

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**



Analýza potenciálního rozšíření dřevin v lesích Šumavy

Diplomová práce

Bc. Zuzana Černíková

Školitel: Ing. Karel Matějka, CSc.

Konzultant: RNDr. Martin Hais, Ph.D.

České Budějovice 2011

Černíková, Z., 2011: Analýza potenciálního rozšíření dřevin v lesích Šumavy. [Analysis of natural potential distribution of trees in the Šumava Mts. Mgr. Thesis, in Czech.] – 98 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

This thesis deals with the natural potential vegetation of forests in the Šumava Mts. A species distribution model was developed for *Fagus sylvatica*, *Abies alba* and *Acer pseudoplatanus* on the basis of phytosociological relevés, Digital Elevation Model, climatological stations data and edaphic categories. The results were compared with the forest site complex classification.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 15. 12. 2011

.....
Zuzana Černíková

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří Karlu Matějkovi, Martinu Haisovi, Tomáši Kučerovi, Stanislavu Grillovi, Janu Wildovi, Haně Fluksové, Haně Šantrůčkové, Haně Jelínkové, Tereze Melichové, Markétě De Diana Boro a Petru Benešovi.

OBSAH

1.	ÚVOD.....	1
2.	LITERÁRNÍ PŘEHLED	3
2.1.	POTENCIÁLNÍ VEGETACE A PŘIROZENÝ VÝSKYT DŘEVIN	3
2.2.	LESNICKÁ TYPOLOGIE.....	3
2.3.	SROVNÁNÍ TYPOLOGICKÝCH A GEOBOTANICKÝCH MAP	7
2.4.	ŠUMAVA JAKO MODELOVÁ OBLAST.....	7
2.4.1.	Abiotické přírodní podmínky	7
2.4.2.	Biotické přírodní podmínky	9
2.4.3.	Lesy Šumavy.....	10
2.4.4.	Dřeviny rostoucí na Šumavě	12
2.4.5.	Geobotanické mapy na Šumavě	18
2.4.6.	Lesnická typologie na Šumavě	19
2.4.7.	Problémy s lesnickou typologií na Šumavě a porovnání s geobotanickou mapou	22
2.5.	TEORETICKÁ VÝCHODISKA MODELU PŘIROZENÉHO ZASTOUPENÍ DŘEVIN.....	23
2.6.	MODEL Y ROZŠÍŘENÍ DŘEVIN.....	24
3.	METODIKA	26
3.1.	POUŽITÉ ZKRATKY	26
3.2.	POUŽITÁ DATA	27
3.3.	MODEL VÝSKYTU DŘEVIN	29
3.3.1.	Model pro globální gradienty teploty (Matějka 2010b).....	29
3.3.2.	Ovlivnění stanoviště živinami a vlhkostí	32
3.3.3.	Zastoupení dřevin ve fytoecologických snímcích a tvorba modelu.....	33
3.4.	POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MODELU S PŘIROZENÝM ZASTOUPENÍM DŘEVIN DLE LESNICKÉ TYPOLOGIE	34
3.5.	TERÉNNÍ VÝZKUM	35
3.6.	POUŽITÝ SOFTWARE	36
4.	VÝSLEDKY	37
4.1.	ROZBOR DATABÁZE SNÍMKŮ	37
4.2.	ROZDĚLENÍ PŮD DO VLHKOSTNÍCH KATEGORIÍ DLE TRMI INDEXU	38
4.3.	PŘEHLED AKTUÁLNÍHO A POTENCIÁLNÍHO ZASTOUPENÍ HLAVNÍCH DŘEVIN ROSTOUCÍCH NA ŠUMAVĚ	40
5.	DISKUZE	58

5.1.	LIMITY PŘESNOSTI DAT PŘI JEJICH ZPRACOVÁNÍ.....	58
5.2.	FYTOCENOLOGICKÉ SNÍMKY	58
5.3.	MODEL PRO GRADIENTY TEPLoty (Matějka 2010b).....	59
5.4.	ROZDĚLENÍ PŮD DO VLHKOSTNÍCH KATEGORIÍ	61
5.5.	TVORBA MODELU	62
5.6.	INTERPRETACE VÝLEDKŮ Z HLEDISKA LESNÍCH VEGETAČNÍCH STUPŇŮ	67
5.7.	INTERPRETACE VÝLEDKŮ Z HLEDISKA GEOBOTANICKÉ MAPY	68
5.8.	VÝLEDKY MODELU JEDNOTLIVÝCH DŘEVIN A JEJICH POROVNÁNÍ S LESNICKOU TYPOLOGIÍ	69
5.9.	KOMENTÁŘE K OSTATNÍM DŘEVINÁM.....	72
6.	ZÁVĚR	74
7.	LITERATURA	75
8.	PŘÍLOHY	84

1. ÚVOD

V literatuře se objevuje více zmínek o chybném vymezení lesnické typologie na Šumavě. Vegetační stupňovitost na Šumavě je relativně odlišná od standardní vegetační stupňovitosti v pojetí ÚHÚL (např. Matějka 2008, Vacek a Krejčí 2009, Vacek a Mayová 2000, Neuhäuslová 2001, Černý 2007). I při geobotanickém rekonstrukčním mapování se ukázalo, že s ideální vertikální stupňovitostí klimaxové lesní vegetace se setkáváme jen zřídka a daleko častěji bývá vliv makroklimatu vyvážen lokálními vlivy (Neuhäuslová et al. 1998), z čehož vyplývá nepoužitelnost nadmořské výšky jako jediného indikátoru hranic lesních vegetačních stupňů. Jelikož lesnická typologická mapa se snaží při měřítku 1 : 10 000 a vyšším o co nejpodrobnější popis přirozených lesních společenstev a je základním podkladem pro péči o lesní ekosystémy, měla by být co nejpřesnější (Vacek a Krejčí 2009).

Současné znalosti o potenciálním (přirozeném) rozšíření jednotlivých druhů dřevin jsou nepřesné a opírají se o odhady zastoupení těchto druhů v lesních ekosystémech jednotlivých souborů lesních typů (SLT), které vychází právě z lesních vegetačních stupňů a edafických kategorií a jsou obecně stanovené pro území celé České republiky. Typologické mapování je relativně dosti přesné ve směru vymezení edafických kategorií, místy je však velmi nepřesné či zkreslující ve vztahu k vymezení lesních vegetačních stupňů. Proto byl navržen nový model potenciálního zastoupení dřevin na Šumavě, který vychází z edafických kategorií, digitálního modelu terénu a z klimatického modelu průměrných ročních teplot. Pro nový model byla použita data více než 2000 fytoecologických snímků stromového patra z lesů přírodní lesní oblasti Šumava. Práce navazuje na poznatky z projektu MŠMT NPV II - 2B06012 „Management biodiverzity v Krkonoších a na Šumavě“ (BiodivKrŠu, 2006 – 2011, Vacek a Matějka 2011) a může sloužit jako podklad pro pěstování lesa.

Cílem práce je:

1. Odhadnout maximální potenciální zastoupení vybraných dřevin (*Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*) v přírodní lesní oblasti Šumava pomocí fytoecologických snímků stromového patra, digitálního modelu terénu, teplotního modelu a edafických kategorií.
2. Srovnat výsledky modelování s jinými modely potenciální vegetace - přirozené složení dřevin pro soubory lesních typů v ČR (Viewegh 2005) a geobotanická mapa (Neuhauslová et al. 1998).

Pro řešení těchto cílů byly stanoveny některé dílčí cíle:

1. Zpracovat přehled dosavadních poznatků o potenciální přirozené lesní vegetaci na Šumavě (lesnická typologie a geobotanická mapa) a o jednotlivých dřevinách zde rostoucích.
2. Shrnout postupy používané při modelování rozšíření dřevin jinde ve světě s důrazem na střední Evropu.
3. V terénu ověřit hranice výskytu některých druhů, pro něž není v databázi snímků dostatek záznamů (*Quercus robur*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*).

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. POTENCIÁLNÍ VEGETACE A PŘIROZENÝ VÝSKYT DŘEVIN

Potenciální přirozená vegetace je taková vegetace, která by se vytvořila v určitém území a v určité časové etapě za předpokladu vyloučení jakékoliv další činnosti člověka (Tüxen 1956) za stávajících klimatických podmínek. Při rekonstrukci současné potenciální vegetace se vychází ze současných podmínek prostředí, včetně nevratných změn způsobených lidskou činností, jako je výstavba nebo povrchová těžba. Naopak rekonstruovaná přirozená vegetace vychází z původních, člověkem nezměněných stanovištních podmínek. Vytvořené jednotky potenciální vegetace tedy ukazují současný biotický potenciál každého stanoviště (Neuhäuslová et al. 1998).

Na utváření vegetace má největší vliv makroklima a reliéf, který mění vliv klimatu a vytváří místní anomálie, které se projevují jako fenomény (např. vrcholový fenomén, inverzní fenomén). Reliéf ovlivňuje mj. hloubku půdního profilu, odtok a průsak vody a vodní režim půd. Nejdůležitější charakteristikou reliéfu je sklon svahu a orientace svahu ke světovým stranám, které z důvodu různé osluněnosti severních a jižních svahů během dne i v průběhu roku a různého množství srážek návětrných a závětrných svahů především na horách ovlivňují průběh hranic vegetačních jednotek (Neuhäuslová et al. 1998).

V České republice vznikly dvě základní mapy přirozené vegetace, a to rekonstrukční geobotanická mapa (Mikyška et al. 1968) a mapa potenciální přirozené vegetace (Neuhäuslová et al. 1998). Při sestavování mapy se vycházelo ze zchovalých pozůstatků přirozené vegetace a zjištěné závislosti na faktorech prostředí se extrapolovaly na ostatní území. K určení potenciální přirozené vegetace se také vycházelo z palynologických údajů, které naznačují vývoj vegetace od poslední doby ledové. Tato mapa v měřítku 1 : 500 000 je zjednodušená a nemůže zachytit maloplošné jednotky, nebo naopak dochází k jejich nadhodnocení. Bylo zde použito 50 mapovacích jednotek, které ve většině případů odpovídají asociacím.

2.2. LESNICKÁ TYPOLOGIE

Lesnická typologie se v českých zemích začala rozvíjet v 50. letech (Průša 2001) a představuje nejrozsáhlejší aplikaci fytoecologických metod v praxi (Moravec et al. 1994). V této době vznikly dva typologické systémy, první byl model fytoecologický dle Zlatníka

(1956), a poté následoval smíšený (stanovištní) model (Mezera, Mráz, Samek 1956). Směr fytoocenologický nebo také geobiocenologický se zakládá na druhovém složení lokalit a je vhodný zejména pro oblasti s přirozenějšími lesy. Směr smíšený kombinuje fytoocenologickou a stanovištní (zvláště pedologickou) charakteristiku lokality a jako aplikovatelný i na oblasti s monokulturami postupně v typologii v ČR převládl. Typologická systematika byla v ČR sjednocena v 70. letech (Plíva 1971) a v této podobě je v podstatě používána dodnes. Poslední významnější změny v typologii nastaly v souvislosti s aktualizací mapování pro přípravu Oblastních plánů rozvoje lesů na přelomu 20. a 21. století, na které navázalo zpracování takzvaných typologických elaborátů vyhodnocujících typologické zápisníky (fytoocenologické snímky pořizované při typologickém průzkumu lesů). Došlo také ke sjednocení překladu pojmů z české lesnické typologie do angličtiny (Viewegh et al. 2003).

