řady. Mimo tento časový úsek je nedostatek spolehlivých údajů (malý počet měření v mladém věku a vliv přestárklých porostů).

V růstových řadách byl vyšetřen průběh střední výšky smrku. ŠMELKO et. al. (1992) uvedli, že z matematického hlediska je růst funkcí času ( $t$ ) a prostředí ( $U$ ).

$$y = F(U, t) \tag{4.1}$$

Na proces růstu je obtížné kvantifikovat vliv prostředí ( $\text{CO}_2$ , vody, teploty, živin, pH, slunečního svitu...). V předložené práci je růstová veličina (střední výška) analyzována v rámci růstových řad a tímto způsobem je možné studovat vliv stanoviště na bonitní a produkční potenciál smrku.

Vynesené hodnoty výšek středního kmene smrku z jednotlivých IP do souřadnicové soustavy (výška, věk) představují bodové rozptylové pole, které svým rozpětím charakterizuje celkovou produkční amplitudu analyzované růstové řady. Toto pole je vyrovnáno prostřední křivkou - růstovou funkcí (KORF, 1939). Uvedeným postupem je vytvořena věková výšková křivka (dále jen výšková křivka) charakteristická pro příslušné stanoviště (růstovou řadu).

Výšková křivka stanovuje očekávané hodnoty výšek smrku za předpokladu stálých růstových podmínek. V tomto případě se jedná o statické výškové křivky, které vyjadřují

pouze to, že stromy jsou tím vyšší, čím jsou starší. Údaje nutné pro vyšetření průběhu výšky smrku jsou zjištěny jednorázovým monitoringem (ÚHÚL, 2007) z různých IP a výškové křivky neposkytují zaručené informace o budoucí dynamice výškového růstu smrku. Přesto lze na jejich základě porovnávat bonitní a produkční potenciál smrku mezi jednotlivými SLT.

SI smrku je základní údaj pro stanovení a porovnání produkčního potenciálu smrku. Vyjadřuje dosavadní vliv stanoviště (růstových podmínek) a projev dřeviny (smrku). Projev dřeviny je dán její schopností maximálně využít možností stanoviště a úzce souvisí s její proveniencí.

Při hodnocení bonitního potenciálu je nutné počítat s tím, že při stejné střední výšce a na stejném stanovišti může mít strom jinou střední tloušťku. Dále může nastat situace, kdy růst smrku může být ovlivňován různými faktory do té míry, že i při shodném SI je průběh výškové křivky rozdílný.

Především z těchto důvodů, kromě SI a vyrovnané výčetní tloušťky smrku ve věku sto let, byly pro růstové řady s dostatečným množstvím IP s výskytem smrku kalkulovány: rok a výše kulminace průměrného přírůstu, jeho hodnoty pro 40 a 70 let, rychlost, zrychlení a intenzita růstu včetně směrodatné odchylky stanovištního indexu a jejího variačního koeficientu.

Obdobným způsobem, jako zjištění SI smrku, byla pomocí růstové funkce (KORF, 1939) zjištěna vyrovnaná výčetní tloušťka smrku ve věku sto let dané růstové řady. Pomocí SW TAX firmy TOPOL PRO s. r. o. byl stanoven potenciální objem středního kmene a hektarová zásoba smrku ve věku sto let.

Analýza SLT podle SI byla předpokladem pro stanovení bonitního a produkčního potenciálu smrku. Hodnoty zásob (výšek) smrku ve věku sto let v růstových řadách byly klasifikovány stupnicí produkčního (bonitního) potenciálu smrku. Zjištěná hodnota SI byla přiřazena k odpovídajícímu grafickému objektu v lesnické typologické mapě. Pak byly plochy lesnické typologie agregovány do pěti (šesti) skupin bonitního potenciálu smrku. To znamená, že informace NIL byly propojeny s grafickými daty OPRL a následně vznikla příslušná tematická mapa v měřítku 1 : 10 000.

Pro porovnání produkční homogenity smrku ve vztahu k SLT byla zvolena shluková analýza. Tato analýza je řazena mezi významné nástroje pro studium homogenity dat a jejich kategorizaci. Shlukovou analýzou byly posouzeny rozdíly mezi SLT a zároveň byly výškové křivky porovnány z hlediska jednotného výškového růstu smrku.

## 5. Popis řešení

Na základě bodového pole středních výšek smrku<sup>1</sup> ze stratifikovaných IP byla pomocí růstové funkce (KORF, 1939) vypočtena výšková křivka smrku pro danou růstovou řadu. Před vyrovnáním bodových polí výškovou křivkou smrku byla provedena prověrka růstové řady z těchto hledisek:

1. Dostatečný počet IP s výskytem smrku v celém věkovém rozsahu růstové řady a jejich rovnoměrné rozdělení ve věkových stupních. Rozpětí rozptylových polí výšek je v rámci růstové řady poměrně široké. Produkční rozrůzněnost smrku v růstových řadách byla posouzena na základě variability SI.
2. Prověření růstových řad z hlediska původu, jejich založení a výchovy nebylo možné uskutečnit, protože potřebné údaje nebyly v rámci prvního cyklu NIL šetřeny.
3. Prověření SLT z hlediska homogenity IP s výskytem smrku. Homogenita růstové řady (SLT) byla posouzena na základě variační šířky graficky vyneseno bodového rozptylového pole středních výšek smrku. V případě IP s výskytem smrku s extrémními hodnotami středních výšek na horním nebo spodním okraji bodového pole daného SLT by se mohlo jednat:
  - o chybné stanovení věku (paušální převzetí údajů o stáří porostní skupiny z LHP),
  - o nesprávné zařazení stanoviště do SLT (např. paušální převzetí informace o lesním typu z typologické mapy),
  - případně mohly být chybně zjištěny výšky smrku.

Také je možné, že se jedná o stanoviště, která jsou z hlediska klasifikace lesnické typologie na přechodu mezi edafickými kategoriemi např. K – S – B.

Působení stanoviště (růstových podmínek) je založeno na:

- Půdních podmínkách, především na zastoupení pedogenetických jednotek – půdních typů, subtypů a vlivu horninotvorného podloží, terénu, vodního režimu, porostu apod. (PLÍVA et ŽLÁBEK, 1986). Tyto podmínky charakterizuje typologická jednotka (SLT).
- Klimatických podmínkách na daném stanovišti, které jsou charakterizovány klimatickými okrsky (QUIT, 1975) a odvozenými údaji z klimatických stanic (HADAŠ, 1997; 2005b).

---

<sup>1</sup> Výšky středního kmene smrku z jednotlivých inventarizačních ploch.

Při zpracování dat byl použit SW EXCEL 2003 (MICROSOFT), QC EXPERT, STATSOFT, INC. (2009). STATISTICA (data analysis software system), version 9.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com) a R version 2.11.1 (2010-05-31). Při řešení grafických úloh (technologie GIS) byl použit SW TOPOL verze 6 a SW GEOMÉDIA.

## 5. 1 Podkladová data

Výchozím podkladem byla data Národní inventarizace lesů (NIL), získaná při venkovním sběru dat v letech 2001–2004 (nařízení vlády č. 193/2000 Sb.). Předkládaná práce navázala na výsledky prvního cyklu NIL, které byly analyzovány souborem matematicko-statistických metod (ZACH, 2004).

Inventarizací bylo provedeno fyzické zjišťování údajů na plochách v územích o základním rozměru  $2 \times 2$  km, rozmístěných v pravidelné síti v lesích na území ČR. Jedná se o výběrový způsob a každá inventarizační plocha se skládá ze dvou vzájemně nespojitých částí kruhového tvaru o poloměru 12,62 m, jejichž středy jsou od sebe vzdáleny 300 m. Na území ČR připadlo podle čtvercové sítě  $2 \times 2$  km celkem 39 460 ploch. Z nich bylo změřeno inventarizačními skupinami 14 221 ploch, které se podle vyhodnocení leteckých snímků nacházejí v lese. Pro zajímavost lze uvést, že při sběru dat bylo proměřeno 383 005 stromů a velikost databáze NIL činí 2,1 GB.

Další databáze, jež byla použita v analýze, obsahuje grafická data lesnické typologie (LT) z oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL). Lesnická typologie je vědní disciplína zabývající se typologickými jednotkami lesa, které jsou sdružené do lesnických typologických klasifikací a je základem dlouhodobého plánování v lesnictví. Legislativně je lesnický typologický systém zakotven ve vyhlášce č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů. Velikost grafické databáze lesnické typologie (vektorový formát dat) je 1,1 GB a obsahuje 894 540 ploch. Průměrná velikost plochy LT je 3,033 ha, maximální je 1 275,284 ha a minimální plocha má výměru 0,005 ha.

Při řešení analytických úloh existují rizika, která souvisí s využitím různých datových zdrojů. Průnik bodů NIL a ploch LT byl zdůvodňován úsporou času při venkovním šetření na inventarizační ploše. Problém spočívá v tom, že vzhledem k tzv. mozaikovitosti lesního typu nelze v měřítku 1 : 10 000 typologické mapy zaznamenat typologickou situaci, která detailněji charakterizuje stanovištní podmínky inventarizační plochy. Lesní typ je v typologické mapě generalizovanou jednotkou a informuje uživatele o převažujícím

lesním typu. Např. při mapování lesních typů může být rozlohou nevýznamná podmáčená lokalita zahrnuta do plošně převažujícího okolního lesního typu, který patří k ekologické řadě neovlivněné vodou. Důvodem této dílčí úpravy mapování je skutečnost, že velmi detailní vylišení lesního typu na typologické mapě je mnohdy technicky obtížné a výsledná situace je na mapě nepřehledná. Pokud by typologické mapování bylo provedeno v měřítku např. 1 : 1000, hranice lesních typů by byly zobrazeny detailněji. Tím by však značně vzrostly náklady na typologický průzkum, a proto se standardně pro mapování lesních typů používá měřítko 1 : 10 000.

Dosavadní ekosystémové analýzy (MACKŮ, 2001; 2004; ÚHŮL, 2007–2008) byly založeny především na datech lesních hospodářských plánů (LHP). Původně se mělo za to, že data z taxačních prací lze aplikovat, ačkoliv nemají povahu výzkumného materiálu, neboť tato nevýhoda je vyvážená jejich velkým množstvím (HALAJ, 1959). Ovšem ŠMELKO et al. (1992) uvedli: *„Ze zkušenosti a četných publikací vyplývá, že nižší stupeň přesnosti podkladů hospodářské úpravy lesů se neodstraní větším rozsahem podkladového materiálu.“*

Zaměření LHP je jiné, než jsou cíle výzkumného projektu, a tomu také odpovídají metodiky a pracovní postupy zjišťování taxačních veličin. Při popisu jednotek prostorového rozdělení lesa (porostů, porostních skupin a etáží) sehrává významnou roli zkušenost projektanta. Ovšem z pracovních postupů není známo, do jaké míry má jeho subjektivní přístup vliv na šetřené údaje. V důsledku toho je stanovení variability dat LHP nejisté. Přesnost a správnost analytické práce je ovlivněna i tím, že porostní skupině je přiřazen pouze převažující lesní typ (MANSFELD, 2010; 2012).

Z uvedeného tvrzení vyplývá, že kombinace dat LHP a lesnické typologie je nedostačující pro analýzy předkládaného typu jak z hlediska přesnosti vstupních údajů, tak i správnosti získaných výsledků. Pokud hranice porostních skupin v LHP nejsou vylišovány podle lesních typů, tak zpravidla je narušena kauzální souvislost mezi střední výškou stromu a danou typologickou jednotkou.

Ve vztahu k datům LHP existuje ještě jedna důležitá poznámka. Při vyhodnocení dat NIL bylo zjištěno, že variabilita střední výšky smrku je ovlivněna způsobem zjištění stáří stromů na inventarizační ploše. Při venkovním sběru dat NIL byl věk stromů stanoven většinou podle údajů LHP. Informace o věku porostní skupiny v LHP nejsou pro šetření na inventarizační ploše spolehlivým údajem, neboť v letech 1980–1990 byla při obnovách LHP realizována integrace porostních skupin. V tomto procesu se běžně slučovaly části lesa, které ve výsledku mohly mít v porostní skupině věkové rozpětí 20 až 50 let.

Z hlediska hospodaření v lese tyto nové poměry nezpůsobovaly zásadní problémy, neboť extrémně starší (mladší) části byly plošně nevýznamné.

Velikost inventarizační plochy (500 m<sup>2</sup>) dává předpoklad k získání spolehlivějších dendrometrických dat (výška, výčetní tloušťka, počet stromů) včetně přesnějšího určení lesního typu. Z tohoto důvodu je možné konstatovat, že údaje zjištěné na inventarizační ploše výstižněji vyjadřují vztah stanovištních podmínek a růstu stromu, než taxační údaje zjištěné na úrovni jednotek prostorového rozdělení lesa z LHP.

## **5. 2 Parametry pro výběr inventarizačních ploch**

Pro účely této práce byly z databáze NIL stratifikovány IP, které splnily následující podmínky:

- a) Na inventarizační ploše se vyskytuje dřevina smrk.
- b) Výčetní tloušťka každého smrku na inventarizační ploše je větší nebo rovna 120 mm, výběr nezahrnuje smrkové nárosty, kultury a mlaziny.
- c) Inventarizační plocha musí být zařazena podle metodiky NIL do kategorie LES.
- d) Inventarizační plocha musí být homogenní věkově a prostorově nediferencovaná. To znamená, že na inventarizační ploše je pouze jedna podplocha a charakteristiky této podplochy odpovídají celé inventarizační ploše.

## **5. 3 Zájmové položky**

Definice zájmových položek byly použity dle Metodiky ATK (TAUBER et al., 2007) a podle metodiky NIL (ÚHÚL, 2003), pokud není uvedeno jinak.

### **5. 3. 1 Identifikační číslo inventarizační plochy**

Definice: Identifikační číslo inventarizační plochy je údaj sloužící k jednoznačnému označení plochy. Je to její nezaměnitelné určení, které zajišťuje identitu naměřených dat.

### **5. 3. 2 Souřadnice středů inventarizačních ploch**

Definice: Souřadnice je skupina čísel, která určuje polohu libovolného bodu v terénu a je vztažena k určité zobrazovací soustavě (pravoúhlé souřadnice X, Y).



V NIL je pro určení polohy středů IP používán systém jednotné trigonometrické sítě katastrální v geografickém systému KŘOVÁKOVA zobrazení (S-JTSK). Tento systém je aplikován subjekty geodézie a katastru nemovitosti (§ 17 zákona č. 200/1994 Sb., nařízení vlády č. 430/2006 Sb.).

### 5. 3. 3 Označení dřeviny

Definice: Podle vyhlášky č. 84/1996 Sb., přílohy č. 4. Pro účely této práce je uvažováno pouze o smrku, a proto kódy ostatních dřevin nejsou uvedeny.

Tab. 2. Číselník dřeviny

Čís. kód	Zkratka	Český název	Vědecký název
1	SM	smrk ztepilý	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.

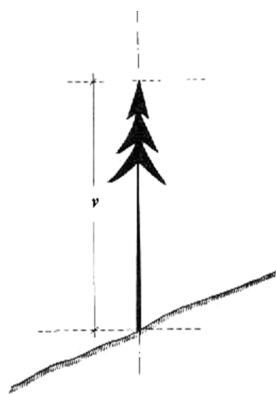
### 5. 3. 4 Počet smrků na inventarizační ploše

Počty smrků na inventarizační ploše byly významné pro tvorbu výškového grafikonu inventarizační plochy a pro zjištění podílu zastoupení smrku na inventarizační ploše.

### 5. 3. 5 Výška stromu a výška středního kmene smrku na inventarizační ploše

Definice: Výška stromu je určena jako svislá vzdálenost mezi horizontální rovinou, jež protíná nejvyšší vegetační orgán stromu a horizontální rovinou protínající patu kmene (Obr. 2). Výška stromu byla měřena v metrech s přesností na jedno desetinné místo.

Střední výška smrku je mírou jeho vospělosti na inventarizační ploše a byla odvozena z výškového grafikonu, který vyjadřuje závislost výšky na výčetní tloušťce smrku.



Obr. 2. Definice výšky stromu

### **5. 3. 6 Výčetní tloušťka stromu a výčetní tloušťka středního kmene smrku na inventarizační ploše**

Definice: Výčetní tloušťka stromu je dána vzdáleností rovnoběžných tečen k obvodu kmene v průřezu kolmém na osu kmene. Zjišťuje se ve výšce 1,3 m od paty kmene (toto místo se nazývá měřiště). Měrnou jednotkou výčetních tlouštěk jsou milimetry (mm).

Způsob zjištění: K vyznačení výčetní výšky slouží měrná lať nebo tyč. U kmenů silnějších 200 mm se provádějí dvě na sebe kolmá měření.

Výčetní tloušťka středního kmene smrku na inventarizační ploše byla stanovena z jeho výčetní kruhové základny jako kvadratický průměr výčetních tlouštěk smrků dané inventarizační plochy.

### **5. 3. 7 Věk stromu**

Definice: Věk stromu je stáří, jež strom v době měření na inventarizační ploše dosahuje. Věk stromů se v NIL určuje jako počet kalendářních let (počet vegetačních období), které uplynuly od vzklíčení semene (popř. od zakořenění odnože) k datu měření. Kromě věku je uváděn i způsob jeho zjištění (Tab. 3) a v rozhodující míře převažoval způsob stanovení věku na základě podkladů z LHP.

Tab. 3. Číselník způsobu zjištění věku

Čís. kód	Popis
100	Z LHP s připočtením roků od počátku jeho platnosti.
200	Na čerstvých pařezech na inventarizační ploše nebo v její těsné blízkosti.
300	Podle počtu přeslenů (mladé porosty smrku, borovice, popř. ostatních jehličnanů).
400	Dle LHE (od založení porostu – zohlednění vylepšování).
500	Na vývrtech nebo zezem.
600	Odhadem.

### **5. 3. 8 Lesní vegetační stupeň**

Definice: Lesní vegetační stupně (LVS) vyjadřují vztah mezi klimatem a rostlinným společenstvem zastoupeným tzv. klimaxovými dřevinami – dubem (zimním), bukem, smrkem a klečí, případně i jedlí nebo borovicí (PLÍVA, 1986). LVS je vymezen induktivně podle vlastností přirozených rostlinných společenstev.

Vegetační stupňovitost je určena především mezo-klimatem (místními klimatickými podmínkami) s vazbami na tvar terénu, expozici a půdní prostředí. Slovní označení LVS (Tab. 4) vyjadřuje kompetiční vztahy základních dřevin v zonálních společenstvech živné

ekologické řady. Vedle společenstev zonálních lze vylišit i společenstva intrazonální podmíněná specifickými mezoklimatickými a půdními podmínkami v rámci základních LVS, jako např. lokality ovlivněné vodou, které jsou řazeny zpravidla o 1 LVS výše.

Azonální společenstva zasahují do několika zonálních stupňů na odlišných stanovištích (např. skály, luhy, rašeliny i bory tvořící tzv. paraklimax). Extrazonální společenstva na drobnějších izolovaných plochách v sousedních zonálních LVS jsou zpravidla výsledkem tzv. zvratu vegetačních stupňů (hluboké zářezy, slunné hřbety aj.).

Tab. 4. Rámcové parametry LVS

Čís. kód	Název	Nadmořská výška (m n. m.)	Délka vegetační doby (dny)	Ø roční teplota (°C)	Ø roční srážky (mm)	Poznámka
900	Klečový	nad 1300 (1350)	méně než 60	méně než 2,5	více než 1500	SM ± zakrslý
800	Smrkový	950–1350	60–100	2,5–4,5	1200–1500	BK zcela chybí
700	Bukosmrkový	800–1100	80–120	4,0–5,0	1000–1200	BK v podúrovni
600	Smrkobukový	650–850	100–130	4,5–5,5	850–1050	SM, BK i JD
500	Jedlobukový	500–700	120–140	5,0–6,0	750–950	SM málo, + DB
400	Bukový	400–550	130–150	6,0–7,0	650–800	- SM, i kvalitní DB
300	Dubobukový	350–500	140–160	6,5–7,5	600–700	BK vitální, již HB
200	Bukodubový	300–450	150–165	7,0–8,0	550–650	více HB, LP
100	Dubový	do 350	více než 160	více než 8,0	méně než 600	- BK, méně HB

### 5. 3. 9 Soubor lesních typů

Definice (ZLATNÍK, 1978): „*Soubornou geobiocenologickou jednotkou, sdružující podle ekologické podobnosti lesní typy, je skupina typů geobiocénů čili lesních typů (zkratka SLT) jako jejich bezprostředně nadřazená jednotka.*“

Do SLT jsou sdružovány lesní typy jako nejnižší jednotky diferenciacie růstových podmínek charakterizované půdními a klimatickými vlastnostmi, kombinací druhů příslušné fytoocenosa a potenciální bonitou dřevin (vyhláška č. 83/1996 Sb.).

V ekologické (edafoklimatické) síti jsou SLT vymezeny edafickými kategoriemi a LVS. Kategorie „příbuzné“ vegetacím (lesním společenstvům), popř. stanovištěm, tvoří ekologické řady (PLÍVA 1986; 1991; PRŮŠA, 2001a; VIEWEGH et al., 2003). Příklad: Souboru lesního typu – 5K. Oba znaky společně označují soubor lesních typů (Tab. 5). První pozice: číslice = LVS závisí na výškovém a expozičním klimatu. Hodnota nabývá významu jak azonálního tak zonálního zařazení. Druhá pozice: písmeno = edafická kategorie vyjadřuje rozrůzněnost růstových podmínek v závislosti na půdních a stanovištních podmínkách.

Tab. 5. Číselník SLT

Lesní vegetační stupeň				Edafická kategorie	
Čís. kód	Název	Čís. kód	Název	Čís. kód	Název
50	0	100	X	1400	D
100	1	200	Z	1500	A
200	2	300	Y	1600	J
300	3	400	M	1700	L
400	4	500	K	1800	U
500	5	600	N	1900	V
600	6	700	I	2000	O
700	7	800	S	2100	P
800	8	900	F	2200	Q
900	9	1000	C	2300	T
		1100	B	2400	R
		1200	W	2500	G
		1300	H	---	---

### 5. 3. 10 Hospodářský tvar lesa

Definice: Hospodářský tvar lesa (Tab. 6) charakterizuje způsob vzniku porostů, čímž definuje jejich pěstební a taxační charakteristiky, hospodářské zdůvodnění a praktickou důležitost.

Tab. 6. Číselník hospodářského tvaru lesa

Čís. kód	Popis
100	Les vysoký (vysokokmenný): za vysoký les se v NIL považuje les, který vzešel ze sítě semene, ze sadby sazenic nebo z přirozeného zmlazení a je tedy generativního původu.
200	Les nízký (výmladkový, pařezina): je tvořen listnatými porosty s krátkou dobou obměny a je založen výlučně na systematicky opakované vegetativní obnově pařezovými či kořenovými výmladky.
300	Les střední (sdružený): tento hospodářský tvar je kombinací lesa nízkého (pařeziny) a lesa vysokého. Je to hospodářský tvar lesa, v němž horní vrstvu (hlavní porost) tvoří starší stromy semenného původu a spodní vrstvu (vedlejší porost) výmladkový les.

### 5. 3. 11 Přírodní lesní oblast

Definice: Přírodní lesní oblasti (PLO) jsou území s obdobnými přírodními a produkčními podmínkami (PLÍVA, 1991).

Podrobná typologická klasifikace lesů v ČR v uplynulých desetiletích umožnila definovat řadu lesních oblastí s příbuznými přírodními podmínkami, které spolu vývojově souvisí. Charakter určité oblasti se projevuje především v zastoupení některých dřevin a v jejich potenciální produkci. PLO (Tab. 7) jsou vyjmenovány v první příloze vyhlášky č. 83/1996 Sb. v počtu 41 PLO a jejich hranice jsou zakresleny v mapovém díle OPRL.

Tab. 7. Číselník PLO

Čís. kód	Název přírodní lesní oblasti	Čís. kód	Název přírodní lesní oblasti
100	Krušné hory	2200	Krkonoše
200	Podkrušnohorské pánve	2300	Podkrkonoší
300	Karlovarská vrchovina	2400	Sudetské meziohří
400	Doupovské hory	2500	Orlické hory
500	České středohoří	2600	Předhoří Orlických hor
600	Západočeská pahorkatina	2700	Hrubý Jeseník
700	Brdská vrchovina	2800	Předhoří Hrubého Jeseníku
800	Křivoklátsko a Český kras	2900	Nízký Jeseník
900	Rakovnicko-kladenská pahorkatina	3000	Drahanská vrchovina
1000	Středočeská pahorkatina	3100	Českomoravské meziohří
1100	Český les	3200	Slezská nížina
1200	Předhoří Šumavy a Novohradských hor	3300	Předhoří Českomoravské vrchoviny
1300	Šumava	3400	Hornomoravský úval
1400	Novohradské hory	3500	Jihomoravské úvaly
1500	Jihočeské pánve	3600	Středomoravské Karpaty
1600	Českomoravská vrchovina	3700	Kelečská pahorkatina
1700	Polabí	3800	Bílé Karpaty a Vizovické vrchy
1800	Severočeská pískovcová plošina a Český ráj	3900	Podbeskydská pahorkatina
1900	Lužická pískovcová vrchovina	4000	Moravskoslezské Beskydy
2000	Lužická pahorkatina	4100	Hostýnskovsetínské vrchy a Javorníky
2100	Jizerské hory a Ještěd		

### 5. 3. 12 Výškový grafikon na inventarizační ploše

Výškový grafikon smrku byl pro každou inventarizační plochu zpracován již v rámci vyhodnocení dat prvního cyklu NIL (ZACH, 2004). Pro výpočet výškových křivek grafikonu byly použity čtyři typy rovnic:

$$\text{Michajlova výšková křivka} \quad h = a \cdot e^{\frac{b}{d}} + 1,3 \quad (5.1)$$

$$\text{Levakovičova výšková křivka} \quad h = a \cdot \left( \frac{d}{1+d} \right)^b + 1,3 \quad (5.2)$$

$$\text{Naslundova výšková křivka} \quad h = \frac{d^2}{(a + b \cdot d)^2} + 1,3 \quad (5.3)$$

$$\text{Tříparametrická výšková křivka} \quad h = \frac{d^2}{a + b \cdot d + c \cdot d^2} + 1,3 \quad (5.4)$$

Do výpočtu výškových křivek vstupují údaje:

- výčetní tloušťka stromu v cm ( $d_{1,3}$ ),
- výška stromu v m ( $h$ ).

Pro odvození vyrovnaných výšek je splněn požadavek minimálního počtu deseti změřených výšek na inventarizační ploše.

Poté byla stanovena výčetní tloušťka středního kmene smrku na inventarizační ploše:

$$d_{1,3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_{1,3i}^2}{N}} \quad (5.5)$$

$d_{1,3}$  - výčetní tloušťka středního kmene odvozená z výčetní kruhové základny (kvadratický průměr výčetních tlouštěk smrků na inventarizační ploše),  
 $N$  - počet stromů.

Výška středního kmene na inventarizační ploše ( $h_g$ ) je odvozena z výškového grafikonu (ZEMAN, 2010) dosazením tloušťky středního kmene ( $d_g$ ) jako argumentu:

$$h_g = f(d_g) \quad (5.6)$$

### 5. 3. 13 Klimatická data

Informace o klimatických podmínkách lesních ekosystémů jsou podstatné pro hodnocení růstových podmínek a jejich zdravotního stavu. Ovšem síť meteorologických stanic není dostatečná k pokrytí zájmového území. Existují však metody, jak informaci z výchozích stanic přenést do menších měřítek. Souhrnně jsou tyto postupy označovány jako „*downscaling*“. Princip zmenšování prostorového měřítka sledovaných klimatických údajů je založen na tom, že prostorové změny daných hodnot jsou pomocí orografické interpolace převedeny do sítě, která lépe reprezentuje reliéf studovaného území (HADAŠ, 2000; JANOUŠ et al., 2003). K inventarizačním plochám byly přiřazeny (HADAŠ, 2005b) průměrné měsíční teploty, průměrné měsíční úhrny srážek za období 1961–1990 včetně délky vegetačního období. Tato data byla zpracována zmíněnou technikou orografické (prostorové) interpolace (HADAŠ, 1997).

## 5. 4 Pracovní postup vyhodnocení inventarizačních ploch s výskytem smrku

Na začátku bylo posouzeno 9 251 IP (66 %), které jsou podle metodiky NIL zařazeny do kategorie LES. Jedná se o homogenní IP bez členění na podplochy. Z tohoto množství bylo stratifikováno 6 352 IP, na kterých se vyskytoval smrk (Obr. 3). Tento výběr nezahrnuje údaje prvního věkového stupně. Vybrané IP s výskytem smrku byly dále analyzovány podle růstových řad, které byly stratifikovány na základě typologického systému lesů ČR (PLÍVA, 1971; 2000; VIEWEGH et al., 2003).

Ekologická řada	Extrémní				Kyselá					Živná					Obohacená		Oglejená				Podmáčená		Rašelinná				
	X	Z	Y	J	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	L	U	V	O	P	Q	T	G	R		
Lesní vegetační stupeň	9 - kleč		8	1					3																4		
	8 - smrkový		19	1		2	41	4		1										3	1	2	8	2	10	16	
	7 - bukosmrkový		2	4		11	185	25		27										10	12	20	1	4	38	15	
	6 - smrkobukový		2	15		9	404	104	21	163	7				15			7	23	2		61	69	121	8	23	9
	5 - jedlobukový		3	4	6	35	521	81	27	519	46			209		28	14	42	6	3	45	84	55	4		11	9
	4 - bukový		1	3		2	228	23	42	356	18	2	215	3	35	25	27				8	89	100	19		8	6
	3 - dubobukový			3	3	10	298	35	112	379	8	7	105	6	107	34	27	16	1	6	44	34	3			3	
	2 - bukodubový					7	95	4	41	55			20	25	1	34	13	4	1		1	12	31	7			
	1 - dubový	1			1	7	5		1	1			2	2					3		2	12	7	6	1		
	0 - bory		5	5		8	94	29					4								2	11	10	7	20	9	

Obr. 3. Zastoupení stratifikovaných IP s výskytem smrku (kromě prvního věkového stupně) v ekologické síti typologického systému lesů ČR  
V jednotlivých SLT je uveden počet IP s výskytem smrku; barevným podkladem jsou vylíšeny SLT, které byly v rámci NIL monitorovány

### 5. 4. 1 Analýza rozšíření inventarizačních ploch s výskytem smrku v závislosti na podmínkách lesních stanovišť

Rozbor současného, přirozeného a doporučeného zastoupení smrku:

Na základě údajů historických a typologických průzkumů (NOŽIČKA, 1957; MÁLEK, 1961; PLÍVA, 2000; PRŮŠA 2001) byl vylíšen areál přirozeného rozšíření smrku. Analýza přirozeného zastoupení smrku byla přepočítána na základě dostupných výsledků typologického průzkumu (PLÍVA, 2000 s přihlédnutím k VOKOUN, 1997).

Analýza doporučeného zastoupení smrku byla posouzena ve dvou variantách. První byla zaměřena na doporučené zastoupení smrku v cílové druhové skladbě podle SLT ve smrkovém (smíšeném) hospodářství (PLÍVA, 2000) a druhá varianta předkládá doporučené zastoupení smrku při zohlednění alternativních borových, dubových a bukových hospodářství (SMEJKAL et al., 2004). V tomto případě byl podíl smrku snížen

o předpokládaný rozsah alternativních hospodářství (Příl. č. 4 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.). Tento rozsah odpovídá současnému podílu těchto hospodářství a byl odvozen z databáze lesních hospodářských plánů a osnov. Získané údaje přirozeného a doporučeného zastoupení smrku byly porovnány se současným zastoupením smrku.

Posouzení biologické rozrůzněnosti z hlediska zastoupení IP s výskytem smrku:

Nejprve byly IP s výskytem smrku rozděleny do čtyř souborů: 1–40 %, 41–60 %, 61–90 %, 91–100 % (Tab. 8). Počet IP, na kterých je smrk dominantní dřevinou (tj. 61–90 %, 91–100 %), byl porovnán s celkovým počtem IP, které vyhovují definici kategorie LES podle metodiky NIL a byly analyzovány SLT s nejvyšším zastoupením smrku.

Tab. 8. Rozdělení IP s výskytem smrku podle stupně míšení smrku na inventarizační ploše

Stupeň míšení smrku	% inventarizačních ploch	[ - ]	[ + ]
P (91 % a více)	20,3	-0,7	0,7
D (61–90 %)	10,7	-0,5	0,5
F (41–60 %)	4,9	-0,4	0,4
M (1–40 %)	11,8	-0,5	0,5
Celkem	47,7	-0,8	0,8

Názvosloví intervalů (P - pure, D - dominant, F - fifty-fifty a M - minor) bylo použito z Ekosystémových analýz OPRL 1996–2001 (MACKŮ, 2001)

Ve vztahu k danému stanovišti bylo zastoupení smrku analyzováno podílem inventarizačních ploch (IP) k výchozímu počtu IP:

$$P = \frac{n_i}{n} \cdot 100 \quad (5.7)$$

$P$  – procentický podíl počtu IP, odhadovaná hodnota základního souboru,

$n_i$  – počet kalkulovaných IP na daném stanovišti,

$n$  – počet inventarizačních ploch s výskytem smrku.

Data NIL byla vyhodnocena pomocí matematicko-statistických metod a výsledky byly kalkulovány včetně intervalu spolehlivosti, který je vymezen kladnou [+] a zápornou [-] statistickou chybou. To znamená, že zjištěná střední hodnota  $P$  se v uvedeném intervalu



spolehlivosti nachází s pravděpodobností 95 % (LIKEŠ et LAGA, 1978; ZACH, 2004).  $P$  je odhadem teoretického podílu  $\pi$  jehož intervalem spolehlivosti je:

$$\underline{\pi} < \pi < \bar{\pi} \quad (5.8)$$

$$\text{kde } \underline{\pi} = 0 \quad (5.9)$$

$$= \frac{t}{t + (n - t + 1) F_{1-\frac{\alpha}{2}}(2(n - t + 1), 2t)}$$

$$\text{kde } \bar{\pi} = 1 \quad (5.10)$$

$$= \frac{(t + 1) F_{1-\frac{\alpha}{2}}(2(t + 1), 2(n - t))}{n - t + (t + 1) F_{1-\frac{\alpha}{2}}(2(t + 1), 2(n - t))}$$

$\pi$  – teoretická hodnota podílu  $P$ ,

$n$  – počet prvků výběrového souboru,

$t$  – počet prvků z výběrového souborů, které splňují sledovaný znak.

#### 5. 4. 2 Vyšetření průběhu výšky smrku v růstových řadách

SLT představuje růstovou řadu, ve které byla vyšetřena závislost výšky smrku na věku pomocí růstové funkce (KORF, 1939). Hodnoty výšek středního kmene smrku z inventarizačních ploch vnesené do souřadnicové soustavy (výška, věk) vytvořily bodové rozptylové pole, které rozpětím charakterizuje celkovou produkční amplitudu analyzované růstové řady. Toto pole bylo vyrovnáno prostřední křivkou – růstovou funkcí. Tímto způsobem byla vytvořena věková výšková křivka smrku, která je typická pro příslušné stanoviště (růstovou řadu). Z průběhu výškového růstu smrku lze hodnotit vztahy mezi stanovištěm a produkcí, respektive porovnat bonitní potenciál smrku mezi jednotlivými SLT.

##### 1. Vnesení hodnot z inventarizačních ploch pro bodový graf

- věk středního kmene smrku na inventarizační ploše,
- výška středního kmene smrku na inventarizační ploše.

Tak vznikne bodové pole výšek, které se s rostoucím věkem vějířovitě rozšiřuje.

## 2. Vizualizace průběhu výšky smrku v SLT a stanovení obalových křivek

Bodové pole výšek středních kmenů IP s výskytem smrku, stratifikovaných do růstový řad podle SLT, bylo vyrovnáno (střední) věkovou výškovou křivkou, resp. růstovou funkcí (KORF, 1939; 1973). Její parametry byly testovány na základě postupů, které byly vyvinuty pro nelineární regresi.

$$h(t) = A \cdot \exp\left(\frac{k}{(1-n) \cdot t^{n-1}}\right) \quad (5.11)$$

Pro každý věkový interval (10 let) byla spočítána vyrovnaná výška. Její hodnota vstupuje do analýzy s váhou počtu inventarizačních ploch daného věkového intervalu.

Dále byly pro pevně zvolené věky ( $t$ ) stanoveny směrodatné odchylky ( $s_{hi}$ ) jako míra variability empiricky zjištěných výšek středního kmene okolo vyrovnané střední výškové křivky  $h(t)$ . Pro vyčíslení směrodatné odchylky je nutné znát aritmetický průměr  $\bar{h}_i$  výšky středního kmene ve věkovém intervalu  $i$

$$\bar{h}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} h_{ij}}{n_i} \quad (5.12)$$

$\bar{h}_i$  – aritmetický průměr výšky středního kmene ve věkovém intervalu  $i$ ,

$h_{ij}$  – empiricky zjištěná výška středního kmene ve věkovém intervalu na inventarizační ploše  $j$ ,

$n_i$  – počet případů v daném věkovém intervalu růstové řady,

$i$  – identifikátor věkového intervalu,

$j$  – identifikátor inventarizační plochy ve věkovém intervalu s empiricky zjištěnou výškou středního kmene.

$$s_{h_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (h_{ij} - \bar{h}_i)^2}{n_i}} \quad (5.13)$$

Korfovou růstovou funkcí je modelová hodnota střední výšky smrku odečtena ze středu příslušného věkového intervalu.

$$h_{t_i} = h(t_i) \quad (5.14)$$

$h(t_i)$  - hodnota vyrovnané výškové křivky pro střed ve věkovém intervalu,

$h_{t_i}$  - modelová hodnota střední výšky ve věkovém intervalu.

Body obalových polygonů byly určeny ze střední výškové křivky a příslušné směrodatné odchylky při hranici významnosti  $t_{0,05}$ .

$$\text{dolní polygon} \quad h_{d_i} = h_{t_i} - t_{0,05} \cdot s_{h_i} \quad (5.15)$$

$$\text{horní polygon} \quad h_{h_i} = h_{t_i} + t_{0,05} \cdot s_{h_i} \quad (5.16)$$

Tyto polygony byly vyrovnány Korfovou růstovou funkcí, a tím byly získány obalové křivky. Přičemž  $t_{0,05}$  je kritická hodnota Studentova rozdělení pro hladinu významnosti  $\alpha = 5 \%$ .

SLT mají určitou produkční rozrůzněnost, kterou lze charakterizovat hodnotou směrodatné odchylky  $s$  a variačním koeficientem  $s \%$  výšek ve věkové třídě růstové řady.

Směrodatná odchylka  $s$  vyjadřuje průměrnou kvadratickou odchylku výšky středního kmene smrku inventarizační plochy od příslušných hodnot určených z výškové křivky. Je absolutní mírou variability této výšky okolo aritmetického průměru a s rostoucí výškou středního kmene roste.

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{n - k}} \quad (5.17)$$

$y_i$  - výška středního kmene smrku inventarizační plochy ve věkové třídě,

$\hat{y}$  - střední výška růstové řady určená z vyrovnané výškové křivky (KORF, 1939),

$k$  - počet parametrů vyrovnané výškové křivky,

$n$  - počet případů v dané věkové třídě růstové řady.

Variační koeficient  $s \%$  je relativní mírou zmíněné variability a vyjadřuje procentuální podíl směrodatné odchylky  $s$  ze střední výšky ve věkové třídě růstové řady  $\hat{y}$ .

$$s\% = \frac{s}{\hat{y}} \quad (5.18)$$

Variační koeficient  $s \%$  klesá s rostoucí střední výškou, respektive s věkem. Čím je vyšší, tím je růstová řada z produkčního hlediska méně homogenní.

### 3. Stanovení doby kulminace průměrného přírůstu

Průměrný přírůst je podíl hodnoty růstové veličiny  $h(t)$  a počtu let ( $t$ ), během kterých růstová veličina narůstala. KOUBA (2005b) učinil rozbor Korfovy (1939) růstové funkce a v této souvislosti je možné uvést následující:

$$\frac{h(t)}{t} = \frac{A \cdot \exp \varphi(t)}{t} \quad (5.19)$$

Maximum průměrného přírůstu nastává v době  $t_2$ , kdy první derivace křivky průměrného přírůstu je rovna nule.

Jeho první derivace:

$$\left( \frac{h(t)}{t} \right)' = \frac{A \cdot \exp \varphi(t) \cdot \varphi'(t) \cdot t - A \cdot \exp \varphi(t)}{t^2} \quad (5.20)$$

tento výraz položen pro  $t = t_2$  roven 0, pak se musí sobě rovnat výrazy v čitateli:

$$\frac{A \cdot \exp \varphi(t_2) \cdot \varphi'(t_2) \cdot t_2}{t_2^2} = \frac{A \cdot \exp \varphi(t_2)}{t_2^2} \quad (5.21)$$

po úpravě:

$$t_2 = \sqrt[n]{k} \quad (5.22)$$

To je věk kulminace průměrného přírůstu (KOUBA, 2005b).