Současná lesnická typologie vychází z druhového složení a půdní charakteristiky stanovišť. Lesní stanoviště se nejlépe dají hodnotit podle podrostu. Druhy bylinného patra poměrně rychle reagují na hospodářské změny a naznačují degradaci půdy, ale zároveň i v monokulturách většinou zůstává několik málo zastoupených, ale významných druhů, které indikují původní stromové patro. Při absenci těchto indikačních druhů se k zařazení více využívá půdních podmínek (Pišta 1982). Lesní společenstva se neposuzují podle převládajícího druhu, ale podle celkové charakteristické výstavby. Pomůckou pro hodnocení lesních společenstev jsou ekologické skupiny rostlin (ESR), což jsou soubory druhů, které indikují vlhkost a živnost půdy (Průša 1967). Takové druhy, které by indikovaly přímo jeden lesní vegetační stupeň, ovšem neexistují, vždy ve svém rozpětí přesahují i do sousedních stupňů (Pišta 1982).

Pedologický lesnický výzkum probíhal poměrně podrobně po celé republice a jeho výsledkem je mapa edafických kategorií (EK); seznam těchto kategorií je v tabulce 1. Typologické mapování se kromě fytoecologie a pedologie opíralo i o historický průzkum lesů (Průša 2001).

Tab. 1: Seznam edafických kategorií používaných v lesnické typologii

řada	kategorie	souhrnný název	zn.
extrémní	xerothermní	xerothermní	X
	zakrslá	zakrslá	Z
	skeletová	skeletová	Y
kyselá	chudá	chudá	M
	kyselá	kyselá	K
	uléhavá	uléhavá	I
	kamenitá	kyselá kamenitá	N
živná	středně bohatá	středně bohatá (svěží)	S
	vysýchavá	vysýchavá	C
	svahová	kamenitá, svěží	F
	hlinitá	hlinitá	H
	bohatá	bohatá	B
	vápencová	vápencová	W
obohacená humusem	hlinitá	hlinitá javorová	D
	kamenitá	kamenitá javorová	A
	suťová	suťová javorová	J
obohacená vodou	lužní	lužní	L
	údolní	údolní	U
	vlhká	vlhká	V
oglejená	středně bohatá	oglejená středně bohatá	O
	kyselá	oglejená kyselá	P
	chudá	oglejená chudá	Q
podmáčená	chudá	pomáčená chudá	T
	středně bohatá	podmáčená středně bohatá	G
	rašelinná	rašelinná	R

Základní jednotkou současné lesnické typologie je lesní typ (LT). Lesní typ je (dle původní definice) „Základní konstruovaná jednotka jednoty přírody, existující jako typ trvalých ekologických podmínek na segmentech typu přírodní geobiocenózy prostorově rozděleně, časově jako kontinuitní jednota. Můžeme jej definovat též jako soubor typu přírodní geobiocenózy a všechny od tohoto typu vývojově pocházející a do různého stupně a různým způsobem změněné geobiocenózy a geobiocenoidy a všechna vývojová stadia, na původních segmentech typu přírodní geobiocenózy existující“ (Zlatník 1976). Je to rekonstrukční, přirozená lesní fytoocenóza, která zahrnuje i degradační stadia a náhradní kultury (Moravec et al. 1994). Lesní typ je charakterizován dřevinnou a bylinnou skladbou, půdními vlastnostmi a potenciální bonitou dřevin. Ačkoliv hlavním cílem mapování bylo stanovení provozních cílů (skladby porostů, která by zajišťovala vysokou produkci dřeva a zároveň dostatečnou stabilitu a odolnost vůči vnějším vlivům), vzniklá lesnická typologická mapa v měřítku 1 : 10 000 má velké využití i v jiných přírodovědných oborech, neboť je mnohem podrobnější než geobotanická rekonstrukční mapa (Průša 2001). Typické je její užití v praxi ochrany přírody (Míchal a Petříček 1999).

V praxi jsou lesní typy sdružovány do vyšších jednotek s jednotným hospodařením, tzv. souborů lesních typů (SLT). Soubory lesních typů jsou kombinací lesních vegetačních stupňů (LVS) a edafických kategorií (EK) a značí se číslem příslušného LVS a písmenem EK. V ČR bylo vymezeno celkem 138 SLT (Průša 2001). Lesní typy se označují kódem SLT a dalším číslem. Dále může být doplněno malé písmeno, které případně vyjadřuje přechod k vedlejší kategorii.

Lesní vegetační stupně vyjadřují přirozenou stupňovitost vegetace způsobenou zejména změnou makroklimatu s měnící se nadmořskou výškou (to neplatí pro LVS 0 - borový). Hlavními nositeli vegetační stupňovitosti jsou dominantní dřeviny - dub, buk, jedle, smrk a kleč. Ustálení dřevin ve vegetačních stupních je výsledkem kompetičních vztahů mezi dřevinami v holocénním vývoji a nemusí odpovídat ekologickým a produkčním optimům jednotlivých dřevin (Plíva 1971). Přehled LVS je uveden v tabulce 2. Oproti původnímu systému Zlatníkovu (1976) byl ve stanovištním systému Mezera-Mráz-Samek 7. LVS smrkový rozdělen na 7. bukosmrkový a 8. smrkový.

Tab. 2: LVS

0	borový
1	dubový
2	buko-dubový
3	dubo-bukový
4	bukový
5	jedlo-bukový
6	smrko-bukový
7	buko-smrkový
8	smrkový
9	klečový

2.3. SROVNÁNÍ TYPOLOGICKÝCH A GEOBOTANICKÝCH MAP

Lesnické a geobotanické mapování má rozdílné zaměření, ale obdobné metodické postupy. Oba směry se shodují v mapování přirozené vegetace metodou vegetační rekonstrukce založené na indikačních druzích bylinného patra. Liší se zejména v podrobnosti a v zaměření lesnického mapování na produkční účely. Obě mapy si značně odpovídají v místech s poměrně zachovalými přirozenými lesy, rozdíly jsou v oblastech monokultur, kde vegetační rekonstrukce nemá dostatečnou oporu. Lesní typ většinou odpovídá subsociaci nebo variantě, méně často asociaci. Asociace jako základní fytoecologická jednotka je pro lesnické potřeby příliš široká (Moravec et al. 1994, Pišta 1982).

2.4. ŠUMAVA JAKO MODELOVÁ OBLAST

2.4.1. *Abiotické přírodní podmínky*

Šumava je nejrozsáhlejší středoevropská hornatina hercynského masívu a zároveň nejlépe zachovalý a nejsouvislejší horský lesní ekosystém ve střední Evropě. Rozkládá se na území tří států – České republiky, Německa a Rakouska. Na české straně byla v roce 1963 vyhlášena Chráněná krajinná oblast (CHKO), v roce 1990 Biosférická rezervace UNESCO a v roce 1991 v centrální části pohoří Národní park (NP). Přírodní lesní oblast Šumava (PLO 13) v lesnickém vymezení zasahuje částečně i do území mimo CHKO zhruba

do nadmořské výšky 700 m a zaujímá plochu 211 302 ha, z toho 66% tvoří lesy. Ze severozápadu na jihovýchod je dlouhá 125 km (Bouše et al. 2001).

Geomorfologicky Šumava náleží do provincie Česká vysočina, soustavy Šumavské, podsoustavy Šumavská hornatina, a dvou celků - Šumava a Šumavské podhůří. Pohoří pozvolna přechází z předhůří do vrchoviny a na hřbetech dosahuje průměrné výšky 1 000 - 1 100 m. Nejvyšší horou je Javor (1 457 m) v Německu, na české straně Plechý (1378 m). Centrální část Šumavy tvoří zarovnaný povrch Plání, s horskými hřbety vybíhajícími na severozápad (Královský Hvozd) a jihovýchod (Boubínská, Želnavská a Trojmezenská hornatina), oddělenými údolím Horní Vltavy (Demek et al. 1987).

Šumava se skládá ze silně metamorfovaných krystalických hornin moldanubika (ruly, pararuly, svorové ruly, svory, ortoruly, granulity, migmatity), jimiž pronikají tělesa žuly a granodioritů moldanubického plutonu; u Lipna se maloplošně vyskytují amfibolity a vápence (Kunský 1968).

V PLO Šumava převažují půdy vodou neovlivněné, z nichž nejrozšířenější jsou kryptopodzoly (59,9 %), dále kambizemě (21,5 %) a podzoly (4 %). Na zavodněných lokalitách se vyskytují gleje (4,9 %), pseudogleje (3,4 %) a pro Šumavu typické organozemě (3,8 %). Půdy jsou převážně hlinitopísčité, středně až silně kyselé (Bouše et al. 2001, Vacek a Krejčí 2009). Nedávno vyšel nový atlas půd (Kozák et al. 2010), podle kterého by bylo možné tento popis aktualizovat.

Šumava je významnou pramennou oblastí a od roku 1978 je vyhlášena jako chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV). Prochází tudy hlavní evropské rozvodí mezi Severním mořem (povodí Vltavy) a Černým mořem (povodí Dunaje). Jsou zde četná prameniště a rašeliniště a velká ledovcová jezera (Černé, Čertovo, Laka, Prášilské a Plešné) (Vacek a Krejčí 2009).

Většina PLO náleží klimaticky do chladné oblasti, mírně chladného okrsku. Nejvyšší polohy patří do chladného horského okrsku a nejnižší do mírně teplé oblasti s mírně teplým, velmi vlhkým okrskem (Quitt 1971, Tolasz 2007). Průměrné roční teploty se pohybují zhruba od 7,5 °C do 2,5 °C (Bouše et al. 2001). Podnebí je perhumidní, převládá zde oceánický charakter s chladnějším jarem a teplejším podzimem. Ve vyšších polohách (nad 1 100 m) vegetační doba kolísá mezi 60 – 100 dny, v nižších polohách (600 – 1 100 m) mezi 90 – 140 dny (Vacek a Krejčí 2009). Ve srážkách jsou velké rozdíly mezi návětrnou severozápadní částí a jihovýchodní částí, která leží ve srážkovém stínu. Jihovýchodní část

Šumavy je navíc pod silným vlivem fohnů od Alp a je tak klimaticky mnohem příznivější než centrální část. Utváření reliéfu způsobuje časté teplotní inverze v kotlinách a úvalovitých údolích (Boháč 2004). Silně se zde uplatňuje vítr, který vane nejčastěji z jihozápadu (Tolasz 2007). Znečištění ovzduší imisemi s maximálním vlivem v 80. letech zde způsobilo acidifikaci jezer (Kopáček a Hruška 2010, Nedbalová et al. 2006) a půd a oslabení lesních ekosystémů (Hruška a Cienciala 2001).