#### 4. Stanovení rychlosti, zrychlení a intenzity růstu

KOUBA (2005b) uvedl, že růstová intenzita je definována jako poměr první derivace růstové funkce (běžného přírůstu – rychlosti růstu) k růstové funkci samé. Růstová intenzita je měřítkem růstu; na začátku růstu je nekonečně velká a dále prudce klesá, pak mírněji, až velice mírně a pro  $t \rightarrow \infty$  se blíží asymptoticky k nule.

$$\alpha = \frac{f'(t)}{f(t)} \quad (5.23)$$

a:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \alpha = \frac{f'(t)}{f(t)} = \frac{0}{A} = 0 \quad (5.24)$$

Na základě této definice vyjádřil KORF (1939) růstovou intenzitu analyticky funkcí hyperbolickou:

$$\alpha = \frac{k}{t^n} \quad (5.25)$$

Růstová intenzita při  $n > 1$  vystihuje popsany průběh vzrůstové intenzity za určitých vzrůstových předpokladů. Obě konstanty  $k$  a  $n$  určující vzrůstovou intenzitu jsou tudíž pro každý vzrůstový předpoklad charakteristické.

Rychlost růstu je vyjádřena běžným přírůstem, respektive první derivací Korfovy funkce (KOUBA, 2005b):

$$V_t' = A \cdot \exp\left(\frac{k}{1-n} \cdot t^{1-n}\right) \cdot \frac{k}{t^n} \quad (5.26)$$

Zrychlení růstu je dáno druhou derivací Korfovy funkce (KOUBA, 2005b):

$$V_t'' = A \cdot \exp\left(\frac{k}{1-n} \cdot t^{1-n}\right) \cdot \frac{k}{t^n} \cdot \left(\frac{k}{t^n} - \frac{n}{t}\right) \quad (5.27)$$

### 5. 4. 3 Návrh charakteristik pro posouzení produkčního potenciálu smrku

Hodnocení funkčního potenciálu lesů je založené na lesnické typologii a rozhodující roli sehrává stanovení produkčního potenciálu hlavních hospodářských dřevin. Pro posouzení produkčního potenciálu smrkových porostů v rámci SLT s dostatečným počtem IP s výskytem smrku byl analyzován tento soubor parametrů:

- SI – střední výška smrku ve věku sto let,
- střední výčetní tloušťka smrku ve věku sto let,
- hektarová zásoba smrku ve věku sto let,
- objem středního kmene ve věku sto let,
- kulminace průměrného přírůstu (věk a jeho hodnoty – maximální, ve věku 40 a 70 let),
- rychlost, zrychlení a růstová intenzita smrku,
- klimatické údaje – průměrné měsíční úhrny srážek a teploty vzduchu pro období 1961–1990, včetně délky vegetačního období. Růstová řada byla analyzována z hlediska příslušnosti ke klimatické oblasti ČR (QUITT, 1975).

### 5. 4. 4 Mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku

V této analýze byla numerická data NIL propojena s grafickými daty lesnické typologie. Protože se jedná o mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku, byl grafický obraz LT zvolen za objekt, kterému byly přiřazeny produkční charakteristiky smrku, tj. vlastnosti vyhodnocené z dat NIL. Každý z uvedených monitoringů obsahuje údaj o klasifikaci lesního stanoviště (SLT), což umožnilo propojení numerických dat NIL a grafických dat lesnické typologie. Výsledkem je tematická mapa v měřítku 1 : 10 000, která zobrazuje potenciální bonitu (produkci) smrku na daném stanovišti.

Stanovištní index (SI) a zásoba smrku ve věku sto let dané růstové řady jsou produkční charakteristiky. Podle těchto parametrů byly SLT agregovány do následujících stupňů bonitního a produkčního potenciálu smrku (Tab. 9):

Tab. 9. Klasifikace bonitního a produkčního potenciálu smrku

Č.	Potenciál	Bonitní (SI smrku)	Produkční (zásoba smrku)
5	Mimořádný	32 a více	750 m <sup>3</sup> a více
4	Vysoký	28–31,9	620 m <sup>3</sup> - 749 m <sup>3</sup>
3	Průměrný	24– 27,9	500 m <sup>3</sup> - 619 m <sup>3</sup>
2	Nízký	20–23,9	360 m <sup>3</sup> - 499 m <sup>3</sup>
1	Velmi nízký	19,9 a méně	359 m <sup>3</sup> a méně
0	Ostatní	SLT, kde SM není významně zastoupen	

#### 5. 4. 5 Shluková analýza

Analýza shluků (CLUSTER ANALYSIS) patří mezi metody, které vyšetřují podobnosti *vícerozměrných objektů* (tj. objektů, u nichž je změřeno větší množství proměnných) a klasifikují je do tříd - čili shluků. Je vhodná zejména tam, kde objekty projevují přirozenou tendenci k seskupování (MELOUN et MILITKÝ, 2002).

ŽÁK (2004a) uvedl následující postup shlukové analýzy: Před procesem shlukování je vymezena množina objektů a jsou popsány její významné znaky, podobnosti a odlišnosti. Na základě těchto údajů pak mohou být objekty shlukovány. Objektem je útvar, který je popsán prostřednictvím konečného počtu charakteristik – znaků, které nejlépe vystihují typ objektu. Tyto znaky jsou vybrány znalcem v oboru, pro který je shluková analýza zpracována.

Při shlukové analýze je požadováno, aby si objekty zahrnuté do shluku byly co nejvíce podobné (maximální míra asociace) a naopak objekty z jiných shluků si byly podobné co nejméně. Čím vyšší je úroveň agregace, tím jsou si členové rozdělení do shluků (taxonomických skupin) méně podobní.

Na rozdíl od jiných statistických postupů, metody shlukové analýzy jsou používány v případech, když nejsou apriori stanovené hypotézy pro testování. V tomto směru shluková analýza nabízí řešení, které je nejvýznamnější. Proto testování statistické významnosti v tomto případě není vhodné. Základní rozdělení metod shlukové analýzy je na metody hierarchické a nehierarchické.

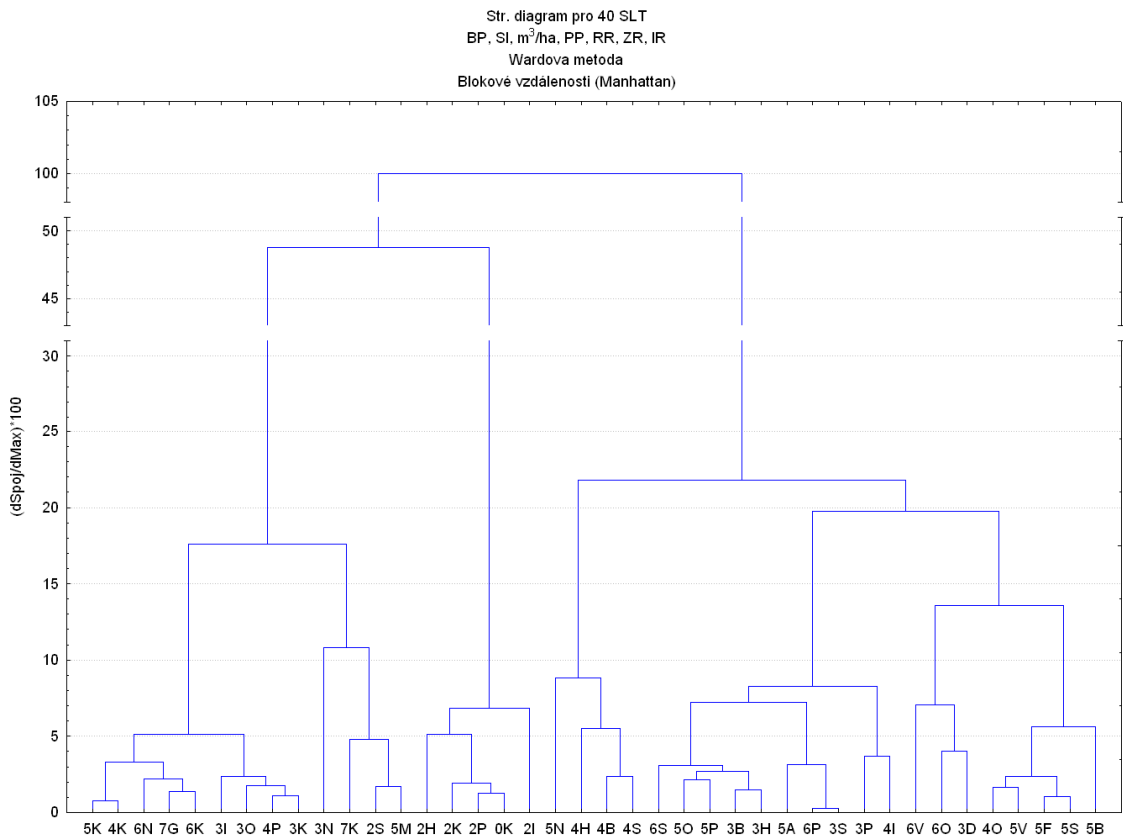
Hierarchická metoda vytváří shluky, které mají různou hierarchickou úroveň. Účelem tohoto algoritmu je, aby spojil objekty do postupně větších uskupení s použitím jisté míry podobnosti nebo vzdálenosti. Typickým výstupem tohoto seskupení je hierarchický strom.

Nehierarchické metody dělí soubor na několik shluků stejné úrovně a v praxi se nazývá metoda k-průměrů. Tato metoda rozdělí data do předem stanovených k-shluků, které se od sebe co nejvíce liší. Optimální počet shluků není předem znám a musí být nejprve vypočítán z dat.

V této práci byla odzkoušena hierarchická shluková analýza nastavením Euklidovské vzdálenosti pro míru vzdálenosti a Wardova metoda jako pravidlo slučování (spojování). Hierarchické shlukovací metody nevyžadují apriori zadávat počet shluků. Jejich výsledkem je podobnostní strom, ve kterém znázorňují postupné shlukování objektů (SLT) do shluků. V případě SLT se nejedná o klasické hierarchické uspořádání; důležitá je informace o vytvoření shluků a vzdálenost jednotlivých shluků vypovídá o jejich příbuznosti.

Hierarchický strom neboli hierarchický dendrogram (Obr. 4)

Na začátku je každý objekt ve třídě sám. Postupně po malých krocích jsou stanovovány nižší hranice, pokud jde o rozhodnutí, kdy vyhlásit dva nebo více objektů stejného shluku. V důsledku toho je spojováno více entit dohromady a jsou agregovány větší uskupení stále více nepodobných prvků. V posledním kroku jsou všechny objekty spojeny. V diagramu na vodorovné ose je znázorněna vzdálenost propojení. Pro každý uzel, v němž se tvoří nový shluk, můžeme z grafu určit kritérium vzdálenosti, ve které byly příslušné prvky spojeny do jediného nového shluku. Když jsou data dobře strukturována z hlediska seskupení navzájem si podobných objektů, pak se tato struktura odrazí v hierarchickém stromu jako odlišné odvětví. Za výsledek úspěšné shlukové analýzy lze považovat to, že je možné jednotlivé shluky (odvětví) detekovat a zároveň zajistit jejich interpretaci.



Obr. 4. Dendrogram pro hierarchické shlukování

#### Míra vzdálenosti

Podobnost nebo rozdílnost objektů posoudíme prostřednictvím různých měr. Hierarchické shlukování využívá rozdílnosti, podobnosti a vzdálenosti mezi objekty při vytváření shluků na základě pravidel, které slouží jako kritéria pro seskupení



nebo oddělení položek. Pro proměnné charakteristiky intervalového nebo poměrového typu je zpravidla použita euklidovská vzdálenost. Tímto způsobem metoda spočítá jednoduchou geometrickou vzdálenost ve vícerozměrném prostoru:

$$d_E(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{1j} - x_{2j})^2} \quad (5.28)$$

Tato metoda má určité výhody – např. vzdálenost mezi dvěma objekty není ovlivněna přidáním nových objektů pro analýzy, které mohou být odlehlými hodnotami. Přesto mohou být vzdálenosti výrazně ovlivněny rozsahem rozdílů mezi rozměry, z nichž metoda počítá vzdálenosti.

#### Pravidlo slučování (spojování)

V první fázi, kdy každý objekt reprezentuje vlastní shluk, jsou vzdálenosti mezi těmito objekty definovány podle zvolené míry vzdálenosti. Poté, co byly objekty propojeny do jednotlivých shluků, je nutné určit vzdálenost mezi nimi. Toto pravidlo stanoví, kdy mohou být dva shluky, dostatečně si podobné, propojeny. Wardova metoda je odlišná od všech ostatních metod, protože používá analýzu rozptylu k hodnocení vzdálenosti mezi shluky. Souhrnně řečeno, tato metoda se snaží minimalizovat součet čtverců kteréhokoli ze dvou hypotetických shluků, jež mohou být tvořeny v každém kroku. Tato metoda je považována za velmi efektivní a má tendenci vytvářet shluky malých rozměrů.

## 6. Výsledky

### 6. 1 Rozšíření inventarizačních ploch s výskytem smrku v závislosti na podmínkách lesních stanovišť

Výchozí analýza zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR byla klíčová pro vymezení růstových řad podle SLT. Rozbor dat NIL poskytl informace o rozšíření smrku v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť (Obr. 5). Získané údaje potvrdily, že smrk je vázán především na vodou ovlivněná stanoviště a trofnost půdy není pro jeho existenci tak rozhodující, jako dostatečné a rovnoměrné zásobování vodou.

Smrk v první věkové třídě nemá zásobu hroubí a tyto údaje nebyly zahrnuty do analýzy. V důsledku toho bylo zastoupení smrku zjištěno ve výši 45,4 %. Podle výsledků NIL je smrk zastoupen 47,7 % a daný rozdíl byl v dílčích úlohách poměrově rozdělen mezi inventarizační plochy (IP) s výskytem smrku, které byly do analýzy zahrnuty. Správnost a přesnost zvoleného postupu je pro účel této práce dostačující.

Ekologická řada	Extrémní				Kyselá					Živná					Obohacená				Ogledená				Podmáčená		Rašelinná	
	X	Z	Y	J	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	L	U	V	O	P	Q	T	G	R	
9 - kleč		8	1				3																		4	
8 - smrkový		19	1		2	41	4		1										3	1	2	8	2	10	16	
7 - bukosmrkový		2	4		11	185	25		27										10	12	20	1	4	38	15	
6 - smrkobukový		2	15		9	404	104	21	163	7			15			7	23	2		61	69	121	8		23	9
5 - jedlobukový		3	4	6	35	521	81	27	519	46			209	28	14	42	6	3	45	84	55	4		11	9	
4 - bukový		1	3		2	228	23	42	356	18	2		215	3	35	25	27		8	89	100	19		8	6	
3 - dubobukový			3	3	10	298	35	112	379	8	7		105	6	107	34	27	16	1	6	44	34	3		3	
2 - bukodubový					7	95	4	41	55				20	25	1	34	13	4	1	1	12	31	7			
1 - dubový	1			1	7	5		1	1				2	2				3		2	12	7	6	1		
0 - bory		5	5		8	94	29						4						2	11	10	7		20	9	

Obr. 5. Zastoupení analyzovaných IP s výskytem smrku v ekologické síti typologického systému lesů ČR

V jednotlivých SLT je uveden počet IP s výskytem smrku; barevným podkladem jsou vylíšeny SLT, ve kterých byl analyzován bonitní a produkční potenciál smrku

#### Analýza současného, přirozeného a doporučeného zastoupení smrku

Téměř z poloviny jsou lesní ekosystémy zastoupeny edafickou kategorií K (normální – kyselá) (25,8 %) a S (středně bohatá – svěží) (22,4 %). Ve výčtu následují edafické kategorie B (normální – bohatá) (9,4 %), O (středně bohatá – oglejená) (5,0 %) a P (5,1 %) (kyselá – pseudoglej) (Tab. 10). V uvedených edafických kategoriích je smrk zastoupen od 43,3 % do 53,4 % (suma za jednotlivé kategorie). Následuje výčet edafických kategorií, ve kterých je smrk zastoupen od 50 % do 67,3 %: X, Y, N, I, F, T a R (Příloha 1).

Při porovnání zastoupení smrku v jednotlivých edafických kategoriích je nutné zohlednit jeho váhu, která vyplývá z podílu zastoupení dané edafické kategorie v lesních ekosystémech ČR (Tab. 10).

Tab. 10. Zastoupení edafických kategorií v lesních ekosystémech ČR (zdroj: ÚHÚL, 2007)

Ekologická řada	Edafická kategorie	Název	% lokalit	[-]	[+]	Plocha (ha)	[-]	[+]
	X	Xerothermní	0	0	0	394	-346	1 028
	Z	Zakrslá	0,7	-0,1	0,2	19 294	-3 620	4 201
	Y	Skeletovitá	0,5	-0,1	0,1	13 388	-2 986	3 573
Extrémní	J	Suťová	0,3	-0,1	0,1	7 875	-2 247	2 843
	M	Chudá	2,3	-0,2	0,3	63 198	-6 658	7 212
	K	Normální	25,8	-0,7	0,7	709 159	-19 911	20 189
	N	Kamenitá	3,5	-0,3	0,3	96 077	-8 205	8 744
Kyselá	I	Uléhavá	3,4	-0,3	0,3	93 518	-8 097	8 636
	S	Středně bohatá	22,4	-0,7	0,7	617 020	-18 965	19 282
	F	Svahová	0,9	-0,2	0,2	25 397	-4 178	4 754
	C	Vysýchavá	1,3	-0,2	0,2	36 816	-5 060	5 628
	B	Bohatá	9,4	-0,5	0,5	259 881	-13 206	13 673
	W	Vápencová	0,2	-0,1	0,1	5 316	-1 812	2 415
Živná	H	Hlinitá	5,2	-0,4	0,4	143 919	-9 998	10 514
Obohacená humusem	A	Acerózní	2,2	-0,2	0,3	60 836	-6 531	7 087
	D	Deluvia	2,7	-0,3	0,3	73 239	-7 169	7 718
	L	Lužní	2,5	-0,3	0,3	68 908	-6 954	7 505
Obohacená vodou	U	Údolní	0,4	-0,1	0,1	11 025	-2 693	3 283
	O	Středně bohatá	5	-0,4	0,4	137 816	-9 790	10 310
	P	Kyselá	5,1	-0,4	0,4	140 572	-9 885	10 403
	Q	Chudá	1,2	-0,2	0,2	31 894	-4 700	5 271
Oglejená	V	Vlhká	2,2	-0,2	0,3	59 851	-6 478	7 033
	T	Chudá	0,2	-0,1	0,1	5 119	-1 774	2 378
Podmáčená	G	Gleje	1,9	-0,2	0,2	51 189	-5 986	6 546
Rašelinná	R	Rašeliny	0,7	-0,1	0,2	19 885	-3 678	4 258
Celkem			100			2 751 586		

Smrk je nejvíce zastoupen v 5. LVS, kde zaujímá 13,2 % z celkové rozlohy lesních ekosystémů. V tomto LVS jeho podíl činí 55,9 % (Tab. 11). V 6. a 7. LVS se podíl smrku zvyšuje na 61,6 % a 58,4 %, přesto vyšší podíl smrku je ve 3. a 4. LVS než v 6. a 7. LVS. V tomto případě bylo zastoupení smrku kalkulováno ve vztahu k celkové rozloze lesních ekosystémů ČR a byla zohledněna váha (výměra) LVS.

Tab. 11. Zastoupení analyzovaných IP s výskytem smrku v lesních vegetačních stupních

LVS	Zastoupení LVS			Zastoupení smrku v LVS			Zastoupení smrku(47,7 %) v lesních ekosystémech ČR		
	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]
9	0,2	-0,1	0,1	57,1	-20,0	18,4	0,1	0,0	0,1
8	1,3	-0,2	0,2	58,5	-7,4	7,1	0,8	-0,1	0,2
7	4,4	-0,3	0,4	58,3	-4,0	3,9	2,7	-0,3	0,3
6	12,3	-0,5	0,6	61,6	-2,3	2,3	8,0	-0,4	0,5
5	22,4	-0,7	0,7	55,9	-1,8	1,7	13,2	-0,6	0,6
4	16,9	-0,6	0,6	51,2	-2,0	2,0	9,1	-0,5	0,5
3	22,5	-0,7	0,7	39,4	-1,7	1,7	9,3	-0,5	0,5
2	10,3	-0,5	0,5	24,4	-2,2	2,3	2,6	-0,3	0,3
1	5,4	-0,4	0,4	6,7	-1,7	2,0	0,4	-0,1	0,1
0	4,2	-0,3	0,3	35,1	-3,9	4,0	1,5	-0,2	0,2

Procentuální zastoupení LVS a smrku je vztaženo k celkové rozloze lesních ekosystémů ČR; zastoupení smrku v LVS je vztaženo k danému LVS

Souhrnný přehled zastoupení smrku je uveden v Příloze 1, ve které jsou za každý SLT kalkulovány čtyři hodnoty, které se liší podle toho, zda zastoupení hodnotíme na úrovni LVS, SLT, edafické kategorie a nebo ČR. Na základě tohoto strukturovaného členění jsou patrné i další souvislosti. Např. v SLT 7T má smrk zastoupení 80 %, ovšem na úrovni ČR se jedná jen o 0,03 % podíl.

Analýzou přirozeného zastoupení smrku bylo zjištěno, že podíl smrku v lesních ekosystémech ČR byl ve výši 11,1 % (Obr. 6). Tento údaj koresponduje s výstupy typologických průzkumů (PLÍVA, 2000; PRŮŠA, 2001a).

Ekologická řada	Extrémní				Kyselá					Živná					Obohacená				Oglejená				Podmáčená		Rašelinná		
	X	Z	Y	J	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	L	U	V	O	P	Q	T	G	R		
Lesní vegetační stupeň	9 - kleč		8	1			3																			4	
	8 - smrkový		19	1		2	41	4		1										3	1	2	8	2	10	16	
	7 - bukosmrkový		2	4		11	185	25		27										10	12	20	1	4	38	15	
	6 - smrkobukový		2	15		9	404	104	21	163	7				15		7	23	2	61	69	121	8		23	9	
	5 - jedlobukový		3	4	6	35	521	81	27	519	46				209	28	14	42	6	3	45	84	55	4		11	9
	4 - bukový		1	3		2	228	23	42	356	18	2	215	3	35	25	27			8	89	100	19		8	6	
	3 - dubobukový			3	3	10	298	35	112	379	8	7	105	6	107	34	27	16	1	6	44	34	3		3		
	2 - bukodubový					7	95	4	41	55			20	25	1	34	13	4	1	1	12	31	7				
	1 - dubový	1			1	7	5		1	1			2	2					3	2	12	7	6	1			
	0 - bory		5	5		8	94	29					4							2	11	10	7	20	9		

Obr. 6. Zastoupení analyzovaných IP s výskytem smrku v ekologické síti typologického systému lesů ČR

V jednotlivých SLT je uveden počet IP s výskytem smrku; přirozené zastoupení smrku je v ekologické síti vylíšeno zelenou barvou (PLÍVA, 2000 s přihlédnutím k VOKOUN, 1997); tmavší odstín zelené značí stanoviště, kde přirozené zastoupení smrku je 40 % a více; světle zelený odstín vylíší stanoviště, kde přirozené zastoupení smrku je menší než 40 %

Analýzou dat NIL stratifikovaných podle typologického systému lesů ČR bylo prozkoumáno doporučené zastoupení smrku. Obr. 7 znázorňuje rozšíření smrku v návaznosti na přípustnou skladbu v cílové druhové skladbě podle SLT ve smrkovém (smíšeném) hospodářství (PLÍVA, 2000). Plíva zastoupení smrku v přípustné skladbě formuloval jako maximální údaj (horní mez). V tomto případě bylo přípustné zastoupení smrku kalkulováno ve výši 48,3 % a tento údaj rámcově koresponduje s výsledky NIL (47,7 %).

Ekologická řada	Extrémní				Kyselá					Živná					Obohacená				Oglejená				Podmáčená		Rašelinná	
	X	Z	Y	J	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	L	U	V	O	P	Q	T	G	R	
Lesní vegetační stupeň	9 - klec	8	1			3																			4	
	8 - smrkový	19	1		2	41	4		1										3	1	2	8	2	10	16	
	7 - bukosmrkový	2	4		11	185	25		27										10	12	20	1	4	38	15	
	6 - smrkobukový	2	15		9	404	104	21	163	7		15			7	23	2		61	69	121	8		23	9	
	5 - jedlobukový	3	4	6	35	521	81	27	519	46		209	3	35	25	27			8	89	100	19		8	6	
	4 - bukový		1	3		2	228	23	42	356	18	2	215	6	107	34	27	16	1	6	44	34	3		3	
	3 - dubobukový			3	3	10	298	35	112	379	8	7	105	6	107	34	27	16	1	6	44	34	3		3	
	2 - bukodubový					7	95	4	41	55		20	25	1	34	13	4	1		1	12	31	7			
	1 - dubový	1			1	7	5		1	1		2	2					3		2	12	7	6	1		
	0 - bory		5	5		8	94	29				4								2	11	10	7	20	9	

Obr. 7. Zastoupení analyzovaných IP s výskytem smrku v ekologické síti typologického systému lesů ČR

V jednotlivých SLT je uveden počet IP s výskytem smrku. SLT na kterých bylo kalkulováno přípustné zastoupení smrku (PLÍVA, 2000) je vylíšeno zelenou barvou

### Biologická rozrůzněnost lesních ekosystémů z hlediska zastoupení smrku

Na základě kalkulace stupně míšení smrku na inventarizační ploše lze usuzovat, že v lesních ekosystémech ČR jsou stejnorodé smrkové lesy (Tab. 12) zastoupeny 20,3 % a lesy s dominantní převahou smrku 10,7 %. Tyto lesy se nacházejí z 60 % na stanovištích, kde smrk byl přirozeně rozšířen, nebo kde s ohledem na jeho ekologické nároky může být dále významně zastoupen.

Tab. 12. Podíl analyzovaných IP s výskytem smrku v lesních ekosystémech podle jeho stupně smíšení na inventarizační ploše

Zastoupení smrku	% stanovišť	[-]	[+]	SLT <sup>1</sup> s největším zastoupení smrku
P (91 % a více)	20,3	-0,7	0,7	5S, 6K, 5K, 7K, 4S, 5B, 3S, 6S, 6P
D (61–90 %)	10,7	-0,5	0,5	5K, 5S, 3S, 4S, 3K, 6K
Celkem 61–100 %	31,0	-0,8	0,8	5S, 5K, 6K, 4S, 3S, 7K, 5B, 3K, 6S, 6P

<sup>1</sup> SLT jsou řazeny sestupně od nejvyššího plošného zastoupení smrku na daném SLT % stanovišť značí střední hodnotu odhadovaného podílu; symboly [-] a [+] vymezují interval spolehlivosti střední hodnoty

## **Dílčí závěry a doporučení k dalšímu praktickému využití výsledků analýzy**

Výsledky analýzy poskytují podrobný přehled o výskytu smrku v lesních ekosystémech a tyto informace přispějí k praktickému naplňování konceptu trvale udržitelného obhospodařování lesů. Na základě získaných poznatků lze podrobně specifikovat hospodářská opatření jak z hlediska plošného rozsahu, tak z hlediska lokalizace diskutovaných změn (MANSFELD, 2011).

Závěry vyplývající z dosažených výsledků jsou:

1. Analýzou dat stratifikovaných podle typologického systému lesů ČR bylo ověřeno přirozené zastoupení smrku ve výši 11,1 %. Výsledek potvrdil dříve publikované údaje (PLÍVA, 2000; PRŮŠA, 2001a).
2. Analýza zjistila současný 26,0% podíl smrku na stanovištích, která typologický průzkum označil jako přirozená z hlediska původního rozšíření smrku.
3. Podle výsledků NIL je zastoupení smrku v lesích na území ČR 47,7 % a tento údaj koresponduje s přípustným zastoupením smrku ve výši 48,3 % (PLÍVA, 2000). S odkazem na historické souvislosti a současnou problematiku stejnorodých smrkových kultur se jeví jako účelné usilovat o doporučené zastoupení ve výši 36,8 % stanovené PRŮŠOU (2001a). K tomuto stavu lze směřovat přes doporučené zastoupení 42,3 % (SMEJKAL et al., 2004).
4. Současný podíl stejnorodých smrkových lesů je 20,3 % a podíl lesních ekosystémů s převahou smrku činí 10,7 %. Tyto údaje lze využít jako indikátory biologické rozrůzněnosti lesních ekosystémů ČR.

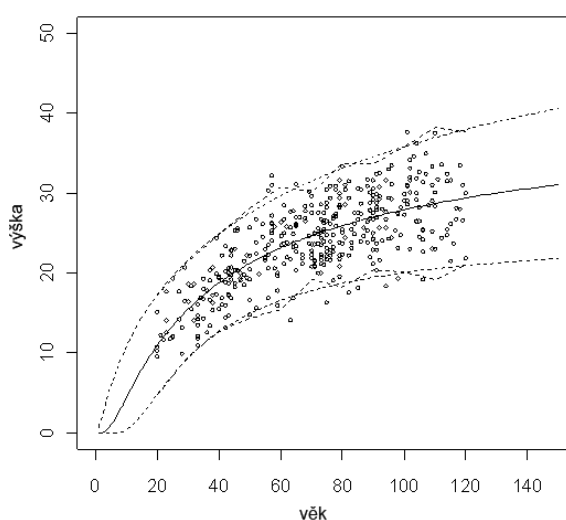
Získané poznatky budou uplatněny při revizi lesnické typologie a jsou klíčové pro analýzu produkčního potenciálu lesních porostů v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť.

## **6. 2 Analýza výškových křivek smrku v růstových řadách**

Zjištěné hodnoty střední výšky smrku a věku na inventarizační ploše byly stratifikovány podle jednotlivých SLT. Takto uspořádané údaje představují růstovou řadu, ve které byla vyšetřena závislost výšky smrku na věku pomocí růstové funkce (KORF, 1939). V analýze byla aplikována KORFOVA (1973) metoda proložení bodového pole vyrovnanou výškovou křivkou, včetně konstrukce obalové křivky na základě aritmetického průměru výšky středního kmene inventarizační plochy s výskytem smrku a příslušné směrodatné odchylky v jednotlivých věkových intervalech. Obalové křivky

mají teoretický a praktický význam, protože vymezují výškový růstový obor smrku na daném SLT. V jednotlivých věkových intervalech ohraničují střední výšku smrku růstové řady od nejhoršího k nejlepšímu bonitnímu potenciálu smrku v daném období růstu.

Obr. 8 zobrazuje průběh střední výšky smrku na příkladu SLT 5K. Hodnoty výšek středního kmene smrku z inventarizačních ploch SLT 5K vyneseny do souřadnicové soustavy (výška, věk) vytvořily bodové rozptylové pole, které svým rozpětím charakterizuje celkovou produkční amplitudu analyzované růstové řady – SLT. Toto pole bylo vyrovnáno (věkovou) výškovou křivkou – růstovou funkcí.



Obr. 8. Průběh střední výšky smrku na SLT 5K vyrovnaný růstovou funkcí

Vytvořená výšková křivka smrku je typická pro příslušné stanoviště (růstovou řadu). Z průběhu výškového růstu smrku lze hodnotit vztahy mezi stanovištěm a produkcí, respektive porovnat bonitní potenciál smrku mezi jednotlivými SLT. Bonita dřeviny vyjadřuje intenzitu její produkce a podle hypotézy bonitního indexu je možné k hodnocení produktivity lesního stanoviště použít střední výšku (GARCIA, 2004; SKOVSGAARD et VANCLAY, 2008).

Z analýzy výškových křivek smrku v jednotlivých růstových řadách vyplývá, že výškové křivky jsou v lesních ekosystémech ČR dostatečně diferencované, protože pro SLT 8Z má SI hodnotu 14,9 (nejnižší) a pro SLT 5H dosahuje SI hodnotu 33,2 (nejvyšší). Toto rozpětí charakterizuje celkovou produkční amplitudu smrku na zkoumaných SLT. Největší počet měření (521) je v SLT 5K, což koresponduje s jeho rozšířením (nejvíce zastoupený SLT v lesních ekosystémech ČR).

Podle počtu měření středních výšek smrku bylo zavedeno dělení na růstové řady (respektive SLT) s nedostatečným počtem měření (do 19), s minimálním počtem měření (20–30), s malým počtem měření (31–40) a optimálním počtem měření (41 a více).

Na základě podkladů z typologických průzkumů SLT s nedostatečným počtem měření lze případně sdružit do vhodné růstové řady s dostatečným a rovnoměrně rozloženým počtem IP s výskytem smrku. Přesto byl u vybraných SLT (3L, 4F, 6I, 6Y, 7R, 8Z, 8R) SI kalkulován samostatně pro každý SLT jako podklad pro mapové zobrazení produkčního potenciálu. Méně přesná hodnota SI, která může tímto způsobem vzniknout, je následně eliminována agregací do pěti produkčních stupňů. Další SLT s nižším počtem měření nebyly do analýzy zahrnuty. Jedná se o okrajové SLT, které jsou v lesních ekosystémech zastoupeny v menší míře a tato stanoviště nejsou významná pro smrkové hospodářství.

Ve skupině stanovišť s minimálním počtem 20–30 měření jsou zastoupeny SLT: 5H, 0N, 5I, 3A, 4A, 4D, 2B, 6G, 6A, 4N, 7N, 0G, 7P, 7S, 2C, 8K (řazeno sestupně). Růstové řady s malým počtem 31–40 měření pokrývají 6,9 % stanovišť v lesních ekosystémech a jsou zde zastoupeny SLT: 2I, 5A, 7G, 4H, 3P, 5M, 2H, 3D, 3N, 2P (řazeno sestupně). Růstové řady s optimálním počtem měření (41 a více) pokrývají 70,2 % stanovišť v lesních ekosystémech a jsou reprezentovány SLT: 5S, 5K, 6K, 3S, 4S, 3K, 4K, 5B, 4B, 6S, 7K, 6P, 3I, 3H, 3B, 4P, 2K, 0K, 6N, 4O, 5O, 5N, 6O, 6V, 5P, 2S, 5V, 5F, 3O, 4I (řazeno sestupně).

Každý SLT reprezentuje růstovou řadu, pro kterou byla vykreslena výšková křivka a stanoven SI. Pro růstové řady s optimálním počtem SLT bylo možné kalkulovat další proměnné: průměrný přírůst, rychlost růstu, zrychlení růstu, intenzitu růstu, koeficient determinace, rozptyl, směrodatnou odchylku a variační koeficient.

Rychlost růstu, zrychlení růstu, intenzitu růstu, v růstových řadách vykazují podobný průběh. To znamená, že se stoupajícím věkem klesají a ve sto letech jsou znatelné jen nepatrné rozdíly.

Poměry produkční rozrůzněnosti SLT nejlépe charakterizují hodnoty směrodatné odchylky a variačního koeficientu SI od vyrovnané výškové křivky. Směrodatná odchylka dosahuje hodnoty od 0,86 m (SLT 5P) do 6,95 m (SLT 2S), variační koeficient od 3 % (SLT 5O a 5P) do 28 % (SLT 2S). Čím je variační koeficient vyšší, tím je příslušný SLT (růstová řada) méně homogenní.

Koeficient determinace informuje o tom, jakým podílem růstová funkce vysvětluje analýzu růstové řady, tj. kolik měření bylo zahrnuto do výpočtu. Respektive jakou část z celkového součtu čtverců odchylek bylo proložením regresní funkce vysvětleno.



Za povšimnutí stojí i to, že při menším počtu IP s výskytem smrku bylo poměrně často dosaženo lepšího koeficientu determinace než u SLT s dostatečným počtem měření výšek smrku. Zároveň lze konstatovat, že čím vyšší je bonitní potenciál, tím je zpravidla lepší koeficient determinace.

První cyklus NIL (jednorázové měření) neposkytl možnost analyzovat růstovou dynamiku smrku v růstových řadách na základě rozdílu dvou měření. Přesto lze analýzou růstové funkce danou problematiku posoudit prostřednictvím:

- rychlosti růstu smrku v růstové řadě,
- zrychlení růstu smrku v růstové řadě,
- intenzity růstu smrku v růstové řadě.

Tyto proměnné významně přispívají k odlišení růstových řad. Především hodnota zrychlení růstu výrazně ovlivňuje průběh shlukové analýzy růstových řad smrku.

Na základě rozboru bonitního potenciálu smrku byl v růstových řadách stanoven produkční potenciál pro jednotlivé produkční stupně (Tab. 13). Z tabulky vyplývá, že většina smrkových lesů je vzrůstově průměrná až nadprůměrná, protože:

1. 21,7 % smrku má vysoký a mimořádný bonitní (produkční) potenciál,
2. 16,6 % smrku má průměrný bonitní (produkční) potenciál.

Tab. 13. Diferenciace bonitního a produkčního potenciálu smrk

St.	Potenciál	Bonitní (SI smrku)	Produkční (zásoba smrku)	%
5	Mimořádný	32 a více	750 m <sup>3</sup> a více	2,4
4	Vysoký	28–31,9	620 m <sup>3</sup> –749 m <sup>3</sup>	19,3
3	Průměrný	24– 27,9	500 m <sup>3</sup> –619 m <sup>3</sup>	16,6
2	Nízký	20–23,9	360 m <sup>3</sup> –499 m <sup>3</sup>	3,5
1	Velmi nízký	19,9 a méně	359 m <sup>3</sup> a méně	0,4
0	Ostatní	SLT, kde smrk není významně zastoupen		5,5
			Zastoupení smrku	47,7

Analyzované SLT zastupují celkem 85,7 % stanovišť v lesních ekosystémech ČR a tento údaj má význam pro mapování produkčního potenciálu smrku. Z celkového zastoupení smrku (47,7 %) analýza vyhodnotila růstové řady, na kterých zastoupení smrku činí 42,2 %, což je 88,5 % z celkového z celkového počtu IP s výskytem smrku. Souhrnné výsledky analýzy výškových křivek smrku v růstových řadách jsou uvedeny v Příloze 2.

### **Dílčí závěr a doporučení k dalšímu praktickému využití výsledků analýzy**

Na základě analýzy výškových křivek smrku v růstových řadách byl zjištěn bonitní a produkční potenciál smrku. Hodnota bonitního a produkčního potenciálu smrku může být použita pro stanovení intenzity hospodaření (PLÍVA, 2000). Intenzita hospodaření vyjadřuje ekonomicko-ekologickou a současně efektivní formu hospodaření, která kromě zjištěné potenciální produkce zohledňuje i ekologické účinky lesních ekosystémů. Rozbor výškových křivek poskytl i další údaje, které mohou být aplikovány při tvorbě rámcových směrnic hospodaření a optimalizaci výchovných zásahů např. ve vztahu k Metodice stanovení optimálního počtu a intenzity probírkových zásahů (PULKRAB et al., 2010).

Získané údaje uspořádané za SLT (růstové řady) jsou klíčové pro posouzení jednotného výškového růstu smrku a pro aplikaci shlukové analýzy. Z praktického hlediska naleznou využití jako vstupní informace pro tvorbu produkčních charakteristik smrku podle SLT.

Rovněž je možné konstatovat, že výsledky korespondují s významným podílem smrkového hospodářství v lesních ekosystémech ČR. Bonitní a produkční potenciál byl stanoven pro nejvýznamnější SLT, což umožňuje detailněji mapovat případný zájem vlastníků lesů o pěstování smrku na konkrétních lokalitách.

### **6. 3 Bonitní a produkční charakteristiky smrku**

Na základě zjištěných údajů o bonitním a produkčním potenciálu smrku v růstových řadách byly zpracovány produkční charakteristiky pro následující SLT: 0K, 2K, 3K, 4K, 5K, 6K, 7K, 5N, 6N, 3S, 4S, 5S, 6S, 3B, 4B, 5B, 3H, 4O, 5O, 6O, 4P, 5P, 6P. Produkční charakteristiky smrku na vybraných SLT doplněné o klimatické údaje a další informace jsou uvedeny v Příloze 3.

Klimatické údaje IP byly stratifikovány podle SLT a následně byly kalkulovány průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek, včetně ročního úhrnu a délky vegetační doby za období 1961–2000. Též byly zpracovány informace o Langově dešťovém faktoru a zařazení do klimatické oblasti vymezené podle QUITT, 1975.

Z produkčních charakteristik pro růstovou řadu smrku na daném SLT byly vybrány: SI, střední výčetní tloušťka ve sto letech, objem středního kmene ve sto letech, tabulková zásoba ve sto letech a stupeň bonitního (produkčního) potenciálu smrku. Z pohledu ekosystémového pojetí růstové řady a trvale udržitelného obhospodařování lesů podle SLT

(PLÍVA, 2000) byly uvedeny tyto údaje: typ cílového hospodářství, ekologický potenciál ve vztahu k ekologickým funkcím lesa a statické stabilitě porostů cílové skladby.