2.4.2. Biotické přírodní podmínky

Biogeograficky PLO Šumava náleží do hercynské podprovincie a Šumavského bioregionu (Culek et al. 1996), který se s touto hranicí téměř shoduje. V rámci fyto geografického členění Šumava leží z větší části v oreofytiku a jen mírně ve svém předhůří zasahuje do mezofytika. Zahrnuje okres Šumava a nejvyšší část okresu Šumavsko-Novohradské podhůří (Skalický 1988, Matějka 2005).

Na Šumavě se vyskytuje klimaticky podmíněná zonální vegetace (bučiny, smrčiny) i edaficky podmíněná azonální vegetace (rašeliniště, prameniště, podmáčené smrčiny, bory, suťové lesy, kamenné moře, kary). Klimaticky podmíněná společenstva jsou závislá na snižování teploty vzduchu a zvyšování srážek s přibývajícím nadmořskou výškou, dále je ovlivňuje vytváření reliéfu, orientace svahu vůči světovým stranám a sklonitost svahu, rychlost a směr proudění vzduchu, orientace svahu vůči větrům, které přináší srážky, nebo vůči jižnímu a jihozápadnímu proudění, které přináší teplý a výsušný fén. Edaficky podmíněná společenstva se vyskytují na půdách oglejené a podmáčené řady a v inverzních polohách. Ty způsobují zvrát vegetační stupňovitosti a tato společenstva jsou řazena do chladnějšího vegetačního stupně než jiná společenstva ve stejné výšce (Vacek a Krejčí 2009).

Z hlediska biodiverzity jsou cenná zachovalá rašeliniště s glaciálními relikty, ledovcové kary se subalpínskými společenstvy, horské smrčiny, smíšené lesy pralesovitého charakteru, kamenná moře a bývalé pastviny. V květeně převažují středoevropské montánní a supramontánní druhy, nalezneme zde několik středoevropských endemitů, alpských migrantů a glaciálních reliktních. Nejzachovalejší fauna se vyskytuje na vrchovištích, v přirozených horských lesích a na horských loukách, z nejvýznamnějších skupin lze jmenovat ptáky, brouky, motýly a též reintrodukci rysa (Boháč 2004).

2.4.3. Lesy Šumavy

Vývoj horských lesů Šumavy lze dokumentovat lépe než v jiných oblastech díky zachovaným palynologickým nálezům v četných rašeliništích. V pozdním glaciálu převažují vrba a bříza v parkové stepi, níže se objevuje borovice. V preboreálu (10 000 - 9 000 B. P.) převládá bříza a borovice, ojediněle už se objevují některé teplomilné dřeviny (jilm, dub, jasan, lípa, olše, líska) a také smrk. V boreálu (9 000 – 7 500 B. P.) má své maximum líska, která proniká do boro-březových lesů. Vývoj lesa v atlantiku (7 500 – 4 500 B. P.) je charakterizován klimaxovým smrkovým a jedlo-bukovým lesem. V mladším atlantiku se prudce šíří buk a smrk a předchozí světlomilné dřeviny jsou vytlačeny. V nižších polohách tvoří lesy jilm, dub, jasan, lípa a olše. Subboreálu (4 500 – 2 500 B. P.) dominují buko-jedlové lesy a přetrvávají do staršího subatlantiku (2 500 – 1 000 B. P.). V mladším subatlantiku (1 000 B. P. – současnost) pod vlivem člověka jedle a buk postupně mizí a jsou nahrazeny smrkem nebo borovicí (Neuhäuslová 2001, Neuhäuslová et al. 1998).

Konkrétní zastoupení dřevin ve vývoji šumavských lesů by bylo možné odvodit z palynologických analýz, které kromě práce Neuhäuslové (2001) bohužel zatím nebyly sumarizovány pro celý region, jedná se o jednotlivé práce na různých lokalitách (např. Jankovská 2006, Svobodová et al. 2001, Břízová 1996, Mentlík et al. 2010). Souhrnně pro celou ČR byla publikována pylová mapa od Rybníčkové a Rybníčka (1988) a na internetu vzniká databáze pylových profilů (Kuneš et al. 2009). Pro Bavorský les udává Heurich a Englmaier (2010) v lesích ještě neovlivněných člověkem (3 000 B. P.) celkovou sumu pylu v profilech pro buk 49 %, jedli 32 % a smrk 19 %.

Z lesních společenstev by přirozeně byly nejvíce rozšířené smrkové bučiny, nad nimi stále značně zastoupené bukové smrčiny, a nejvýše smrčiny. Klimaxové smrčiny zde mají největší souvislou plochu v rámci ČR a jsou jedinečné svým výskytem na plochých pláních. Oproti jiným oblastem se Šumava vyznačuje velkým podílem ekotypově původních smrkových populací, které jsou uzpůsobené horským podmínkám. Z podhůří doznívají jedlové bučiny a významná jsou společenstva s javorem klenem a jilmem horským na kamenitých svazích a sutích. Plošně nepatrné, ale výrazné jsou reliktní bory na skalách a luhy olše šedé při horních tocích potoků a řek. (Průša 2001).

Skladba dřevin se začala výrazněji měnit od 17. století v důsledku rozsáhlé kolonizace a rozvoje sklářství a na přelomu 18. a 19. století se rozmohlo pěstování smrkových monokultur. Přesto má Šumava zejména díky osvědčeným majitelům lesů

a kvalifikovaným lesníkům působícím zde zejména v 19. století dodnes velmi kvalitní lesy, jejichž stav je možné hodnotit jako nejlepší ze všech našich PLO (Jelínek 2005, Průša 2001). V PLO Šumava se nachází nejvíce přirozených lesů v rámci všech PLO v ČR s rozlohou 11 082 ha, z toho je 422 ha lesů původních, 3657 ha lesů přírodních a 7002 ha lesů přírodě blízkých (stav k roku 2004, int. odkaz 1). Tomášková (2004) ovšem upozorňuje na velký rozdíl mezi současnou a cílovou druhovou skladbou v této PLO (viz tab. 3).

Současná lesní společenstva Šumavy popisuje Matějka (2008) v klasifikaci založené na složení bylinného patra u fytoecologických snímků lesních společenstev. Lesy zvláštního určení zaujímají 55,3 % plochy PLO a vyskytují se převážně v NP, hospodářské lesy mají 41,4 % a lesy ochranné 3,3 %. Zdravotní stav porostů je rozdílný u přírodních a kulturních porostů a lokálně je ovlivněn větrnými kalamitami, kůrovcovými disturbancemi a imisemi (Bouše et al. 2001).

V současném zastoupení dřevin v PLO Šumava jednoznačně dominují jehličnany, především smrk. V tabulce 3 je uvedeno porovnání současné, cílové a přirozené druhové skladby dle lesnické typologie. Největší nepoměr je u zastoupení smrku, jedle a buku. Plošné zastoupení věkových stupňů je značně nevyrovnané oproti normálu, je zde málo mladších porostů a naopak mnoho takzvaně přestárlych porostů (Bouše et al. 2001).

Tab. 3: Porovnání současné, cílové a přirozené druhové skladby porostů (Bouše et al. 2001)

sm	jd	bo	md	ost.j.	JEH	bk	jv	lp	jl	js	ol	os	br	ost.l.	LIST
současná druhová skladba [%]															
80,6	2,1	7,9	0,5	0,1	91,2	5,0	0,4	-	-	0,1	1,0	0,2	2,0	0,1	8,8
cílová druhová skladba [%]															
60,9	11,8	1,9	0,4	1,2	76,2	17,7	0,9	0,3	0,2	0,3	0,2	0,6	0,8	2,8	23,8
přirozená druhová skladba [%]															
41,9	17,3	3,1	-	0,8	63,1	27,0	1,7	0,1	0,3	0,3	0,3	1,4	0,9	4,9	36,9

2.4.4. Dřeviny rostoucí na Šumavě

Bude následovat základní popis ekologie a přirozeného výskytu stromů na Šumavě původních a významně zastoupených, vynechány jsou keře, dřeviny zde nepůvodní (např. modřín opadavý) a zastoupené jen velmi okrajově (dub zimní, habr obecný; Slavík 1990, Brych 2006). Na Šumavě bylo pro několik dřevin (borovice lesní, borovice blatka, jedle bělokorá, tis červený, dub letní) pozorováno jejich výškové maximum v rámci ČR (Hejný a Slavík 1997, Hejný a Slavík 2003a), jelikož se jedná o relativně teplé pohoří.

Picea abies (smrk ztepilý)

Smrk se na Šumavě objevuje od pozdního glaciálu a vrchol expanze zaznamenává v pozdním boreálu (tvoří 40 % lesů) a v mladším atlantiku (50 %), v subboreálu opět klesá na úkor jedle a buku (Neuhäuslová 2001). Smrk na Šumavě a v Krušných horách je společného původu a rozšířil se do těchto oblastí ze severních Alp, ostatní přirozené smrčiny v ČR jsou původu západokarpatského (Tollefsrud et al. 2008).

Smrk je pokládán za polostinný až stinný druh s velkými nároky na půdní i vzdušnou vlhkost. Bývá však považován i za slunnou dřevinu, snášející v mládí zástín. Pro jeho světломilnost svědčí jeho častá zvýšená účast v sukcesi po rozpadu stromového patra. Roste většinou na kyselých půdách a je citlivý na imise v ovzduší. Smrk je kromě požadavku na dostatek vody velmi adaptabilní dřevinou bez větších nároků na prostředí, u nás je to nejvíce pěstovaná dřevina, jejíž monokultury často trpí vývraty a podléhají škůdcům. Ekologické optimum jeho přirozeného výskytu je obecně tam, kde slábne konkurenceschopnost buku a jedle, tj. ve výše položených, chladných lokalitách. Fyziologické optimum ovšem leží mimo jeho přirozený výskyt, v oceánském klimatu. (Musil a Hamerník 2007, Skalická a Skalický in Hejný a Slavík 1997).

Smrk je dominantní dřevinou v šumavských lesích, je zde hojně pěstován i v nižších nadmořských výškách. Hranici přirozeného výskytu klimaxových smrčín lze odvodit ze změny složení bylinného patra, respektive výrazného snížení diverzity podrostu v nadmořské výšce od 1150 m. Výjimečně je hranice posunuta níže, do mrazových kotlin ve výšce okolo 1100 m (např. Modravsko) (Matějka 2008). Smrk by ovšem na Šumavě mohl mít přirozeně vyšší zastoupení i v nižších vegetačních stupních, zejména v souvislosti s drsným klimatem a velkoplošně se opakujícími větrnými a kůrovcovými disturbancemi

(Matějka 2011b). K těm docházelo v posledních asi 3 tisících letech pravidelně zhruba každých 180 let (Svobodová et al. 2001). Smrk se při rozpadu stromového patra chová do značné míry jako pionýrská dřevina a díky rychlejší obnově jiné druhy (buk, jedli) nahradí (Matějka 2011b).

***Fagus sylvatica* (buk lesní)**

Buk se objevuje ojediněle od boreálu, maximum rozšíření má v atlantiku (30 %) a starším subatlantiku. Na jihovýchodě území začíná expanze mnohem později (5500 B. P.) než na severozápadě (8000 B. P.) (Neuhäuslová 2001).

Buk je stínomilná dřevina vlhkého suboceánického klimatu, je citlivý k suchu a pozdním mrazům. Roste nejlépe na vlhkých, humózních, minerálně bohatých půdách, nesnáší suché a zamokřené půdy. Optimum výskytu má od 500 do 800 m, ale roste až do 1300 m (Krkonoše), na Šumavě je udávané maximum ve výšce 1240 m nad Černým jezerem (Koblížek in Hejný a Slavík 2003a, Zlatník 1976). Výskyt buku a jeho bylinných indikátorů byl potvrzen na jihovýchodě Šumavy až do 1300 m, což posunuje hranici acidofilních horských smrkových bučin až do 1200 (1250) m (Neuhäuslová 2001). Naopak snížena je hranice jeho výskytu v oblasti Modravska, zřejmě v souvislosti s opakovanými disturbancemi, po nichž se postupně zvyšovalo zastoupení smrku na úkor jiných dřevin a nízkou teplotou v této oblasti (Tolasz 2007, Matějka 2011b). Buk přirozeně nikde nevytvářel čisté porosty, vždy byl s příměsí jedle a smrku (Pišta 1982).

***Abies alba* (jedle bělokorá)**

Jedle se na Šumavě objevuje v boreálu, expandovat začíná v mladším atlantiku a maxima dosahuje v subboreálu (40 %) a starším subatlantiku, kdy je na Šumavě hojnější než buk. Šířila se postupně z nižších do vyšších nadmořských výšek. V podhorských polohách je doložena existence „černých lesů“ s dominancí jedle, které pokrývaly vlhčí pseudoglejové půdy vrchovin (Rybníček a Rybníčková 1978, Neuhäuslová 2001).

Jedle je stínomilná dřevina, citlivá k pozdním mrazům, s velkými požadavky na vláhu (Zlatník 1976). Vyžaduje hluboké, vlhké půdy. Optimum výskytu má od 500 do 1100 m, maximum na Šumavě 1300 m (Skalická in Hejný a Slavík 1997). Jedle na Šumavě roste a plodí poměrně často i ve výškách od 1100 do 1300 m (Černý 2007).

Společně se smrkem a bukem tvořila jedle základ středoevropského horského lesa, tzv. hercynskou směs. Od 19. století výrazně odumírá zřejmě v důsledku kombinace několika příčin, mezi něž patří malá adaptační schopnost, holosečné hospodaření, vysazování smrku, choroby, přezvěření a znečištění (Musil a Hamerník 2007). Na Šumavě i v Bavorském lese se ovšem vitalita jedle od 90. let 20. století opět mírně zvyšuje (Novotný et al. 2010, Heurich a Englmaier 2010). Nacházejí se zde nyní nejrozsáhlejší porosty jedlin v rámci ČR, které jsou považovány za polopřirozené – závislé jak na přírodních podmínkách, tak na dlouhotrvajícím vlivu člověka (Boublík 2007).

***Pinus sylvestris* (borovice lesní)**

Borovice je světlomilná pionýrská dřevina, nenáročná na půdu, teplotu či vlhkost. Nesnáší zastínění, zato snáší velmi suché i zamokřené půdy a široký rozsah teplot. Těžiště výskytu má v mezofytiku, v montánním stupni roste jen roztroušeně. Ekologické optimum má vlivem konkurence omezené na méně příznivá stanoviště (skály, sutě, písčiny, rašeliniště). Na Šumavě roste nejvýše u Plešného jezera (1070 m) (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007).

***Pinus mugo* (borovice kleč), *Pinus rotundata* (borovice blatka) a jejich hybrid**

Borovice kleč normálně roste nad hranicí lesa, na Šumavě se nachází pouze jako vrcholový fenomén na minerální půdě na skalnatých místech a v klimaticky inverzních ledovcových karech (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007).

Borovice blatka je velmi úzce specializovaný druh, roste jen na přechodových rašeliništích a vzácně na vrchovištích. Výškového maxima dosahuje na Knížecích pláních (980 m) (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007).

Blatka a kleč se mezi sebou kříží a vytváří *Pinus x pseudopumilio* (borovice kleč rašelinná), která tvoří směs křovitých a klečovitých porostů na vrchovištích montánního - supramontánního stupně i na vysýchavých půdách Šumavy a Krušných hor. Šumavská *P. x pseudopumilio* je považována za stabilizovaného křížence (Mánek a Ešnerová 2004). Blatka je většinou dominantní v údolních vrchovištích, kříženec na svahových rašeliništích (Burian 1999). Taxonomie borovic je komplikovaná a stále není zcela dořešená (Hamerník a Musil 2007). V současnosti jsou druhy zahrnuté do *Pinus mugo* agg., kam se řadí *P. mugo*,

P. rotundata a kříženec *P. x pseudopumilio*. Z Plešného jezera je popsán také hybrid *P. mugo* a *P. sylvestris* - *P. x celakovskiorum* (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007).

***Alnus incana* (olše šedá)**

Olše šedá roste v horských a podhorských oblastech na březích řek a potoků, na občas zaplavovaných půdách. Vyžaduje ovšem dobře provzdušněnou půdu, nesnáší stagnující vodu. Je to rychle rostoucí, mrazuvzdorná dřevina, náročná na světlo a málo odolná v konkurenci jiných dřevin. Podél vodních toků sestupuje i hluboko do nižších poloh (Kovanda in Hejný a Slavík 2003a).

***Alnus glutinosa* (olše lepkavá)**

Olše lepkavá roste od nížin až do hor, zejména v lužních lesích, bažinách, prameništích a na březích tekoucích i stojatých vod. Roste na vlhkých, často zaplavovaných půdách, na světlo je méně náročná než *A. incana*. Většinou nepřesahuje nadmořskou výšku 850 m (Kovanda in Hejný a Slavík 2003a).

Alnus x pubescens

A. incana a *A. glutinosa* se mezi sebou mohou křížit, jejich kříženec je celkově intermediární mezi rodiči. Vyskytuje se roztroušeně v mezofytiku, ojediněle v termofytiku a oreofytiku. Kříženec je pravděpodobně hojnější, ale přehlížený (Kovanda in Hejný a Slavík 2003a).

***Acer pseudoplatanus* (javor klen)**

Javor klen je polostinná dřevina citlivá k silným mrazům, s vyššími nároky na vzdušnou vlhkost. Roste od nížin do hor, hojný je v podhorských a horských oblastech, kde tvoří převážně suťové a stinné roklinové lesy, jako příměs se vyskytuje v květnatých bučinách a kapradinových smrčínách. Roste na čerstvě vlhkých, humózních, živinami bohatých půdách (Koblížek in Slavík 1997). Některé staré zbytky kleny v pralesích

na Šumavě dokazují, že dříve byl běžný i v polohách vyšších a exponovanějších než v jakých se vyskytuje dnes (Bouše et al. 2001).

***Acer platanoides* (javor mléč)**

Javor mléč je polostinná dřevina odolná k mrazu, roste na minerálně bohatých, čerstvě vlhkých půdách. Je součástí suťových a roklinových lesů, mezofilních dubolipových hájů a květnatých bučin. Vyskytuje se od nížin do podhorských poloh s maximem okolo 500 m, na Šumavu tedy zasahuje jen okrajově a těžko se zde určuje jeho původní rozšíření (Koblížek in Slavík 1997, Pišta 1982).

***Ulmus glabra* (jilm horský)**

Jilm horský je spíše stínomilná dřevina suťových a roklinových lesů a bučin. Roste na mírně vlhkých humózních půdách a dobře odolává mrazu. Vyskytuje se od pahorkatin do hor a na Šumavě ve zbytcích pralesů jeho přestárlé výstavky naznačují, že dříve byl běžný i ve vyšších polohách než v jakých se vyskytuje dnes (Hrouda in Hejný a Slavík 1997, Bouše et al. 2001).

***Betula pendula* (bříza bělokorá)**

Bříza bělokorá je světlomilná pionýrská dřevina, s velkým rozptylem výskytu od nížin až do hor. Toleruje chudé, suché i extrémně kyselé půdy. Porůstá hlavně bory, skály a ladem ležící plochy. Na Šumavě vystupuje do 900 - 1000 m (Kříž in Hejný a Slavík 2003a).

***Betula pubescens* (bříza pýřitá), *Betula carpatica* (bříza karpatská)**

Bříza pýřitá se vyskytuje na vlhkých, bažinných a rašelinných stanovištích, nesnáší sucho. Bříza karpatská porůstá také zejména rašeliniště, někdy i okraje suťových lesů a horské smrčiny. Na horách se spolu často kříží a i samostatně jsou oba druhy od sebe těžko rozeznatelné. Na Šumavě se pestře střídají populace horských bříz s převahou znaků jednou *B. pubescens*, podruhé *B. carpatica*. (Kříž in Hejný a Slavík 2003a).

***Tilia cordata* (lípa srdčitá), *Tilia platyphyllos* (lípa velkolistá)**

Lípa je polostinná dřevina náročná na vzdušnou vlhkost, nejčastěji roste v suťových a roklinových lesích a bučinách. Vyžaduje vlhké, humózní, živinami bohaté půdy. *T. cordata* se vyskytuje od nížin do nižších horských poloh, *T. platyphyllos* může na zvláštních stanovištích vystupovat výše do hor, ojediněle roste i v karech (Koblížek in Hejný a Slavík 2003b).

***Sorbus aucuparia* (jeřáb ptačí)**

Jeřáb ptačí je krátkověká světlomilná dřevina odolná vůči mrazům a suchu, zarůstá hlavně paseky a okraje lesů. Vyskytuje se od nížin až vysoko do hor (Kovanda in Hejný a Slavík 2003b).

***Fraxinus excelsior* (jasan ztepilý)**

Jasan ztepilý je světlomilná dřevina snášející v mládí zástin, citlivá k pozdním mrazům a k suchu. Roste roztroušeně od nížin do hor, hojně v lužních a suťových lesích, na živinami bohatých čerstvě vlhkých půdách (Koblížek in Slavík 1997). Z dnešního ojedinělého výskytu jasanu na Šumavě nelze s určitostí soudit na jeho bývalé rozšíření (Pišta 1982).

***Taxus baccata* (tis červený)**

Tis červený je vzácný, dlouhověký, pomalu rostoucí malý strom či keř. Je stínomilný a citlivý k pozdním mrazům, roste na živných humózních půdách. Netvoří souvislé porosty, jen příměs ve spodních etážích. Nejčastěji se vyskytuje v podhorském stupni v suťových lesích. Na Šumavě měl maximum výskytu v 1045 m na Zátoňské hoře, po zániku této lokality roste nejvýše v oblastech okolo 900 m (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007, int. odkaz 2).