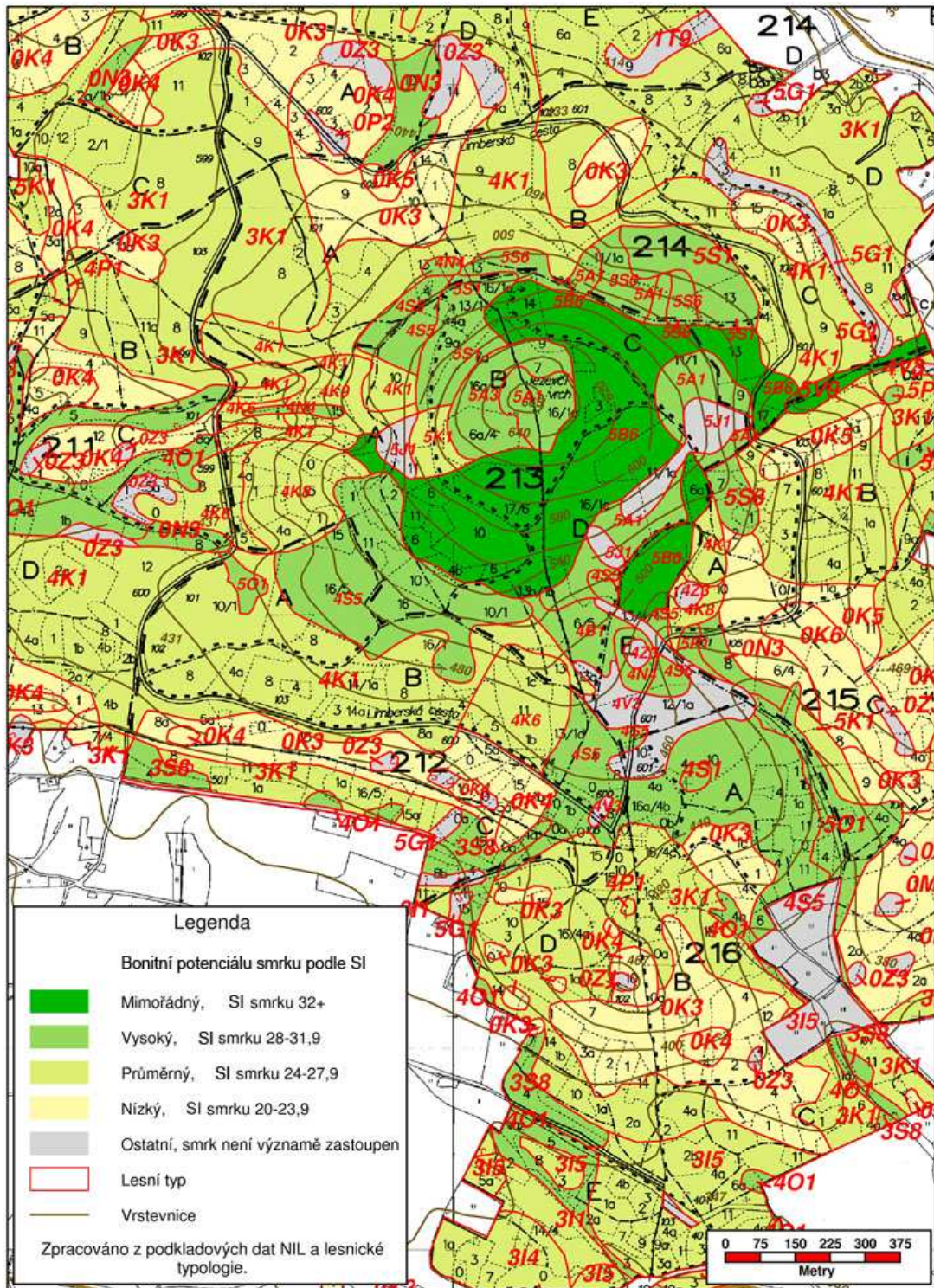
### **Dílčí závěr a doporučení k dalšímu praktickému využití výsledků analýzy**

Zvolené charakteristiky byly uspořádány za jednotlivé SLT a lze je použít při monitoringu lesních ekosystémů. Především ve vztahu k typologickému průzkum a sběru dat na IP budou k dispozici podklady, které podpoří správnou klasifikaci lesního stanoviště podle typologického systému lesů ČR.

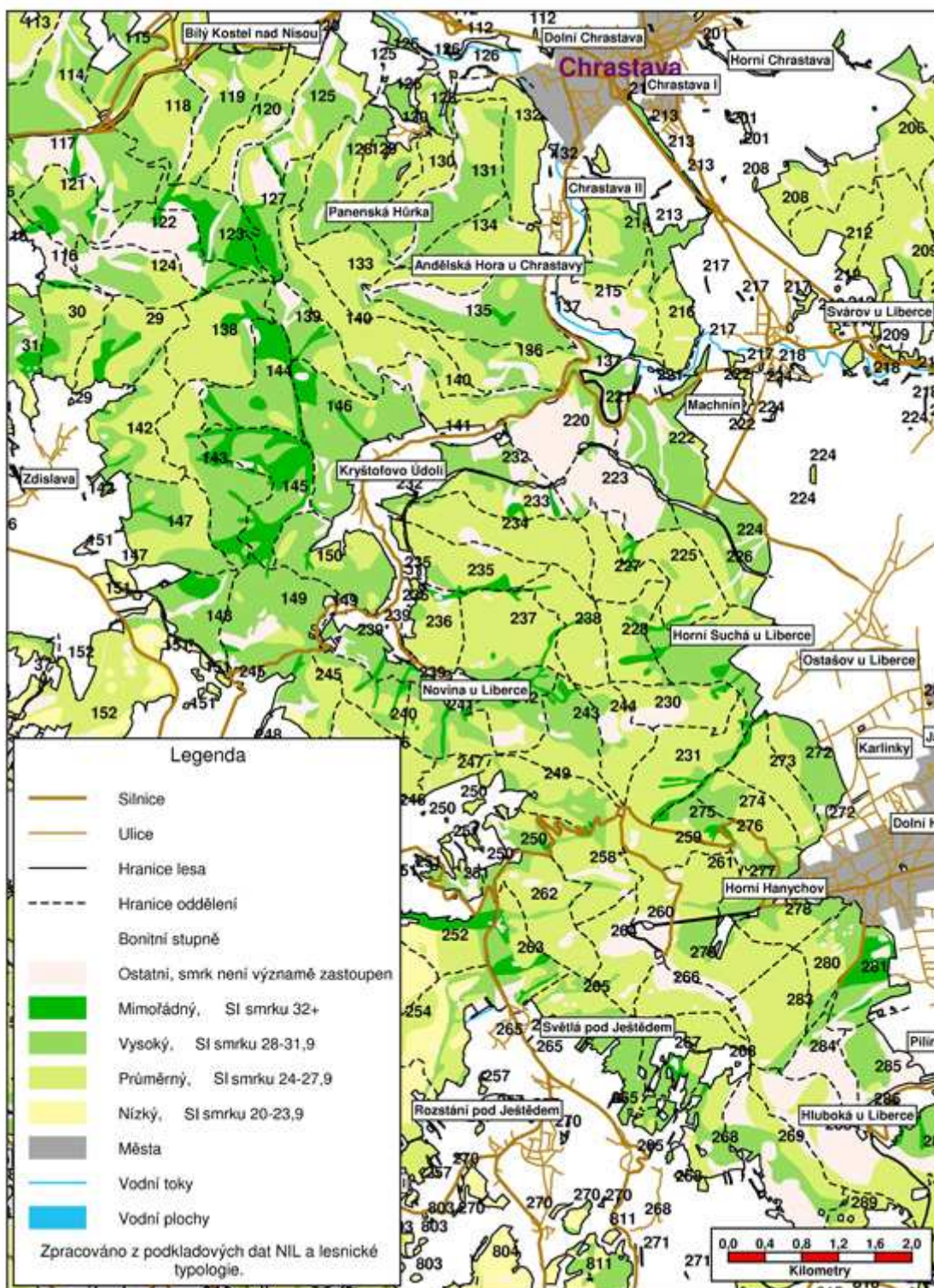
Zjištěné produkční charakteristiky (potenciální zásoba ve věku sto let a objem středního kmene) ve vztahu ke stanovištním a terénním podmínkám lze použít jako podklad ekonomické analýzy LH. Na těchto datech je možné kalkulovat modelové situace např. cenové mapy, které lze aplikovat při prodeji, pronájmu nebo směně lesních majetků. Rovněž nabídnou informace důležité pro znalecké posudky a pro způsob poskytování finanční náhrady za újmu vzniklou omezením lesního hospodaření. Informace ekonomického charakteru naleznou uplatnění v rozhodovacích procesech státní správy při regulaci procesů, které souvisí se životním prostředím a pro poskytování dotačních titulů subjektům LH.

## **6. 4 Mapa produkčního potenciálu smrku**

Pomocí růstové funkce (KORF, 1939) byl z databáze NIL zjištěn SI smrku pro daný SLT. Prostřednictvím SI byl pro každý SLT určen bonitní potenciál smrku, který je podkladem pro stanovení produkčního potenciálu smrku. Agregací SLT podle SI byla vytvořena databáze, ve které jednotlivé položky mají grafický obraz a informaci o bonitním potenciálu smrku na daném stanovišti. Nově vzniklé grafické objekty diferencovaly zájmové území do šesti skupin. Grafické zpracování dat je založeno na technologii GIS, což umožňuje bonitní potenciál smrku interpretovat na určitém stanovišti prostřednictvím tematické lesnické mapy v měřítku 1 : 10 000 (Obr. 9). Ovšem i v měřítku 1 : 50 000 tato mapa nabízí významné informace z hlediska managementu lesního majetku (Obr. 10).



Obr. 9. Zobrazení bonitního (produkčního) potenciálu smrku



Obr. 10. Zobrazení bonitního (produkčního) potenciálu smrku

Mapové výřezy formátu A4 (Obr. 9 a 10) byly přizpůsobeny (zmenšeny) vzhledu stránky, a proto jsou měřítka map mírně zkreslená.

### **Dílčí závěr a doporučení k dalšímu praktickému využití výsledků analýzy**

Mapa bonitního potenciálu smrku zpracovaná nad daty NIL v měřítku 1 : 10 000 umožňuje podrobné posouzení a porovnání produkčního potenciálu smrku v lesních ekosystémech ve vztahu ke konkrétnímu stanovišti. Ukázka mapového listu je v Příloze 5 a kompletní výstup z pilotního projektu na PLO 21 je uložen v digitální formě. Pilotní projekt verifikoval navržený postup a výsledná přehledová mapa je uvedena v Příloze 6.

Analýza propojila numerická a grafická data ze dvou monitoringů. Každý monitoring má své významné poslání, nezaměnitelnou roli a oba existují nezávisle na sobě. Samotná data NIL neumožňují vytvořit mapový výstup v podrobném měřítku lesnických map (1 : 10 000) a data lesnické typologie neobsahují dendrometrické charakteristiky dřevin.

Byl potvrzen předpoklad, že lze kombinovat spojení numerických dat NIL s grafickými daty lesnické typologie v OPRL. Jedná se o postup, který může být předlohou i pro odborné analýzy v OPRL např. ve vztahu k ochraně lesů a nebo dopravního zpřístupnění lesů.

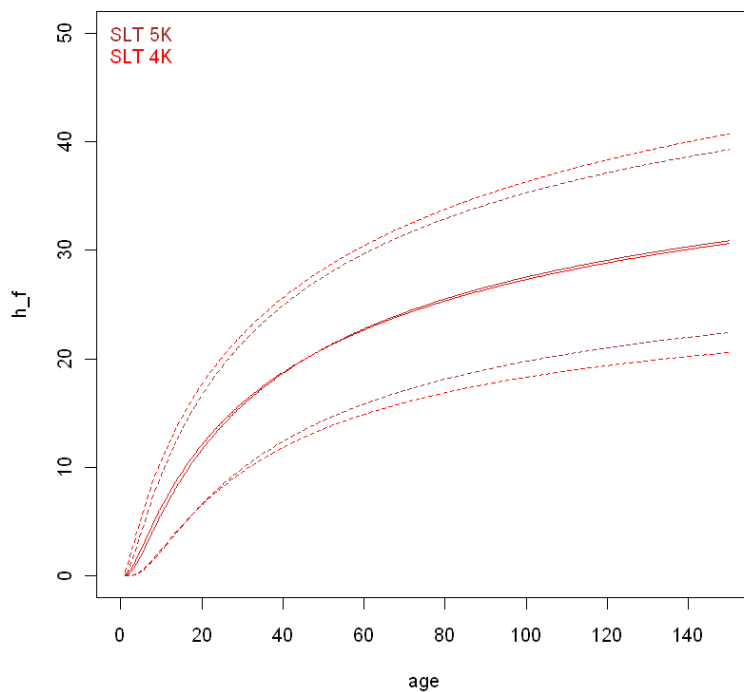
Popsaným způsobem mohou být analyzovány hlavní hospodářské dřeviny. Jejich produkční potenciál může být zobrazen v měřítku lesnických map, což umožňuje podrobně specifikovat hospodářská opatření jak z hlediska plošného rozsahu, tak z hlediska umístění na daném stanovišti. Mapu produkčního potenciálu lze zpřístupnit prostřednictvím webové služby např. Mapový server OPRL.

## **6. 5 Jednotnost výškového růstu smrku a shluková analýza růstových řad**

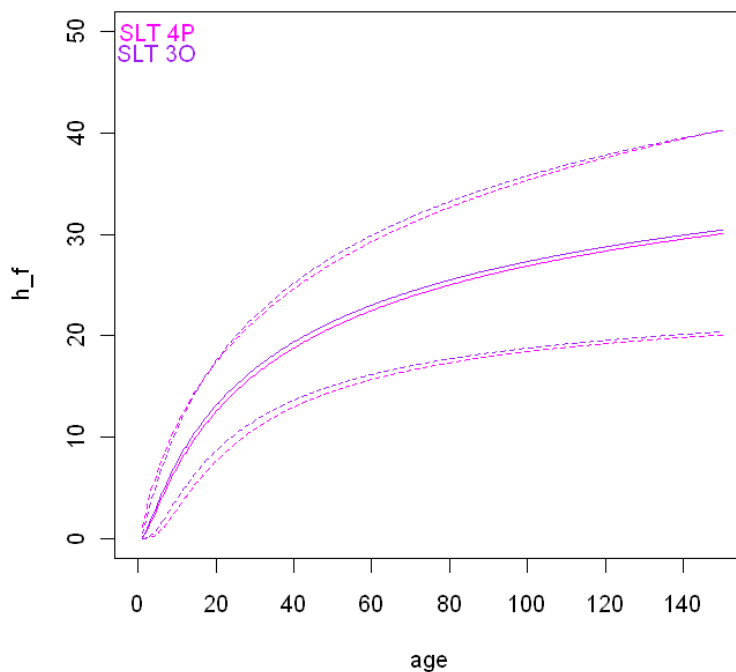
Na základě analýzy průběhu vyrovnaných výškových křivek růstových řad lze porovnat produkční potenciál smrku ve vztahu ke stanovištním podmínkám. Znalost jednotného výškového růstu smrku v růstových řadách je klíčovým předpokladem pro rozlišení SLT z hlediska produkční homogenity smrku.

Jednotnost výškového růstu je dána stejným tvarem a polohou výškových křivek (identickým průběhem) po celé období existence – růstu (Obr. 11). Tvar křivky je dán především strmostí jejího stoupání a výsledné výškové křivky znázorňují vývoj střední výšky smrku v jednotlivých růstových řadách.

Jednotnost výškového růstu smrku se rovněž projevuje paralelním průběhem výškových křivek (Obr. 12).

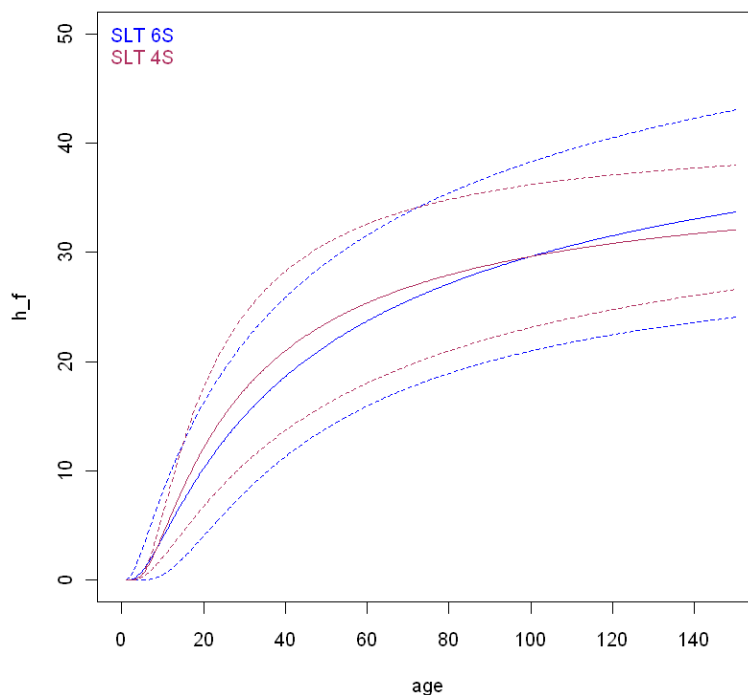


Obr. 11. Porovnání výškových křivek smrku SLT 4K a 5K



Obr. 12. Porovnání výškových křivek smrku SLT 3O a 4P

Nejednotný výškový růst je dán především jiným tvarem výškových křivek shodného SI. Typický příklad nabízí porovnání SLT 4S a 6S. Smrk v růstových řadách na těchto stanovištích má shodný SI (29,6), avšak na základě porovnání výškových křivek nelze uvažovat o shodném projevu výškového růstu smrku (Obr. 13).



Obr. 13. Porovnání výškových křivek smrku SLT 4S a 6S

Nejednotný výškový růst se vyznačuje tím, že se výškové křivky rozcházejí a popřípadě i přetínají. Pokud je odhlédnuto od nedostatečného počtu měření nebo nerovnoměrného rozložení vstupních údajů v růstové řadě, pak tyto odlišnosti jsou způsobeny především rozdílnými stanovištními podmínkami.

Jednotnost výškového růstu smrku je možné porovnat graficky a rozborem dat získaných při analýze výškových křivek smrku v růstové řadě. Tyto testy ukázaly, že výškové křivky smrku mají různý tvar a polohu, které se mnohdy navzájem odlišují. Na základě poznatků o výškovém růstu lze uvažovat o spojení některých SLT do nové růstové řady. Tímto by byla do jisté míry vyřešena situace, kdy pro SLT existuje menší počet měření anebo nerovnoměrné rozložení IP s výskytem smrku ve sledovaném období.

Při hledání odpovědi na to, které SLT by bylo vhodné sloučit do růstové řady, byla aplikována shluková analýza. Zpracování shlukové analýzy bylo realizováno pomocí standardního programového vybavení SW Statistica (data analysis software system),

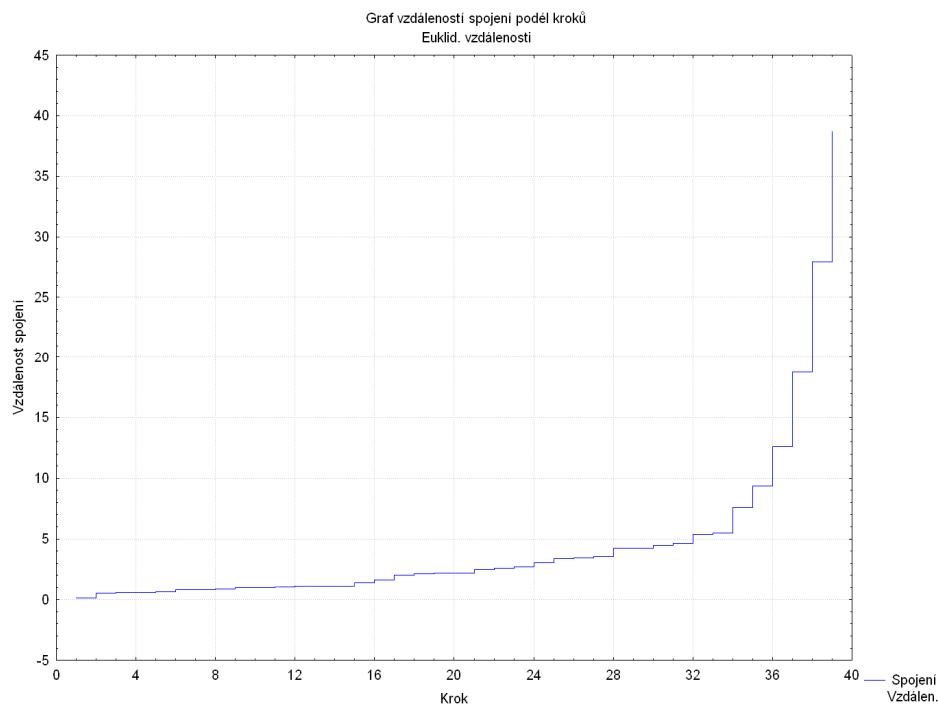


version 9.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). SW Statistica umožnil tvorbu dendrogramu, grafu rozvrhu slučování a poskytl další analytické prostředí, na jehož základě jsou v této práci popisovány výsledky shlukové analýzy. Grafické vykreslení výškových křivek bylo zpracováno pomocí SW R version 2.11.1 (2010-05-31).

Nově vzniklé třídy objektů (shluky SLT) jsou definovány podle míry podobnosti jejich znaků. Shluk je skupina SLT, jejichž kalkulovaná maticová vzdálenost analyzovaných hodnot je menší než vzdálenost se SLT do shluku nepatřící. Na základě shlukové analýzy byla získána hierarchická posloupnost objektů seřazených podle podobností od nejméně po nejvíce podobné. Těmito objekty jsou buď původní SLT (obsažené v datové sadě) nebo nově vzniklé objekty v procesu shlukování (de facto třídy objektů). Hierarchická posloupnost shlukování je vyjádřena dendrogramem.

Interpretace dendrogramu je snadná: objekty s krátkou vzdáleností spoje jsou brzo propojeny. Záleží na konkrétním účelu analýzy, aby bylo rozhodnuto, v jaké vzdálenosti budou vzniklé shluky rozděleny na skupiny objektů, které jsou si velmi blízké a naopak, které budou posuzovány jako vzdálené (MELOUN et MILITKÝ, 2002).

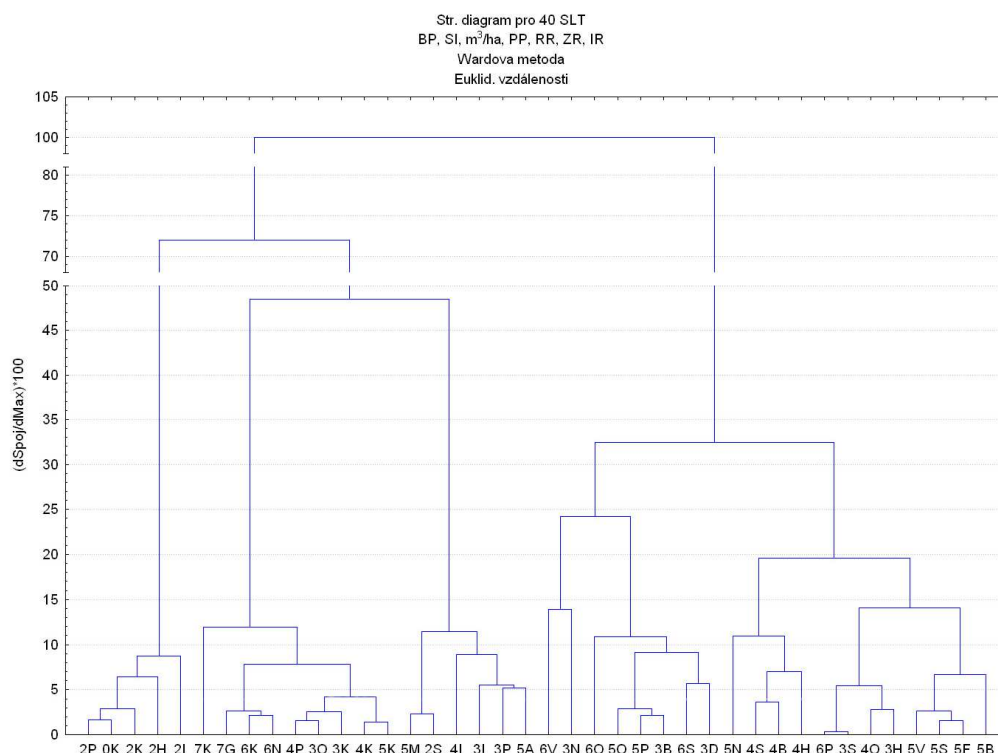
SW Statistica umožňuje vytvořit graf rozvrhu slučování (Obr. 14). Z grafu vyplývá, že čím více doprava, tím vzdálenější shluky jsou připojovány. Pokud je v grafu nalezeno plato, znamená to, že některé shluky byly vytvořeny při srovnatelné vzdálenosti spojení.



Obr. 14. Graf rozvrhu slučování s naznačenou hladinou řezu

Do shlukové analýzy byly zahrnuty růstové řady s malým a optimálním počtem měření, což představuje 40 SLT. Shlukování SLT bylo realizováno ve třech variantách:

- společně pro všechny analyzované SLT (Obr. 15),
- pro vybrané SLT ekologické řady kyselé, živné a obohacené humusem – 28 SLT,
- pro vybrané SLT ekologické řady obohacené vodou, oglejené a podmáčené – 12 SLT.



Obr. 15. Dendrogram pro 40 SLT

V závislosti na počtu proměnných vstupujících do analýzy a vybrané metodě shlukování bylo testováno více postupů. Zjištěné odlišnosti mezi jednotlivými variantami byly minimální a v další fázi byly vybrány identické výsledky, které potvrzují vhodné a silné rozdělení do shluků. Kromě seskupení shluků je nutné sledovat hierarchii jejich postupného propojování.

Na základě provedených testů byla vybrána Wardova metoda s Euklidovskou mírou vzdálenosti. Téměř identického výsledku shlukování bylo dosaženo metodou úplného shlukování (nejvzdálenějšího souseda). Z proměnných do shlukové analýzy vstoupily tyto položky: stupeň bonitního potenciálu, SI, hektarová zásoba ve sto letech, hodnoty průměrného přírůstu ve 40 a 70 letech, rychlost růstu pro věk 40, 70, 100 a intenzita růstu pro věk 40, 70, 100.

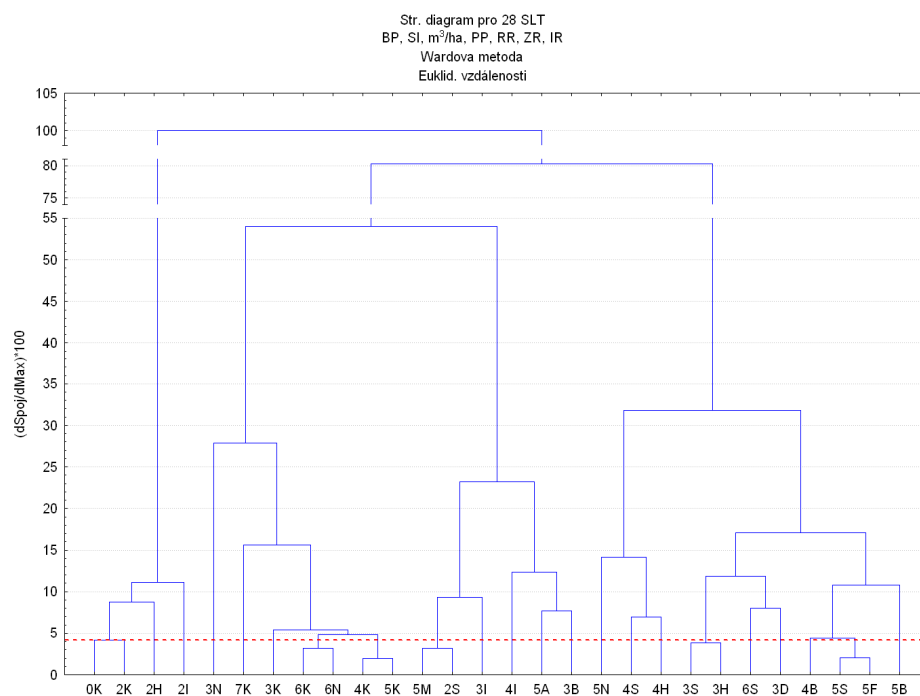
Vzdálenost spojů shluků jednotlivých uzlů v dendrogramu vystihuje charakter analyzovaných dat a vypovídá o jednoznačném vymezení SLT v typologickém systému lesů ČR. Nejlépe vymezený SLT je ten, který v dendrogramu má samostatnou pozici a spojení s dalšími SLT nastává až za nejdelší úsek spojnice – větve dendrogramu.

Řezem dendrogramu byly SLT rozděleny do tří základních skupin:

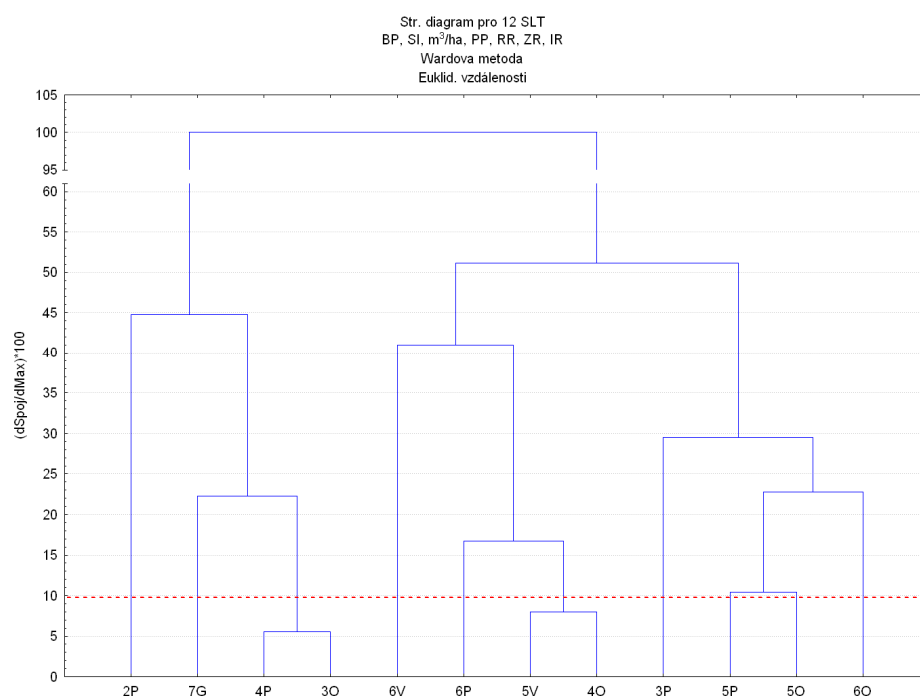
1. Samostatné SLT, které zpravidla zůstávají jednotlivě vymezeny i při aplikaci jiné varianty shlukové analýzy: 3N, 6V. Tyto SLT jsou nakonec přiřazeny k některému shluku, ale až po velmi dlouhé vzdálenosti spoje.
2. Transitivní SLT, které se kombinují v různě zvolených variantách shlukové analýzy. Buď se pohybovaly na hranici vytvoření nové třídy objektu (shluku SLT náležící do jedné růstové řady) anebo v závislosti na zvolené metodě byly přiřazovány ke stabilně vylišeným shlukům. Jedná se o tyto SLT: 3I, 3S, 3B, 3D, 3H, 3P, 4I, 4O, 5A, 5V, 5O, 5P, 6S, 6O, 6P a 7K.
3. Shlukové SLT, které v každé variantě vytvořily stejné (stálé) shluky – vhodné a silné rozdělení do shluků. Jedná se o tyto stabilní shluky (odděleny středníkem) s různou mírou vzdáleností spojů: **5K, 4K; 6N, 6K**, 3K; **2S, 5M**; 2H, **2K, 0K**, 2I; 5N, 4H, 4S; **5F, 5S**, 4B, 5B; 2P, **3O, 4P**, 7G. Zvýrazněným písmem jsou označeny SLT, které mohou vytvořit společnou růstovou řadu v rámci daného shluku.

Řez dendrogramu byl významný jednak pro tvorbu nových růstových řad smrku a jednak pro hodnocení charakteristik SLT z hlediska jejich jednoznačného vymezení na základě potenciální produkce smrku. V této analýze byl řez dendrogramu umístěn na základě porovnání shluků jednotlivých variant shlukové analýzy, ověření hodnot vstupních dat (proměnných), včetně grafického zobrazení jednotlivých variant shluků a kombinací růstových řad smrku.

Vstupní proměnné hodnoty se mezi sebou nevýrazně odlišovaly a tato skutečnost ovlivnila jemnou tvorbu shluků. Z tohoto důvodu byl řez dendrogramem veden relativně nízko na úrovni 4 % pro 28 SLT (analyzované SLT ekologické řady kyselé, živné a obohacené humusem – obr. 16) a 10 % pro 12 SLT (analyzované SLT ekologické řady obohacené vodou, oglejené a podmáčené – obr. 17). Výslednou situaci lze interpretovat tak, že shluky analyzovaných SLT ekologické řady obohacené vodou, oglejené a podmáčené byly jednoznačněji dříve vymezeny než shluky analyzovaných SLT ekologické řady kyselé, živné a obohacené humusem.



Obr. 16. Dendrogram pro vybrané SLT ekologické řady kyselé, živné a obohacené humusem

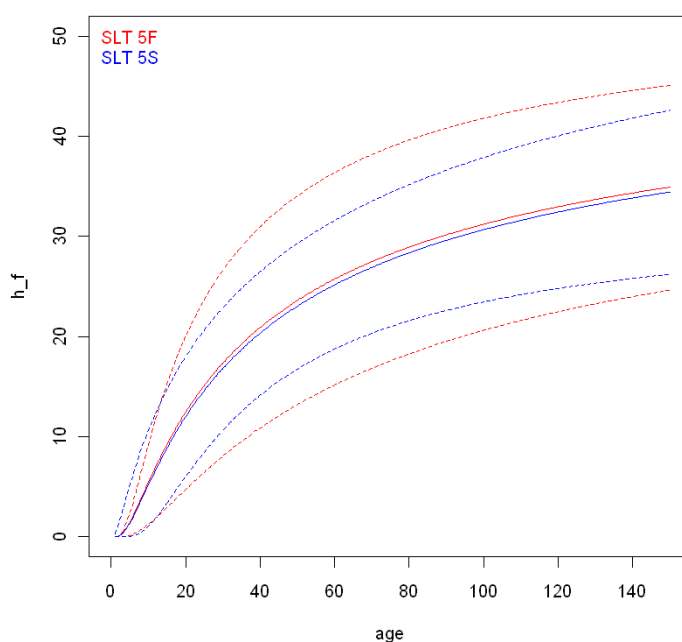


Obr. 17. Dendrogram pro vybrané SLT ekologické řady obohacené vodou, oglejené a podmáčené

SLT v jednotlivých shlucích pod řezem v dendrogramu teoreticky prokázaly tvorbu nové třídy objektu a prakticky mohou být podkladem pro tvorbu růstové řady. Stablní výskyt shluků SLT je dán stejným výsledkem při různém nastavení parametrů shlukové analýzy.

Např. shluk SLT (3K, 4K, 5K, 6K) edafické kategorie K teoreticky potvrzuje její správné vymezení, neboť vytvořil samostatnou větev. Z hlediska potenciální produkce smrku na těchto stanovištích SI nabývá hodnoty od 26,2 do 27,5. Určitou pozornost je nutné věnovat SLT 6N, neboť byl analýzou umístěn do tohoto shluku. Jelikož se jedná o sousední SLT a je k posouzení, jak jsou charakteristiky SLT 6N v typologickém systému definovány.

Klasickým příkladem vytvoření nové růstové řady je spojení SLT 5S a 5F (Obr. 18). Výsledná růstová řada má parametry prakticky shodné se SLT 5S (Tab. 14 a 15).



Obr. 18. Výškové křivky smrku SLT 5S a 5F

Tab. 14 Porovnání sloučených SLT 5S a 5F do jedné růstové řady 5E

SLT	SUM IP	BP	SI	$d_{1,3\ 100}$	$m^3_{100}$	$\frac{m^3}{ha_{100}}$	KD	$S^2_{100}$	$S_{100}$	$S\%_{100}$	A	k	n
5S	508	4	30,7	38,10	1,536	713	0,73	11,13	3,34	11%	49,99	7,01	1,667
5F	42	4	31,2	39,76	1,688	731	0,80	12,85	3,59	11%	49,99	7,01	1,672
<b>5E</b>	<b>550</b>	<b>4</b>	<b>30,7</b>	<b>38,33</b>	<b>1,550</b>	<b>712</b>	<b>0,74</b>	<b>11,14</b>	<b>3,38</b>	<b>11%</b>	<b>49,99</b>	<b>7,01</b>	<b>1,667</b>

Tab. 15 Porovnání sloučených SLT 5S a 5F do jedné růstové řady 5E

SLT	PP <sub>kul</sub>	PP <sub>hkul</sub>	PP <sub>h40</sub>	PP <sub>h70</sub>	RR <sub>40</sub>	RR <sub>70</sub>	RR <sub>100</sub>	ZR <sub>40</sub>	ZR <sub>70</sub>	ZR <sub>100</sub>	IR <sub>40</sub>	IR <sub>70</sub>	IR <sub>100</sub>
5S	18,60	0,60	0,51	0,38	0,305	0,159	0,100	-0,068	-0,037	-0,023	0,015	0,006	0,003
5F	18,10	0,62	0,52	0,39	0,306	0,158	0,099	-0,069	-0,037	-0,023	0,015	0,006	0,003
<b>5E</b>	<b>18,50</b>	<b>0,62</b>	<b>0,51</b>	<b>0,38</b>	<b>0,305</b>	<b>0,159</b>	<b>0,100</b>	<b>-0,068</b>	<b>-0,037</b>	<b>-0,023</b>	<b>0,015</b>	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>

Vysvětlivky k tabulce 14 a 15 jsou uvedeny v Příloze 2.

Kompletní přehled výsledků shlukové analýzy je uveden v Příloze 4.

### **Dílčí závěr a doporučení k dalšímu praktickému využití výsledků analýzy**

Rozbor výškového růstu smrku v řadě případů potvrdil odlišný průběh střední výšky smrku v závislosti na SLT. Porovnání výškového růstu, bonitního a produkčního potenciálu smrku bylo realizováno pomocí shlukové analýzy. Tímto způsobem byly zjištěny SLT, které lze sloučit do společné nové růstové řady. Jednotný průběh výškového růstu je klíčem k určení produkční homogenity smrku na základě růstových řad. Při tomto hodnocení mají významný vliv proměnné, které charakterizují dynamiku výškového růstu (rychlost růstu, zrychlení růstu a intenzita růstu). Tyto údaje jsou důležité především pro tvorbu rámcových směrnic hospodaření, na základě kterých je doporučen vlastníkům lesů vhodný pěstební management lesních porostů ve vztahu k danému stanovišti. Závěry shlukové analýzy SLT ve vztahu k bonitnímu a produkčnímu potenciálu smrku lze využít ke konstrukci růstových řad jako nadstavbu nad typologickým systémem lesů ČR

Z překryvů výškových křivek lze usuzovat na jejich podobnost a tím také na vhodnost zařazení stanoviště do příslušného SLT. Pokud výškové křivky smrku daných SLT budou mít identický anebo přibližně stejný průběh, je možné jednu vyrovnanou křivku použít pro více SLT. Rovněž je možné zvážit připojení SLT s nevyhovujícím počtem IP s výskytem smrku do růstové řady s postačujícím počtem IP s výskytem smrku. V tomto případě by SLT měly být slučovány v rámci ekologické řady a nejbližších LVS. Z tohoto důvodu by neměly být sdruženy SLT 3K a 6K, přestože průběh jejich výškových křivek je identický. V tomto případě by mohla být ověřena metoda prostorového hierarchického shlukování (HORÁK et. al., 2012), protože způsob tohoto shlukování umožňuje klasifikovat objekty podle míry podobnosti jejich znaků a současně respektovat požadované prostorové omezení.

Shluková analýza je metoda nezávislé klasifikace objektů a pokud je aplikována na data lesnické typologie, měl by výsledný dendrogram zachytit podstatné znaky typologického systému lesů. Např. vylišení shluků a jejich vzájemné propojení se zřetelem na trofnost stanoviště anebo na příslušnost k LVS. Především je nutné věnovat pozornost SLT, které náležejí do linie bohatších SLT a vyskytují se v oblasti shluků chudších SLT a naopak.

Shluková analýza dále poskytla odborné podněty pro typologický systém lesů v ČR:

1. Dalším studiem prozkoumat příčinu uspořádání SLT do shluků, které neodpovídají typologickému systému lesů ČR, jedná se např. 3O a 4P, 4O a 5V.