***Quercus robur* (dub letní)**

Dub letní je světlomilný, teplomilný strom citlivý k pozdním mrazům. Toleruje velký rozsah půd, od bohatých humózních až po chudé kyselé. Je to druh nížin až pahorkatin, výše

roste výjimečně, většinou jako pěstovaná dřevina. Výškového maxima dosahuje dub letní na Šumavě ve výšce 800 m (Hojsova Stráž) (Koblížek in Hejný a Slavík 2003a).

Zatímco na většině území ČR je dominantním druhem dubu *Q. petraea*, v jižních Čechách a tedy i na Šumavě je to *Q. robur*. *Q. petraea* se v jižních Čechách objevuje spíše výjimečně na atypických stanovištích (meze, lesní okraje a to v 4. a 5. LVS) (Slavík 1990).

***Populus tremula* (topol osika)**

Topol osika je světlomilná až polostinná odolná dřevina, tolerantní k půdní reakci i k mrazu. Vyskytuje se od nížin do hor, většinou do 800 m, na různých stanovištích (Chmelař a Koblížek in Hejný a Slavík 2003a).

***Salix* sp. (vrba)**

Vrby jen zřídka vstupují do stromového patra lesů, častěji tvoří spíše keřové patro. Rostou hlavně na březích vod a na zaplavovaných lokalitách (Sádlo a Bufková 2002). Dle Slavíka (1990) se na Šumavě vyskytují tyto druhy vrby: *Salix appendiculata*, *Salix aurita*, *Salix caprea*, *Salix cinerea*, *Salix fragilis*, *Salix myrtilloides*, *Salix nigricans*, *Salix pentandra*, *Salix purpurea*, *Salix rosmarinifolia*, *Salix triandra*, *Salix viminalis*.

2.4.5. Geobotanické mapy na Šumavě

K potenciální přirozené vegetaci Šumavy existuje kromě map od Mikyšky et al. (1968) a Neuhäuslové et al. (1998) také podrobnější Mapa potenciální přirozené vegetace Národního parku Šumava v měřítku 1:75 000 (Neuhäuslová 2001). Přiložený text obsahuje popis jednotlivých fytogeografických podokresů v NP, informace o vývoji místních lesů a jejich ovlivnění člověkem. Z důvodu omezení této mapy jen na NP však musela být v této práci použita obecnější, i když méně přesná geobotanická mapa pro celou republiku z roku 1998.

V tabulce 4 je uvedeno zastoupení jednotlivých asociací v rámci PLO Šumava (Neuhäuslová et al. 1998). Podle této mapy by na Šumavě měla asi na 60 % plochy převažovat bučina s kyčelnicí devítílistou ze svazu *Eu-Fagenion* s dominantním bukem a přimíšeným klenem, jedlím a smrkem. Dalších asi 20% plochy by tvořila smrková bučina

ze svazu *Luzulo-Fagion* s kombinací smrku, buku, jedle a klenu. Poslední významněji zastoupená asociace s 12 % plochy je podmáčená rohozcová smrčina místy v komplexu s rašelinnou smrčinou ze svazu *Piceion excelsae* v oblasti klimaxových smrčin v nejvyšších nadmořských výškách.

Tab. 4: Asociace zastoupené v PLO 13 (Neuhäuslová et al. 1998)

plocha [ha]	%	asociace
126330,20	59,49	Bučina s kyčelnicí devítilistou (<i>Dentario enneaphylli-Fagetum</i> Oberdorfer ex W. et A. Matuszkiewicz 1960).
40706,80	19,17	Smrková bučina (<i>Calamagrostio villosae-Fagetum</i> Mikyška 1972).
26388,77	12,43	Podmáčená rohozcová smrčina (<i>Mastigobryo-Piceetum</i> [Schmid et Gaisberg 1936] Braun-Blanquet, Sissingh et Vlieger 1939), místy v komplexu s rašelinnou smrčinou (<i>Sphagno-Piceetum</i> sensu Sofron 1981).
6575,73	3,10	Biková bučina (<i>Luzulo-Fagetum</i> Meusel 1937).
6443,87	3,03	Třtinová smrčina (<i>Calamagrostio villosae-Piceetum</i> Hartmann in Hartmann et Jahn 1967).
3246,69	1,53	Biková a/nebo jedlová doubrava (<i>Luzulo albidae-Quercetum petraeae</i> Hilitzer 1932, <i>Abieti-Quercetum</i> Mráz 1959).
940,01	0,44	Komplex horských vrchovišť (<i>Sphagnetalia medii</i> Kästner et Flössner 1933 excl. sub 49), zčásti s <i>Pinus mugo</i> agg. a/nebo rašelinnou smrčinou (<i>Sphagno-Piceetum</i> sensu Sofron 1981).
469,30	0,22	Paprátková smrčina (<i>Athyrio alpestris-Piceetum</i> [Hartmann 1959] Hartmann et Jahn 1967).
432,33	0,20	Komplex submontánních borových rašelinišť (<i>Pino rotundatae-Sphagnetum</i> Kästner et Flössner 1933 corr. Neuhäusl 1969, <i>Eriophoro vaginati-Pinetum sylvestris</i> Hueck 1931 em. Neuhäusl 1984), <i>Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris</i> Kleist 1929).
95,04	0,04	Střemchová jasenina (<i>Pruno-Fraxinetum</i> Oberdorfer 1953), místy v komplexu s mokřadními olšinami (<i>Alnion glutinosae</i> Malcuit 1929).
36,98	0,02	Metlicová jedlina (<i>Deschampsio flexuosae-Abietetum</i> Husová 1968).

2.4.6. Lesnická typologie na Šumavě

Podle současného typologického mapování je v PLO Šumava nejrozšířenější 6. LVS smrkobukový tvořící 54 % plochy a 7. LVS buk-smrkový (28 %). Následuje 8. LVS

smrkový (8 %) a 5. LVS jedlobukový (5,5 %), ostatní stupně jsou zastoupené málo nebo vůbec (tab. 5).

Celkem je v PLO odlišeno 198 LT, ty jsou sdruženy do 85 SLT. Ze SLT největší plochu zaujímá 6K – kyselá smrková bučina (23 %), 7K – kyselá buková smrčina (12,1 %), 6V – vlhká smrková bučina (8,5 %) a 6S – svěží smrková bučina (8,4 %). Přehled všech SLT je na přiloženém CD. Z edafických kategorií na Šumavě převažují půdy kyselé (K, 41,6 %), následují živné, středně bohaté (S, 12,4 %) a vlhké (V, 11,4 %), kompletní tabulka je na přiloženém CD.

Tab. 5: LVS v PLO 13 na plochách větších než 100 ha, převzato z aktualizované typologické mapy (data ÚHÚL, stav 2007)

LVS		plocha [ha]	%
0	5248,72	5248,72	3,67
4	380,65	380,65	0,27
5	7872,60	7872,60	5,50
6	77068,78	77068,78	53,84
7	40042,96	40042,96	27,97
8	11381,27	11381,27	7,95
9	1065,94	1065,94	0,74

5. LVS – jedlobukový

Obecně je 5. LVS charakterizován nadmořskou výškou 600 – 700 m, průměrnou roční teplotou 5,5 – 6 °C, průměrným ročním úhrnem srážek 800 – 900 mm a délkou vegetační doby 130 – 140 dní (Průša 2001). Pišta (1982) definuje pro Šumavu a její předhůří spodní hranici tohoto stupně výškou 580 – 620 m a horní hranici 800 – 900 m, průměrnou roční teplotu udává 6,1 °C a průměr srážek 731 mm.

V původních porostech dominuje buk a jedle, v severozápadní části Šumavy především jedle, smrk je jen přimíšen. Typické jsou zde kyselé jedlové bučiny a květnaté bučiny. V bylinném patře se nacházejí bučinné druhy, druhy vodou ovlivněných půd nižších LVS, a v inverzních polohách subalpínské druhy. Spodní hranici jedlobukového LVS indikuje *Prenanthes purpurea*, která se ve 4. LVS nevyskytuje, jeho horní hranici *Homogyne alpina* (Průša 2001, Pišta 1982). Charakteristické fragmenty přirozených porostů 5. LVS

se nacházejí např. ve spodní části masívu Smrčiny, Stožce a Radvanovického hřbetu (Vacek a Mayová 2000).

6. LVS – smrkobukový

6. LVS je podmíněn nadmořskou výškou 700 – 900 m, teplotou 4,5 – 5,5 °C, úhrnem srážek 900 – 1 050 mm a délkou vegetační doby 115 – 130 dní (Průša 2001). Pišta (1982) pro Šumavu uvádí spodní hranici 800 – 900 m a horní hranici 1040 – 1100 m, průměrnou teplotu 4,9 °C a srážky 900 mm, Vacek a Krejčí (2009) výškové rozpětí 750 – 1 100 m.

Hlavní dřeviny tvoří tzv. hercynská směs – buk, jedle a smrk v přibližně stejném zastoupení. Tento LVS zaujímá partie typicky horských květnatých bučin a acidofilních bučin. Podmáčené lokality jsou bez buku, živinově chudší s borovicí. Klen, jasan a jilm horský je zde přimíšen vzácněji než v 5. LVS. Bylinné patro je podobné jedlobukovému stupni, smrkobukový stupeň indikují rozsáhlejší porosty *Calamagrostis villosa* a *Prenanthes purpurea*, které zde mají těžiště výskytu (Průša 2001, Pišta 1982). Typické zbytky přirozených porostů jsou v masívu Smrčiny, Plechého, Stožce a Radvanovického hřbetu (Vacek a Mayová 2000). V tomto stupni se nalézají tři dominantní SLT Šumavy - kyselá smrková bučina, svěží smrková bučina a vlhká smrková bučina (Bouše et al. 2001).

7. LVS – bukosmrkový

7. LVS se vyskytuje na místech s nadmořskou výškou 900 – 1050 m, teplotou 4 - 4,5 °C, úhrnem srážek 1 050 – 1 200 mm a délkou vegetační doby 100 – 115 dní (Průša 2001). Vacek a Krejčí (2009) udávají nadmořskou výšku 1000 – 1200 m.

V přirozené skladbě převládá smrk, jedle a buk už ustupují, někdy je přimíšen klen. Vitalita přimíšených dřevin je oslabena. Z bylin je typická větší účast smrkových druhů – *Homogyne alpina*, *Luzula sylvatica*, *Doronicum austriacum*, *Poa chaixii* apod. a s menší pokryvností ještě nalezneme druhy bučin. Bukosmrkový stupeň je někdy charakterizován jako přechodový mezi 6. a 8. LVS a většinou vytváří nepříliš široký lem okolo smrkového LVS (Vacek a Krejčí 2009). Zaujímá horní partie acidofilních horských bučin s fragmenty původních porostů na Plechém a Smrčině (Vacek a Mayová 2000). V tomto stupni se nachází 2. největší SLT na Šumavě - kyselá buková smrčina (Bouše et al. 2001).

8. LVS – smrkový

Smrkový LVS se obecně vyznačuje nadmořskou výškou 1050 – 1350 m, průměrnou roční teplotou 2,5 – 4 °C, srážkami 1200 – 1500 mm a vegetační dobou 60 – 100 dní (Průša 2001). Na Šumavě je jeho dolní hranice posunuta výš, na 1150 m, což je hranice výskytu původních smrčín Matějka (2008).

Ve stromovém patře zcela dominuje smrk, buk a jedle chybí nebo mají jen nízké zastoupení a účastní se pouze výstavby spodní stromové etáže, většinou u dolní hranice tohoto stupně. Vtroušen bývá jeřáb a na některých stanovištích i klen. V podrostu dominují druhy smrčín - *Calamagrostis villosa* a *Avenella flexuosa* (Průša 2001). Tento stupeň je tvořen klimaxovými smrčínami a přirozené porosty se zachovaly na Třístoličnicku, Plechém, Luzném a Mokrůvce (Vacek a Mayová 2000).

9. LVS – klečový

9. LVS je na Šumavě značně specifický (a sporný), neboť nejde o porosty nad horní hranicí lesa, ale o vrchovištní rašeliniště ve výšce kolem 1000 m. Klečové porosty se vyskytují na Pláních, především v pramenné oblasti Vydry a Vltavy (Vacek a Mayová 2000).

0. LVS – borový

Reliktní bory a borové březiny se na Šumavě nacházejí na malých plochách skalních ostrohů a kamenných moří hlavně v Povydí a na jižních svazích horního toku Vltavy (Vacek a Mayová 2000). Průša (2001) sem řadí i rašelinný bor a blatkový bor, blatka a kleč se však vyskytují často společně a proto je odlišení borového a klečového stupně na Šumavě poměrně nejasné.

2.4.7. Problémy s lesnickou typologií na Šumavě a porovnání s geobotanickou mapou

Z několika studií vyplývá, že vymezení LVS na Šumavě neodpovídá současným poznatkům a bylo by potřeba upřesnit hranice LVS a zrevidovat SLT, zejména v NP (Matějka 2008, Vacek a Krejčí 2009, Vacek a Mayová 2000, Černý 2007). LVS jsou

na Šumavě často chybně vymezeny, protože se příliš hledělo na nadmořskou výšku místo na vlastní indikační znaky LVS, a hranice se odvozovaly z celorepublikového průzkumu, bez většího ohledu na lokální zvláštnosti. V nižších vegetačních stupních jedlobukovém a smrkobukovém, které se nacházejí hlavně mimo NP, je charakteristická vegetační stupňovitost narušena rozsáhlou přeměnou původních lesů na smrkové monokultury, díky čemuž je zde rekonstrukce původní vegetace ztížena a zatížena větší chybou.

Z výzkumů vyplynulo, že část 7. LVS by měla náležet do 6. LVS, jelikož se zde mnohdy vyskytují vitální úrovňové buky a kleny, které by již měly ustupovat do podúrovně a indikátory bylinného patra také nesouhlasí s daným LVS. Nadhodnocení plochy 7. LVS je způsobeno širším chápáním tohoto LVS v 70. letech a je prokázáno i historickým průzkumem. V mnohých historických porostních mapách v prostoru současného 7. LVS zpracovaných před rokem 1870 se objevuje převaha nebo výrazné zastoupení buku ve zbytcích pralesovitých porostů a také různé zachované místní názvy (např. Bučina, Buková stráň, Bukový potok na vrchu Stavu jihovýchodně od Kvildy) svědčí pro výskyt bučin (Vacek a Krejčí 2009).

Stejně tak velká část 8. LVS by měla náležet do 7. LVS, je to zřejmé zejména ze zastoupení buku a jedle (Černý 2007), jejich vzrůstu a indikátorů bylinného patra. Asociace *Calamagrostio villosae-Fagetum* je mnohdy mapována chybně jako 8. LVS. Hranicí původního výskytu smrčín na Šumavě je podle výrazného snížení diverzity bylinného patra nadmořská výška minimálně 1150 m a tvoří hranici 8. LVS, jak bylo ověřeno z výzkumných ploch. Výjimku mohou tvořit lokality kolem 1100 m s výraznými mrazovými projevy, které se vyskytují např. kolem Modravy (Matějka 2008).

Převodní tabulku jednotek lesnické a fytoecologické klasifikace pro NP Šumava uvádí Neuhäuslová (2001) a jejich porovnání pro NP Matějka (2008).

2.5. TEORETICKÁ VÝCHODISKA MODELU PŘIROZENÉHO ZASTOUPENÍ DŘEVIN

Z projektu 2B06012 „Management biodiverzity v Krkonoších a na Šumavě“ (2006-2011, Matějka 2011b, Vacek a Matějka 2011) vyplynulo několik nových poznatků týkajících se lesnické typologie na Šumavě.

Pro přesné vymezení hranic vegetačních stupňů byly použity výzkumné plochy tvořící výškový transekt na svahu Plechého. Hranice, na které se mění vegetace, ale i společenstva hub, epigeického hmyzu a půdních pancířníků, je poměrně ostrá. Tyto změny souvisí zejména s odlišným půdotvorným procesem a cyklem živin v půdě v 8. LVS oproti nižším LVS (Matějka a Viewegh 2008, Matějka a Starý 2009; Starý a Matějka 2009, Matějka 2008, Lepšová a Matějka 2010). Na základě digitálního modelu terénu byla v místech zpřesněných hranic LVS v oblasti několika výzkumných ploch v rámci výškového transektu modelována průměrná roční teplota (podrobnější popis modelování bude následovat v kapitole Metodika). Hranice 6. a 7. LVS byla identifikována s průměrnou modelovanou roční teplotou (pro období 1961 – 1990) na 4,2 °C a hranice mezi 7. a 8. LVS s průměrnou roční teplotou 3,7 °C. Průša (2001) udává hraniční teploty obecné pro celou republiku 4,5 °C a 4 °C. Validace modelu byla provedena pomocí dat z povodí Čertova jezera získaných v rámci projektu GA ČR číslo 206/07/1200 "Biologické zotavování horských ekosystémů Šumavy", kde byly na 75 plochách o velikosti 2500 m² zaznamenány všechny stromy (*Picea abies*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* a *Sorbus aucuparia*). Z těchto ploch pouze dvě s výskytem jedle a buku překračovaly modelovanou spodní hranici 8. LVS a to maximálně o 30 m (Matějka 2011a). Hranice 5. LVS byla pro potřeby modelu vymezena přibližně z maximálního zastoupení jedle na Šumavě na teplotu v rozmezí 5,2 až 6,2 °C, Průša (2001) udává podobné rozmezí – 5,5 až 6,0 °C.

2.6. MODEL Y ROZŠÍŘENÍ DŘEVIN

Obecné informace k modelování rozšíření druhů (východiska, metody a postupy) jsou v textu Modely rozšíření druhů na příloženém CD. Zde je pozornost věnována modelování dřevin.

Nejvíce studií zaměřených na modelování potenciálního rozšíření dřevin pochází z USA (např. Iverson a Prasad 1998, 2002, Schwartz et al. 2001, Pacala et al. 1996, McKenzie et al. 2003), a z Evropy (Alpy – Maggini et al. 2006, Falk a Mellert 2011, Mellert et al. 2011 a Skandinávie – Knut et al. 2003). Pro modelování autoři používají různé metody, nejčastěji GLM a GAM. Naprostá většina studií používá data z přirozených nebo přírodě blízkých lesů. Jen jedna nalezená studie (Falk a Mellert 2011) se pokouší o modelování na základě dat z hospodářských lesů. Mellert et al. (2011) zdůrazňují, že současně používané modely rozšíření druhů se neumí vyrovnat s vlivem člověka na lesy. Nevidí však žádné

řešení problému, pouze zdůrazňují, že výsledky zpracování takových dat by se měly interpretovat opatrně. Většina studií zahrnuje do modelování co nejvíce dostupných vysvětlujících proměnných, a to klimatických, topografických, půdních i jiných a poté provádějí výběr těch, které jsou statisticky významné. Používají nejen roční průměry sledovaných faktorů (např. teplot), ale i různé sezónní průměry, protože některé sezónní charakteristiky případně extrémů mají na distribuci mnoha druhů větší vliv (např. teplota ve vegetační sezóně, lednová teplota). Autoři se poměrně často snaží modelovat i budoucí rozšíření dřevin v souvislosti s klimatickými změnami (Falk a Mellert 2011, Iverson a Prasad 1998, 2002, Schwartz et al. 2001, McKenzie et al. 2003), neboť zejména pro lesnické účely jde o rozhodování na období 60 – 100 let dopředu (Falk a Mellert 2011). Různé metody pro modelování rozšíření dřevin v lesích souhrnně srovnávají Moisen a Frescino (2002) a Bolliger et al. (2000).

Moisen a Frescino (2002) srovnávají 5 technik – lineární model, GAM, CART, MARS a ANN. Při použití reálných dat ze západoamerických lesů mezi použitými metodami našli jen minimální rozdíly ve výsledcích, jednoduchý lineární model v mnoha případech podával stejné výsledky jako více komplexní metody. Jako nejlepší se pro modelování ukázaly MARS a GAM, ovšem jen s mírným rozdílem od ostatních metod.

Bolliger et al. (2000) srovnávají modely rozšíření stromů založené na zcela odlišném základním konceptu. Prvním je model vycházející z mnoha terénních pozorování ve velkém měřítku, který zobrazuje realizovanou niku druhu ovlivněnou hospodářskými zásahy (static equilibrium). Druhý přístup (dynamic-transient approach) se snaží popsat podrobně na malém prostoru charakteristiky prostředí a životní historii u konkrétních stromů, konkrétní výběr umožňuje použít data z přirozených lesů a výsledkem je tedy realizovaná nika druhu neovlivněná managementem. Pro simulaci prvního přístupu autoři použili logistickou regresi, pro druhé pojetí ForClim model (model vyvinutý pro temperátní lesy střední Evropy, Bugmann 1996, Bugmann a Cramer 1998). Autoři porovnávali tyto modely na stromech rostoucích ve švýcarských Alpách, mj. zkoumali i buk, jedlí a smrk. Oba přístupy se ukázaly jako užitečné a jejich porovnání ukazuje mj. vliv člověka na rozšíření druhů. Z jejich porovnání vyplývá např. mnohem větší zastoupení buku a jedle při použití druhého přístupu postaveného na datech neovlivněných managementem.

3. METODIKA

Nejprve byla zpracována všechna dostupná data o rozšíření dřevin na Šumavě, a to fytoocenologické snímky dřevin, lesní hospodářské plány (LHP) a údaje o potenciálním přirozeném rozšíření dřevin v rámci lesnické typologie a geobotanické mapy. Pro modelování byly vybrány tři dřeviny (*Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*), které měly dostatečné množství záznamů ve snímcích a zároveň nejsou v lesích zvýhodňovány pěstováním. Byly pro ně vytvořeny modely na základě jejich zastoupení v závislosti na průměrné roční teplotě a výsledné zastoupení bylo zobrazeno v mapách. Výsledky modelů byly porovnány se zastoupením těchto dřevin v SLT podle lesnické typologie. V terénu byly ověřeny hranice výskytu některých dřevin, které neměly ve snímcích dostatek záznamů (*Quercus robur*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*).