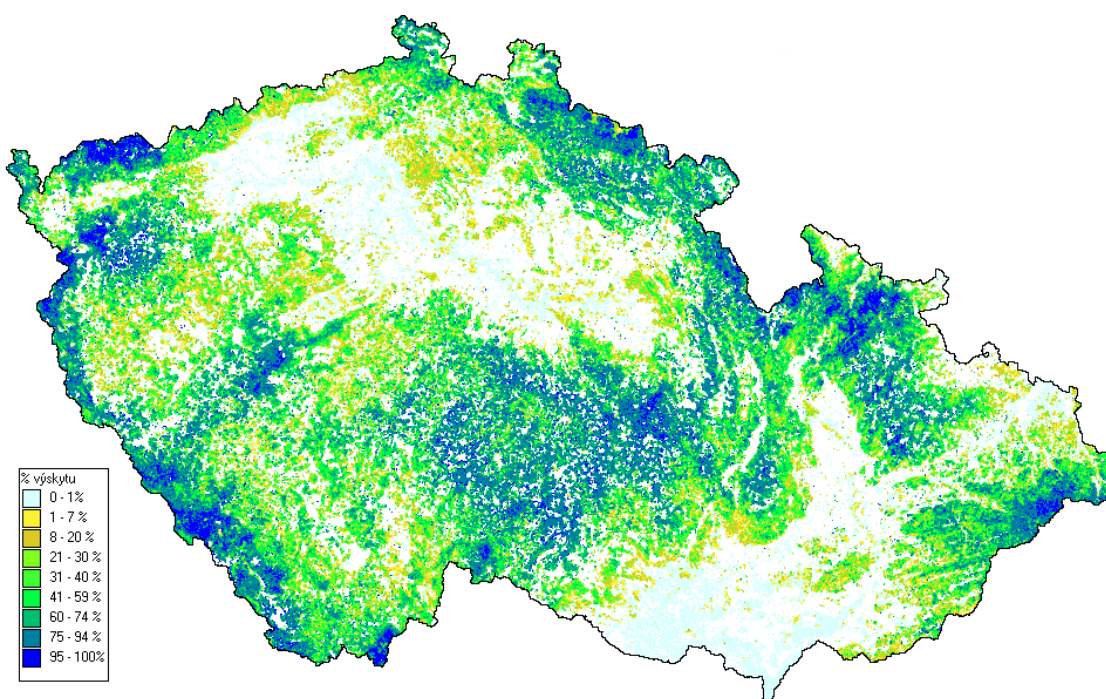
2. Analýzou bylo zjištěno, že z hlediska bonitního a produkčního potenciálu smrku některé SLT (např. 4K a 5K, 0K a 2K) se nevýrazně odlišují. Tato skutečnost ovlivňuje mapování typologických jednotek a následné využití výstupů z typologického průzkumu lesů. V této souvislosti je doporučeno prověřit:
  - a) charakteristiky SLT a jejich vymezení, respektive množství SLT ve vztahu k typologickému systému lesů ČR,
  - b) pracovní postupy lesnické typologie; zejména při mapování lesních typů je nutné zjišťovat střední výšku dřeviny standardním způsobem v rámci plošně vymezené lokality typologické jednotky.
3. Srovnatelným postupem jako u smrku je doporučeno prověřit charakteristiky SLT podle bonitního a produkčního potenciálu pro další hlavní hospodářské dřeviny buk, dub a borovici. Následně bude možné verifikovat předběžné poznatky a stanovit konkrétní doporučení pro typologický systém lesů ČR.

## 7. Diskuse

### 7. 1 Zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR

Výsledky analýzy podílu smrku v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť jsou klíčové pro rozbor produkčního potenciálu lesních porostů v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť. Mohou být uplatněny při typologickém průzkumu a lze je použít jako podklad pro úpravu druhové skladby. Na základě získaných poznatků byl navržen přehled SLT, kterých se daná problematika přednostně týká. Při těchto úvahách je důležité zohlednit poznatky a závěry prací, které dokládají význam smrku jako hlavní hospodářské dřeviny.

Dnešní zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR je dáno historickým vývojem, během kterého původní smíšené lesní ekosystémy byly nahrazovány převážně stejnorodým a stejnověkým kulturním lesem, obvykle smrkovým. Obr. 19 poskytuje přehled rozšíření smrku v lesních ekosystémech ČR, který byl zpracován podle údajů LHP/O uložených v datovém skladu ÚHÚL k roku 2010.



Obr. 19. Rozšíření smrku v lesních ekosystémech ČR (zdroj: LHP/O)

Vyhláška č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů v základních hospodářských doporučeních pro hospodářské soubory navrhuje cílovou druhovou porostní skladbu. Cílová druhová skladba porostů



představuje navržené zastoupení dřevin v mýtním věku, které je z hlediska zabezpečení produkčních i mimoprodukčních funkcí lesů na daném stanovišti a v dané přírodní lesní oblasti optimální.

Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010 uvedla, že přirozené zastoupení smrku v lesních ekosystémech bylo 11,2 % a doporučené zastoupení smrku na úrovni 36,5 %. Obdobně PRŮŠA (2001a) publikoval přirozené zastoupení smrku ve výši 12,2 % a jím doporučené zastoupení činí 36,8 %. Názor na přirozené a doporučené zastoupení smrku se liší podle jednotlivých autorů, např. ŠINDELÁŘ (1996) předpokládal přirozené zastoupení smrku ve výši 15,0 %, zatímco hodnotu doporučeného zastoupení smrku uvedl ve výši 30,0 %. K tomu, aby bylo dosaženo doporučeného zastoupení smrku 36,8 % (PRŮŠA, 2001a), by stačilo snížit zastoupení smrku řádově o 10,0 %.

Tabulka 14 umožňuje porovnat přirozené, doporučené a současné zastoupení smrku podle jednotlivých autorů ve srovnání s výsledky NIL. Pokud jsou zvažovány jen SLT, které jsou podle typologického průzkumu označeny jako stanoviště přirozeného (původního) výskytu smrku, tak aktuální podíl smrku na těchto SLT je 26,0 %, což je o 14,9 % více, než je hodnota přirozeného zastoupení smrku uvedená PLÍVOU (2000). Zároveň je možné konstatovat, že více než polovina výměry smrku z jeho celkové výměry se nachází v optimálních stanovištních podmínkách a jeho největší podíl 12,5 % je v 5. LVS.

Na první pohled by se mohlo zdát, že smrk má v jednotlivých LVS nízké zastoupení. Je to tím, že tento podíl je stanoven ze základu, který představuje celková plocha lesů v ČR (2 751 586 ha). Pokud by za základ (sto procent) byla zvolena výměra např. jen 5. LVS, tak skutečný podíl smrku v tomto LVS bude řádově ve výši 60 %.

S odkazem na aktuální výsledky lesnické typologie zastoupení smrku ve 3., 4. a 5. LVS je nutné chápat v následujícím kontextu: „*Jako nezbytná se ukazuje potřeba revize 3., 4. a 5. LVS. Z analýz vyplývá plošně velké zastoupení 3. a 5. LVS na úkor 4. LVS, který by měl být v podmínkách ČR min. stejně plošně zastoupen jako zbylé dva stupně*“ (KUBOŠOVÁ et al., 2011).

Za pozornost stojí současné rozšíření smrku ve 2. LVS, protože např. v SLT 2B smrk nebyl vůbec v minulosti zastoupen a na dalších SLT (např. 2T, 2Q) byl jen místy vtroušen. Ve 2. LVS smrk vykazuje převážně průměrný produkční potenciál, který je pro vlastníky lesů atraktivnější než mnohdy nižší výnosy z alternativních hospodářství, doporučených

pro tento LVS. Především z tohoto důvodu lze vysvětlit současné vyšší zastoupení smrku na těchto stanovištích, než by odpovídalo výsledkům historických průzkumů.

Tab. 14. Přirozené, doporučené a současné zastoupení smrku (MANSFELD, 2011)

LVS	Doporučené zastoupení smrku						Přirozené zastoupení smrku						Současné zastoupení smrku podle NIL					
	Pliva (2000)			SMEJKAL et al. (2004) <sup>1</sup>			Pliva (2000)			Zastoupení SM na těchto stanovištích (podle NIL)			Zastoupení smrku na IP <sup>2</sup> 1-100 %			Zastoupení smrku na IP <sup>2</sup> 41-100 %		
	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]	%	[-]	[+]
9	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>0,1</b>	0,0	0,1	<b>0,1</b>	0,0	0,1	<b>0,1</b>	0,0	0,1
8	<b>1,3</b>	-0,2	0,2	<b>1,3</b>	-0,2	0,2	<b>1,2</b>	-0,2	0,2	<b>0,8</b>	-0,1	0,2	<b>0,8</b>	-0,1	0,2	<b>0,8</b>	-0,1	0,2
7	<b>3,5</b>	-0,3	0,3	<b>3,5</b>	-0,3	0,3	<b>3,2</b>	-0,3	0,3	<b>2,6</b>	-0,3	0,3	<b>2,7</b>	-0,3	0,3	<b>2,5</b>	-0,3	0,3
6	<b>8,3</b>	-0,5	0,5	<b>8,1</b>	-0,4	0,5	<b>4,5</b>	-0,3	0,4	<b>7,6</b>	-0,4	0,5	<b>8,0</b>	-0,4	0,5	<b>7,1</b>	-0,4	0,4
5	<b>14,2</b>	-0,6	0,6	<b>12,6</b>	-0,5	0,6	<b>1,7</b>	-0,2	0,2	<b>12,5</b>	-0,5	0,6	<b>13,2</b>	-0,6	0,6	<b>11,1</b>	-0,5	0,5
4	<b>9,7</b>	-0,5	0,5	<b>8,4</b>	-0,5	0,5	<b>0,1</b>	0,0	0,1	<b>0,8</b>	-0,1	0,2	<b>9,1</b>	-0,5	0,5	<b>6,7</b>	-0,4	0,4
3	<b>10,9</b>	-0,5	0,5	<b>8,0</b>	-0,4	0,5	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>0,1</b>	-0,1	0,1	<b>9,3</b>	-0,5	0,5	<b>5,9</b>	-0,4	0,4
2	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	<b>2,6</b>	-0,3	0,3	<b>1,0</b>	-0,2	0,2
1	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>+</b>	0,0	0,0	<b>0,1</b>	0,0	0,1	<b>0,4</b>	-0,1	0,1	<b>0,1</b>	-0,1	0,1
0	<b>0,4</b>	-0,1	0,1	<b>0,4</b>	-0,1	0,1	<b>0,3</b>	-0,1	0,1	<b>1,4</b>	-0,2	0,2	<b>1,5</b>	-0,2	0,2	<b>0,6</b>	-0,2	0,2
Sum	<b>48,3</b>	-0,8	0,8	<b>42,3</b>	-0,8	0,8	<b>11,1</b>	-0,5	0,5	<b>26,0</b>	-0,7	0,7	<b>47,7</b>	-0,8	0,8	<b>35,9</b>	-0,8	0,8

Symbol v sloupci procentického (%) podílu smrku vyjadřuje vtroušené zastoupení smrku

<sup>1</sup> Doporučené zastoupení smrku bylo upraveno s ohledem na předpokládaný rozsah alternativních hospodářství podle Přílohy č. 4 k vyhlášce č. 83/1996 Sb.

<sup>2</sup> Podíl smrku podle stupně smíšení na inventarizačních plochách (IP)

Na základě dílčí analýzy byly vymezeny SLT, které jsou nejvhodnější pro úpravu zastoupení smrku na úroveň 36,1 % (Obr. 20). Přeměnu stejnorodých smrkových porostů lze především zvažovat v edafické kategorii B (bohatá), H (hlinitá) a v SLT ekologické řady obohacené humusem druhého až čtvrtého LVS. Potom by následovala ostatní stanoviště ekologické řady živné druhého až čtvrtého LVS a SLT ekologické řady kyselé prvního až čtvrtého LVS. K tomuto výčtu lze rovněž přiřadit SLT 0M, 0K, 0C, 0O a 0P borového hospodářství. Konkrétně se jedná o tyto SLT: 0M, 0K, 0N, 1M, 1K, 1B, 1L, 1V, 1O, 1Q, 2M, 2K, 2I, 2S, 2C, 2B, 2H, 2D, 2A, 2O, 2P, 2Q, 3Y, 3J, 3M, 3K, 3N, 3I, 3S, 3F, 3C, 3B, 3W, 3H, 3D, 3A, 4Y, 4M, 4K, 4N, 4I, 4S, 4F, 4C, 4B, 4W, 4H, 4D, 4A. Sumarizací inventarizačních ploch (IP) s výskytem smrku na uvedených SLT byl vypočten podíl smrku ve výši 11,7 % (-0,5 %; +0,5 %). V této analýze byly kalkulovány IP s významným podílem smrku (41–100 %), protože podle historických průzkumů byl smrk rozšířen i v nižších polohách.

Navržený rozsah SLT byl stanoven na základě průzkumu lesnické typologie (ÚHÚL, 2007–2008) a podnětů z diskutovaných témat NLP (Národní lesnický program pro období do roku 2013). Postup úpravy zastoupení smrku vychází z principu předběžné opatrnosti ve vztahu ke stabilitě lesních ekosystémů a reaguje na koncept trvale udržitelného obhospodařování lesů. Je založen na analytickém zhodnocení přirozeného, doporučeného a současného zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR. Detailněji doporučené zastoupení smrku bude revidováno podle hospodářských souborů v druhé etapě zpracování oblastních plánů rozvoje lesů (vyhláška č. 83/1996 Sb., o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů).

Obr. 20 poskytuje přehled o množství případných změn z hlediska plošného rozsahu. Ve spojení s typologickou mapou lze hospodářská opatření navrhnout v dostatečném detailu pro jednotlivé lesní majetky. Např. státní správa může tyto údaje použít jako podklad pro vyhlášení dotačního titulu na přeměnu stejnorodých smrkových porostů na nevhodných stanovištích. Tyto informace jsou důležité pro kalkulaci finančních nákladů v jednotlivých regionech.

Ekologická řada	Extrémní			Kyselá					Živná					Obohacená				Ogledená			Podmáčená		Rašelinná				
	X	Z	Y	J	M	K	N	I	S	F	C	B	W	H	D	A	L	U	V	O	P	Q	T	G	R		
Lesní vegetační stupeň	9 - kleč	8	1				3																		3		
	8 - smrkový	19	1		2	41	4		1											3			8	2	9	15	
	7 - bukosmrkový	2	4		11	175	24		25											9	12	22	1	4	36	11	
	6 - smrkobukový	2	12		7	368	89	21	149	5					13		5	16	1		55	63	109	6		17	8
	5 - jedlobukový	2	4	3	19	424	61	24	464	36			181	27	8	28	3	2	37	75	48	4			9	7	
	4 - bukový		1	3		2	165	19	30	271	14	1	147	1	31	17	14			5	73	74	10			6	5
	3 - dubobukový			3	3	4	190	24	64	239	6	4	64	4	75	21	17	7	1	2	32	24					
	2 - bukodubový					1	38		18	25			7	12	13	3	2				8	11	3				
	1 - dubový					3	2							1				2		1	3	4	3	1			
	0 - bory		1	2		1	26	21					4								2	6	3	1	12	4	

Obr. 20. Podklad pro diskusi o úpravě podílu smrku v lesních ekosystémech ČR  
V jednotlivých SLT je uveden počet inventarizačních ploch s významným podílem smrku (41–100 %) na inventarizační ploše; barevně podbarvené SLT vylišují potenciální stanoviště pro úpravu zastoupení smrku na úroveň 36,1 %

Údaje o zastoupení smrku v závislosti na stupni míšení mohou být součástí hodnocení biologické rozrůzněnosti (Zpráva o naplňování Cíle 2010 v ochraně biodiverzity v ČR). Současný podíl lesních ekosystémů s převahou smrku dosahuje 31,0 %, avšak skutečný podíl stejnorodých smrkových porostů je menší. Vzhledem ke své velikosti (0,05 ha) inventarizační plocha spolehlivě charakterizuje především jednotlivé míšení dřevin a neumožňuje hodnotit skupinové míšení dřevin na úrovni porostu. Porost je jednotka

prostorového rozdělení lesa v lesních hospodářských plánech, jehož průměrná velikost je 3,19 ha. Z toho vyplývá, že údaje v tabulce 12, uvedené na straně 69, jsou maximální možné hodnoty současného podílu smrku v lesních ekosystémech ČR. Tuto problematiku podrobně zpracovali KRAUS et ZEMAN, (2008) a je zmíněna Národním lesnickým programem pro období do roku 2013 v kapitole 3 *Současný stav lesů a lesního hospodářství v ČR*.

## **7. 2 Rozbor výškových křivek v růstových řadách a bonitní (produkční) potenciál smrku**

Výškový růst smrku a stanovištní index byl analyzován na základě růstové řady. HALAJ (1978) poukázal na určité nedostatky metody nepravých růstových řad:

1. Metoda předpokládá, že dnešní porosty měly kdysi stejnou výšku jako dnešní mladší porosty. Z prostorového sousedství je usuzováno na věkovou následnost a není vždy jisté, zda vývoj výškového růstu smrku probíhá tak, jak vyplývá z dnešního měření.
2. Metoda je problematická, především v situaci, kdy je aplikována pro měření z rozdílných stanovišť, např. produkčně odlišné SLT.

Přesto význam jednorázových monitoringů a využití (nepravých) růstových řad podpořili WOLF (1971), POLÁK (1975), HLADÍK (1991), ŠMELKO et. al. (1992). V kontextu současných ekonomických poměrů na významu budou nabývat méně nákladné monitoringy.

Důležitou podmínkou spolehlivého určení výškové křivky v daném SLT je dostatečný počet středních výšek smrků a kromě toho i jejich přibližně rovnoměrné rozložení po celém věkovém rozpětí růstové řady. Při zpracování výškových křivek smrku v rámci růstové řady bylo nutno tolerovat menší odchylky mezi skutečným a předpokládaným (normálním) rozdělením naměřených hodnot střední výšky smrku. Posouzení normálního rozdělení měření byla výrazně lepší při hodnocení po jednotlivých věkových intervalech než v rámci růstové řady.

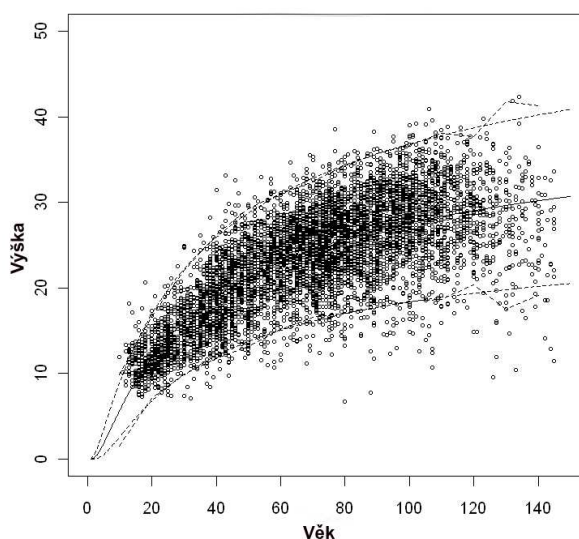
Pro spolehlivé odvození výškové křivky je nutné zajistit minimálně třicet měření výšek (MOSMAYER, 1967 ex HALAJ, 1973b) smrku v daném SLT. MÁLEK (1965) k vyšetření produkčních poměrů v typologické jednotce uvádí padesát až sto měření. S vyšším počtem vstupních měření bude dosaženo spolehlivějšího výsledku. HALAJ (1978) uvedl, že k spolehlivějšímu výsledku nevede ani analytické vyrovnání výškových křivek takových

SLT, které mají větší počet měření, ale jsou umístěné jen v omezeném věkovém rozpětí, například 40 až 90 roků, přičemž chybí mladší a starší měření. Výškové křivky vypočtené z takového pokusného materiálu jsou velmi labilní.

Výsledky analýzy korespondují s těmito poznatky a jsou východiskem pro sloučení IP s výskytem smrku produkčně příbuzných SLT. Především se jedná o růstové řady s menším počtem měření, které by se přiřadily do produkčně příbuzných růstových řad s větším počtem měření. V těchto úvahách lze využít výsledky shlukové analýzy, poznatky z průzkumů lesnické typologie a ekosystémových analýz (MACKŮ, 2000; 2001).

HALAJ (1978) k nepravidelnému zastoupení výzkumných ploch v nejstarších věkových stupních poznamenal, že pro nejlepší bonity (vrch bodového pole) jsou zastoupeny plochy jen do věku 105 roků.

Tento jev je zčásti patrný při pohledu na smrkové bodové pole středních výšek bez rozlišení na růstové řady (Obr. 21). Ovšem při stratifikaci do růstových řad podle SLT není zmíněný úbytek IP s výskytem smrku ve starším věku tak výrazný.



Obr. 21. IP s výskytem smrku - zobrazení všech hodnot středních výšek smrku změřených v NIL a vyrovnaných růstovou funkcí

Výška porostu je funkcí věku a bonity (HALAJ, 1978). Odvozené výškové křivky vyjadřují výšku jen jako funkci věku, což vyplývá z použité růstové funkce (KORF, 1939). Podle Halaje vliv bonity není tímto způsobem zachycen. V této souvislosti byl navržen termín stanovištní index (SI), který je obdobou absolutní výškové bonity (AVB).

Porovnáním hodnot SI a růstových řad byla zkoumána variabilita typologických jednotek. Řešení problémů s variabilitou produkce lesních porostů nespočívá

v detailnějším taxonomickém členění stávajícího typologického systému. Vhodnější je hledat východisko v jednoznačném vymezení charakteristik stanoviště, které bude možné uplatnit při mapování stanovišť v rámci typologických průzkumů. Příklad lze nalézt v kritériích pro vymezení biochor (CULEK et al., 2005). Jedno z kritérií, jak mapovat biochoru, zní: „*Čím menší území má být biochorou, tím více musí být kontrastní.*“

Odchytky ve vývoji lesních ekosystémů mohou být rovněž způsobeny různým poškozením biotickými a abiotickými činiteli. Také tyto faktory ovlivňují variabilitu a průběh výškového růstu smrku. Produkční amplitudu smrku v růstových řadách je možno posuzovat pomocí směrodatné odchytky stanovištního indexu, kterou lze převést na taxační kritérium bonitních stupňů. Produkční podmínky SLT mají mít rozsah tří, výjimečně čtyř bonitních stupňů (ŘEHÁK, 1971b). Ovšem výsledky analýzy a poznatky z lesnické typologie (ÚHÚL, 2007–2008) potvrdily ještě širší variabilitu typologických jednotek (na úrovni SLT čtyř až šesti stupňů), než předpokládal Řehák.

Pokud bude dalším studiem potvrzena větší produkční amplituda smrku v rámci SLT, než se původně předpokládalo, bylo by vhodné zvážit rozdělení bonitního potenciálu na tři úrovně (střední, nadprůměrnou a podprůměrnou). Obdobným způsobem uvažoval ASSMANN (1961), který předpokládal, že na dobře vymezených stanovištních jednotkách by existovala jednotná produkční úroveň. Tato úroveň by byla stanovena na základě výšky a věku.

Studium jednotného výškového růstu smrku by mělo zahrnovat i porovnání výškového růstu mezi hercynskou a karpatskou oblastí. Rovněž je možné zvážit rozdělení za přírodní lesní oblasti a obvody. Bylo by tak možné studovat, jakou měrou makroklimatické poměry ovlivňují diferenciaci výškového růstu smrku. Podle HALAJE (1973b) lze porovnání provést dvojím způsobem:

1. Porovnání výškových křivek smrku z trvalých výzkumných ploch (TZP) na stejných SLT. Z důvodu spolehlivosti výsledku je nutné zajistit dostatečný počet ploch příslušného SLT, včetně rovnoměrného zastoupení měřených údajů za studované období růstu smrku.
2. Porovnání výškových křivek smrku, které byly vytvořeny na základě růstových řad.

KÄLBLE (1966) upozornil na rozhodující vliv vodního režimu stanoviště a průměrné teploty na dynamiku výškového růstu. Analýza bonitního a produkčního potenciálu smrku potvrdila význam vodního režimu stanoviště a jeho příslušnost k LVS, které jsou pro růst smrku důležitější než trofnost stanoviště. Hodnota SI na SLT 4O, 5O, 6O, 5P a 6P je

nejvyšší (28,5 až 32,1) a naopak variační koeficient je nejnižší (3 až 7 %). Ovšem v nižších polohách je situace odlišná, neboť hodnota variačního koeficientu SLT 3O, 3P a 4P je v intervalu od 11 do 15 %. Z tohoto porovnání vybočuje SLT 4O, na kterém je opět patrný pozitivní vliv vodního režimu stanoviště na homogenitu bonitního potenciálu smrku.

Nejmenší hodnoty variačního koeficientu byly zjištěny většinou na SLT ovlivněných vodou. Dalším významným faktorem je trofnost stanoviště, v tomto případě se hodnoty variačního koeficientu pohybovaly v rozmezí od 10 do 16 %. Jeho nejnižší hodnoty byly zjištěny na stanovištích chudých s nedostatkem živin a mimo optimum výškového růstu smrku. Na základě výsledků lze konstatovat, že vliv hlavních stanovištních faktorů na bonitní potenciál smrku mají především tyto činitele: dostupnost vody, trofnost stanoviště a LVS. Uvedené faktory jsou řazeny podle významu a ten si zachovávají i při jejich kombinaci v rámci typologického systému.

Největší rozpětí hodnot bonitního potenciálu (BP) smrku bylo zjištěno na přirozených borových stanovištích. SI smrku se na těchto stanovištích pohybuje v intervalu od 22,3 (0K) do 28,8 (0N). Ve 2. LVS se BP smrku pohybuje v rozpětí druhého a třetího stupně. Nejnižší hodnota SI smrku je 22,5 (2K) a nejvyšší 26,8 (2B). Ve 3. LVS se BP smrku pohybuje v rozmezí od třetího do čtvrtého stupně. Nejnižší hodnota SI smrku je 26,2 (3K) a nejvyšší 29,7 (3B). Ve 4. LVS se BP smrku pohybuje v širším rozmezí od třetího do pátého stupně. Nejnižší hodnota SI smrku je 27,1 (4N) a nejvyšší 32,3 (4D). V 5. LVS se BP smrku rovněž pohybuje od třetího do pátého stupně. Nejnižší hodnota SI je 27,1 (5N) a nejvyšší 33,2 (5H). V 6. LVS se BP smrku pohybuje od druhého do pátého stupně. Nejnižší hodnota SI je 23,1 (6Y) a nejvyšší 32,1 (6O). V 7. LVS bonitní potenciál smrku rychle klesá a pohybuje se v rozmezí od prvního do třetího stupně BP. Nejnižší hodnota SI je na úrovni 18,7 (7R) a nejvyšší 25,7 (7G). Vzhledem k malému počtu měření na IP s výskytem smrku v 8. a 9. LVS nebylo možné získat ucelenější představu o SI smrku na těchto stanovištích. Vzhledem k dosaženým poznatkům lze předpokládat, že v tomto případě bude BP smrku na prvním a druhém stupni.

Z uvedeného výčtu vyplývá, že srovnatelné rozpětí bonitního potenciálu smrku bylo zaznamenáno ve 4. a 5. LVS. Při bližším porovnání SLT je patrné, že lepší (optimální) podmínky pro růst smrku nastávají v 5. LVS. V tomto LVS byla v rámci celé analýzy zjištěna nejvyšší hodnota SI 33,2 smrku na SLT 5H. Nejširší rozpětí bonitního potenciálu smrku bylo zaznamenáno v 6. LVS.

Pro úplnost je nutné připomenout, že uvedené závěry jsou založeny na analýze vybraných 63 SLT (Příloha 2). Pokud by se kalkulovaly i další SLT, lze předpokládat,





Na základě porovnání obr. 21 a 22 je možné konstatovat, že poznatky zjištěné v analýze korespondují s údaji, které publikoval PLÍVA (2000). Plíva produkční potenciál aplikoval ve vztahu k cílové druhové a předpokládané bonitě jednotlivých dřevin.

Analýzou nad daty NIL byl jemnějším rozlišením zpřesněn dosavadní názor na produkční potenciál smrku. SLT, které nebyly NIL monitorovány, jsou plošně, nebo z hlediska pěstování smrku méně významné.

### **7.3 Produkční (bonitní) charakteristiky smrku a parametry růstové funkce**

DOLEŽAL et al. (1971) poznamenali: „*Zásadním předpokladem pro využití poznatků o produkčním procesu v lese pro účely pěstění lesů, ochrany lesa a hospodářské úpravy je znalost přírodních a provozních podmínek, v nichž byly tyto poznatky zjištěny, a použitím jich jen ve stejných, popř. podobných produkčních a provozních podmínkách. V tomto směru je důležitá vědecky podložená přírodovědní a hospodářská typizace lesních porostů, včetně porostního prostředí a vztahů mezi porosty a porostním prostředím.*“

Na hodnocení produkčního potenciálu lesních ekosystémů byla zaměřena studie *Kvantifikace potenciální produkce hroubí SM, BK, BO, DB dle SLT* (MACKŮ, 2001), která byla zpracována nad daty LHP a pomocí taxačních tabulek. Tento rozbor navazoval na ekosystémové analýzy zpracované v rámci OPRL, ve kterých byly přiřazeny SLT, jako nositelům růstových podmínek, nejčastější hodnoty AVB pro dřeviny smrk, borovice, buk a dub. Autor v této studii odmítl vázat produkční potenciál na hospodářské soubory, nebo na nepodložené kalkulace tzv. fiktivního potenciálu. Fiktivním potenciálem byl myšlen produkční potenciál vztažený k cílové druhové skladbě stanovený PLÍVOU (2000).

Jako jedna z prvních analýz nad daty NIL byla formou interního projektu ÚHÚL zpracována *Analýza zastoupení AVB dřevin na plochách IL dle typologických jednotek* (MACKŮ et al., 2006). Autor výsledky zhodnotil takto: „*Projekt potvrdil závislost průběhu AVB dle trofnosti typologické jednotky, nevyrovnanost a nejednotnost AVB v rámci lesních typů dle PLO. Uvedený projekt je jen potvrzením, že má být více věnováno intenzivní pozornosti vazbě růstových podmínek dřevin na přírodní prostředí s cílem upřesnění charakteristik LT.*“

Velmi zajímavé informace poskytlo porovnání výsledků této práce (dat NIL) s oblastními typologickými elaboráty (ÚHÚL, 2007–2008), které byly zpracovány

nad daty LHP. Např. na PLO 18 AVB smrku částečně korespondovala s hodnotami SI smrku,  $3K = 26$  AVB (zdroj LHP) a podle dat NIL 26,2 SI. Ovšem větší rozdíl byl registrován na  $5K = 26$  AVB (zdroj LHP) a podle dat NIL 27,5 SI. Velký rozdíl byl registrován na  $5B = 26$  AVB (zdroj LHP) a data NIL 32,3 SI.

Uvedené příklady ukazují na problémy spojené s určením bonitního potenciálu smrku. Hlavní příčina spočívá v dosavadním způsobu zpracování dat LHP při rozboru AVB hlavních hospodářských dřevin. Jak bylo uvedeno, data LHP jsou méně vhodná k analýzám tohoto typu.

Další zdroj problémů je dán tím, že dendrometrické údaje regionálních LHP byly aplikovány na modely s celostátní platností. KADAVÝ et KNEIFL (2009) položili otázku: „Proč byly lokální modely nahrazeny modelem celostátním a na čem je založena jistota, že údaje poskytované tímto modelem jsou dostatečně správné a přesné i pro konkrétní majetek?“

Z těchto úvah vyplývá, že ve výše uvedených rozbořech v rámci ekosystémových analýz OPRL byla kalkulována hodnota AVB zjištěná z růstových (taxačních) tabulek s celostátní platností. Tento zvolený postup, nad daty LHP, v regionálních podmínkách může být příčinou zjištěných nesouladů.

Zpracovaná analýza v této práci nabídla alternativní řešení uvedených problémů, neboť kromě hodnoty SI do konstrukce růstových řad podle SLT vstoupily charakteristiky, které vyjadřují dynamiku růstu smrku na daném stanovišti (Příloha 2). S těmito charakteristikami je rovněž kalkulováno při hodnocení jednotného výškového růstu smrku v diferencovaných podmínkách lesních stanovišť.

Zpracované produkční charakteristiky (Příloha 2 a 3) byly aplikovány ve shlukové analýze. Její výsledky poskytly podklad pro případné spojení více SLT do jedné růstové řady. Tento postup připadá v úvahu především u plošně méně zastoupených SLT, které disponují menším počtem měření na IP s výskytem smrku a v případě nerovnoměrného rozložení měření v SLT.

Ve vztahu k parametrům Korfovy růstové funkce je možné uvést následující:

Parametr  $A$  je nejvíce charakteristický údaj, který informuje o asymptotě výškové křivky pro věk  $t \rightarrow \infty$ , respektive maximálně dosažitelnou výšku na daném stanovišti. Nejnižší hodnotu dosahuje na SLT 2C (22,84) a nejvyšší při SLT 8R (412, 03). Parametr  $k$  nejnižší hodnotu dosahuje na SLT 8R (0,49) a nejvyšší při SLT 2C 916,31. Parametr  $n$  nabývá hodnoty od 1,1 (SLT 8R) až hodnoty 3,267 (SLT 2C). V těchto a některých dalších

případech se jedná o extrémně vysoké hodnoty, které nemají odezvu v reálných podmínkách. HALAJ (1978) dospěl k závěru, že parametry  $A$ ,  $k$ ,  $n$  Korfovy růstové funkce lze použít jako kritéria pro posouzení tvaru výškových křivek. Zároveň jej doporučil jako objektivní ukazatele pro posouzení jednotného výškového růstu smrku v růstových řadách.

KORF (1967) zjistil, že růstová intenzita je u porostů na lepších bonitách za předpokladu stejného věku menší než na horších bonitách, protože běžný přírůst je při daném věku na lepších bonitách relativně daleko menší oproti růstové veličině, než je tomu na horších bonitách. Výsledky v této práci ukázaly, že v obecném principu proměnné charakterizující dynamiku růstu (rychlost, zrychlení a intenzita růstu) se postupně zvětšují v závislosti na SI. Odlišná situace nastává u parametru  $n$ , který je postupně menší pokud se hodnota SI zvyšuje. Tato souvislost poukazuje na možný vztah parametru  $n$  k trofnosti stanoviště.

KORF (1967) uvedl, že parametry  $k$ ,  $n$  formují růstové křivky, jejichž tvar je ovlivněn jednak bonitou, jednak pěstebními zásahy. Dále poznamenal, že jsou postačující pro vyjádření zvláštností růstu, jenž je u porostů vymezen zejména prostředím. Z uvedeného vyplývá, že lze obtížně určit, co přesně jednotlivé parametry představují, neboť jsou ve vzájemné interakci.

Výsledky shlukové analýzy ukazují na to, že parametr  $n$  charakterizuje podmínky prostředí. Toto zjištění vychází z poznatku, že v nově navržených růstových řadách parametr  $n$  nabývá téměř identických hodnot.

KOUBA (2005b) analyzoval význam parametrů  $A$ ,  $k$ ,  $n$  a ZEMAN (2012, ústní sdělení) uvedl, že o parametru  $k$  lze uvažovat jako o růstové intenzitě v prvním roce, což je charakteristika dřeviny, která by mohla vyjadřovat potenciální vitalitu jedince na růstových podmínkách. Tyto úvahy nelze v této práci hodnotit, protože analýza nezahrnuje měření výšky smrku v prvním věkovém stupni.

KORF (1967) rovněž poznamenal, že parametr  $A$   $t \rightarrow \infty$  nemá vliv na tvar růstové křivky, ale závisí na něm přímo velikost růstové (přírůstové) veličiny. Na základě porovnání růstových řad lze konstatovat, že čím je parametr  $A$  vyšší, tím jsou menší parametry  $n$ ,  $k$  a jejich hodnota klesá, nebo roste ve vzájemném vztahu.

Parametry  $A$ ,  $k$ ,  $n$  v případě nereálných hodnot signalizují problém v analyzovaném SLT. Především se jedná o nedostatečný počet bodů, případně jejich nerovnoměrné rozložení po časové ose. Výškové křivky lze v tomto případě použít pro porovnání bonitního a produkčního potenciálu, ovšem jejich hodnocení mimo daný časový úsek (15 až 125) roků neposkytuje korektní výsledky. Rozhodujícím ukazatelem je v tomto směru parametr  $A$ , jehož hodnota v podmínkách lesních ekosystémů ČR by neměla

přesáhnout hodnotu 55 m. Pokud by se podařilo přiřadit SLT, které vykazují výše zmíněné problémy do několika růstových řad, lze předpokládat dosažení lepších výsledků.

KOUBA et ZAHRADNÍK (2005) uvedli, že Korfova růstová funkce patří k jedné z tříparametrových funkcí, která umožnila dosáhnout nejlepších výsledků. Ve velké většině případů dává i dobrý odhad asymptoty, v některých případech dává odhad zřejmě příliš vysoký. Tyto okolnosti jsou pravděpodobně způsobeny nedostatečným empirickým materiálem, kdy většinou na těch nejlepších bonitách prakticky úplně chybí údaje pro vyšší věk porostů, podobně jako chybí u nejhorších bonit údaje o porostech mladých.

#### **7. 4 Přínos mapy produkčního potenciálu smrku**

Mapa bonitního, respektive produkčního potenciálu smrku je novým výstupem a pro LH nebyla v ČR zatím zpracována. V analýze byla aplikovaná nová metoda propojení numerických dat NIL s grafickými objekty lesnické typologie. Vzhledem k technologii sběru a způsobu vyhodnocení dat NIL se doposud předpokládalo, že tyto údaje nelze prezentovat v podrobných lesnických mapách. Navržená integrace dat NIL a OPRL odstraňuje tuto domněnku a nabízí nové možnosti při získávání užitečných, ale dosud neznámých informací z existujících dat „*data mining*“.

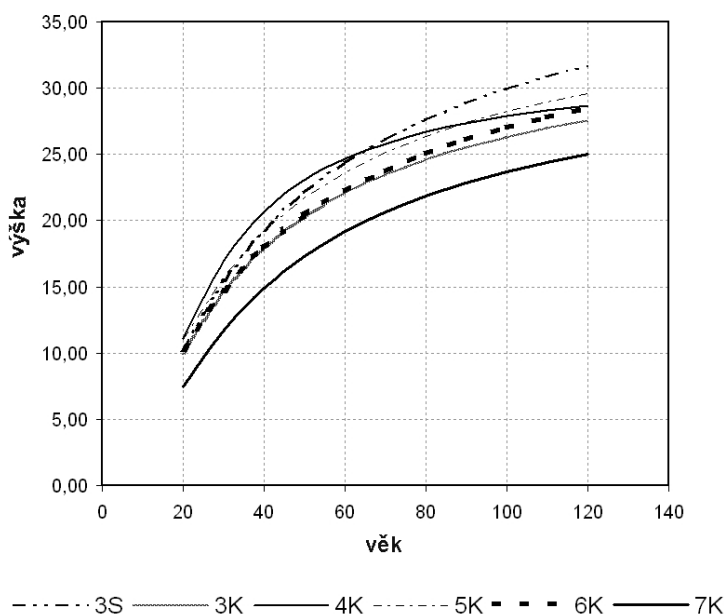
Mapa produkčního potenciálu smrku nalezne uplatnění jako podklad pro:

- rozhodovací procesy státní správy a samosprávy (podklad pro kategorizaci lesů),
- tvorbu lesních hospodářských plánů a osnov,
- analytickou práci (odborné studie, projekty a ekonomické analýzy LH),
- oceňování lesů za účelem prodeje, směny a pronájmu,
- znalecké posudky a vyčíslení konkrétní újmy nebo náhrady,
- stanovení optimální dřevinné skladby a zlepšení biodiverzity lesů,

Mapu produkčního potenciálu smrkových ekosystémů bude možné aplikovat při hodnocení ekonomického a ekologického pilíře LH. Jako tematická mapa je navržena do oblastních plánů rozvoje lesů a může být využita v lesnické typologii, např. při typologickém průzkumu (vylišení typologických jednotek). Mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku má zásadní význam pro vlastníka lesů při obnově porostů a při volbě hlavní hospodářské dřeviny. Smrk lze na určitých stanovištích alternovat jinou dřevinou a poznatky o produkčním potenciálu smrku přispějí k optimálnímu rozšíření smrku v lesních ekosystémech ČR.

## 7. 5 Shluková analýza a její využití při hodnocení růstových řad smrku

Pro podrobné posouzení tvaru výškových křivek smrku bylo důležité jejich analytické zpracování v SLT, které poskytlo vstupní data pro shlukovou analýzu. Kromě grafického porovnání výškových křivek (Obr. 24) byly růstové řady smrku studovány z hlediska produkční homogenity.



Obr. 24. Porovnání průběhu výšky smrku SLT 3S, 3K, 4K, 5K, 6K, 7K

Výsledky shlukové analýzy a rozbor jednotného výškového růstu smrku potvrdily názor ŘEHÁKA (1971b), který uvedl, že růstový projev taxačních veličin (střední výšky smrku) v odchylných růstových podmínkách neprobíhá stejným způsobem a nelze jej stěsnat do uniformity jednotného modelu růstových tabulek. MÁLEK (1965) studoval produkční poměry v oblasti Českomoravské vrchoviny a také zaznamenal odchýlný průběh výškového vývoje smrku na některých typologických jednotkách ve srovnání s používanými tabulkami i mezi sebou navzájem.