3.1. POUŽITÉ ZKRATKY

DMT = digitální model terénu

EK = edafická kategorie

ESR = ekologická skupina rostlin

CHKO = chráněná krajinná oblast

LHP = lesní hospodářský plán

LT = lesní typ

LVS = lesní vegetační stupeň

NP = národní park

PLO = přírodní lesní oblast

SLT = soubor lesních typů

TRMI = topografický relativní vlhkostní index

ÚHÚL = Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

3.2. POUŽITÁ DATA

Mapové podklady

DMT

Byl použit digitální model terénu (rastr formátu TIFF) s velikostí pixelu 30 m, který byl vytvořen z vrstevnicové mapy terénu DMÚ 25 (výškový rozestup vrstevnic 5 m). DMT byl použit pro výpočet indexů a pro tvorbu rastru s modelovanými teplotami.

lesnická typologická mapa

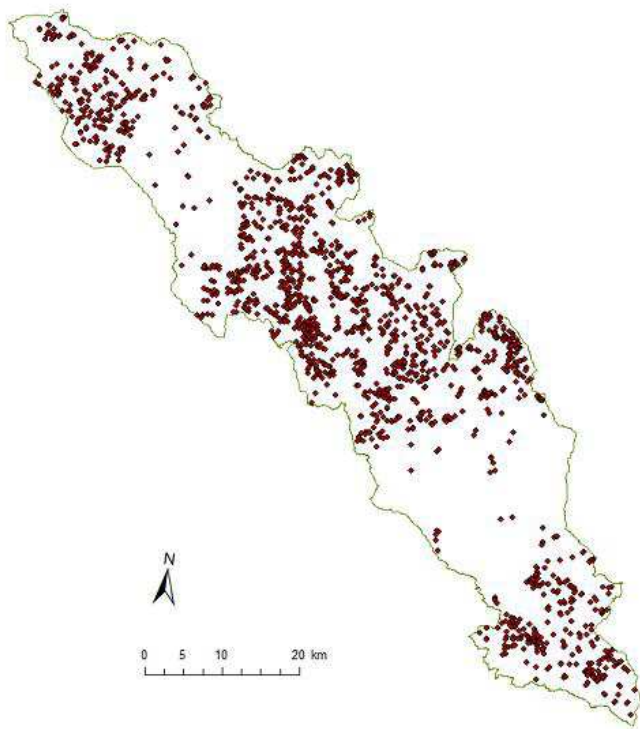
Lesnická typologická mapa (shapefile s polygony) pro PLO 13 je součástí Oblastního plánu rozvoje lesů (Bouše et al. 2001), její aktualizovaná verze je z roku 2007 (data ÚHÚL). Obsahuje LVS, EK, SLT a LT. Z mapy byly pro tvorbu nového modelu využity edafické kategorie.

geobotanická mapa

Byla použita Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky (shapefile s polygony) od Neuhäuslové et al. (1998).

Fytocenologické snímky

Pro model bylo použito 2085 fytocenologických snímků lesních společenstev z celé PLO Šumava. Fytocenologické snímky pochází z typologického mapování ÚHÚL z let 1957 až 2000 a jsou součástí národní fytocenologické databáze (Chytrý a Rafajová 2003). Z databáze snímků zapsané v programu Turboveg byly exportovány údaje zastoupení jednotlivých dřevin, identifikační číslo snímku, datum pořízení, souřadnice S-JTSK, nadmořská výška, sklon a orientace svahu, pokryvnost jednotlivých pater, LVS, EK, SLT, LT. Snímky jsou v PLO poměrně rovnoměrně rozmístěné (obr. 1).



Obr. 1: Rozmístění fytoecenologických snímků v rámci PLO Šumava

Lesní hospodářské plány

Pro vytvoření map aktuálního výskytu dřevin na Šumavě byla použita data z LHP pro NP a většinu CHKO. Celkem byly k dispozici vektorové vrstvy pro 13 LHC, pro 5 z nich ve dvou časových obdobích, kde každý polygon představoval porostní skupinu, což je nejnižší jednotka prostorového členění lesa používaná v ČR. Celkem 18 souborů jednotlivých LHC se různě překrývalo, pro některé plochy vznikl dvojitý záznam, pro některé naopak chyběla data úplně. Pro každé místo nakonec byly využity vždy nejnovější dostupné informace, údaje ze starších LHP tedy nebyly ve výsledné mapě použity. Samotné zastoupení dřevin nebylo ve vrstvě LHP uvedené, muselo se do mapy importovat ze samostatných tabulek LHP.

Mapy aktuálního zastoupení dřevin o velikosti rastru 30 m byly sestaveny následujícím způsobem: Vrstvy LHP byly seřazeny od nejnovější po nejstarší, převedeny do rastru a spojeny tak, aby nejnovější vrstva byla nahoře. Výsledná spojená vrstva byla reklasifikována do kategorií zastoupení po 10 %. Data z LHP dále sloužila pro ověření zvoleného postupu tvorby modelu.

Přirozené zastoupení dřevin dle SLT v ČR

Pro porovnání s modelem sloužila data přirozeného složení dřevin pro SLT v ČR (Viewegh 2005). Data jsou obecná pro celou republiku a mohou být lokálně nepřesná. Zastoupení dřevin bylo v daném souboru občas uvedené v rozmezí, ze kterého byl počítán průměr. Vznikly kontingenční tabulky se zastoupením jednotlivých druhů v SLT, kombinací LVS a EK.

3.3. MODEL VÝSKYTU DŘEVIN

V následujícím textu je popsán postup, který byl použit pro tvorbu teplotního modelu na základě digitálního modelu terénu a bylinného patra z uvedeného souboru fytoecologických snímků z lesů Šumavy. Tento postup byl vyvinut na pracovišti IDS při řešení projektu BiodivKrŠu (Matějka 2011a,b) a byl implementován do programu PlotOA (Matějka 2010c), který byl použit pro zpracování DMT a pro výpočet všech užitých indexů (mimo TRMI) a průměrných modelovaných teplot. Vzhledem k tomu, že metodika výpočtů (Matějka in Kindlmann et al., in prepar.) zatím nebyla kompletně publikována, je v následujícím textu popsána podrobněji.

3.3.1. Model pro globální gradienty teploty (Matějka 2010b)

Je známo, že průměrné roční teploty závisí nejen na nadmořské výšce, ale i na zeměpisné šířce; tato závislost je prokázána na teplotách ze všech klimatologických stanic z ČR z let 1961 – 1990. Od jihu k severu ČR průměrná měsíční teplota klesá o $-0,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ na šířkový stupeň ve všech měsících s výjimkou ledna a prosince, kdy je pokles statisticky nevýznamný (Květoň 2001). Průměrnou roční teplotu pro libovolnou lokalitu tedy můžeme vypočítat z nadmořské výšky a zeměpisné šířky, parametry rovnice lze dopočítat z dat 22 klimatologických stanic ČHMÚ z celé ČR (M1).

$$T = a * \text{nadm_v} + b * \text{zem_s} + c \quad (\text{M1})$$

Vliv nadmořské výšky je prokazatelný celoročně, vliv zeměpisné šířky je nejlépe prokazatelný během vegetační sezóny (duben-září). Ve vegetační sezóně je šířkový teplotní

gradient v průměru 0,44 °C na jeden šířkový stupeň, tj. cca 111 km (b), teplota klesá zhruba o 0,64 °C na 100 výškových m, tj. 0,0064 °C na 1 m (a) (Matějka 2010b).

Vzhledem k tomu, že Šumava je poměrně rozsáhlým pohořím a PLO se rozprostírá mezi zeměpisnými šířkami 48,57° až 49,28°, lze odvodit fakt, že hranice LVS bude ležet v severních částech území o přibližně 41 až 53 m níže ve srovnání s jižní částí (Matějka 2010b).

a. Použití radiačních a tepelných indexů

Pro výpočet ovlivnění teploty stanoviště dopadajícím slunečním zářením byly použity radiační indexy od McCune a Keon (2002). Indexy jsou vypočtené ze zeměpisné šířky, orientace a sklonu svahu a udávají potenciální roční přímé záření v MJ cm⁻² rok⁻¹. Liší se zejména různou použitelností pro různý rozsah zeměpisných šířek.

- Heat load index (heat) – index tepelného požitku vypočtený jen na základě orientace (McCune a Keon 2002)
- radiační indexy (rad1, rad2, rad3, McCune a Keon 2002, vzorec 1, 2, 3) zahrnují i sklon svahu, orientace je překlasifikována tak, aby největší sluneční příkon byl na jihu
- indexy s korigovanou expozicí (rad1heat, rad2heat, rad3heat) – orientace je upravená korekční konstantou tak, aby největší tepelný požitek byl na jihozápadě (byla použita korekční konstanta 22,5)

Složení bylinné etáže (celkem 370 druhů, 1748 snímků na nezamokřených půdách) bylo analyzováno metodou CCA s environmentálními proměnnými "nadmořská výška" a "heat load index". První ordinační osa (CCA1) silně koreluje s nadmořskou výškou. Byla testována dvojnásobná lineární regrese CCA1 s nadmořskou výškou a teplotními indexy ve formě $CCA_1 = a \cdot nadm_v + b \cdot index + c$, kde index je jeden z radiačních indexů. Nejvyšší hodnota regresního koeficientu byla získána pro index rad1 (tab. 6), proto byl použit dále.

Tab. 6: Výsledky ordinace

y	CCA1						
x	heat	rad1	rad2	rad3	rad1heat	rad2heat	rad3heat
c	6,24562	5,00416	5,11071	5,47348	5,20405	5,30023	5,63136
a	0,00677	0,00684	0,00682	0,00677	0,00678	0,00677	0,00675
b	1,03900	1,95852	1,68763	0,89570	1,57662	1,34953	0,68404
b/a	153,419	286,419	247,379	132,381	232,551	199,237	101,385
r	0,5878	0,5916	0,5882	0,5823	0,5890	0,5864	0,5820

b. Výpočet průměrné roční teploty

Průměrná roční teplota byla pro každý pixel DMT vypočítána ve dvou krocích: Nejprve se vzalo v úvahu ovlivnění teploty stanoviště sklonem a expozicí svahu (tj. radiačním indexem) a poté také ovlivnění lokální teploty nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou.