Shlukovou analýzou bylo potvrzeno, že je možné produkčně i vývojově příbuzné SLT sloučit do jednotné růstové řady, aniž by to bylo na úkor správného vyjádření časového vývoje taxačních veličin a vzájemného vztahu mezi nimi. WOLF (1971) uvedl, že stejný průběh růstu (vývoje taxačních veličin) dokládá s velkou pravděpodobností stejné stanovištní podmínky.

ŘEHÁK (1971b) přepokládal, že bude možné seskupit některé SLT do společné bonitační soustavy s užším bonitním rozpětím než univerzální tabulky. V tomto případně je nutné důsledně respektovat odlišný růstový projev základních taxačních veličin podmíněný odchylnými vlastnostmi stanovištních podmínek. Pak je možné uvažovat o konstrukci stanovištních růstových tabulek pro sdružené SLT, nebo oblastní pro vymezené územní celky (např. přírodní lesní obvody). Tímto způsobem lze sestavit pro smrk a případně další hlavní hospodářské dřeviny několik druhů stanovištních tabulek, pro něž by se zvolil vhodný způsob odstupňování bonit (např. AVB), který zajistí porovnatelnost výsledků bonitace.

Na základě vyšetření průběhu střední výšky smrku lze konstatovat, že výškové křivky smrku jsou v lesních ekosystémech ČR dostatečně diferencované. Produkční amplituda smrku se pohybuje od nejnižší hodnoty SI 14,9 (SLT 8Z) až po nejvyšší hodnotu SI 33,2 (SLT 5H). Typologický systém lesů ČR obsahuje 172 SLT a je na zvažení, zdali takové množství klasifikačních jednotek je optimální k hodnocení produkčního potenciálu smrku.

Možnost klasifikovat lesní stanoviště pomocí velkého množství typologických jednotek smazává produkční rozdíly mezi SLT. Shluková analýza potvrdila, že data lesnické typologie vytvářely shluky jemných rozdílů, a proto byla zvolena i Wardova metoda, která je považována za velmi efektivní při zachycení malých shluků (SW Statistica version 9.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)). Proměnné, které vstupovaly do shlukové analýzy, se odlišovaly v relativně malých hodnotách. Tato skutečnost je důležitá nejen pro volbu metody shlukování, ale také pro klasifikaci lesních stanovišť podle typologického systému lesů ČR. Pokud popisované objekty mají nevelké odlišnosti, je vhodné klasifikaci vymežit s přiměřeným počtem klasifikačních jednotek. Tvorba sofistikovaného typologického systému lesů komplikuje jeho aplikaci. Z hlediska produkčního potenciálu smrku vznikají překryvy SLT a duplicity, které limitují úspěšné zařazení stanoviště do typologického systému lesů.

Studie *Vyhodnocení dat Databáze lesnické typologie a úpravy typologického systému ÚHÚL* (KUBOŠOVÁ et al., 2011) hodnotila úspěšnost aplikace typologického systému lesů na základě různých aspektů lesnické typologie kromě produkčních charakteristik. Autoři uvedené studie navrhli prověřit doplnění klasifikačních parametrů prostředí získávaných především z terénního šetření: „Zjistit, zdali pro zařazení SLT v terénu není v rozhodování použito i jiných kritérií, než jsou obsaženy v databázi. Identifikovat a doplnit tyto kritéria pro typologické úrovně nebo jednotlivé SLT.“

Uvedené skutečnosti mají vliv na definování charakteristik typologických jednotek a jejich aplikaci při praktickém (terénním) zařazení stanoviště do typologického systému lesů. Nalezení vhodného řešení dané situace je předmětem dalšího studia. Přesto lze doporučit snížení počtu klasifikačních jednotek typologického systému lesů ČR a klást větší důraz na exaktní přístup (měření výšek, správné určení věku) při monitoringu lesních ekosystémů.

Shluková analýza a rozbor jednotného výškového růstu smrku přinesly podněty k dalšímu studiu. Bude nutné posoudit příčiny zjištěných problémů, zjistit zda jsou způsobeny terénním šetřením při vylišování typologických jednotek, určení správné výšky a věku, nebo zda mají původ v typologickém systému lesů. Např. KUBOŠOVÁ et al., (2011) uvedli na nutnost revize LVS a ověření hypotézy posunu azonálních společenstev vůči zonálním.

Podněty dané shlukovou analýzou (Příloha 4) musí být hodnoceny v dostatečných souvislostech a nelze je paušálně aplikovat. Každý případ musí být posouzen individuálně, neboť výškový růst je výsledkem působením mnohdy nestejných, ale dokonce i protichůdných vlivů prostředí. Tato práce hodnotí danou problematiku jen z hlediska smrku a je vhodné uvedené postupy aplikovat i pro další hospodářsky významné dřeviny. Následně pak bude možné zjištěné dílčí poznatky potvrdit a rozšířit o další doporučení.

## 8. Závěr

Hledání vyváženého přístupu k optimálnímu obhospodařování lesních ekosystémů je hlavní náplní Národního lesnického programu pro období do roku 2013 (NLP II) přijatého *usnesením vlády České republiky č. 1221 ze dne 1. 10. 2008*. Tento dokument ukládá zpracovat ekonomickou efektivnost různých modelů hospodaření v přírodních podmínkách a závěry promítnout do platné legislativy, včetně dotační politiky státu. Národní lesnické programy jsou považovány za koncept trvale udržitelného obhospodařování lesů<sup>2</sup> při dlouhodobém zlepšování konkurenceschopnosti lesního hospodářství. Také jsou součástí státní lesnické politiky a vycházejí z Lesnické strategie pro státy Evropské unie.

Přestože uvedené dokumenty deklarují naléhavé úsilí o zlepšení současných poměrů, proces hledání optimálního řešení daných problémů je komplikovaný. Strategické požadavky jsou formulovány velmi obecně a tato skutečnost způsobuje zdoluhavou polemiku při výkladu, jak postupovat v konkrétních podmínkách lesního hospodářství. Především z tohoto důvodu profesní skupiny, které se podílí na procesu realizace NLP II, velmi obtížně formulují společná opatření důležitá pro realizaci konceptu trvale udržitelného obhospodařování lesů.

Základní strategií při podpoře trvale udržitelného obhospodařování lesů je prosazení multifunkční role lesních ekosystémů. V lesním hospodářství (LH) jsou základní funkce lesních ekosystémů rozděleny mezi ekonomický, ekologický a sociální pilíř. Harmonické plnění funkcí lesů vyžaduje vyváženou podporu všech pilířů LH a v tomto směru je rozhodující znalost funkčního potenciálu lesních ekosystémů.

Výsledky disertační práce podporují realizaci výše zmíněných požadavků národních strategií, neboť poskytují podklady pro řešení zásadních problémů LH úzce souvisejících:

- s bezpečnou a trvalou produkcí lesů,
- se zlepšením stavu a ochrany lesů,
- se zachováním a zlepšením biologické rozmanitosti v lesích,
- se zmírněním dopadů případných změn klimatu.

V disertační práci byly navrženy inovativní metody a způsoby myšlení při získávání užitečných, ale dosud neznámých, informací z existujících databází „*data mining*“.

---

<sup>2</sup> „Trvale udržitelné hospodaření je správa a využívání lesů a lesní půdy takovým způsobem a v takovém rozsahu, které zachovávají jejich biodiverzitu, produkční schopnosti a regenerační kapacitu, vitalitu a schopnost plnit v současnosti a budoucnosti odpovídající ekologické, ekonomické a sociální funkce na místní, národní a mezinárodní úrovni a které nepoškozují ostatní ekosystémy“ (2. ministerská konference o ochraně lesů v Evropě, Helsinky 1993).



Poprvé byl aplikován postup propojení numerických dat NIL (velikost databáze 2,1 GB) s grafickými objekty lesnické typologie (velikost databáze 1,1 GB) s cílem vytvořit podrobnou lesnickou mapu v měřítku 1 : 10 000.

Nejprve byl zpracován podrobný přehled výskytu smrku v lesních ekosystémech v závislosti na rozdílných podmínkách lesních stanovišť (Kapitola 6.1). Z výsledků analýzy zastoupení smrku v lesních ekosystémech ČR vyplývá, že smrk je v ČR pěstován i v lokalitách, které nejsou pro jeho výskyt optimální (Kapitola 7.1, Obr. 20). Toto zjištění dokládá velký zájem vlastníků lesů o smrk jakožto hlavní hospodářskou dřevinu. Mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku je pro vlastníky lesů důležité, neboť může přispět k rozhodnutí o dalším vývoji lesních ekosystémů. Výsledky tohoto druhu jsou rovněž podstatné pro oceňování lesního majetku za účelem prodeje, směny a pronájmu.

Následovala analýza výškových křivek smrku v růstových řadách, které byly stratifikovány podle souborů lesních typů (SLT). V dalším kroku byl stanoven bonitní a produkční potenciál smrku u hospodářsky významných SLT (Kapitola 6.2 a 6.3).

Údaje bonitního potenciálu smrku dat NIL byly propojeny s grafickými daty oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL) a následnou agregací vznikla příslušná tematická mapa v měřítku 1 : 10 000 (Kapitola 6.4). Podobným způsobem mohou být zpracovány další hlavní hospodářské dřeviny jako borovice, buk a dub.

Výsledky shlukové analýzy (Kapitola 6.5) mohou nalézt praktické uplatnění při tvorbě rámcových směrnic hospodaření a v lesnické typologii, respektive při klasifikaci lesního stanoviště typologickou jednotkou v průběhu venkovního šetření. Získané poznatky je možné rovněž aplikovat při kontrole lesnické typologie a rozvoji typologického systému lesů ČR. Zjištěné údaje lze využít jako podklad pro konstrukci růstových tabulek nového typu. Je obecně známo, že důvodem pro sestavení více druhů růstových tabulek by měly být výrazné vývojové a produkční rozdíly u hospodářsky významných SLT.

Závěry k praktickému využití výsledků analýz jsou formulovány v podkapitolách 6.1 až 6.5. Další podněty jsou analyzovány v rámci diskuse (podkapitoly 7.1 až 7.5). Kromě doporučení, která jsou uvedena u jednotlivých výsledků dílčích úkolů, je nutné klást větší důraz na zpřesňování metod při monitoringu lesních ekosystémů a více pozornosti věnovat prověřování přesnosti a analýze údajů ze souvisejících databází.

Údaje o produkčním potenciálu smrku mohou být aplikovány v OPRL (vyhláška č. 83/1996 Sb.) při verifikaci rámcových směrnic hospodaření a při tvorbě hospodářských souborů. Lze je využít v případě posouzení optimální dřevinné skladby, hodnocení biodiverzity lesních ekosystémů a přesnější specifikace podílu melioračních a zpevňujících

dřevin v lesních porostech. Také mohou být uplatněny při dodržování zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, a vyhlášky č. 335/2006 Sb., kterou se stanoví podmínky a způsob poskytování finanční náhrady za újmu vzniklou omezením lesního hospodaření.

Postupy použité v disertační práci podporují systematické vyhodnocování dat NIL a údajů lesnické typologie. Pomocí časových řad bude možné sledovat trend (vývoj) produkčního potenciálu smrku a výhledově dalších hlavních hospodářských dřevin. Tyto informace jsou významné pro hodnocení stavu a vývoje lesního hospodářství v ČR (např. Zprávu o stavu lesa a lesního hospodářství ČR). Také naleznou využití i na mezinárodní úrovni, např. při poskytování dat pro zprávy a studie vytvářené v rámci Evropské unie.

Výstupy disertační práce mohou být součástí podkladů pro realizaci klíčových akcí NLP II, protože tyto informace jsou podstatné pro tvorbu strategických a koncepčních dokumentů LH. Údaje tohoto typu mohou být aplikovány jako objektivní kritéria pro posuzování ekonomického a ekologického pilíře LH. Např. státní správa je může použít jako podklad pro vyhlášení dotačního titulu na přeměnu stejnorodých smrkových porostů na nevhodných stanovištích. Na základě výsledků disertační práce lze posoudit rozsah, finanční náklady a naléhavost z tohoto titulu navržených opatření v jednotlivých regionech ČR.

Získané poznatky mají význam pro studium produkčního potenciálu lesů a jeho časové dynamiky. V práci navržené postupy zpracování dat lépe zhodnocují náklady vynaložené na monitoring lesních ekosystémů. Výsledné informace poskytují podklady pro rozhodovací procesy státní správy a doporučení pro vlastníky lesů v konkrétních podmínkách hospodaření na lesním majetku.

## 9. Summary

EXAMINATION OF THE COURSE OF NORWAY SPRUCE *Picea abies* (L.) KARST.  
MEAN HEIGHT IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE CZECH REPUBLIC  
BASED ON THE NATIONAL FOREST INVENTORY DATA

Results of the National Forest Inventory conducted in the Czech Republic in 2001–2004 (NFI CR: Introduction, Methods, Results) indicated that the Norway spruce took up a total area of 1 138 424 ha and was the most widespread tree species in the Czech Republic (47.7%). The primacy of Norway spruce is given both by natural conditions and by the history of forest management (NOŽIČKA, 1957; MÁLEK, 1961). Forest owners favour the species for its easy management, relatively fast growth and manifold use of wood mass. That is why the Norway spruce reaches even outside of its natural range.

This doctoral thesis brings a new look at the share of Norway spruce in the forest ecosystems of the Czech Republic and the acquired knowledge will contribute to the fulfilment of the sustainable forestry concept. The results of the analysis provide a detailed breakdown of the Norway spruce share by particular FSCs and this information allows to specify in detail the measures in respect of the area size as well as in respect of the localization of the discussed changes. To achieve the recommended Norway spruce share of 36.8% (PRŮŠA, 2001a), the current representation of Norway spruce should be reduced by just 10.9% in forest ecosystems of the Czech Republic. The results of the analysis will also be applied in the revision of forest typology and are of key importance for the analysis of the production potential of forest stands in relation to different forest site conditions.

Yield class and production potentials of Norway spruce in forest ecosystems of the Czech Republic were established based on surveying the mean height of the species. Knowledge of the height growth of woody plants is of key importance for estimating and comparing productivity of forest sites. The analysis dwells on the presumption that identically delimited site units exhibit a uniform level of production (ASSMANN, 1961).

The submitted doctoral thesis stems out from data of the National Forest Inventory (NFI) conducted in the Czech Republic in 2001–2004 and stratified according to forest sites complexes (FSCs) classified in the Typological Classification System of Forests of the Czech Republic (PLÍVA, 2000). Based on FSCs, Norway spruce inventory plots were

arranged into growth series in which the height point field was analyzed by using the growth function (KORF, 1939). The growth series defined on the basis of typological units take into account the effect of essential site factors.

Results of the analysis made it possible to compare height growth, yield class and production potentials of Norway spruce in relation to site conditions. The map of the Norway spruce production potential on the scale of forest maps (1 : 10 000) is a brand new output. By interconnecting the NFI data with the typological (i.e. forest site classification) map, management measures can be applied to concrete sites. The gained knowledge is important for forest owners, for the modification of the target species composition of forests and for the practical fulfilment of the forest legislation (Decree no. 83/1996 Coll.). The state administration may use the results of this analysis to adjust endowment for the conversion of homogeneous spruce stands on inappropriate sites. In such case, the results of the presented analysis will make it possible to assess the scope and costs of forest operations as well as their urgency in particular regions. These considerations should take into account findings and conclusions of works that document the significance of Norway spruce as the main commercial species. In addition, the data can be applied in forest typology, e.g. in the typological research of forest sites (differentiation of typological units) and can be also considered a contribution to the development of the Typological Classification System of Forests of the Czech Republic.

**Keywords:** Norway spruce, production function of forests, forest site, Typological Classification System of Forests, forest sites complex, National Forest Inventory in the Czech Republic

## 10. Literatura

- ALBERT, M.; SCHMIDT, M. 2010. Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Forest Ecology and Management*. 2010, no. 259, s. 739–749.
- AMBROS, Z. 1991. Nová metoda hodnocení potenciální produkce typologických jednotek. In *Studium produkce porostů lesních dřevin, Bílý Kříž, 4.–7. 11. 1991*. [Brno] : Ústav systematické a ekologické biologie ČSAV Brno, [1991]. s. 5-8.
- ASSMANN, E. 1961. *Náuka o výnose lesa : organická produkcia, zloženie, prírastok a výnos lesných porastov*. C. MATULAY et J. PAŠKA (překl.). 1. vydanie. Bratislava : Príroda, 1969. 488 s. Přeloženo z *Waldetragskunde*, 1961.
- BALÍN, D.; VYSLYŠEL, K.; ZEMAN, M. 2009. Trvalé zkusné plochy a jejich využití v HÚL. In *Současná role a pozice HÚL v českém a slovenském LH*. H. PRKNOVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2009. Vydáno na CD, příspěvek č. 1. ISBN 978-80-213-1926-4, datum konání 13. 11. 2008.
- BATHO, A; GARCIA, O. 2006. De Perthuis and the origins of site index : a historical note. *FBMIS*. 2006, no. 1, s. 1–10.
- CAJANDER, A. K. 1927. *Pojem a význam lesních typů*. J. KONŠEL (překl.). Praha : MZe, 1927. 70 s.
- ČERNÝ, M. 2005. Růstové modely hlavních dřevin ČR a způsoby jejich využití v kombinaci s daty Národní inventarizace lesů v ČR. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 47–56. ISBN 80-213-1331-5.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J. 1989. Dynamický model vývoje porostní výšky smrku. *Lesnictví*. 1989, roč. 35, č.10, s. 879–898.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J. 1992. *Růstové modely hlavních dřevin České republiky : 1. etapa (zpracování první použitelné verze růstových modelů hlavních dřevin)*. Davle nad Vltavou : PYRUS, 1992. 46 s.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J. 1998. *Růstové tabulky dřevin České republiky: modřin, jedle, jasan, bříza, olše černá, topol, habr, akát, douglaska*. Jílové u Prahy : IFER, 1998. 14 s. Výzkumná zpráva.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J.; MALÍK, Z. 1993. *Růstové modely hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub) : 2. etapa (zpráva o výsledcích řešení za rok 1993)*. Davle nad Vltavou : PYRUS, 1993. 66 s.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J.; MALÍK, Z. 1994. *Růstové tabulky hlavních dřevin České republiky (smrk, borovice, buk, dub) : (uživatelská příručka)*. [s.l.] : IFER, 1994. 6 s.
- ČERNÝ, M.; PAŘEZ, J.; MALÍK, Z. 1996. *Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky : (smrk, borovice, buk, dub)*. 1. vydání. Jílové u Prahy : IFER, 1996. 245 s.

- ČESKO. Zákon č. 114 ze dne 21. 1. 2010 o ochraně přírody a krajiny, jak vyplývá z pozdějších změn. In *Sbírka zákonů, České republiky*. 2010, částka 5, s. 196–247.
- ČESKO. Zákon č. 200/1994 Sb. o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění zákona č. 120/2000 Sb., zákona č. 186/2001 Sb. zákona č. 319/2004 Sb., zákona č. 413/2005 Sb., zákona č. 444/2005 Sb. a zákona č. 124/2008 Sb. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2001, částka 109, s. 6681–6626.
- ČESKO. Zákon č. 289 ze dne 3. 11. 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů, České republiky*. 1995, částka 76, s. 3946–3967.
- ČESKO. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 83 ze dne 18. 3. 1996 o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a vymezení hospodářských souborů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 1996, částka 28, s. 946–970.
- ČESKO. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 84 ze dne 18. 3. 1996 o lesním hospodářském plánování. In *Sbírka zákonů, České republiky*. 1996, částka 28, s. 971–993.
- ČESKO. Vláda. Nařízení vlády č. 193/2000 Sb. ze dne 7. 6. 2000, kterým se vyhlašuje provedení inventarizace lesů v letech 2001 až 2004. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2000, částka 61, s. 2770–2776.
- ČESKO. Vláda. Nařízení vlády č. 430/2006 Sb. o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2006, částka 138, s. 5970–5973.
- CLARE, J.; RAY, D. 2001. A spatial model of Ecological Site Classification for forest management in Britani. In *Proceeding of the 4th AGILE conference on Geographic Information Science*. M. Konečný (ed.). Brno : [s.n.], 2001. s. 93–111.
- CULEK, M.; BUČEK, A.; GRULICH, V.; HARTL, P.; HRABICA, A.; KOCIÁN, J.; KYJOVSKÝ, Š.; LACINA, J. 2005. *Biogeografické členění České republiky. II. díl*. 1. vydání. Praha : AOPK ČR, 2005. 589 s. ISBN 80-86064-82-4.
- DOLEŽAL, B.; WOLF, J.; POLÁK, L.; MACHÁČ, D. 1971. Využití zákonitostí růstu lesních stromů a porostů v hospodářské úpravě lesů a pěstební technice. In VYSKOT, M. *Základy růstu a produkce lesů*. 1. vydání. Praha : SZN, 1971. s. 328.
- DRÁPELA, K. 2005. Statistické hodnocení růstových funkcí používaných v lesnických růstových modelech. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 29–38. ISBN 80-213-1331-5.
- DRÁPELA, K. 2006. Využití geograficky vážené regrese v lesnických modelech. In Komise biometrie České akademie zemědělských věd... *Biometrické metody a modely v současné vědě a výzkumu : XVII. letní škola biometrie, Lednice, 21.–25. 8. 2006*. J. HARTMANN; J. MICHÁLEK (eds.). 1. vydání. Brno : ÚKZÚZ, 2006. s. 81–90. ISBN 80-86548-89-9.

- DRÁPELA, K. 2009. Nelineární smíšené modely jako prostředek zpřesnění lesnických využitelných modelů. In *Stav a perspektivy rozvoje hospodářské úpravy lesů v ČR*. J. SIMON; P. MAZAL; Z. ČECH (eds.). Brno : MZLU v Brně, 2009. s. 103–108. ISBN 978-80-7375-266-8.
- ĎURSKÝ, J. 2003. Okolnosti podporující rastové simulátory jako prognostické modely. In ŠMELKO, Š.; SCHEER, L.; PETRÁŠ, R.; ĎURSKÝ, J.; FABRIKA, M. *Meranie lesa a dreva*. 1. vydání. Zvolen : Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, 2003. s. 204–206. ISBN 80-89100-14-7.
- FABRIKA, M. 2004. Ekologická bonitaci v modeli rastu lesa Sibyla na podklade klimatických a pôdných charakteristík. In *Bioklimatologické pracovné dni 2004*. B. ŠIŠKA; D. IGAZ (eds.). [s.l.] : [s.n.], 2004. s. 1–17.
- FABRIKA, M.; PRETZCH, H. 2011. *Analýza a modelovanie lesných ekosystémov*. 1. vydání. Zvolen : TU Zvolen, 2011. 599 s. ISBN 978-80-228-2181-0.
- FRIČ, J. 1947. *Zařízení lesů*. třetí přepracované. Písek : Československá matice lesnická, 1947. 516 s.
- GARCIA, O. 2004. Site index : Concepts and methods. In *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Forest Measurements and Quantitative Methods and Management & The 2004 Southern Mensurationists Meeting*. C. J. CIESZEWSKI; M. STRUB (eds.). Hot Springs, Arkansas USA : Warnell School of Forestry and Natural Resources, University of Georgia, 2006. s. 275–283.
- GE, Z.-M.; ZHOU, X.; KELLOMÄKI, S.; WANG, K.-Y.; PELTOLA, H.; VÄISÄNEN, H.; STRANDMAN, H. 2010. Effects of changing climate on water and nitrogen availability with implications on the productivity of Norway spruce stands in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*. 2010, no. 221, s. 1731–1743.
- GÖMÖRYOVÁ, E. 2004. Vplyv klimaticko-topografických faktorů na výšku smrkových porostů. In *Bioklimatologické pracovné dni 2004*. B. ŠIŠKA; D. IGAZ (eds.). [s.l.] : [s.n.], 2004. s. 1–17.
- HADAŠ, P. 1997. Speciální program pro odvození klimatických dat pro oblast Moravskoslezských Beskyd. In *Beskydy*. V. TESAR; E. KULA (eds.). Sv. 9. Brno : MZLU, 1997. s. 229–234.
- HADAŠ, P. 2000. Analysis of the climate as a stress factor to forest ecosystems. *Ekology*. 2000, vol. 19, no. 1, s. 162–176.
- HADAŠ, P. 2005a. Analýza stresových faktorů lesních ekosystémů vyšších poloh vázaných na klima. In *Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině – od koncepce k realizaci : Sborník významných výsledků institucionálního výzkumu LDF MZLU v Brně, řešeného v letech 1999–2004*. J. KULHAVÝ; A. SKOUPÝ; P. KANTOR; J. SIMON (eds.). Brno : LDF MZLU, 2005. s. 69–76. ISSN 80-7157-844-4.
- HADAŠ, P. 2005b. Vyhodnocení klimatických dat pro NIL. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2005. [Interní podklady ÚHÚL].

- HADAŠ, P.; KUŇÁK, D. 2006. Vláhová bilance vyšších vegetačních stupňů a její potenciální vliv na obnovu smrkových porostů. In . *Beskydy*. E. KULA; V. TESAŘ (eds.). Sv. 19. Brno : MZLU, 2006. s. 99–110.
- HADAŠ, P. 2009. Multivariation methods – tool for solving evaluation of the forest health conditions in the territory of the Jizerské hory Mts. In *Sustainable development and bioclimate : Proceedings Stará Lesná 2009*. A. PRIBULLOVÁ; S. BIČÁROVÁ (eds.). [s.l.] : Geophysical Institute SAS et Slovak Bioclimatological SAS, 2009. s. 83–84.
- HALAJ, J. 1959. Prieskum výškovej vzrastavosti drevín na Slovensku a návrh stupnic výškových bonít. *Lesnícký časopis*, 1959, roč. V, č. 3–4, s. 173–204.
- HALAJ, J. 1968. Produktivnost našich lesných drevín a porastov. In *Zvyšovanie prírastku lesov*. D. ZACHAR (ed.). 1. vydání. Bratislava : SAV, 1968. s. 21–40.
- HALAJ, J. 1971. Niektoré metodické otázky konštrukcie rastových tabuliek hlavných drevín ČSSR. *Lesníctví*. 1971, roč. 17, č. 10, s. 877–890.
- HALAJ, J. 1973a. Stredná a horná výška smrekových porastov ČSSR. *Lesnícký časopis*. 1973, roč. 19, č. 2, s. 129–145.
- HALAJ, J. 1973b. Výškový rast smrekových porastov ČSSR. *Lesníctví*. 1973, roč. 19, č. 1, s. 17–36.
- HALAJ, J. 1978. *Výškový rast a štruktúra porastov*. 1. vydání. Bratislava : Veda, 1978. 284 s.
- HALAJ, J.; ŘEHÁK, J. 1979. *Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR*. 1. vydání. Bratislava : Príroda, 1979. 352 s.
- HALAJ, J.; PÁNEK, F.; PETRÁŠ, R. 1987a. Výškový rast smreka na podklade nových rastových tabuliek (1980). *Lesníctví*. 1987, roč. 33, č. 10, s. 905–918.
- HALAJ, J.; GRÉK, F.; PÁNEK, R.; PETRÁŠ, R.; ŘEHÁK, J. 1987b. *Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR*. 1. vydání. Bratislava : Príroda, 1987. 362 s.
- HASENAUER, H.; NEMANI, R.R.; SCHADAUER, K.; RUNNING, S.W. 1999. Forest growth response to changing climate between 1961 and 1990 in Austria. *Forest Ecology and Management*. 1999, no. 122, s. 209–219.
- HLADÍK, M. 1991. Výskum štruktúry a produkcie zmiešaných porastov. In *Studium produkce porostů lesních dřevin*. [Brno?] : MZLU v Brně, 1991. s. 12–14. Místo konání: Bílý Kříž.
- HLAVÁČEK, S. 1968. Růstové vlastnosti smrku na různých lesních typech. *Lesnícký časopis*. 1968, roč. 14, č. 6, s. 519–536.
- HOLUŠA, J.; ŽÁRNÍK, M.; HOLUŠA, O. 2005. Poznámky k definici lesního typu : je LT rámcem jednotných růstových podmínek? In *Problematika lesnické typologie VII*. P. ŠAMONIL; J. DOUDA; V. JOZA. (eds.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. ISBN 80-213-1399-4.



- HORÁK, J., IVAN, I., INSPEKTOR, T. 2012. Prostorové hierarchické shlukování. In *GIS Ostrava – Současné výzvy geoinformatiky*. J. RŮŽIČKA (ed.). Ostrava-Poruba : VŠB - TUO, 2012. 8 s. ISBN 978-80-248-2558-8.
- HRUBAN, R. 2010. *Vyhodnocení klimatických charakteristik LVS*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2010. 101 s. Firemní dokument.
- JANOUSH, D.; HADAŠ, P.; DUBROVSKÝ, M. 2003. Dopady klimatické změny v Moravskoslezských Beskydech. *Lesnická práce*. 2003, roč. 82, č. 2, s. 24–25.
- KADAVÝ, J.; KNEIFL, M. 2009. Přírodě blízké lesní hospodářství a hospodářská úprava lesů. In *Možnosti přírodě blízkého hospodářství v českých zemích*. H. PRKNOVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2009. s. 8–16. ISBN 978-80-213-1969-1.
- KAHLE, H. P. 1996. Modelling the Dynamics of Growth – Climate Relationships of Norway Spruce and Silver Fir in High Elevations of the Black Forest. In *Conference on Effects of Environmental Factors on Tree and Stand Growth*. Dresden : TU Dresden sponsored by IUFRO S4.01, 1996. s. 93–103.
- KAHLE, H.P.; UNSELD, R.; SPIECKER, H. 2005. Forest Ecosystems in a Changing : Growth Patterns as Indicators for Stability of Norway Spruce within and betone the Limits of its Natural Range. In *Application and Analysis of the Map of the Natural Vegetation of Europe*. U. BOHN; C. HETTWER; G. GOLLUB (eds.). Bonn : Bundesamt für Naturschutz, 2005. s. 399–409.
- KANTOR, P. 2005. Stabilita alochtonního smrku a jeho produkční potenciál ve smíšených porostech chlumních oblastí. In *Trvale udržitelné hospodaření v lesích a v krajině – od koncepce k realizaci : Sborník významných výsledků institucionálního výzkumu LDF MZLU v Brně, řešeného v letech 1999–2004*. J. KULHAVÝ; A. SKOUPÝ; P. KANTOR; J. SIMON (eds.). Brno : LDF MZLU, 2005. s. 91–97. ISBN 80-7157-844-4.
- KANTOR, P.; HURT, V. 2003. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – V. A mixed spruce/beechn stand on a nutrient-rich site of the Křtiny Training Forest Enterprise. *Journal of Forest Science*. 2003, no. 49, s. 502–514.
- KAYAHARA, G.J.; KLINKA, K.; MARSHALL, P.L. 1998. Testing site index-site-factor relationships for predicting *Pinus contorta* and *Pice engelmannii* x *P. glauca* productivity in central British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*. 1998, no.110, s. 141–150.
- KÄLBLE, F. 1966. *Ertragskundliche und waldbauliche Auswertung der Standortskartierung im badischen Bodenseegebiet*. Stuttgart : Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, 1966. 152 s.
- KLINKA, K.; POJAR, J.; MEIDINGER, D.V. 1991. Revision of Biogeoclimatic Units of Coastal British Columbia. *Northwest Science*. 1991, vol. 65, no. 1, s. 32–47.
- KLINKA, K.; CHEN, H.Y.H. 2010. Reflections on the biogeoclimatic approach to ecosystem classification of forested landscap. *Irish Forestry*. 2010, s. 39–40.
- KONŠEL, J. 1931. *Stručný nástin tvorby a pěstění lesů v biologickém ponětí*. Písek : Čs. matice lesnická v Písku, 1931. 543 s.

- KORF, V. 1939. Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona hmot lesních porostů. *Lesnická práce*. 1939, roč. XVIII, s. 339–379.
- KORF, V. 1953. *Dendrometrie : Taxace lesů první část*. 1. vydání. Praha : SZN, 1953. 327 s.
- KORF, V. 1955. *Hospodářská úprava lesů : Taxace lesů druhá část*. 1. vydání. Praha : SZN, 1955. 363 s.
- KORF, V. 1961. *Příspěvek k poznání růstového procesu lesních porostů*. [s.l.], 1961. 143 s. Studie. VŠZ v Praze, Katedra HÚL a lesnické ekonomiky.
- KORF, V. 1967. Růst stejnověkých porostů a Backmanova růstová teorie. *Lesnický časopis*. 1967, roč. 13, č. 10, s. 855–872.
- KORF, V. 1971. Odvození celkové hmotové produkce lesních porostů. *Lesnictví*. 1971, roč. 17, č. 10, s. 903–922.
- KORF, V. 1973. Vymezení výškového růstového oboru pro smrkové růstové tabulky. *Lesnictví*. 1973, roč. 19, č. 10, s. 855–868.
- KORSUŇ, F. 1950. Zákon vzrůstu. *Lesnická práce*. 1950, roč. 29, č. 8, s. 319–331.
- KOUBA, J. 1969. *Analýza hospodářského procesu v lesním hospodářství pomocí matematických metod*. Praha, 1969. 241 s. Kandidátská disertační práce. Vysoká škola zemědělská v Praze (Vědecký lesnický ústav v Kostelci n. Č. lesy). Vedoucí práce doc. Dr. Ing. B. RYCHLÝ.
- KOUBA, J. 1987. Modelování vývoje nemocných lesů na základě náhodných procesů. *Lesnictví*. 1987, roč. 33, č. 10, s. 875–886.
- KOUBA, J. 1990. Poznámky k vývoji lesů a změnám jejich růstového prostředí. In *Lesy a lesní hospodářství ve třetím tisíciletí*. Praha : ČSVTS, 1990. s. 67–77.
- KOUBA, J. 2005a. Změny růstu a přírůstu lesů v České republice. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 99–106. ISBN 80-213-1331-5.
- KOUBA, J. 2005b. Odvození a rozbor Korfovy (1938) růstové funkce. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 107–115. ISBN 80-213-1331-5
- KOUBA, J.; ZAHRADNÍK, D. 2005. Korfova růstová funkce z roku 1939 – užití v lesnické vědě, její ohlas a postavení ve světě. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 7–28. ISBN 80-213-1331-5.
- KRAUS M., ZEMAN M. 2008. Druhovú skladbu lesních porostů v České republice. *Lesnická práce*. 2008, roč. 87, č. 1. s. 28–30.

- KUBOŠOVÁ, K.; KOMPRDA, J.; BEDNÁŘOVÁ, Z.; HÁJEK, O.; SÁŇKA, M.; JARKOVSKÝ, J.; MATOUŠKOVÁ, P.; KALÁBOVÁ, T. 2011. *Vyhodnocení dat Databáze lesnické typologie a úpravy typologického systému ÚHÚL : Závěrečná zpráva - 2. část*. Brno : CETOCOEN, Masarykova univerzita, 2011. 129 s.
- KUČERA M. 2010. Land category in the National Forest Inventory of the Czech Republic. *Acta univ. agric. et silvic.* Mendel. Brun. 2010, roč. LVIII, č. 5, s. 223–232.
- KUKLA, J.; KUKLOVÁ, M. 2007. Princípy bonitácie ekosystémov v oblasti lesného hospodárstva a poľnohospodárstva. In *Vliv biotických a abiotických stresorů na vlastnosti rostlin 2007*. L. BLÁHA (ed.). Praha : VÚRV v.v.i. Praha-Ruzyně, ČZU v Praze, 2007, s.76–86. ISBN 978-80213-1621-8 (ČZU v Praze).
- KULLA, L.; BOŠELA, M.; BURGAN, K. 2010. Potreba a možnosti inovácie rámcového plánovania HÚL na Slovensku. In *Súčasný a budúci hospodárskej úpravy lesov na Slovensku*. P. SZARKA; S. BORTEL; J. BAVLŠÍK (eds.). Zvolen : NLC, 2010. s. 42–50.
- KUPKA, I. 1991. Height growth changes in spruce stands in the Czech Republic. *Lesnictví*. 1991, roč. 37, č. 10, s. 795–805.
- LEPORSKÝ, A. 1950. *Výsledky použitelnosti výnosových tabulek Schwappachových pro sosnu, smrk, jedli, buk a dub pro státní lesy Čech a Moravy*. 1. vydání. Praha : Brázda, 1950. 189 s.
- LIKEŠ J., LAGA J. (1978): *Základní statistické tabulky*. Praha, SNTL: 564.
- MACKŮ, J. 2000. Lesní půdy. In MACKOVČIN, P.; JANDERKOVÁ, J. *Systém komplexního hodnocení půd – lesní půdy : projekt VAV/640/3/99*. Brno : AOPK ČR, 2000. s. 61–81.
- MACKŮ, J. 2001. *Ekosystémové analýzy OPRL 1996–2001*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2001. (Soubor analýz – interní firemní dokumentace).
- MACKŮ, J.; SMEJKAL, J.; PĚNIČKA, L.; ZOUHAR, V.; MIKESKA, M.; BOČEK, M.; HOLUŠA, O.; ŽÁRNÍK, M.; BŘEZOVJÁK, Š.; HRUBAN, R.; ROUBÍK, J.; TAUBR, K.; HORVÁT, M.; MACEK, L. 2004. *Oblastní typologický elaborát : pracovní postupy*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2004. 33 s.
- MACKŮ, J. 2005. Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na lesní hospodářství. In *Problematika lesnické typologie V*. J. VIEWEGH (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2003, s. 1–4. ISBN 80-213-1081-2.
- MACKŮ, J.; HANYCHOVÁ, H.; PODRACKÁ, O.; PAVLOŇOVÁ, G. 2006. *Analýzy zastoupení AVB dřevin na plochách IL dle typologických jednotek*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2006. 1 s., 41 souborů v SW EXCEL.
- MACHANSKÝ, M. 2010. Skúsenosti s určovaním rubných dôb na Slovensku. In *Obmýtie*. J. POHAN; P. KYZLÍK; I. KUBÁTOVÁ (eds.). Humpolec : ČKOLH, pobočka Dendrologická Dobřichovice, ČLS, 2010. s. 45–51. ISBN 978-80-02-02269-5.
- MÁLEK, J. 1961. K otázce původního areálu smrku v českých zemích. *Lesnictví*. 1961, roč. 7, č. 1, s. 35–53.

- MÁLEK, J. 1965. Šetření o produkčních poměrech v lesních typech. *Lesnický časopis*. 1965, č. 7, s. 655–670.
- MANSFELD, V. 2010. Příspěvek k vyšetření průběhu výšky smrku ztepilého v SLT na základě dat NIL. *Lesnická práce*, 2010, roč. 89, č. 11, s. 16–17.
- MANSFELD, V. 2011. Norway spruce in forest ecosystems of the Czech Republic in relation to different forest site conditions. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*. 2011, 11, s. 514–522.
- MANSFELD, V. 2012. Mapové zobrazení produkčního potenciálu smrku ztepilého *Picea abies* (L.) Karst. v lesních ekosystémech ČR. In *GIS Ostrava – Současné výzvy geoinformatiky*. J. RŮŽIČKA (ed.). Ostrava-Poruba : VŠB - TUO, 2012. 8 s. ISBN 978-80-248-2558-8.
- MATALA, J. 2005. *Impacts of climate change on forest growth : a modelling approach with application to management*. Joensuu : The Finnish Society of Forest Science, 2005. 26 s. Habilitační práce. Faculty of Forestry of the University of Joensuu.
- MELOUN, M.; MILITKÝ, J. 2002. *Kompendium statistického zpracování dat*. 1.vydání. Praha : Academia, 2002. 766 s. ISBN 80-200-1008-4.
- MONSERUD, R. A. 2003. Evaluating forest models in a sustainable forest management context. *FBMIS*. 2003, vol. 1, s. 35–47.
- MUSIL, D. 2005. Změny trendu výškového růstu smrkových porostů (*Picea abies* L. Karst.) sledované na TVP založených na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 91–97. ISBN 80-213-1331-5.
- NOŽIČKA, J. 1957. *Přehled vývoje našich lesů*. 1. vydání. Praha : SZN, 1957. 459 s.
- PACOUREK, P.; ZEMAN, M. 2009. Analýza rozdílů zásob v Národní inventarizaci lesů a Informacemi o stavu lesů. In *Současná role a pozice HÚL v českém a slovenském LH*. H. PRKNOVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2009. Vydáno na CD, příspěvek č.11. ISBN 978-80-213-1926-4, datum konání 13.11. 2008.
- PAŘEZ, J. 1965. Použitelnost Schwappacových vzrůstových tabulek (1902) pro stanovení zásoby mladších smrkových porostů. *Lesnický časopis*. 1965, roč. 2, s. 149–160.
- PEŘINA, V.; KADLUS, Z. 1968. Možnosti zvýšení přírůstavosti lesních porostů přirozenou obnovou. In *Zvyšovanie prírastku lesov*. D. ZACHAR (ed.). 1. vydání. Bratislava : SAV, 1968. s. 155–167.
- PLÍVA, K. 1971. *Typologický systém ÚHÚL*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 1971. 90 s.
- PLÍVA, K. 1986. Typologická klasifikace lesů v ČSR. In *RANDUŠKA, D.; VOREL, J. Fytocenológia a lesnícka typológia*. 1. vydání. Bratislava : Príroda, 1986. s. 221–300.
- PLÍVA, K. 1991. *Funkčně integrované lesní hospodářství : 1. Přírodní podmínky v lesním plánování*. 1. vydání. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 1991. 264 s.

- PLÍVA, K. 1999. Náplň typologie lesů. *Lesnická práce*. 1999, roč. 78, č. 4, s. (?).
- PLÍVA, K. 2000. *Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle souboru lesních typů*. 1. vydání. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2000. 214 s.
- PLÍVA, K.; ŽLÁBEK, I. 1986. *Přírodní lesní oblasti ČR*. 1. vydání. Praha : SZN, 1986. 316 s.
- POJAR, J.; KLINKA, K.; MEIDINGER, D. V. 1987. Biogeoclimatic Ecosystem Classification in British Columbia. *Forest Ecology and Management*. 1987, vol. 22, s. 119–154.
- POLÁK, J. 1965a. *Horní porostní výška*. Praha : ÚVTI MZLVH, 1965. 43 s. Studijní zpráva. [s.l.].
- POLÁK, L. 1965b. K otázce výzkumu produkční schopnosti stejnověkých porostů podle lesních typů. *Acta univ. agr. řada C*. 1965, roč. 1965, č. 1, s. 33–46.
- POLÁK, L. 1968. Produkční identita typů lesních biogeocenóz. *Lesnický časopis*. 1968, roč. 14, č. 9–10, s. 817–830.
- POLÁK, L. 1975. *Výzkum růstových charakteristik na typologických jednotkách : dílčí úkol VI-5-3/5*. Brno : VŠZ LF, 1975. 42 s. 7 tabulek, 12 grafů.
- POLÁK, L. 1985. *Růstové charakteristiky smíšených porostů na typologických jednotkách : dílčí úkol VI-6-5/02.1*. Brno : VŠZ LF, 1985. 48 s.
- POLÁK, L. 1990. Hospodářská opatření a objemová produkce : Smrkové porosty. In ŠEBÍK, L.; POLÁK, L. *Náuka o produkci dřeva*. 1. vydání. Bratislava : Příroda, 1990. s. 243–244. ISBN 80-07-00268-5.
- POLÁK, T.; CUDLÍN, P.; MORAVEC, I.; ALBRECHTOVÁ, J. 2007. Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains. *Trees*. 2007, 21, s. 23–35.
- POLENO, Z. 1975. *Výškový růst a přírůst smrku : dílčí závěrečná zpráva výzkumného úkolu VI-5-3/1*. Kostelec nad Černými lesy : Vysoká škola zemědělská v Praze, 1975. 124 s.
- PRETZCH, H. 2001. *Modellierung des Waldwachstums*. Berlin : Parey, 2001. 341 s., 1 CD. ISBN 3-8263-3377-2.
- PRETZCH, H. 2003. The elasticity of growth in pure and mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal of Forest Science*. 2003, roč. 49, s. 491–501.
- PRETZCH, H. 2005. Diversity and Productivity in Forests : Evidence from Long-Term Experimental Plots. In *Forest Diversity and Function : Temperate and Boreal System*. M. Scherer-Lorenzen; Ch. Körner; E.-D. Schulze (eds.). Berlin : Springer, 2005. s. 41–64. Ecological Studies, Vol. 176. ISBN 3-540-22191-3.
- PRIESOL, A. 1971. Produkční schopnost porostů podle lesních typů. In VYSKOT, M. *Základy růstu a produkce lesů*. 1. vydání. Praha : SZN, 1971. s. 263–266.

- PRŮŠA, E. 1975. *Elaborát typologického průzkumu Středočeské pahorkatiny*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 1975. 23 s., 50 příloh.
- PRŮŠA, E. 2001a. *Pěstování lesů na typologických základech*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2001. 593 s., 1 CD. ISBN 80-86386-10-4.
- PRŮŠA, E. 2001b. Přípomínky k problematice současné typologie. In *Problematika lesnické typologie III*. E. KRÍŽOVÁ; J. MACKŮ; I. MÍCHAL (eds.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2001. s. 95–98. ISBN 80-213-0797-8.
- PULKRAB, K.; SLOUP, M.; ŠIŠÁK, L. 2010. *Metodika stanovení optimálního počtu intenzity probírkových zásahů*. Praha : ČZU LDF, 2010. 30 s.
- QIUTT, E. 1975. *Klimatické oblasti ČSR 1 : 500 000*. Brno : Československá akademie věd - geografický ústav Brno, 1975. 1 mapa.
- RAY, D. 2008. Impacts of climate change on forest in Wales. *Forestry Commission Wales*. 2008, Research Note 301, s. 1–8.
- REHFUESS, K. E.; ÅGREN, G. I.; ANDERSON, F.; CANNELL, M. G. R.; FRIEND, A.; HUNTER, I.; KAHLE, H. P.; PRIETZEL, J.; SPIECKER, H. 1999. *Relationships Between Recent Changes of Growth and Nutrition of Norway Spruce, Scots Pine, and European Beech Forests in Europe : RECOGNITION*. Torikatu, Finland : EFI, 1999. 94 s. ISBN 952-9844-62-X. EFI Working Paper 19.
- ROD, J. 1974. Průběh středních výšek smrkových porostů v I. a II. věkové třídě. In *Zborník referátov z vedeckého sympózia s medzinárodnou účasťou : Metodika vyhotovenia rastových tabuliek*. Zvolen : VÚLHM, 1974. s. 76–83.
- ROD, J. 1979. Návrh konstrukce bonitních výškových křivek. *Lesnictví*. 1979, roč. 25, č. 10, s. 911–930.
- RÖTZER, T.; SEIFERT, T.; PRETZSCH, H. 2009. Modelling above and below ground carbon dynamics in a mixed beech and spruce stand influenced by climate. *Eur J Forest Res*. 2009, vol. 128, s. 171–182.
- ŘEHÁK, J. 1962. *Zvyšování přírůstu v lesích : dílčí závěrečná zpráva výzk. úkolu XII – 26.12. Výzkum dendrometrických veličin, studium růstových procesů*. Zbraslav : VÚLHM, 1962. 60 s.
- ŘEHÁK, J. 1971a. Růstové tabulky. In VYSKOT, M. *Základy růstu a produkce lesů*. 1. vydání. Praha : SZN, 1971. s. 301–327.
- ŘEHÁK, J. 1971b. Stanovištní podmínky a bonitační systém růstových tabulek. *Lesnictví*. 1971, roč. 17, č. 10, s. 955–966.
- SEQUENS, J.; KŘEPELA, M.; ZAHRADNÍK, D. 2004. Changes in trends of the height growth of spruce and pine derived from continuous measurements in forest management plans of Kostelec nad Černými lesy and on pilot research plots in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 2004, no. 50, s. 327–337.

- SEYNAVE, I; GÉGOUT, J. C.; HERVÉ, J. C.; DHÔTE, J. F.; DRAPIER, J.; BRUNO, É.; DUMÉ, G. 2004. ÉTUDE DES POTENTIALITÉS FORESTIÈRES POUR L'ÉPICÉA COMMUN DANS L'EST DE LA FRANCE À PARTIR DES DONNÉES DE L'INF. *Revue Forestière Française*. 2004, vol. LVI, s. 537–550.
- SEYNAVE, I; GÉGOUT, J. C.; HERVÉ, J. C.; DHÔTE, J. F. ; DRAPIER, J; BRUNO, E; DUMÉ, G. 2005. Picea abies site index prediction by environmental factors and understorey vegetation : a two-scale approach based on survey databases. *Can. J. For. Res.* 2005, vol.35, no. 7, s. 1669–1678.
- SEYNAVE, I; GÉGOUT, J. C.; HERVÉ, J. C.; DHÔTE, J. F. 2006. Facteurs écologiques et production du hêtre en France. *Revue Forêt-entreprise*. 2006, no. 167, s. 41–45.
- SEYNAVE, I; GÉGOUT, J. C.; HERVÉ, J. C.; DHÔTE, J. F. 2008. *How do climate and soil control the spatial distribution of Fagus sylvatica productivity?* Nancy Cedex, France : Inventaire Forestier National, 2008. 34 s.
- SCHWAPPACH, A. 1943. *Ertragstabellen der wichtigeren Holzarten*. Praha : Merkur, 1943. 43 s.
- SKOVSGAARD, J. P.; VANCLAY, J. K. 2008. Forest site productivity : a review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry*. 2008, vol. 81, no.1, s. 13–31.
- SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J. 2007. *Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin*. E. KRUPÍČKOVÁ (red.). Jíloviště–Strnady : VÚLHM, v.v.i., 2007. 46 s. Lesnický průvodce 2007/4. [Recenzovaná metodika].
- SMEJKAL, J.; MANSFELD, V.; KALČÍK, M. 2004. *Přirozené a současné rozšíření smrku ztepilého v nižších vegetačních stupních : Zpráva pro MZe, ředitele odboru tvorby lesů*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2004. 13 s., 2 mapy.
- SOUČEK, J.; TESAŘ, V. 2008. *Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů*. E. KRUPÍČKOVÁ (red.). Jíloviště–Strnady : VÚLHM, v.v.i., 2008. 35 s. Lesnický průvodce 4/2008. [Recenzovaná metodika].
- SPIECKER, H. 2000. Growth of Norway spruce (Picea abies [L.] Karst.) under changing environmental condition in Europe. In *Spruce monocultures in central Europe – problems and prospects : EFI Proceedings No. 33, 2000*. E. KLIMO; H. HAGER; J. KULHAVÝ (eds.). Joensuu : EFI, 2000. s. 11–26. ISBN 952-9844-76-X.
- SPIECKER, H.; LINDBER, M.; KAHLE, H. P. 2000. Current key sensitivities to weather and mechanisms limiting forest regeneration and growth. In *Expert assessment of the likely impacts of climate change on forests and forestry in Europe : EFI Proceedings No. 34, 2000*. S. KELLOMÄKI; T. KARJALAINEN; F. MOHREN; T. LAPVETELÄINEN (eds.). Joensuu : EFI, 2000. s. 65–71. ISBN 952-9844-80-8.
- SVOBODA, P. 1952a. *Život lesa*. Praha : Brázda, Nakladatelství jednotného svazu českých zemědělců, 1952. 894 s.
- SVOBODA, P. 1952b. *Nauka o lese*. 1. vydání. Praha : Přírodovědecké nakladatelství, 1955. 324 s.

- SVOBODA, P. 1953. *Lesní dřeviny a jejich porosty : Část I.* 1. vydání. Praha : SZN, 1953. 411 s.
- ŠEBÍK, L. 1990. Rast a prírastok porastov. In ŠEBÍK, L.; POLÁK, L. *Náuka o produkcii dreva*. 1. vydání. Bratislava : Príroda, 1990. s. 123–197. ISBN 80-07-00268-5.
- ŠINDELÁŘ J. 1996. Problematika druhové skladby lesních porostů v České republice. *Lesnická práce*. 1996, č. 2, s. 44–46.
- ŠMELKO, Š. 2003. Štatistické charakteristiky a matematické modely rozdelenia výšok stromov v poraste. In ŠMELKO, Š.; SCHEER, L.; PETRÁŠ, R; ĎURSKÝ, J; FABRIKA, M. *Meranie lesa a dreva*. 1. vydání. Zvolen : Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, 2003. s. 102–103. ISBN 80-89100-14-7.
- ŠMELKO, Š. 2009. Námety pre inováciu obsahu a metodiky zisťovania datvu lesa v rámci HÚL. In *Současná role a pozice HÚL v českém a slovenském LH*. H. PRKNOVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2009. CD nosič, příspěvek č. 13, datum konání 13. 11. 2008. ISBN 978-80-213-1926-4.
- ŠMELKO, Š; WENK, G.; ANTANAITIS, V. 1992. *Rast a štruktúra a produkcia lesa*. 1. vydání. Bratislava : Príroda, 1992. 342 s. ISBN 80-07-00544-7.
- ŠTYKAR, J. 2008. *Lesnická fytoecologie a typologie*. 1. vydání. Brno : MZUL v Brně, 2008. 252 s. ISBN 978-80-7375-144-9.
- TAUBER, R.; HOŘČÍKOVÁ, M.; KUČERA, M. 2007. *Analýza tvaru kmene smrk ztepilý, borovice lesní, buk lesní, dub zimní, dub letní : Metodika sběru dat*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2007. 53 s. [Interní dokument ÚHÚL].
- TENE, A.; TOBIN, B.; RAY, D.; BLACK, K.; NIEUWENHUIS, M. 2010. Adaptability of forest species to climate change. In *TRACE, Vol. 8. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR 10/05 : Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM 2009*. T. LEVANIC; J. GRICAR; P. HAFNER; R. KRAJNC; S. JAGODIC S; H. GÄRTNER H; I. HEINRICH; G. HELLE (eds.). Otočec, Slovenia : Forestry Institute, University of Ljubljana, 2010. s. 62–68.
- TRUHLÁŘ, J. 1962. Možnosti zjištění produkčního stavu lesních porostů a sledování jejich vývoje pro praktické účely pomocí typových bonit porostních. In VYSKOT, M. *Probírky : (Biotechnika a efektivnost)*. Praha : SZN, 1962. s. 255–266.
- ÚHÚL, 1964. *Předběžné výsledky typologického průzkumu v českých krajích (za období 1952–1963)*. Brandýs nad Labem, 1964. 1 s., 18 tabulek.
- ÚHÚL, 2003. *Inventarizace lesů, Metodika venkovního sběru dat (Verze 6)*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2003. 136 s.
- ÚHÚL, 2007. *Národní inventarizace lesů v České republice 2001–2004 : Úvod, metody, výsledky*. 1. vydání. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2007. 224 s. ISBN 978-80-7084-587-5.
- ÚHÚL, 2007–2008. *Oblastní typologický elaborát : Jednotlivé separáty pro 41 PLO*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2007–2008. 41 sv.



- ÚHÚL, 2008. *NÁRODNÍ LESNICKÝ PROGRAM PRO OBDOBÍ DO ROKU 2013*. Kostelec nad Černými lesy : ÚHÚL, 2008. 19 s. ISBN 978-80-7084-738-1.
- VAVŘÍČEK, D. 2001. NPR Kněhyně – typický příklad diferencovanosti edatopu. In *Problematika lesnické typologie III*. J. VIEWEGH (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2001. s. 114–119. ISBN 80-213-0797-8.
- VAVŘÍČEK, D. 2008. Stav půd vybraných území Krkonoš a Kněhyně v Moravskoslezských Beskydách. In P. SAMEC (ed.). *Metody zpracování dat v lesnickém monitoringu*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2008. s. 33–47. ISBN 978-80-87154-24-3.
- VAVŘÍČEK, D.; PECHÁČEK, J.; ŠIMKOVÁ, P. 2007. Dislokace smrkových porostů v oblasti Suchý vrch PLO 25 v aspektu půdně fyzikálních a odvozených klimatických podmínek stanoviště. In *Problematika lesnické typologie IX*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2007. s. 57–62. ISBN 978-80-213-1618-8.
- VEJPUSTKOVÁ, M.; ZAHRADNÍK, D.; ŠRÁMEK, V.; FADRHOŇSOVÁ, v. 2004. Growth trends of spruce in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*. 2004, no. 50, s. 67–77.
- VIEWEGH, J. 1997. Forestry Typology in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*. 1997, no. 43, s. 29–38.
- VIEWEGH, J.; KUSBACH, A.; MIKESKA, M. 2003. Czech forest ecosystems classification. *Journal of Forest Science*. 2003, no. 49, s. 85–93.
- VIEWEGH, J.; HITCHEN, V. A.; BOULDERSTONE, R. P. 2008. *Phytosociology and classification of vegetation*. 1. vydání. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2008. 78 s. ISBN 978-80-87154-26-7.
- VOKOUN J. 1997. Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů. *Lesnická práce*, roč. 76, č. 1, 48 s.
- WANG, G.G. 1998. Is height of dominant trees at a reference diameter an adequate measure of site quality? *Forest Ecology and Management*. 1998, no. 112, s. 49–54.
- WANG, G.G., KLINKA, K. 1996. Use of synoptic variables in predicting white spruce site index. *Forest Ecology and Management*. 1996, no. 80, s. 95–105.
- WECK, J. 1955. *Forstliche Zuwachs und Ertragskunde*. Radebeul und Berlin : Neumann Verlag, 1955. 160 s.
- WOLF, J. 1967. Bonita stejnověkého nesmíšeného porostu. *Lesnický časopis*. 1967, roč. 13, č. 12, s. 1037–1080.
- WOLF, J. 1971. Poznámky k problematice sestrojení růstových tabulek. *Lesnictví*. 1971, roč. 17, č. 10, s. 923–932.
- WOLF, J. 1979. Vějíř bonitních křivek porostní výšky růstových tabulek. *Lesnictví*. 1979, roč. 25, č. 10, s. 897–910.

- ZAHRADNÍK P. 2008. Kalamity v českých lesích – minulost a současnost. In: *Fakta a mýty o českém lesním hospodářství : sborník referátů*. Praha, 2008. s. 31–51.
- ZACH, J. 2004. *Inventarizace lesů v ČR : matematicko-statistických vyhodnocovacích metod*. Brandýs nad Labem : ÚHÚL, 2004. 233 s. [Interní dokument ÚHÚL].
- ZATLOUKAL, V. 2006. Uplatnění lesnické typologie při tvorbě lesních hospodářských plánů na podkladu provozní inventarizace lesů. In *Význam lesnické typologie pro současné lesní hospodářství*. J. MACKŮ, P. KYZLÍK., I. KUBÁTOVÁ (eds.). ŠLP Křtiny : ČS VTS – Česká lesnická společnost, 2006, s. 11–16. ISBN 80-02-01839-7.
- ZEMAN, M. 2005. Využití růstových funkcí v inventarizaci lesů. In *Růstové funkce v lesnictví : Korfova růstová funkce a její užití v lesnictví a ohlas ve světě*. P. NEUHÖFEROVÁ (ed.). Kostelec nad Černými lesy : ČZU v Praze, 2005. s. 29–38. ISBN 80-213-1331-5.
- ZEMAN, M. 2010. Modely výškových křivek a vyhodnocení dat trvalých zkusných ploch. *Zprávy lesnického výzkumu : Speciál 2010*. 2010, s. 62–67.
- ZLATNÍK, A. 1956. Nástin lesnické typologie na biocenologickém základě a rozlišení československých lesů podle skupin lesních typů. In POLANSKÝ, B. *Pěstování lesů 3. díl*. Praha : SZN, 1956. s. 317–401.
- ZLATNÍK, A. 1978. *Lesnická fytoecologie*. 1. vydání. Praha : SZN, 1978. 495 s.
- ZPRÁVA O NAPLŇOVÁNÍ CÍLE 2010 V OCHRANĚ BIODIVERZITY V ČR. 2010. Praha : MŽP a AOPK. 2010, 75 s. ISBN 978-80-7212-554-8.
- ZPRÁVA O STAVU LESA A LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2010. Praha : MZe, 2011. 128 s. ISBN 978-80-7084-995-8.
- ŽÁK, L. 2004a. Shluková analýza I. *Automatizace*. 2004, roč. 47, č. 3, s. 180–182.
- ŽÁK, L. 2004b. Shluková analýza II. *Automatizace*. 2004, roč. 47, č. 3, s. 251–253.
- ŽÁK, L. 2004c. Shluková analýza III. *Automatizace*. 2004, roč. 47, č. 5, s. 320–322.



**Příloha 2. Výsledek analýzy výškových křivek smrku v růstových řadách**

SLT	SUM IP	BP	SI	d <sub>1,3 100</sub>	m <sup>3</sup> <sub>100</sub>	m <sup>3</sup> / ha <sub>100</sub>	PP <sub>kul</sub>	PP <sub>hkul</sub>	PP <sub>h40</sub>	PP <sub>h70</sub>	RR <sub>40</sub>	RR <sub>70</sub>	RR <sub>100</sub>	ZR <sub>40</sub>	ZR <sub>70</sub>	ZR <sub>100</sub>	IR <sub>40</sub>	IR <sub>70</sub>	IR <sub>100</sub>	KD	S <sup>2</sup> <sub>100</sub>	S <sub>100</sub>	S % <sub>100</sub>	A	k	n
5B	203	5	32,3	41,27	1,876	770	23,2	0,57	0,52	0,40	0,3449	0,1746	0,1069	-0,0504	-0,0273	-0,0170	0,0166	0,0062	0,0033	0,77	22,62	4,76	15%	50,00	10,79	1,757
6O	68	5	32,1	38,62	1,655	763	13,4	0,57	0,47	0,38	0,3211	0,2137	0,1595	-0,1701	-0,1152	-0,0865	0,0171	0,0080	0,0050	0,86	3,31	1,82	6%	133,87	2,46	1,348
6V	54	4	31,8	41,08	1,828	752	36,31	0,47	0,46	0,39	0,4198	0,1989	0,1126	-0,0120	-0,0087	-0,0054	0,0226	0,0073	0,0035	0,87	31,76	5,64	18%	44,90	39,59	2,024
3D	33	4	31,2	38,12	1,566	730	16,26	0,56	0,48	0,38	0,3135	0,1905	0,1332	-0,1197	-0,0745	-0,0525	0,0164	0,0072	0,0043	0,83	22,41	4,73	15%	77,70	3,69	1,468
5F	42	4	31,2	39,76	1,688	731	18,10	0,62	0,52	0,39	0,3064	0,1580	0,0989	-0,0686	-0,0368	-0,0233	0,0147	0,0058	0,0032	0,80	12,85	3,59	11%	49,99	7,01	1,672
5V	44	4	31,0	39,88	1,685	724	17,85	0,59	0,50	0,38	0,3087	0,1686	0,1096	-0,0824	-0,0465	-0,0305	0,0154	0,0063	0,0035	0,80	11,36	3,37	11%	55,69	5,68	1,603
5O	84	4	30,8	38,19	1,548	716	9,5	0,69	0,49	0,38	0,2837	0,1745	0,1242	-0,1607	-0,1002	-0,0716	0,0144	0,0066	0,0040	0,86	0,88	0,94	3%	87,56	2,39	1,386
5S	508	4	30,7	38,10	1,536	713	18,6	0,60	0,51	0,38	0,3048	0,1587	0,0999	-0,0679	-0,0368	-0,0234	0,0150	0,0059	0,0033	0,73	11,13	3,34	11%	49,99	7,01	1,667
4H	34	4	30,6	36,47	1,416	709	28,59	0,59	0,55	0,40	0,3477	0,1191	0,0559	-0,0031	-0,0025	-0,0013	0,0158	0,0042	0,0018	0,86	4,23	2,06	7%	34,99	94,98	2,358
4O	86	4	30,3	37,00	1,436	699	12,6	0,66	0,50	0,38	0,2810	0,1596	0,1074	-0,1149	-0,0665	-0,0450	0,0140	0,0061	0,0035	0,86	4,80	2,19	7%	61,54	3,55	1,500
4B	201	4	30,0	38,06	1,492	688	18,9	0,61	0,51	0,38	0,2943	0,1452	0,0882	-0,0545	-0,0282	-0,0173	0,0144	0,0055	0,0029	0,71	21,98	4,69	16%	44,72	8,69	1,735
5P	54	4	29,7	31,98	1,083	677	9,3	0,65	0,47	0,36	0,2773	0,1750	0,1268	-0,1648	-0,1054	-0,0767	0,0148	0,0069	0,0043	0,76	0,73	0,86	3%	97,45	2,23	1,359
3B	100	4	29,7	36,08	1,341	678	8,7	0,69	0,48	0,36	0,2698	0,1655	0,1178	-0,1601	-0,0994	-0,0711	0,0140	0,0065	0,0040	0,72	10,21	3,20	11%	84,61	2,27	1,379
4S	348	4	29,6	36,13	1,341	674	21,8	0,61	0,52	0,38	0,2953	0,1267	0,0699	-0,0267	-0,0126	-0,0071	0,0141	0,0047	0,0024	0,71	14,24	3,77	13%	37,98	18,65	1,949
6S	159	4	29,6	38,43	1,497	675	22,6	0,51	0,47	0,37	0,3164	0,1695	0,1078	-0,0583	-0,0330	-0,0213	0,0170	0,0066	0,0036	0,74	12,02	3,47	12%	50,58	8,35	1,680
3H	103	4	29,1	34,93	1,238	657	13,1	0,62	0,48	0,36	0,2735	0,1563	0,1055	-0,1095	-0,0639	-0,0434	0,0143	0,0062	0,0036	0,72	8,80	2,97	10%	60,15	3,61	1,499
5A	38	4	28,8	38,01	1,423	647	2,67	1,09	0,49	0,36	0,2329	0,1460	0,1064	-0,2238	-0,1412	-0,1031	0,0119	0,0058	0,0037	0,66	13,52	3,68	13%	110,26	1,31	1,275
6P	120	4	28,5	35,56	1,249	637	16,0	0,59	0,47	0,36	0,2743	0,1478	0,0955	-0,0797	-0,0442	-0,0288	0,0145	0,0059	0,0033	0,79	3,17	1,78	6%	49,97	5,24	1,597
3S	370	4	28,4	33,48	1,117	633	15,9	0,59	0,47	0,36	0,2723	0,1459	0,0940	-0,0786	-0,0434	-0,0282	0,0143	0,0059	0,0033	0,68	12,65	3,56	13%	49,25	5,29	1,602
4I	41	4	28,1	33,80	1,122	623	1,83	0,93	0,44	0,34	0,2452	0,1694	0,1318	-0,2567	-0,1786	-0,1392	0,0139	0,0072	0,0047	0,68	6,99	2,64	9%	334,82	1,12	1,189
3P	34	3	27,7	30,67	0,929	609	3,64	0,86	0,45	0,34	0,2358	0,1513	0,1118	-0,2078	-0,1344	-0,0995	0,0130	0,0064	0,0040	0,61	17,92	4,23	15%	121,10	1,42	1,274
5K	504	3	27,5	32,42	1,017	603	14,8	0,60	0,47	0,35	0,2571	0,1365	0,0876	-0,0783	-0,0427	-0,0276	0,0138	0,0056	0,0032	0,63	19,96	4,47	16%	46,81	5,03	1,599
4K	219	3	27,3	30,89	0,925	596	12,2	0,64	0,47	0,34	0,2444	0,1323	0,0863	-0,0932	-0,0515	-0,0338	0,0130	0,0055	0,0032	0,60	24,39	4,94	18%	48,66	3,92	1,547
3O	42	3	27,3	32,72	1,025	597	9,25	0,75	0,48	0,35	0,2281	0,1229	0,0804	-0,1074	-0,0587	-0,0385	0,0118	0,0050	0,0029	0,71	9,29	3,05	11%	48,42	3,14	1,514
5N	69	3	27,1	33,60	1,066	590	31,7	0,48	0,47	0,35	0,3365	0,1148	0,0531	-0,00001	-0,0015	-0,00085	0,0180	0,0046	0,0020	0,61	11,77	3,43	13%	31,09	134,41	2,418
4P	100	3	26,9	30,74	0,902	583	10,1	0,69	0,47	0,34	0,2308	0,1253	0,0822	-0,1027	-0,0566	-0,0373	0,0123	0,0053	0,0031	0,66	12,13	3,48	13%	48,52	3,32	1,518
3I	111	3	26,9	32,55	0,999	584	1,00	1,58	0,47	0,34	0,2015	0,1266	0,0928	-0,2459	-0,1552	-0,1139	0,0107	0,0054	0,0035	0,51	9,98	3,16	12%	120,05	1,00	1,231
6N	91	3	26,8	35,00	1,132	581	17,6	0,53	0,44	0,34	0,2629	0,1387	0,0882	-0,0652	-0,0356	-0,0229	0,0148	0,0059	0,0033	0,67	6,29	2,51	9%	44,87	6,24	1,639
6K	375	3	26,3	34,52	1,081	565	14,0	0,58	0,45	0,33	0,2430	0,1296	0,0835	-0,0787	-0,0430	-0,0279	0,0135	0,0056	0,0032	0,64	12,84	3,58	14%	45,25	4,70	1,586
3K	291	3	26,2	29,00	0,789	560	9,8	0,68	0,46	0,33	0,2247	0,1231	0,0813	-0,1041	-0,0579	-0,0384	0,0123	0,0053	0,0031	0,57	14,16	3,76	14%	48,48	3,16	1,504
3N	33	3	25,9	29,45	0,801	551	33,94	0,37	0,37	0,31	0,3230	0,1714	0,1057	-0,0247	-0,0155	-0,0099	0,0218	0,0078	0,0041	0,53	25,84	5,08	20%	42,37	18,64	1,830
7G	37	3	25,7	34,53	1,054	546	17,44	0,53	0,43	0,32	0,2463	0,1248	0,0773	-0,0551	-0,0290	-0,0182	0,0142	0,0055	0,0030	0,72	22,80	4,77	19%	39,77	7,08	1,685
2S	52	3	25,2	28,65	0,739	528	1,22	1,23	0,43	0,31	0,1995	0,1289	0,0961	-0,2306	-0,1497	-0,1118	0,0116	0,0059	0,0038	0,47	48,31	6,95	28%	143,73	1,04	1,219
2I	39	3	25,0	28,29	0,716	522	17,76	0,64	0,49	0,33	0,2047	0,0763	0,0389	-0,0170	-0,0069	-0,0036	0,0104	0,0033	0,0016	0,53	4,23	2,06	8%	28,91	22,18	2,077
5M	34	3	25,0	27,64	0,687	522	1,25	1,09	0,41	0,31	0,2051	0,1363	0,1034	-0,2330	-0,1556	-0,1183	0,0124	0,0063	0,0041	0,62	18,03	4,25	17%	194,57	1,05	1,202
7K	159	2	23,9	33,97	0,943	490	12,3	0,53	0,40	0,30	0,2209	0,1258	0,0848	-0,0926	-0,0537	-0,0364	0,0139	0,0060	0,0035	0,72	8,78	2,96	12%	49,01	3,45	1,494
2H	34	2	23,3	27,40	0,625	470	22,89	0,50	0,43	0,31	0,2287	0,0860	0,0435	-0,0108	-0,0049	-0,0025	0,0132	0,0040	0,0019	0,23	36,87	6,07	26%	27,49	35,41	2,139
2K	94	2	22,5	25,27	0,520	446	18,6	0,60	0,46	0,30	0,1752	0,0580	0,0275	-0,0085	-0,0032	-0,0016	0,0096	0,0027	0,0012	0,40	3,88	1,97	9%	24,82	38,66	2,250
2P	31	2	22,4	26,78	0,573	444	23,20	0,53	0,45	0,30	0,2012	0,0604	0,0266	-0,0028	-0,0013	-0,0006	0,0113	0,0029	0,0012	0,39	34,99	5,92	26%	24,29	98,12	2,459
0K	93	2	22,3	24,09	0,473	440	20,6	0,54	0,43	0,30	0,1943	0,0676	0,0328	-0,0089	-0,0036	-0,0018	0,0112	0,0032	0,0015	0,25	20,49	4,53	20%	25,16	38,97	2,211
5H	27	5	33,2	41,33	1,941	803	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89	-	-	-	61,82	6,35	1,612
4D	25	5	32,3	39,78	1,757	770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81	-	-	-	49,57	10,91	1,761
6A	22	4	30,1	41,19	1,726	692	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-	51,59	12,52	1,746
4A	26	4	29,1	36,35	1,329	657	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,85	-	-	-	161,01	1,57	1,268
0N	27	4	28,8	32,97	1,104	646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-	-	398,07	1,88	1,239

SLT	SUM IP	BP	SI	d <sub>1,3 100</sub>	m <sup>3</sup> <sub>100</sub>	m <sup>3</sup> / ha 100	PP <sub>kul</sub>	PP <sub>hkul</sub>	PP <sub>h40</sub>	PP <sub>h70</sub>	RR <sub>40</sub>	RR <sub>70</sub>	RR <sub>100</sub>	ZR <sub>40</sub>	ZR <sub>70</sub>	ZR <sub>100</sub>	IR <sub>40</sub>	IR <sub>70</sub>	IR <sub>100</sub>	KD	S <sup>2</sup> <sub>100</sub>	S <sub>100</sub>	S % <sub>100</sub>	A	k	n
5I	27	4	28,7	34,16	1,172	643	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63	-	-	-	29,48	313,20	2,721
3A	27	3	27,8	34,37	1,142	613	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	-	-	-	112,96	2,02	1,325
4N	22	3	27,1	30,46	0,895	589	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-	44,16	5,96	1,640
2B	24	3	26,8	29,65	0,842	579	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	-	-	-	66,10	2,66	1,422
6G	23	3	26,6	32,26	0,971	574	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-	264,34	0,84	1,169
0G	20	3	26,2	29,41	0,809	560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49	-	-	-	280,26	0,82	1,163
7P	20	3	25,4	35,14	1,073	536	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	-	-	-	28,01	66,17	2,339
7S	20	3	24,4	36,22	1,082	506	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	-	-	-	268,68	0,94	1,175
2C	20	3	23,2	26,50	0,586	467	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	-	-	-	22,84	916,31	3,267
7N	22	2	22,5	31,56	0,772	448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	-	-	-	29,81	9,78	1,814
8K	20	2	20,8	30,64	0,67	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57	-	-	-	38,96	4,77	1,564
6I	19	4	30,5	36,80	1,433	706	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72	-	-	-	43,84	28,77	1,959
4F	18	4	29,3	35,20	1,265	664	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68	-	-	-	31,57	611,25	2,826
3L	16	4	28,9	36,52	1,33	651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67	-	-	-	331,94	1,00	1,180
6Y	15	2	23,1	29,14	0,69	465	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-	357,06	1,71	1,226
7R	14	1	18,7	24,06	0,386	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32	-	-	-	234,21	0,64	1,135
8R	16	1	15,6	22,77	0,285	264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	-	-	-	412,03	0,49	1,097
8Z	19	1	14,9	24,46	0,307	248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	-	-	-	48,63	1,39	1,292

**Legenda:**

**SLT** soubor lesních typů

**SUM IP** počet inventarizačních ploch

**BP** bonitní potenciál

**SI** stanovištní index (*m*)

**d<sub>1,3 100</sub>** výčetní tloušťka smrku ve sto letech (cm)

**m<sup>3</sup><sub>100</sub>** objem středního kmene ve sto letech (*m*<sup>3</sup>)

**m<sup>3</sup>/ha<sub>100</sub>** hektarová zásoba ve sto letech (stanovena na základě SI a d<sub>1,3 100</sub>)

**PP<sub>kul</sub>** kulminace průměrného přírůstu – věk

**PP<sub>hkul</sub>** kulminace průměrného přírůstu – *m*<sup>3</sup>

**PP<sub>h</sub>** hodnota průměrného přírůstu (*m*<sup>3</sup>) dle indexu ve 40 a 70 letech

**RR** rychlost růstu (*m . rok*<sup>-1</sup>) dle indexu v příslušných letech

**ZR** zrychlení růstu (*m . rok*<sup>-2</sup>) dle indexu v příslušných letech

**IR** intenzita růstu (100 . *rok*<sup>-1</sup>) dle indexu v příslušných letech

**KD** koeficient determinace

**S<sup>2</sup><sub>100</sub>** rozptyl

**S<sub>100</sub>** směrodatná odchylka

**S %<sub>100</sub>** variační koeficient

**A, k, n** parametry Korfovy růstové funkce

## Příloha 3. Produkční charakteristiky vybraných SLT

### OK Kyselý (dubový–bukový) bor

2,1 % v lesních ekosystémech ČR

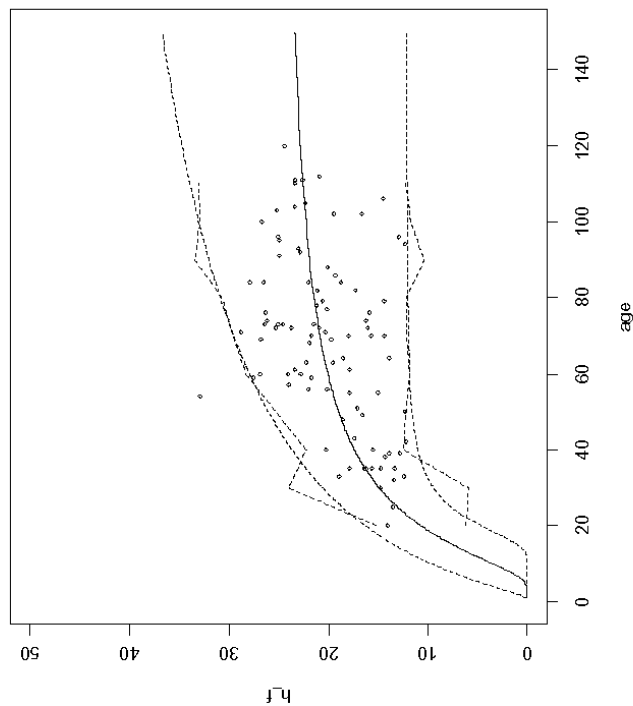
#### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	42,45	40,05	56,84	39,04	62,27	83,90	94,36	69,97	58,33	49,59	47,64	59,08
°C	-1,15	-0,30	3,21	7,84	12,75	15,80	17,72	17,47	12,82	7,81	2,55	-0,67

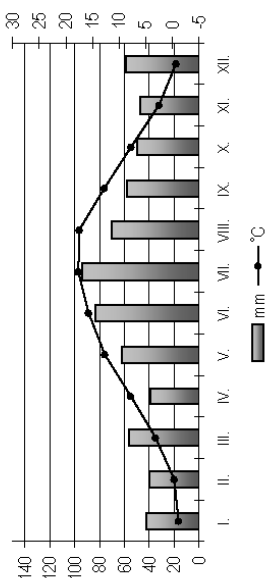
$\bar{x}$   $\bar{x}$   $\hat{x}$  S Min. Max. max-min

Průměrný roční úhrn srážek	704	684	664	60,943	594	882	289
Průměrná roční teplota vzduchu	8,0	8,1	8,3	0,474	6,7	8,7	2,0
Delka vegetační doby	156	157	158	7,178	135	168	33

#### Věková výšková křivka na SLT OK



Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Langův dešťový faktor

88,1

#### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	1%	MT07	14%	T02	2%
MT02	2%	MT09	27%		
MT03	11%	MT10	9%		
MT04	9%	MT11	27%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

5

#### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 13 Cílové BO hodpodářství na přirozených borových stanovištích (PLIVA, 2000)

SI smrku

22,3

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

24,09 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

0,473 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

440 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

2

## 2K Kyselá buková doubrava

2,2 % v lesních ekosystémech ČR

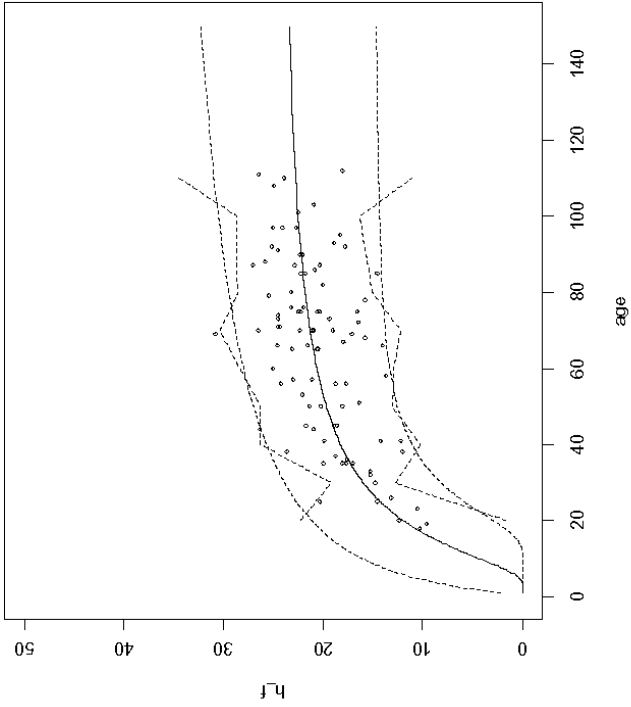
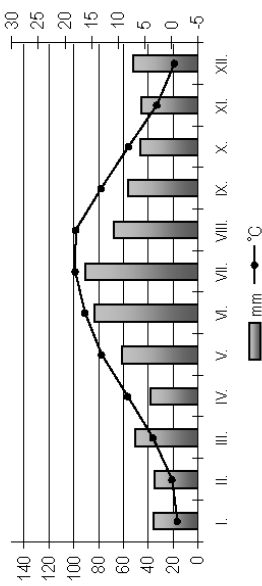
### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	35,34	35,17	50,54	38,49	61,04	82,88	90,84	67,80	56,13	46,26	45,65	52,42
°C	-1,12	-0,15	3,49	8,22	13,12	16,19	18,09	17,98	13,19	8,04	2,72	-0,62

$\bar{x}$   $\bar{x}$   $\hat{x}$  S Min. Max. max-min

Průměrný roční úhrn srážek	663	667	664	30,716	574	733	159
Průměrná roční teplota vzduchu	8,3	8,3	#N/A	0,334	7,5	8,9	1,4
Délka vegetační doby	158	157	156	5,390	146	170	24

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 2K

Langův dešťový faktor

80,2

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

MT04	6%	MT10	20%
MT05	2%	MT11	43%
MT07	5%	T02	15%
MT09	8%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) **1**

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) **5**

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 23 Cílové BO (DB, BK) hodpodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 22,5

Sířdní výčetní tloušťka ve 100 letech 25,27 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 0.520 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 446 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 2

### 3K Kyselá dubová bučina

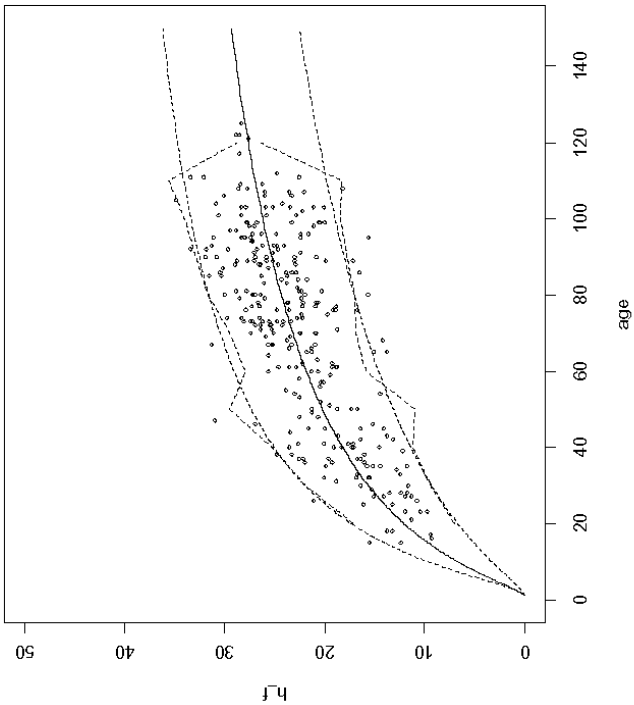
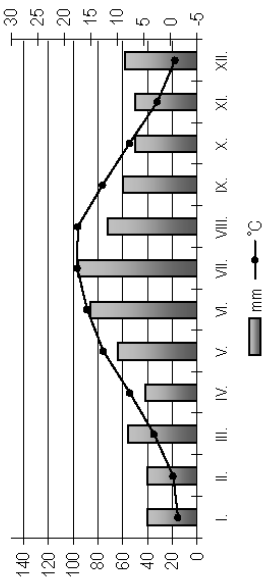
4,6 % v lesních ekosystémech ČR

#### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	40,16	39,92	56,17	42,03	64,07	86,62	95,79	71,67	59,81	49,85	49,57	58,14
°C	-1,36	-0,47	3,07	7,73	12,65	15,70	17,60	17,48	12,76	7,71	2,43	-0,88

	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	714	703	700	56,893	585	886	301
Průměrná roční teplota vzduchu	7,9	7,9	8,2	0,396	6,6	8,9	2,3
Délka vegetační doby	153	153	154	5,986	130	170	40

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 3K

Langův dešťový faktor

90,4

Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

MT02	3%	MT07	27%	T02	2%
MT03	6%	MT09	12%		
MT04	9%	MT10	17%		
MT05	8%	MT11	16%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

5

#### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 43 Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 26,2

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 29,00 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 0,789 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 560 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3



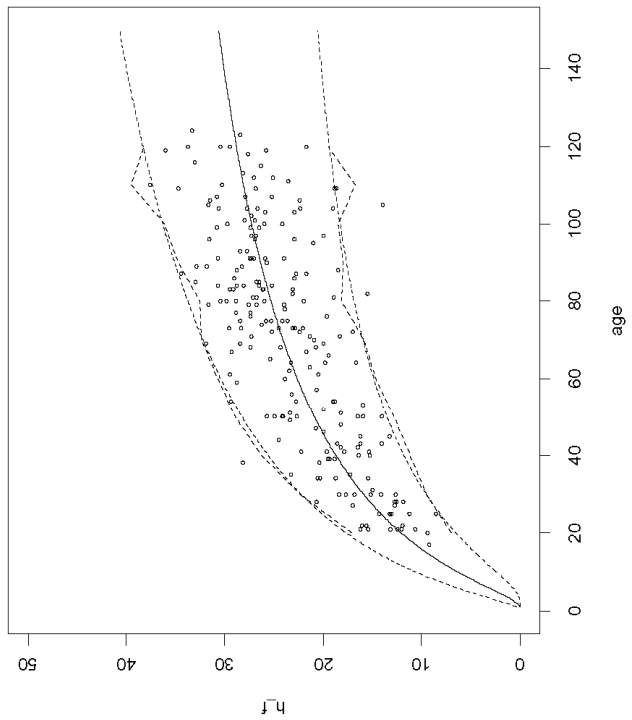
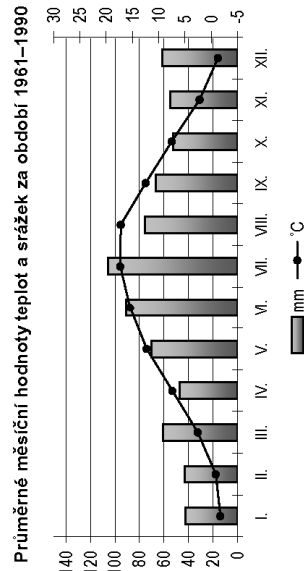
## 4K Kyselá bučina

2,9 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	42,35	43,14	60,47	47,48	70,03	90,96	105,59	75,40	66,87	52,75	54,81	61,20
°C	-1,74	-0,85	2,58	7,39	12,30	15,44	17,31	17,22	12,49	7,52	2,21	-1,30

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	771	753	701	68,945	657	1000	343
Průměrná roční teplota vzduchu	7,5	7,6	7,8	0,319	6,6	8,3	1,7
Délka vegetační doby	149	148	148	3,982	136	160	24



Langův dešťový faktor 102,2

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	6%	MT05	16%	MT11	1%
MT02	11%	MT07	30%		
MT03	14%	MT08	15%		
MT04	4%	MT10	4%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 4

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 43 Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 27,3

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 30,89 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 0,925 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 596 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3

## 5K Kyselá jedlová bučina

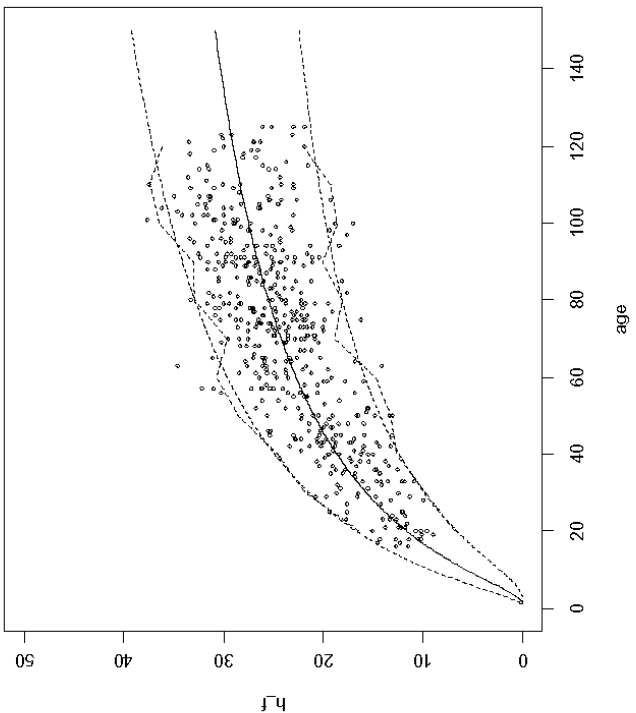
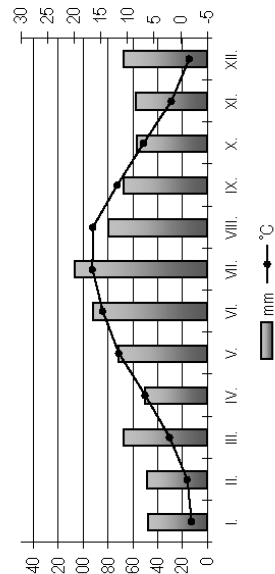
6,4 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
mm	47,79	48,41	67,43	50,48	71,17	92,03	106,71	79,39	67,84	56,89	57,86	67,87	
°C	-2,02	-1,22	2,09	6,68	11,59	14,67	16,59	16,47	11,86	6,96	1,72	-1,57	
$\bar{x}$							$\bar{x}$	$\hat{x}$	Min.	Max.	max-min		
							814	798	825	80,943	664	1229	566

Průměrný roční úhrn srážek	7,0
Průměrná roční teplota vzduchu	6,6
Délka vegetační doby	141
	142
	144
	107
	165
	58

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 5K

Langův dešťový faktor 116,3

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH06	2%	MT04	5%
CH07	25%	MT05	12%
MT02	4%	MT07	10%
MT03	41%	MT09	2%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové stády (PLIVA, 2000) 4

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 53 Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 27,5

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 32,42 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 1,017 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 603 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3

## 6K Kyselá smrková bučina

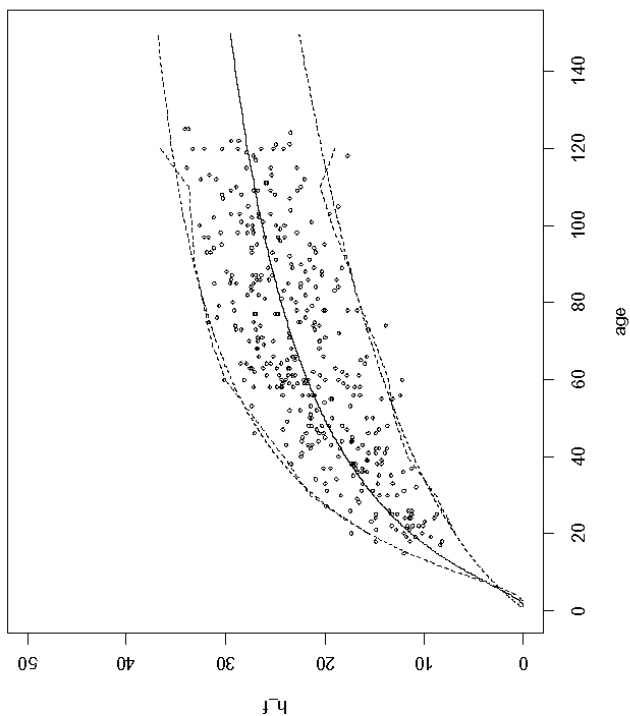
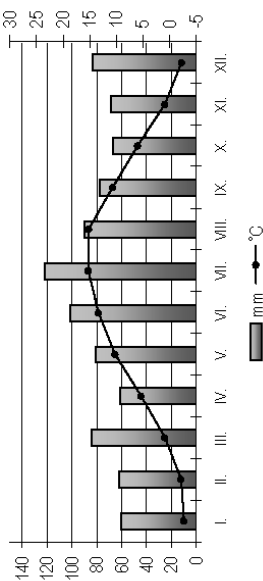
4,5 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	60,29	61,80	84,19	60,93	80,90	101,65	122,36	89,61	77,73	66,93	68,70	83,67
°C	-2,67	-2,12	0,91	5,35	10,28	13,34	15,28	15,22	10,74	6,02	0,89	-2,29

	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	959	928	920	120,677	753	1320	568
Průměrná roční teplota vzduchu	5,9	5,9	5,6	0,602	4,1	7,5	3,5
Délka vegetační doby	127	127	127	8,555	102	152	50

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 6K

Langův dešťový faktor

162,5

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH04	1%	MT03	9%
CH06	25%	MT04	1%
CH07	62%		
MT02	1%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

4

### Produkční charakteristiky

HS 53 Cílové SM (BK, JD) hospodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 26,3

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 34,52 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 1,031 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 565 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3

## 7K Kyselá buková smrččina

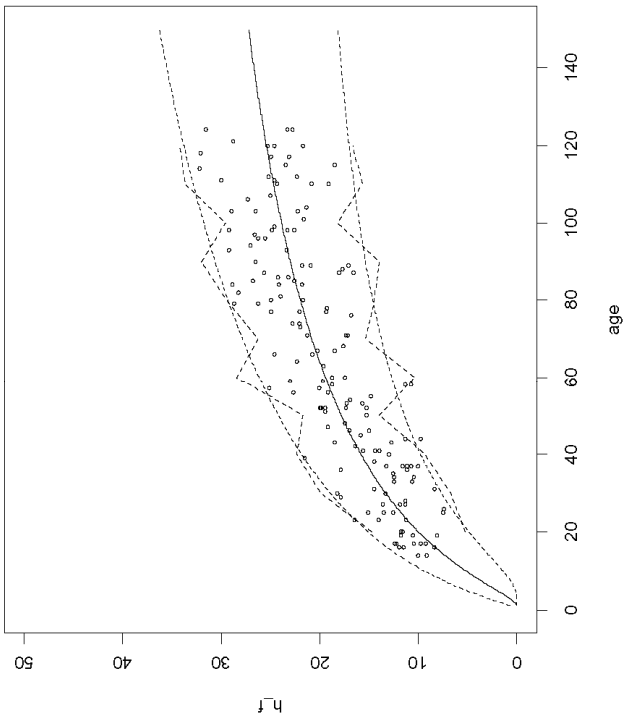
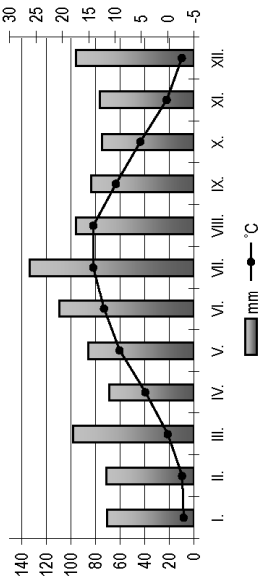
2,3 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	70,79	71,19	98,54	68,70	86,16	109,33	133,64	96,26	83,71	74,96	76,46	96,03
°C	-3,07	-2,76	-0,04	4,21	9,11	12,07	14,09	14,11	9,78	5,16	0,17	-2,71

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	1066	1043	1130	122,500	797	1382	585
Průměrná roční teplota vzduchu	5,0	5,1	5,6	0,604	3,7	6,8	3,2
Délka vegetační doby	111	110	116	10,4187	90	136	46

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 7K

Langův dešťový faktor

212,7

Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH04 15%  
CH06 63%  
CH07 22%  
MT04 1%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1,5

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

4

### Produkční charakteristiky pro smrč

HS 73 Cílové SM (přirozené) hodpodátství na nezamokřených půdách (PLIVA, 2000)

SI smrčku 23,9

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 33,97 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 0,943 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 490 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrčku 2

## 5N Kamenitá jedlová bučina

1,0 % v lesních ekosystémech ČR

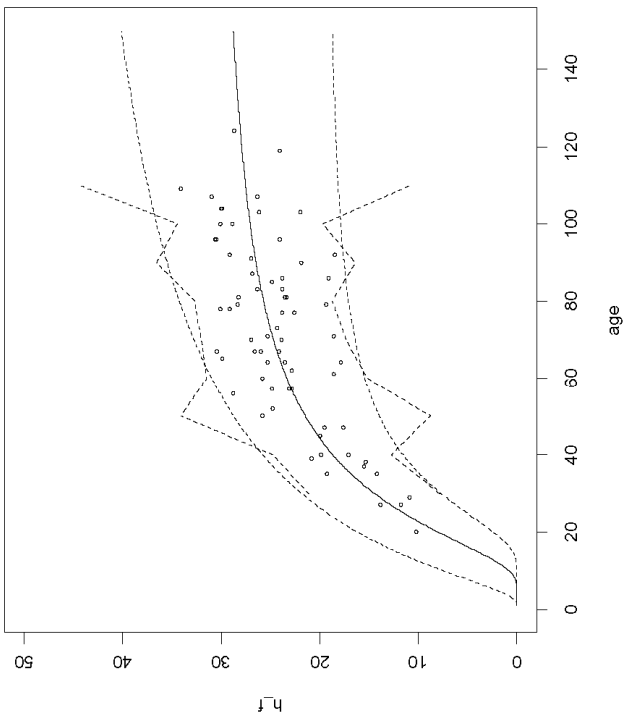
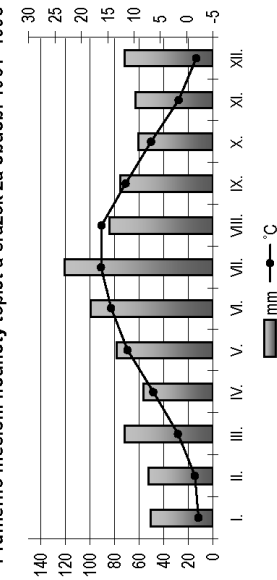
### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	50,51	52,41	72,17	56,67	78,34	99,28	120,31	84,09	75,39	60,54	63,03	71,71
°C	-2,28	-1,56	1,61	6,31	11,21	14,35	16,25	16,15	11,54	6,75	1,51	-1,87

$\bar{x}$     $\tilde{x}$     $\hat{x}$    S   Min.   Max.   max-min

Průměrný roční úhnm srážek	884	852	790	112,794	707	1184	477
Průměrná roční teplota vzduchu	6,7	6,7	7,3	0,514	5,5	7,5	2,0
Délka vegetační doby	137	138	144	6,762	114	149	35

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 5N

Langův dešťový faktor

132,7

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH06	7%	MT04	1%
CH07	47%	MT05	4%
MT02	4%	MT07	6%
MT03	30%	MT10	1%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

4

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

4

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 51 Cílové SM (smíš.) hodpodářství na exponovaných stanovištích (PLIVA, 2000)

SI smrku 27,1

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 33,60 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 1,066 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 590,00 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3

## 6N Kamenitá smrková bučina

1,0 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	62,36	63,23	87,35	62,78	83,51	104,85	129,04	91,40	81,36	68,84	70,49	85,27
°C	-2,79	-2,28	0,67	5,19	10,13	13,23	15,15	15,06	10,59	5,93	0,79	-2,42

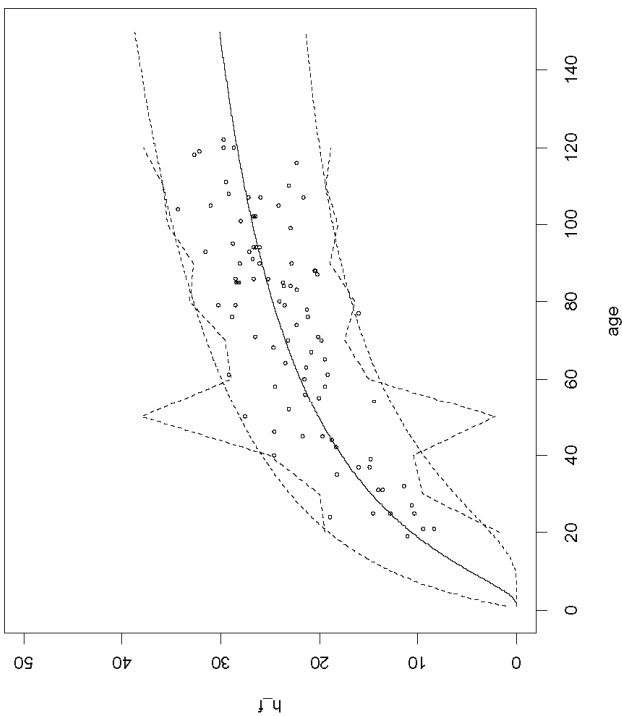
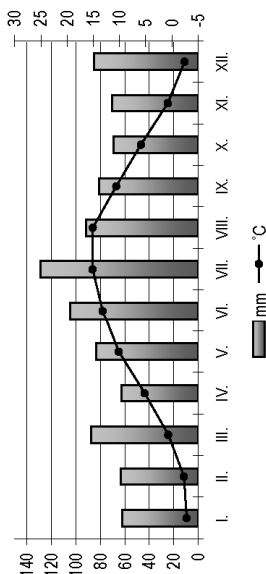
$\bar{x}$  990 991  $\tilde{x}$   $\hat{x}$  S Min. Max. max-min

Průměrný roční úhm srážek 123,940 762 1298 536

Průměrná roční teplota vzduchu 5,8 5,7 5,8 0,669 4,3 6,9 2,6

Délka vegetační doby 127 127 127 7,698 108 143 35

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 6N

Langův dešťový faktor

171,6

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH04	3%	MT03	7%
CH06	30%	MT04	3%
CH07	53%	MT07	2%
MT02	3%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

4

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

4

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 51 Cílové SM (smíší.) hodpodátství na exponovaných stanovištích (PLIVA, 2000)

SI smrku

26,8

Sřídění výčetní tloušťka ve 100 letech

35,00 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,132 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

581 m<sup>3</sup>/ha

3

Produkční potenciál smrku

### 3S Svěží dubová bučina

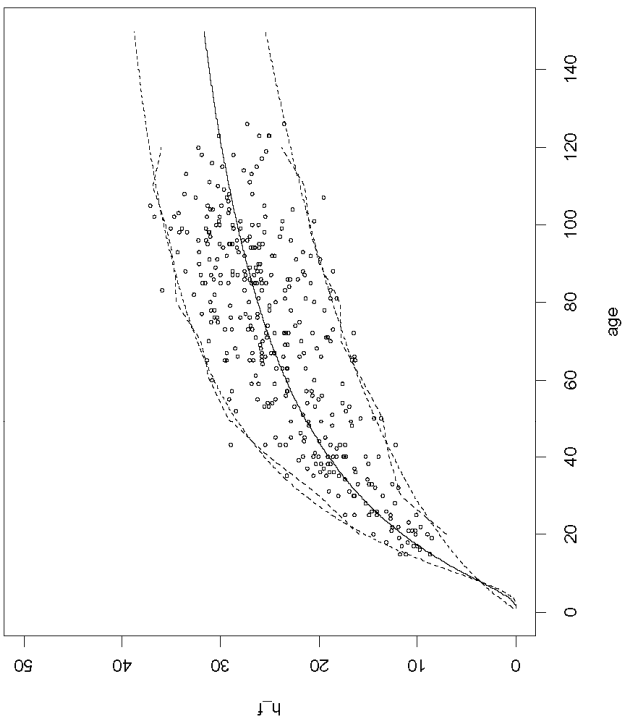
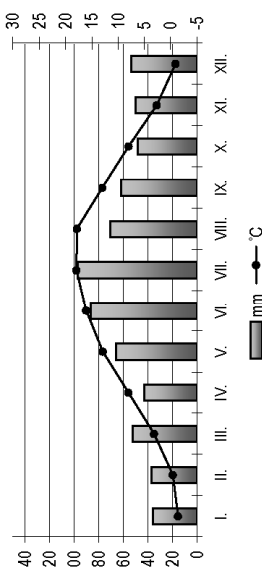
6,0 % v lesních ekosystémech ČR

#### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	35,98	36,93	52,34	42,87	65,81	86,70	97,23	70,23	61,83	48,38	50,17	53,81
°C	-1,44	-0,43	3,12	8,03	12,89	16,04	17,90	17,83	13,01	7,95	2,61	-0,95

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	702	690	695	55,075	588	983	395
Průměrná roční teplota vzduchu	8,0	8,1	8,1	0,347	6,8	9,0	2,1
Délka vegetační doby	155	156	154	4,587	140	167	27

Průměrné měsíční hodnoty teploty a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 3S

Langův dešťový faktor 87,3

#### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	1%	MT05	5%	MT11	23%
MT02	5%	MT07	19%	T02	1%
MT03	3%	MT09	21%		
MT04	3%	MT10	21%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 4

#### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na živných půdách (PLIVA, 2000)

HS	45	SI	smrku	28,4
		Střední výčetní tloušťka ve 100 letech		33,48 cm
		Objem středního kmene ve 100 letech		1,117 m <sup>3</sup>
		Tabulková zásoba ve 100 letech		633 m <sup>3</sup> /ha
		Produkční potenciál smrku		4

## 4S Svěží bučina

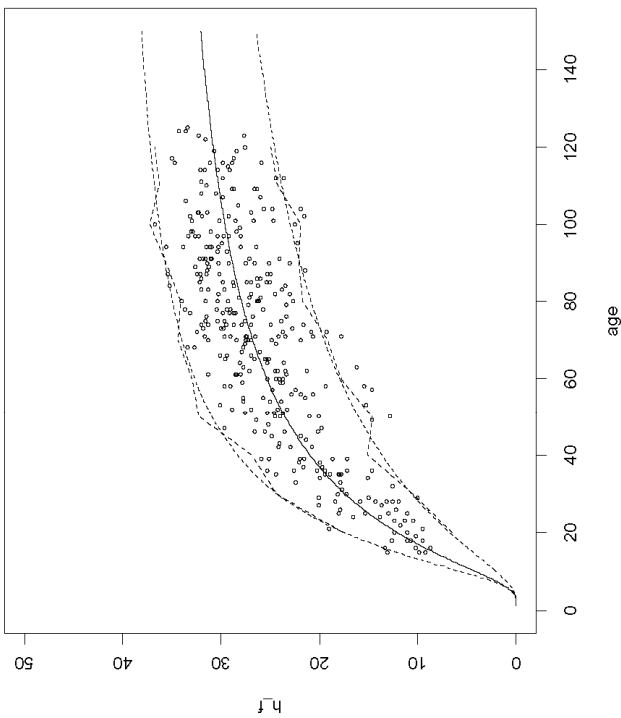
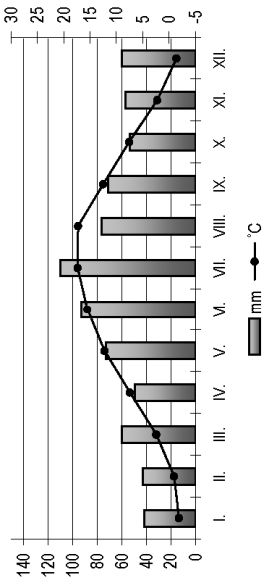
4,7 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	41,33	42,99	59,70	49,45	72,48	92,93	109,72	76,18	70,76	53,24	56,56	59,93
°C	-1,89	-0,95	2,41	7,42	12,27	15,48	17,34	17,26	12,48	7,56	2,23	-1,44

	$\bar{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	785	772	760	70,617	645	1022
Průměrná roční teplota vzduchu	7,5	7,5	7,7	0,354	6,5	8,5
Délka vegetační doby	149	149	148	4,522	135	161

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 4S

Langův dešťový faktor

104,5

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	12%	MT05	18%	MT11	2%
MT02	17%	MT07	22%		
MT03	14%	MT09	8%		
MT04	5%	MT10	2%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

4

### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na kyselých půdách (PLIVA, 2000)

HS 43

SI smrku

29,6

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

36,13 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,341 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

674 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

4



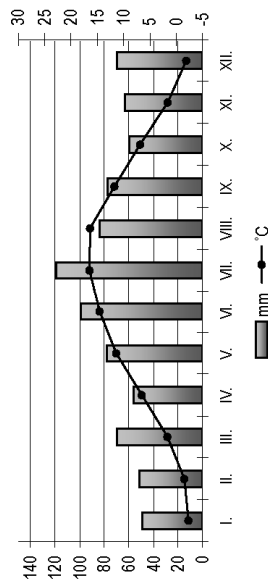
## 5S Svěží jedlová bučina

6,6 % v lesních ekosystémech ČR

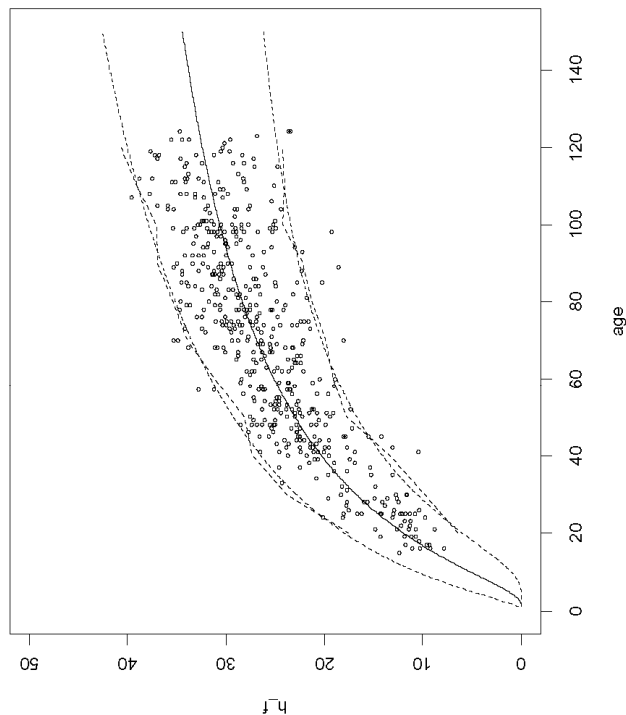
### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	48,91	51,26	69,90	56,51	77,72	99,17	119,02	84,11	77,19	59,64	63,07	69,91
°C	-2,31	-1,53	1,68	6,53	11,41	14,57	16,45	16,39	11,72	6,88	1,61	-1,90
	$\bar{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min	
Průměrný roční úhm srážek	876	844	1178	131,425	637	1277	640					
Průměrná roční teplota vzduchu	6,8	6,9	6,3	0,564	5,0	8,2	3,2					
Délka vegetační doby	138	140	141	8,818	108	155	47					

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



### Věková výšková křivka na SLT 5S



Langův dešťový faktor 129,0

### Klimatické oblasti (QUJTT, 1975)

CH04	1%	MT03	36%	MT09	1%
CH06	14%	MT04	3%		
CH07	30%	MT05	7%		
MT02	3%	MT07	5%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 4

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 55 Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na živných půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 30,7

Sřední výčetní tloušťka ve 100 letech 38,10 cm  
Objem středního kmene ve 100 letech 1,536 m<sup>3</sup>  
Tabulková zásoba ve 100 letech 713 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 4

## 6S Svěží smrková bučina

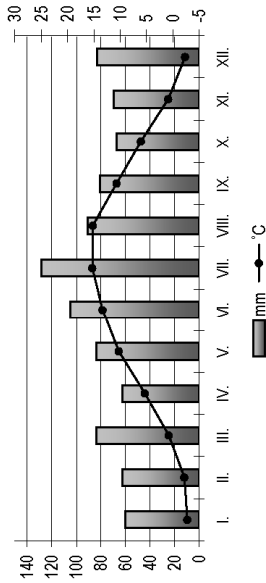
2,2 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	59,96	62,43	83,90	62,66	83,85	104,82	128,65	91,01	80,96	67,37	69,84	83,41
°C	-2,71	-2,17	0,81	5,36	10,28	13,37	15,30	15,22	10,73	6,06	0,90	-2,33

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	979	940	812	134,594	753	1416
Průměrná roční teplota vzduchu	5,9	5,9	6,5	0,633	4,4	7,4
Délka vegetační doby	127	128	130	9,158	92	149

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Langův dešťový faktor 165,9

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH04	4%	MT03	9%
CH06	19%	MT04	1%
CH07	63%		
MT02	5%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

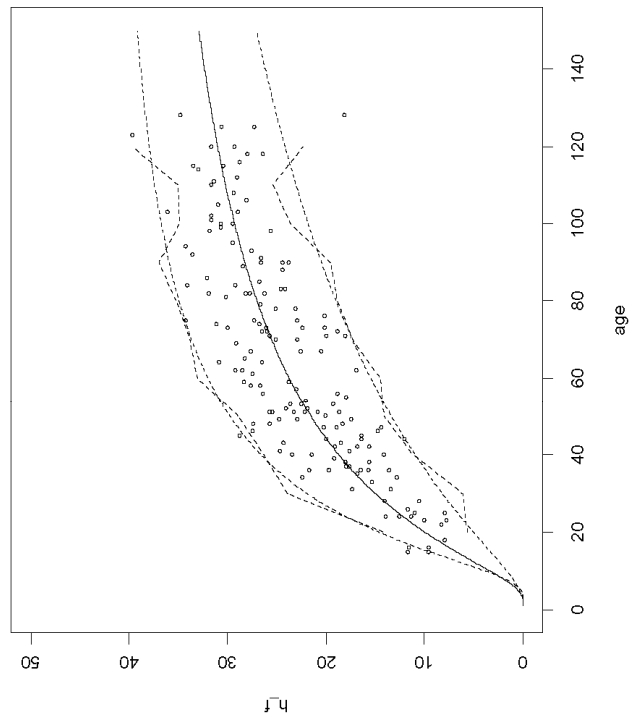
Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 4

### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodářství na živných půdách (PLIVA, 2000)

HS	55	SI	smrku	29,6
		Střední výčetní tloušťka ve 100 letech		38,43 cm
		Objem středního kmene ve 100 letech		1,497 m <sup>3</sup>
		Tabulková zásoba ve 100 letech		675 m <sup>3</sup> /ha
		Produkční potenciál smrku		4

### Věková výšková křivka na SLT 6S



### 3B Bohatá dubová bučina

2,5 % v lesních ekosystémech ČR

#### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	35,57	37,06	52,88	47,16	70,94	90,12	103,33	72,25	68,52	50,67	54,84	53,99
°C	-1,68	-0,60	2,86	8,05	12,80	16,06	17,89	17,83	13,00	8,03	2,67	-1,14

$\bar{x}$  737 734 688 66.874 629 893 264

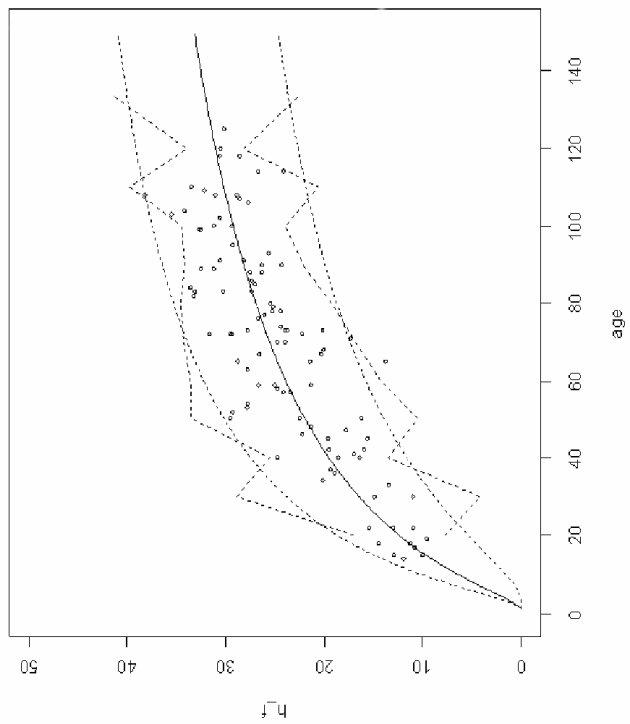
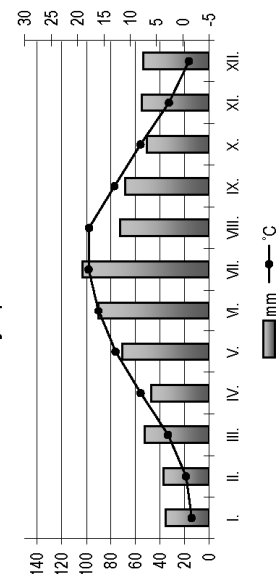
Průměrný roční úhrn srážek

Průměrná roční teplota vzduchu

Délka vegetační doby

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	737	734	688	66.874	629	893	264
Průměrná roční teplota vzduchu	8,0	8,1	#N/A	0,439	6,9	8,8	1,9
Délka vegetační doby	154	155	154	5,913	140	166	26

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 3B

Langův dešťový faktor

92,4

#### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	5%	MT05	12%	MT11	20%
MT02	3%	MT07	15%	T02	2%
MT03	3%	MT09	23%		
MT04	4%	MT10	13%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

3

#### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodáství na živných půdách (PLIVA, 2000)

HS 45

SI smrku

29,70

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

36,08 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,341 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

678 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

4

## 4B Bohatá bučina

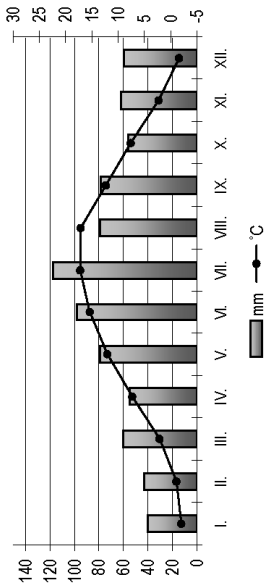
3,2 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

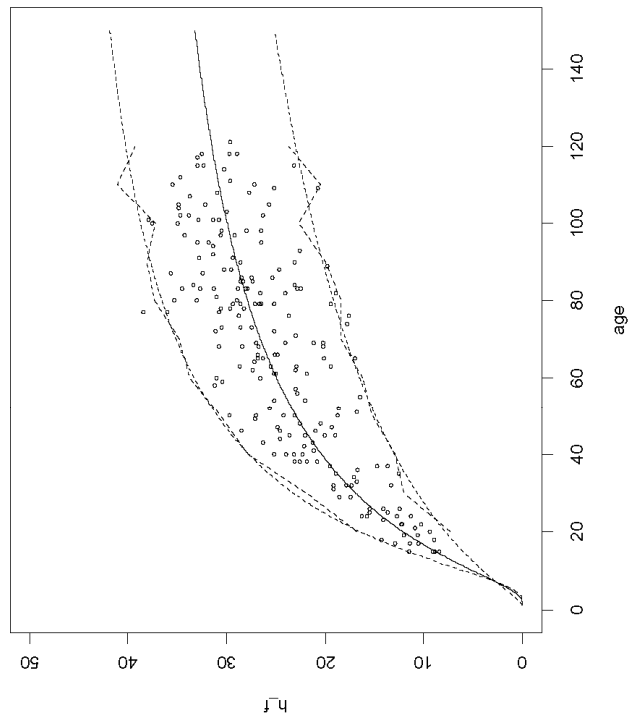
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	40,33	42,97	60,09	55,09	79,21	98,04	117,64	79,09	78,75	55,93	61,86	59,37
°C	-2,04	-1,11	2,13	7,33	12,07	15,41	17,21	17,11	12,36	7,58	2,28	-1,59

	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	828	826	857	75,316	664	1084	421
Průměrná roční teplota vzduchu	7,4	7,4	7,2	0,432	6,1	8,3	2,2
Délka vegetační doby	148	148	152	6,560	122	160	38

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 4B



Langův dešťový faktor 112,0

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH06	1%	MT05	7%	MT11	2%
CH07	16%	MT07	23%		
MT02	27%	MT09	15%		
MT03	8%	MT10	1%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 3

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 45 Cílové SM (BK, JD) hodpodávství na živných půdách (PLIVA, 2000)

SI	smrku	30,0
Střední výčetní tloušťka ve 100 letech		38,06 cm
Objem středního kmene ve 100 letech		1,492 m <sup>3</sup>
Tabulková zásoba ve 100 letech		688 m <sup>3</sup> /ha
Produkční potenciál smrku		4

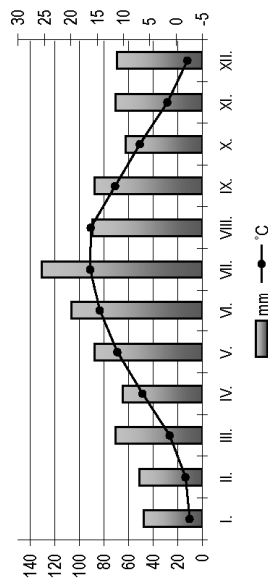
## 5B Bohatá jedlová bučina

2,5 % v lesních ekosystémech ČR

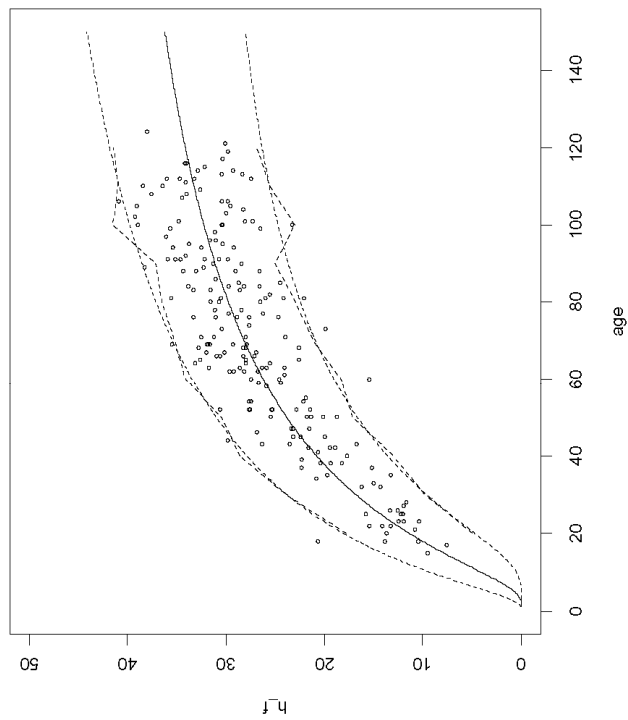
### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	47,80	51,48	70,95	64,83	87,89	106,77	130,82	89,78	87,84	62,59	70,84	69,54
°C	-2,59	-1,82	1,22	6,35	11,13	14,46	16,27	16,20	11,53	6,88	1,62	-2,19
$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	Min.	Max.	max-min							
Průměrný roční úhrn srážek	941	946	1056	115,025	695	1295	600					
Průměrná roční teplota vzduchu	6,6	6,6	6,5	0,538	5,4	7,6	2,3					
Délka vegetační doby	136	138	142	8,564	104	155	51					

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



### Věková výšková křivka na SLT 5B



Langův dešťový faktor

142,8

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH04	3%	MT03	15%
CH06	25%	MT04	1%
CH07	42%	MT05	2%
MT02	8%	MT07	3%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

3

### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodáství na živných půdách (PLIVA, 2000)

HS 55

SI smrku

32,3

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

41,27 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,876 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

770 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

5

### 3H Hlinitá dubová bučina

2,5 % v lesních ekosystémech ČR

#### Klimatické charakteristiky

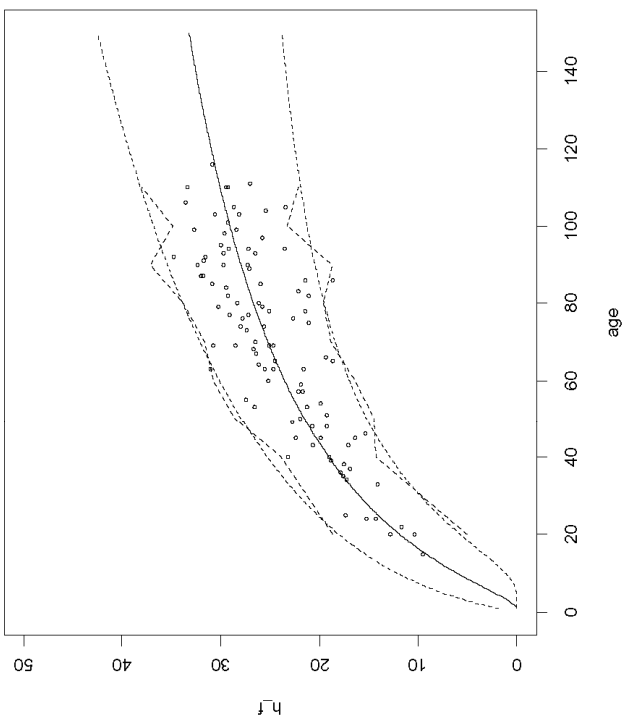
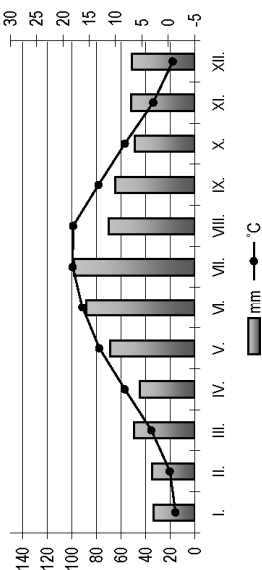
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	33,34	34,80	49,41	44,55	68,45	88,30	98,24	69,98	64,71	48,57	51,46	51,21
°C	-1,40	-0,34	3,21	8,27	13,07	16,30	18,13	18,04	13,22	8,20	2,84	-0,88

Průměrný roční úhrn srážek  $\bar{x}$  703 694 677 58,000 580 921 341

Průměrná roční teplota vzduchu  $\bar{x}$  8,2 8,2 8,2 0,354 7,3 9,1 1,8

Délka vegetační doby  $\hat{x}$  157 157 157 5,456 142 168 26

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 3H

Langův dešťový faktor 85,5

#### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

MT03 2% MT10 32%  
 MT05 5% MT11 22%  
 MT07 16% T02 4%  
 MT09 20%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 1

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 3

#### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (BK, JD) hodpodáství na živných půdách (PLIVA, 2000)

HS 45

SI smrku 29,1

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 34,93 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 1,238 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 657 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 4

## 40 Svěží dubová jedlina

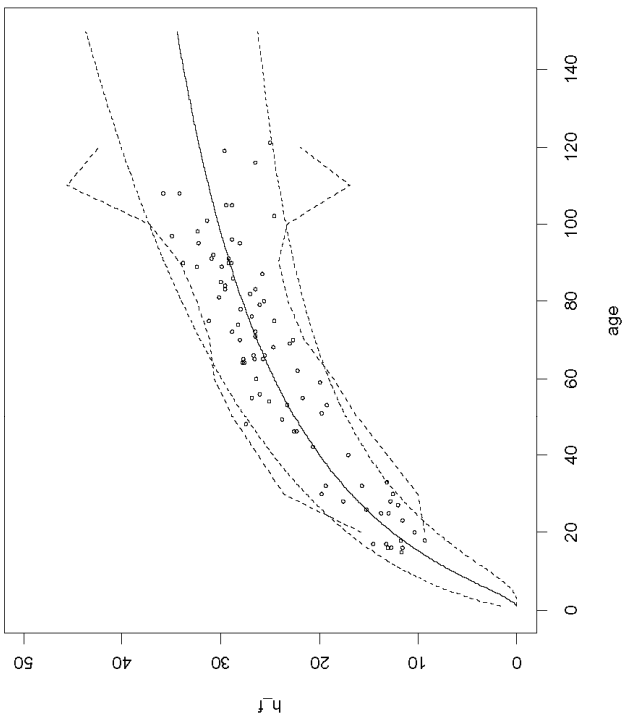
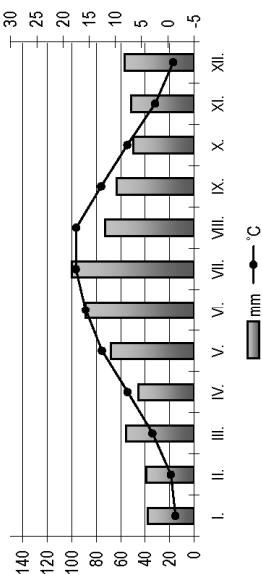
1,2 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	38,14	39,21	55,72	45,39	68,23	88,63	99,82	72,89	63,30	49,99	51,80	56,57
°C	-1,48	-0,57	2,91	7,66	12,56	15,69	17,55	17,46	12,71	7,72	2,42	-1,02

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	730	722	#N/A	54,169	651	913	262
Průměrná roční teplota vzduchu	7,8	7,8	7,6	0,262	7,2	8,5	1,3
Délka vegetační doby	152	152	154	3,667	144	160	16

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 40

Langův dešťový faktor

93,5

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	2%	MT07	38%
MT02	10%	MT09	15%
MT04	1%	MT10	12%
MT05	19%	MT11	2%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

2

### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (JD) hodpodářství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

HS 47

SI smrku

30,3

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

37,00 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,436 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

699 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

4

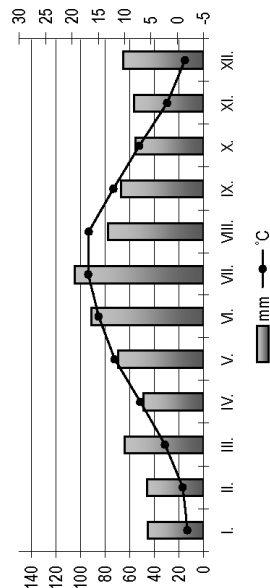
## 50 Svěží (buková) jedlina

1,1 % v lesních ekosystémech ČR

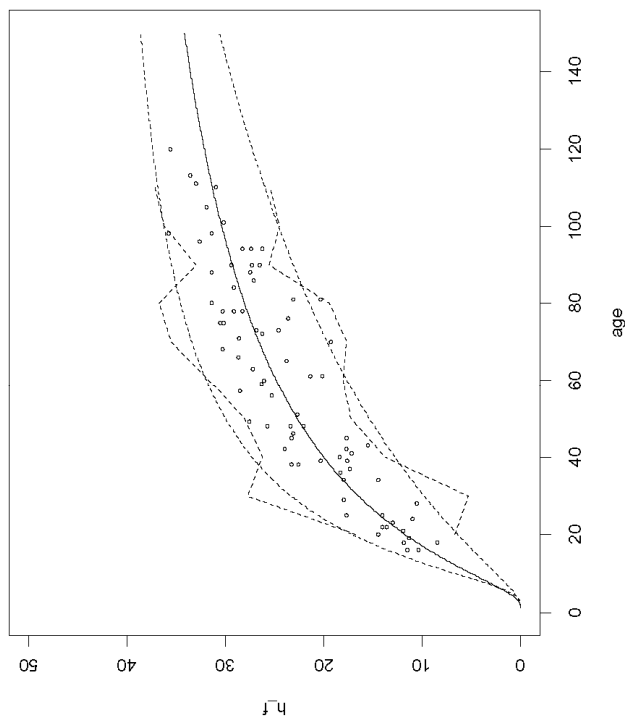
### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	45,32	45,88	64,05	49,05	69,78	91,30	104,89	77,69	66,93	55,51	56,33	65,07
°C	-1,93	-1,08	2,30	7,02	11,87	14,94	16,88	16,81	12,13	7,18	1,89	-1,48
	$\bar{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min			
Průměrný roční úhrn srážek	792	772	#N/A	89,004	641	1170	529					
Průměrná roční teplota vzduchu	7,2	7,2	#N/A	0,506	5,6	8,1	2,5					
Délka vegetační doby	144	144	142	7,424	112	156	44					

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



### Věková výšková křivka na SLT 50



Langův dešťový faktor

109,8

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH06	1%	MT04	10%
CH07	21%	MT05	10%
MT02	10%	MT07	17%
MT03	31%	MT09	1%

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

2

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 57 Cílové SM (JD) hodpodářství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 30,8

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 38,19 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 1,548 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 716 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 4



## 60 Svěží smrková jedlina

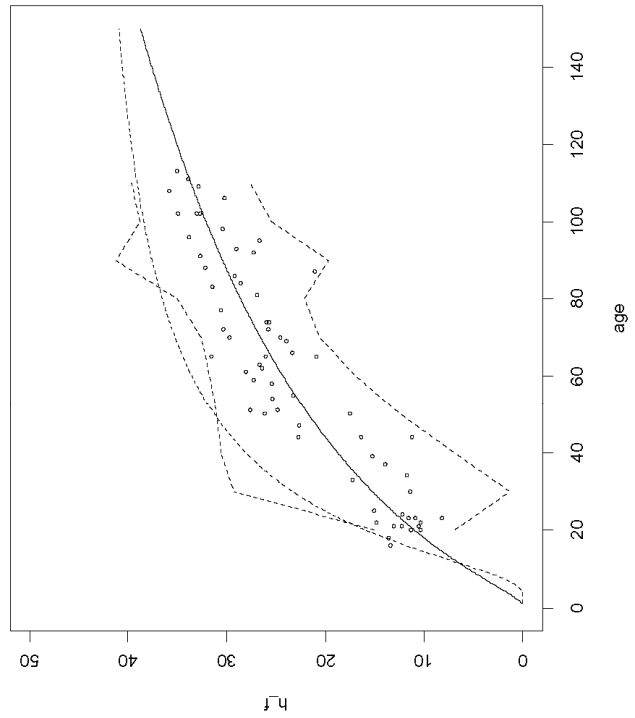
0,8 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

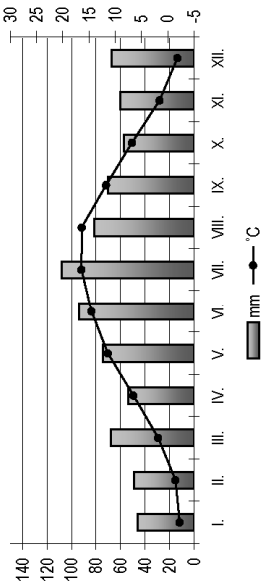
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	46,27	48,78	67,86	53,65	74,45	93,53	108,17	81,42	70,19	56,89	60,13	67,35
°C	-2,27	-1,46	1,84	6,51	11,43	14,54	16,45	16,40	11,73	6,82	1,54	-1,85

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhm srážek	829	819	863	71,379	723	1102	380
Průměrná roční teplota vzduchu	6,8	6,9	6,6	0,468	5,3	7,7	2,3
Délka vegetační doby	139	140	140	6,911	120	150	30

### Věková výšková křivka na SLT 60



Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Langův dešťový faktor

121,8

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH06	6%	MT05	7%
CH07	34%	MT07	4%
MT02	1%		
MT03	46%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

2

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 57 Cílové SM (JD) hodpodářství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku

32,1

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech

38,62 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,655 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

763 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

5

## 4P Kyselá dubová jedlina

1,5 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

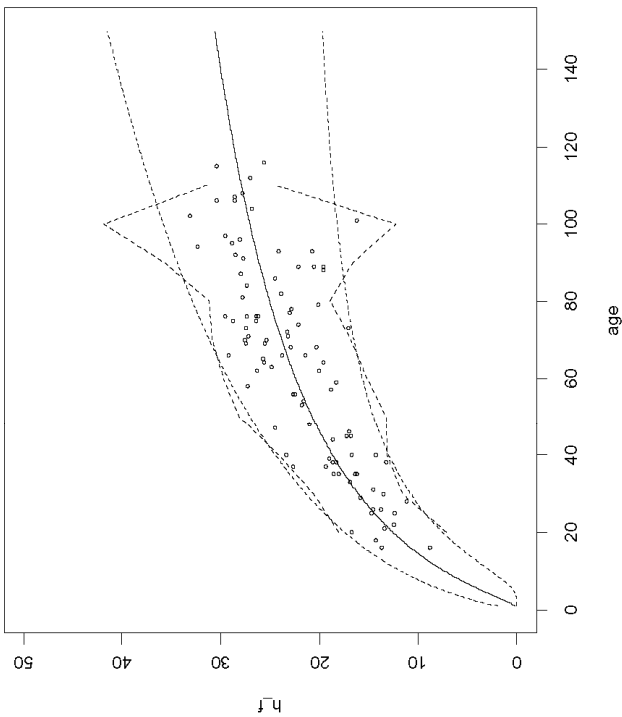
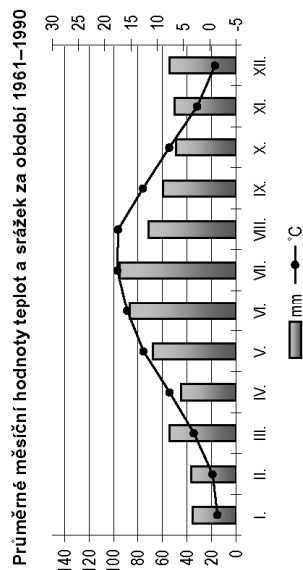
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	35,69	36,95	54,20	44,63	67,63	86,94	95,19	71,34	59,31	48,80	50,24	54,65
°C	-1,46	-0,54	3,02	7,63	12,63	15,73	17,58	17,43	12,70	7,68	2,38	-1,00

$\bar{x}$  706  $\tilde{x}$  696  $\hat{x}$  682 43.139 631 Min. Max. max-min

Průměrný roční úhrn srážek

Průměrná roční teplota vzduchu

Délka vegetační doby



Langův dešťový faktor 90,3

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	1%	MT05	5%	MT11	7%
MT02	1%	MT07	29%		
MT03	5%	MT09	19%		
MT04	25%	MT10	8%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 2

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 47 Cílové SM (JD) hodpodářství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 26,9

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 30,74 cm

Objem středního kmene ve 100 letech 0,902 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech 583 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 3

## 5P Kyselá jedlina

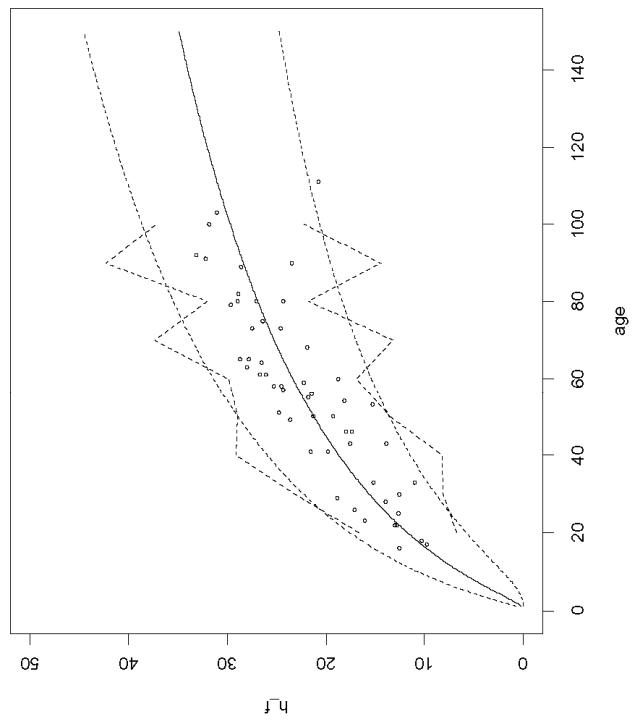
0,7 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

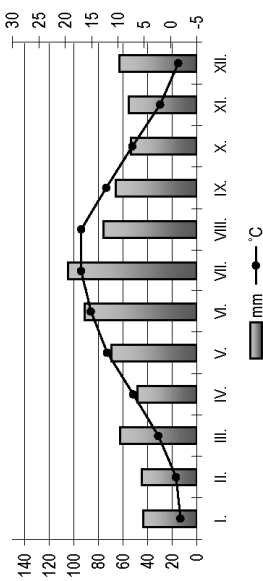
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	43,97	44,83	62,39	48,11	69,25	91,27	104,66	76,14	66,15	53,58	55,30	62,76
°C	-1,92	-1,06	2,34	7,11	12,01	15,11	16,99	16,94	12,20	7,25	1,95	-1,48

	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	778	766	758	66,461	677	926	249
Průměrná roční teplota vzduchu	7,3	7,4	#N/A	0,423	6,1	7,9	1,8
Délka vegetační doby	146	146	142	4,731	136	156	20

### Věková výšková křivka na SLT 5P



Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Langův dešťový faktor 106,8

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	11%	MT05	11%
MT02	15%	MT07	33%
MT03	15%	MT09	7%
MT04	9%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000) 2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000) 2

### Produkční charakteristiky pro smrk

HS 57 Cílové SM (JD) hospodářství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

SI smrku 29,7

Střední výčetní tloušťka ve 100 letech 31,98 cm  
Objem středního kmene ve 100 letech 1,083 m<sup>3</sup>  
Tabulková zásoba ve 100 letech 677 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku 4

## 6P Kyselá smrková jedlina

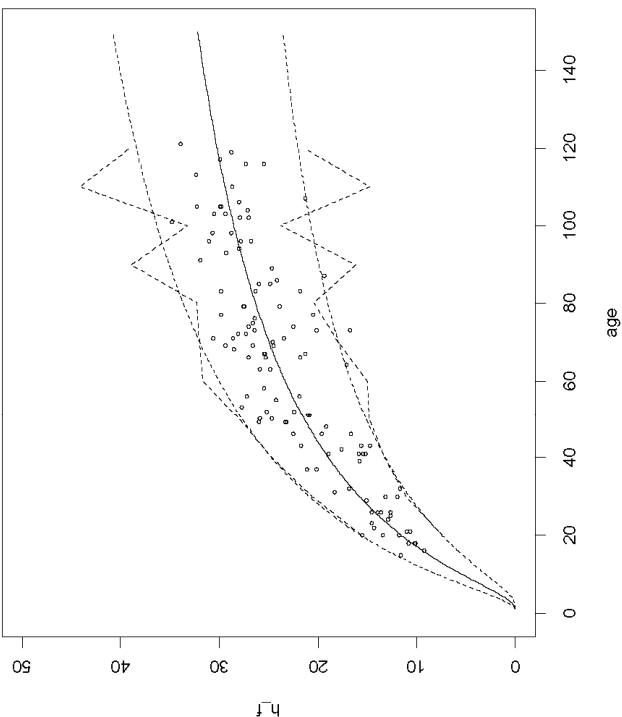
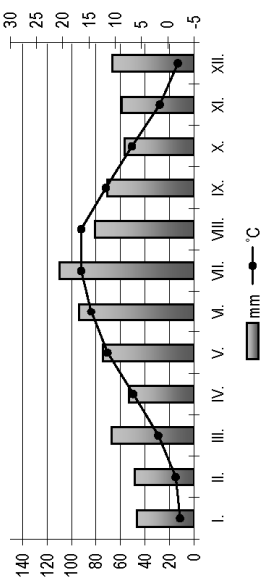
1,3 % v lesních ekosystémech ČR

### Klimatické charakteristiky

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
mm	46,42	48,23	67,27	52,90	74,47	93,99	109,47	80,76	70,84	56,39	59,13	66,49
°C	-2,35	-1,52	1,78	6,56	11,45	14,56	16,47	16,48	11,78	6,82	1,49	-1,95

	$\bar{x}$	$\tilde{x}$	$\hat{x}$	S	Min.	Max.	max-min
Průměrný roční úhrn srážek	82,6	82,9	7,99	50,526	694	926	232
Průměrná roční teplota vzduchu	6,8	6,8	0,414	5,6	7,7	2,1	
Délka vegetační doby	139	139	144	6,026	126	154	28

Průměrné měsíční hodnoty teplot a srážek za období 1961–1990



Věková výšková křivka na SLT 6P

Langův dešťový faktor

121,6

### Klimatické oblasti (QUITT, 1975)

CH07	50%	MT05	6%
MT02	3%	MT07	10%
MT03	31%		
MT04	1%		

Ekologický potenciál (PLIVA, 2000)

2

Stabilita porostů cílové sklady (PLIVA, 2000)

2

### Produkční charakteristiky pro smrk

Cílové SM (JD) hodpodárství na zamokřených půdách (PLIVA, 2000)

HS 57

SI smrku

28,5

Sřední výčetní tloušťka ve 100 letech

35,56 cm

Objem středního kmene ve 100 letech

1,249 m<sup>3</sup>

Tabulková zásoba ve 100 letech

637 m<sup>3</sup>/ha

Produkční potenciál smrku

4

Příloha 4. Přehled výsledků shlukové analýzy

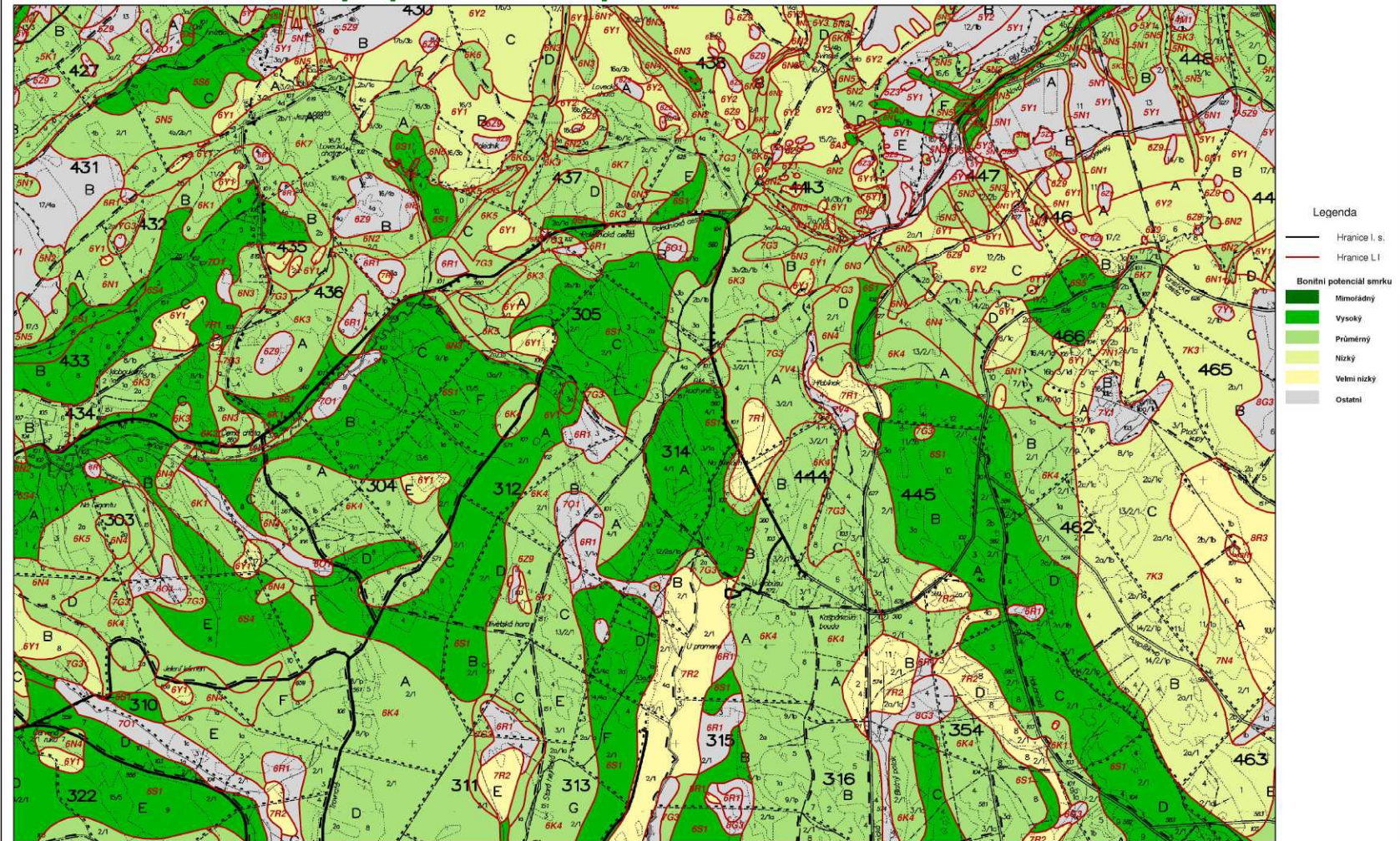
SLT	SUM IP	BP	SI	d <sub>1,2-100</sub>	m <sup>3</sup> <sub>100</sub>	m3 / ha <sub>100</sub>	PP <sub>kul</sub>	PP <sub>hku</sub>	PP <sub>h40</sub>	PP <sub>h70</sub>	RR <sub>40</sub>	RR <sub>70</sub>	RR <sub>100</sub>	ZR <sub>40</sub>	ZR <sub>70</sub>	ZR <sub>100</sub>	IR <sub>40</sub>	IR <sub>70</sub>	IR <sub>100</sub>	KD	S <sup>2</sup> <sub>100</sub>	S <sub>100</sub>	S <sup>%</sup> <sub>100</sub>	A	k	n
5B	203	5	32,3	41,27	1,876	770	23,20	0,57	0,52	0,40	0,345	0,175	0,107	-0,050	-0,027	-0,017	0,017	0,006	0,003	0,77	22,62	4,76	15%	50,00	10,79	1,757
4B	201	4	30,0	38,06	1,492	688	18,90	0,61	0,51	0,38	0,294	0,145	0,088	-0,055	-0,028	-0,017	0,014	0,005	0,003	0,71	21,98	4,69	16%	44,72	8,69	1,735
5S	508	4	30,7	38,10	1,536	713	18,60	0,60	0,51	0,38	0,305	0,159	0,100	-0,068	-0,037	-0,023	0,015	0,006	0,003	0,73	11,13	3,34	11%	49,99	7,01	1,667
5F	42	4	31,2	39,76	1,688	731	18,10	0,62	0,52	0,39	0,306	0,168	0,099	-0,069	-0,037	-0,023	0,015	0,006	0,003	0,80	12,85	3,59	11%	49,99	7,01	1,672
3S	370	4	28,4	33,48	1,117	633	15,90	0,59	0,47	0,36	0,272	0,146	0,094	-0,079	-0,043	-0,028	0,014	0,006	0,003	0,68	12,85	3,56	13%	49,25	5,29	1,60
3H	103	4	29,1	34,93	1,238	657	13,10	0,62	0,48	0,36	0,274	0,156	0,106	-0,110	-0,064	-0,043	0,014	0,006	0,004	0,72	8,80	2,97	10%	60,15	3,61	1,50
6S	159	4	29,6	38,43	1,497	675	22,60	0,51	0,47	0,37	0,316	0,169	0,108	-0,058	-0,033	-0,021	0,017	0,007	0,004	0,74	12,02	3,47	12%	50,58	8,35	1,680
3D	33	4	31,2	38,12	1,566	730	16,26	0,56	0,48	0,38	0,313	0,190	0,133	-0,120	-0,074	-0,052	0,016	0,007	0,004	0,83	22,41	4,73	15%	77,70	3,69	1,468
4S	348	4	29,6	36,13	1,341	674	21,80	0,61	0,52	0,38	0,295	0,127	0,070	-0,027	-0,013	-0,007	0,014	0,005	0,002	0,71	14,24	3,77	13%	37,98	18,65	1,949
4H	34	4	30,6	36,47	1,416	709	28,59	0,59	0,55	0,40	0,348	0,119	0,056	-0,003	-0,002	-0,001	0,016	0,004	0,002	0,86	4,23	2,06	7%	34,99	94,98	2,358
5N	69	3	27,1	33,60	1,066	590	31,70	0,48	0,47	0,35	0,337	0,115	0,053	0,000	-0,002	-0,001	0,018	0,005	0,002	0,61	11,77	3,43	13%	31,09	134,41	2,418
4I	41	4	28,1	33,80	1,122	623	1,83	0,93	0,44	0,34	0,245	0,169	0,132	-0,257	-0,179	-0,139	0,014	0,007	0,005	0,68	6,99	2,64	9%	334,82	1,12	1,189
5A	38	4	28,8	38,01	1,423	647	2,67	1,09	0,49	0,36	0,233	0,146	0,106	-0,224	-0,141	-0,103	0,012	0,006	0,004	0,66	13,52	3,68	13%	110,26	1,31	1,275
3B	100	4	29,7	36,08	1,341	678	8,70	0,69	0,48	0,36	0,270	0,166	0,118	-0,160	-0,099	-0,071	0,014	0,006	0,004	0,72	10,21	3,20	11%	84,61	2,27	1,379
5M	34	3	25,0	27,64	0,887	522	1,25	1,09	0,41	0,31	0,205	0,136	0,103	-0,233	-0,166	-0,118	0,012	0,006	0,004	0,62	18,03	4,25	17%	194,57	1,05	1,202
2S	52	3	25,2	28,65	0,739	528	1,22	1,23	0,43	0,31	0,200	0,129	0,096	-0,231	-0,150	-0,112	0,012	0,006	0,004	0,47	48,31	6,95	28%	143,73	1,04	1,219
3I	111	3	26,9	32,55	0,999	584	1,00	1,58	0,47	0,34	0,202	0,127	0,093	-0,246	-0,155	-0,114	0,011	0,005	0,003	0,51	9,98	3,16	12%	120,05	1,00	1,231
3N	33	3	25,9	29,45	0,801	551	33,94	0,37	0,37	0,31	0,323	0,171	0,106	-0,025	-0,015	-0,010	0,022	0,008	0,004	0,53	25,84	5,08	20%	42,37	18,64	1,630
3K	291	3	26,2	29,00	0,789	560	9,80	0,68	0,46	0,33	0,225	0,123	0,081	-0,104	-0,058	-0,038	0,012	0,005	0,003	0,57	14,16	3,76	14%	48,48	3,16	1,504
6K	375	3	26,3	34,52	1,081	565	14,00	0,58	0,45	0,33	0,243	0,130	0,083	-0,079	-0,043	-0,028	0,014	0,006	0,003	0,64	12,84	3,58	14%	45,25	4,70	1,586
6N	91	3	26,8	35,00	1,132	581	17,60	0,53	0,44	0,34	0,263	0,139	0,088	-0,065	-0,036	-0,023	0,015	0,006	0,003	0,67	6,29	2,51	9%	44,87	6,24	1,639
4K	219	3	27,3	30,89	0,925	596	12,20	0,64	0,47	0,34	0,244	0,132	0,086	-0,093	-0,051	-0,034	0,013	0,005	0,003	0,60	24,39	4,94	18%	48,66	3,92	1,547
5K	504	3	27,5	32,42	1,017	603	14,80	0,60	0,47	0,36	0,267	0,137	0,088	-0,078	-0,043	-0,028	0,014	0,006	0,003	0,63	19,96	4,47	16%	46,81	5,03	1,599
7K	159	2	23,9	33,97	0,943	490	12,30	0,53	0,40	0,30	0,221	0,126	0,085	-0,093	-0,054	-0,036	0,014	0,006	0,004	0,72	8,78	2,96	12%	49,01	3,45	1,494
2I	39	3	25,0	28,29	0,716	522	17,76	0,64	0,49	0,33	0,205	0,076	0,039	-0,017	-0,007	-0,004	0,010	0,003	0,002	0,53	4,23	2,06	8%	28,91	22,18	2,077
2K	94	2	22,5	25,27	0,520	446	18,60	0,60	0,46	0,30	0,175	0,068	0,027	-0,009	-0,003	-0,002	0,010	0,003	0,001	0,40	3,88	1,97	9%	24,82	38,66	2,250
0K	93	2	22,3	24,09	0,473	440	20,57	0,54	0,43	0,30	0,194	0,068	0,033	-0,009	-0,004	-0,002	0,011	0,003	0,001	0,25	20,49	4,53	20%	25,16	38,97	2,211
2H	34	2	23,3	27,40	0,625	470	22,89	0,50	0,43	0,31	0,229	0,086	0,044	-0,011	-0,005	-0,003	0,013	0,004	0,002	0,23	36,87	6,07	26%	27,49	35,41	2,139
2P	31	2	22,4	26,78	0,573	444	23,20	0,53	0,45	0,30	0,201	0,060	0,027	-0,003	-0,001	-0,001	0,011	0,003	0,001	0,39	34,99	5,92	26%	24,29	98,12	2,459
3O	42	3	27,3	32,72	1,025	597	9,25	0,75	0,48	0,36	0,228	0,123	0,080	-0,107	-0,059	-0,039	0,012	0,005	0,003	0,71	9,29	3,05	11%	48,42	3,14	1,514
4P	100	3	26,9	30,74	0,902	583	10,10	0,69	0,47	0,34	0,231	0,125	0,082	-0,103	-0,057	-0,037	0,012	0,005	0,003	0,66	12,13	3,48	13%	48,52	3,32	1,518
7G	37	3	25,7	34,53	1,054	546	17,44	0,53	0,43	0,32	0,246	0,125	0,077	-0,055	-0,029	-0,018	0,014	0,006	0,003	0,72	22,80	4,77	19%	39,77	7,08	1,685
6P	120	4	28,5	35,56	1,249	637	15,99	0,59	0,47	0,36	0,274	0,148	0,095	-0,080	-0,044	-0,029	0,014	0,006	0,003	0,79	3,17	1,78	6%	49,97	5,24	1,597
4O	86	4	30,3	37,00	1,436	699	12,60	0,66	0,50	0,38	0,281	0,160	0,107	-0,115	-0,067	-0,045	0,014	0,006	0,004	0,86	4,80	2,19	7%	61,54	3,55	1,500
5V	44	4	31,0	39,88	1,685	724	17,85	0,59	0,50	0,38	0,309	0,169	0,110	-0,082	-0,047	-0,031	0,015	0,006	0,004	0,80	11,36	3,37	11%	55,69	5,68	1,603
6V	54	4	31,8	41,08	1,828	752	36,31	0,47	0,46	0,39	0,420	0,199	0,113	-0,012	-0,009	-0,005	0,023	0,007	0,004	0,87	31,76	5,64	18%	44,90	39,59	2,024
3P	34	3	27,7	30,67	0,929	609	3,64	0,86	0,45	0,34	0,236	0,151	0,112	-0,208	-0,134	-0,100	0,013	0,006	0,004	0,61	17,92	4,23	15%	121,10	1,42	1,274
5O	84	4	30,8	38,19	1,548	716	9,50	0,69	0,49	0,38	0,284	0,174	0,124	-0,161	-0,100	-0,072	0,014	0,007	0,004	0,86	0,88	0,94	3%	87,56	2,39	1,386
5P	54	4	29,7	31,98	1,083	677	9,30	0,65	0,47	0,36	0,277	0,175	0,127	-0,165	-0,105	-0,077	0,015	0,007	0,004	0,76	0,73	0,86	3%	97,45	2,23	1,359
6O	68	5	32,1	38,62	1,655	763	13,40	0,57	0,47	0,38	0,321	0,214	0,160	-0,170	-0,115	-0,086	0,017	0,008	0,005	0,86	3,31	1,82	6%	133,87	2,46	1,348

Barevně jsou vylíšeny jednotlivé shluky; řádky označené stejnou barvou signalizují případné uspořádání SLT do jedné růstové řady; zvýrazněné hodnoty jsou údaje, které byly zpracovány shlukovou analýzou

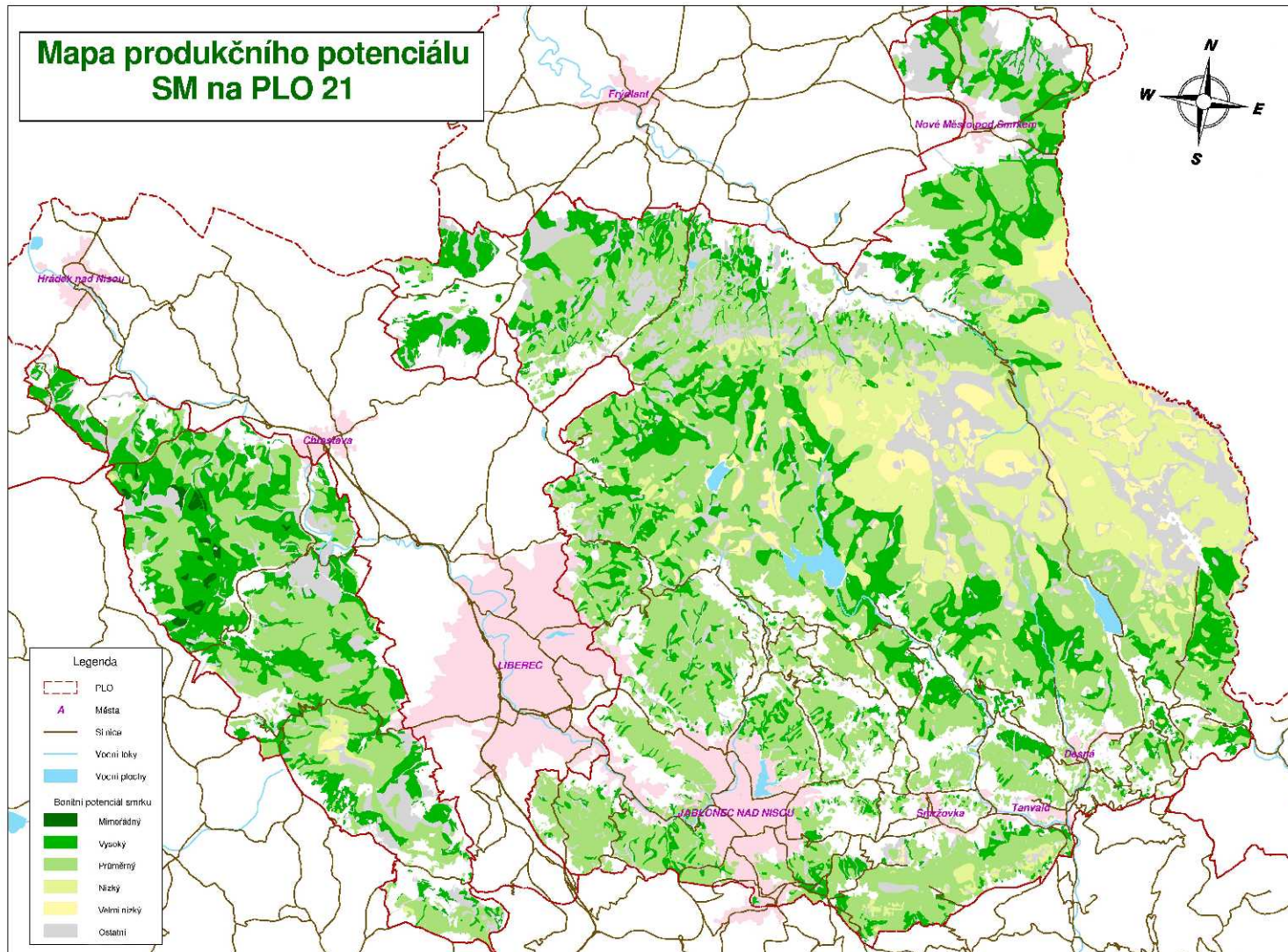
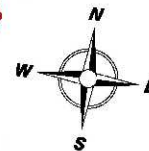
**Příloha 5. Ukázka mapy produkční potenciálu smrku na PLO 21**

**Příloha 6. Přehledová mapa produkční potenciálu smrku na PLO 21**

# Mapa produkčného potenciálu SM na PLO 21



# Mapa produkčního potenciálu SM na PLO 21



## Legenda

- PLD
- Města
- Siřice
- Vodní řeky
- Vodní plochy
- Bonitní potenciál smřku
- Minořádný
- Vysoký
- Průměrný
- Nizký
- Velmi nizký
- Ostatní

1 : 100 000

0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5  
Kilometry