Model vychází z předpokladu, že nadmořská výška a tepelné parametry stanoviště dané radiačním indexem počítaným při daném sklonu (g) a expozici (o) mají určitý efekt (E) na společenstva, který lze vyjádřit vztahem:

$$E = a * \text{nadm_v} + b * \text{rad1}[g,o] + c$$

Pro dané hodnoty expozice, sklonu a nadmořské výšky získáme daný efekt na rostlinné společenstvo nebo rostlinný druh. Zajímá nás, pro dané odhady regresních koeficientů, pro jakou relativní nadmořskou výšku získáme stejný efekt, pokud jsou sklon a expozice nulové, bude tedy platit:

$$E = a * \text{rel_nadm_v} + b * \text{rad1}[0,0] + c$$

Tuto výšku můžeme vyjádřit následujícím vztahem:

$$\text{rel_nadm_v} = \text{nadm_v} + b/a * (\text{rad1}[g,o] - \text{rad1}[0,0]) \quad (\text{M2})$$

Získali jsme relativní nadmořskou výšku korigovanou o faktor dané konkrétní expozice a svažitosti terénu. Tím jsme zejména zohlednili rozdíl v osluněnosti severních a jižních svahů, které se svou teplotou ve stejné nadmořské výšce mohou velmi lišit.

Nakonec tedy výsledný teplotní model (M1) používá místo skutečné nadmořské výšky (nadm_v) vypočtenou relativní nadmořskou výšku (rel_nadm_v), čímž dojde k dalšímu zpřesnění vypočtené hodnoty, která poté odráží i lokální konfiguraci terénu.

K fytoecologickým snímkům byly poté přiřazeny hodnoty vybraných vypočtených indexů z příslušných rastrů – radiační index rad1 (McCune a Keon 2002), relativní nadmořská výška dle modelu (Matějka 2010c), průměrná roční teplota a průměrná teplota ve vegetační sezóně dle modelu (Matějka 2010b). Hodnoty těchto rastrů byly načteny i k datům LHP – z rastrů byly importovány do centroidů plošek porostních skupin. Pro porostní skupiny je známo průměrné zastoupení dřevin a tak mohly být vytvořeny grafy závislosti zastoupení jednotlivých dřevin na průměrné teplotě.

3.3.2. Ovlivnění stanoviště živinami a vlhkostí

Zásobu živin v půdě dobře vyjadřují edafické kategorie, podrobně mapované v rámci typologického průzkumu lesů. Pro stanovení dostupnosti vody byl použit topografický relativní vlhkostní index (The topographic relative moisture index, TRMI, Parker 1982), který umí dobře vyhodnotit vlhkost půdy v hornatém terénu. TRMI je vypočten z DMT na základě sklonu svahu, orientace svahu, relativní pozice ve svahu (vzdálenost bodu od hřebene) a indexu křivosti. Tento index rovněž vyhodnocuje konkávní a konvexní tvary terénu. Výsledný index vyjadřuje bezrozměrné hodnoty vlhkosti pohybující se v rozsahu od 0 (potenciálně nejsušší lokality) do 60 (lokality s největší vlhkostí) (Parker 1982).

Průměrná hodnota indexu TRMI byla vyhodnocena pro každou edafickou kategorii v PLO. EK byly seřazeny podle průměrných hodnot TRMI. Navzájem si blízké EK byly spojeny do skupin s různou vlhkostí - byly definovány skupiny EK s půdami velmi suchými, suchými, svěžími a vlhkými. Zvlášť byly vyhodnoceny rašelinné půdy, které nejsou odlišitelné na základě TRMI.

3.3.3. Zastoupení dřevin ve fytoecnologických snímcích a tvorba modelu

Pro každý druh dřeviny byla vytvořena tabulka s charakteristikami ploch, na kterých se druh vyskytoval, s těmito údaji: zastoupení dřeviny ve stromovém patře (v %), edafická kategorie, TRMI a odpovídající skupina půd podle vlhkosti, modelovaná průměrná teplota vzduchu pro období 1961 – 1990. Byly vytvořeny bodové grafy závislosti zastoupení jednotlivých druhů na průměrné roční teplotě v programu Statistica pro všechny hodnoty a zvláště pro jednotlivé vlhkostní kategorie (skupiny edafických kategorií rozdělené podle TRMI indexu: půdy velmi suché, suché, svěží, vlhké). EK rašelinné půdy (R) byla z modelování vynechána, protože TRMI index hodnotí vlhkost jen na základě tvaru terénu a rašeliniště a vrchoviště mohou mít vypouklý tvar, což by bylo hodnoceno jako sušší místo, než jaké ve skutečnosti je. Z těchto grafů byla odvozena minimální teplota výskytu každé dřeviny a popsáno její rozšíření v závislosti na teplotě v rámci Šumavy. Byly vyloučeny teploty vyšší než 6,5 °C, jelikož pro ně není na Šumavě dost snímků, kromě olše šedé, u které sledujeme její spodní hranici rozšíření.

Tyto grafy závislosti zastoupení na teplotě u buku, jedle a kleny byly použity pro tvorbu modelu. Ostatní druhy neměly dostatek záznamů pro proložení funkcí nebo není smysluplné je modelovat podle průměrné teploty (např. borovice s azonálním výskytem, která je navíc často pěstovanou dřevinou). Pro tato data byla stanovena obalová křivka, která byla definována pouze v rozmezí nejnižších teplot pro oblast stoupajícího zastoupení; pro stanovení obalové křivky nebyly použity údaje o výskytu druhu v lokalitách s vyššími teplotami, neboť se stoupající teplotou postupně ubývá počet snímků a nejsou zde k dispozici údaje pro celou niku druhu, která pokračuje níže za hranici Šumavy. Maximální výskyt dřeviny byl omezen v hodnotě 95% percentilu a dále v této hodnotě ponechán. Výsledná obalová křivka měla tedy tvar lomené čáry. V případech, kde modelovaná přímka neprocházela prvním bodem (tj. hodnotou nejnižší pozorované teploty) nebo v jeho těsné blízkosti, byl její počátek omezen právě v místě takového bodu.

Pro proložení funkcí byly grafy omezeny v místě dosažení maximálního zastoupení při nejnižší teplotě. Nárůst zastoupení se stoupající teplotou v této oblasti měl ve většině případů poměrně jasný lineární trend, byl tedy proložen přímkou tak, aby dobře vystihovala tento nárůst – ztrátová funkce byla definována tak, aby rozdíl mezi pozorovanými a naměřenými hodnotami nad přímkou byl 9krát významnější než rozdíl pod přímkou (u některých grafů bylo nutné použít váhu 8 nebo 9,5krát). V programu STATISTICA byl

pro tento účel použit model Nonlinear estimation – User specified regression, custom loss function.

Model zastoupení druhu (Z) v závislosti na teplotě (t) byl hledán ve formě

$$Z = a + b \cdot t$$

Ztrátová funkce (L) byla počítána podle vzorce

$$L = P(Z_o - Z_p)_{if(Z_o > Z_p)} + (1 - P)(Z_p - Z_o)_{if(Z_o \leq Z_p)}$$

kde Z_o je zastoupení dřeviny pozorované (observed) a Z_p je zastoupení dřeviny modelované (predicted), P jsou použité váhy (0,8 – 0,95). Pro odhad parametrů regrese byla užitá Quasi-Newtonova metoda. Výsledná křivka je obdobou odhadu P-procentního percentilu zastoupení druhu při teplotě t . Pro validaci byl stejný postup vyzkoušen i pro data LHP, tj. zastoupení všech stromů v PLO, a zobrazen v grafech spolu s funkcí modelovanou na snímcích. Vzniklé obalové křivky byly pomocí rovnic jednotlivých modelovaných přímek převedeny do mapy v ArcGIS.

Ve výsledcích je každé dřevině na Šumavě významně zastoupené uvedeno její aktuální zastoupení dle platných LHP, zastoupení v použitých fytoecnologických snímcích (pokud je dostatek záznamů), a u vybraných druhů odhad jejich maximálního potenciálního zastoupení dle modelu a ověření v terénu. Další grafy k zastoupení dřevin v LHP (i ve výsledcích neuvedených) jsou na příloženém CD.

3.4. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MODELU S PŘIROZENÝM ZASTOUPENÍM DŘEVIN DLE LESNICKÉ TYPOLOGIE

Pro porovnání výsledků modelu s původní typologickou mapou byla na základě nově vypočtených hranic lesních vegetačních stupňů v rámci projektu BiodivKrŠu (Matějka 2011a, b) vytvořena nová typologická mapa. Nejprve byly vykresleny izolinie průměrných ročních hraničních teplot (tab. 7) a tak vznikla nová mapa LVS. Hranice mezi 4. a 5. LVS nemohla být v rámci Šumavy ověřena a nebyla tedy vykreslena, pravděpodobně by ležela v blízkosti teploty 6,2 °C, která se většinou pohybuje poblíž hranice PLO. Teploty vyšší než 5,2 °C byly tedy modelovány v rámci PLO jako 5. LVS.

Tab. 7: Hranice LVS na Šumavě (Matějka 2011b)

LVS		průměrná roční teplota [°C]
5.	jd-bk	- 5,2
6.	sm-bk	5,2 – 4,2
7.	bk-sm	4,2 – 3,7
8.	sm	3,7 – 2,7

Nově vytvořená mapa LVS byla spojena s původní lesnickou mapou edafických kategorií (data ÚHÚL 2007), které jsou poměrně přesně mapované. Jejich spojením vznikla nová mapa souborů lesních typů. Do této aktualizované mapy SLT byly načteny hodnoty modelovaného zastoupení buku, jedle a klenu. Tyto hodnoty byly porovnány s přirozeným zastoupením dřevin v SLT dle současné lesnické typologie (Viewegh 2005) a také s geobotanickou mapou (Neuhäuslová et al. 1998). Hodnoty průměrných zastoupení dřevin pro jednotlivé LVS, SLT a pro jednotky potenciální vegetace se směrodatnými odchylkami byly vypočteny pomocí zonální statistiky v ArcGIS.

3.5. TERÉNNÍ VÝZKUM

Pro výzkum v terénu byly vybrány 3 druhy dřevin, pro které není v databázi snímků dost záznamů, a bylo tedy třeba ověřit hranice jejich rozšíření. Jedná se o dub letní (*Quercus robur*), olši lepkavou (*Alnus glutinosa*) a olši šedou (*Alnus incana*).

U olši bylo cílem zjistit, do jaké nadmořské výšky resp. teploty zasahuje který druh a v jakém rozmezí teplot se oba druhy střetávají. V terénu byla kontrolována nejchladnější místa s výskytem olše lepkavé a naopak nejteplejší místa s výskytem olše šedé a ověřováno, zda zde druhové určení z LHP odpovídá skutečnosti. Z LHP byly tedy vybrány porostní skupiny s olší šedou s průměrnou modelovanou teplotou vyšší než 7 °C. Jednalo se hlavně o území v okolí Rejštejna, kde se olše šedá vyskytuje v poměrně nízkých nadmořských výškách – zejména okolo toků Vydry, Křemelné, Otavy a Pstružného potoka u Hartmanic. Další takový výskyt byl zaznamenán na severu Šumavy v okolí Nýrska podél Chodské Úhlavy. Olše lepkavá na místech s průměrnou modelovanou teplotou nižší než 4,5 °C

byla sledována v okolí Pancíře u Železné Rudy, okolo Hutské hory poblíž Zhůří, jižně od silnice Vimperk – Borová Lada a v okolí Nových Hutí.

Dub letní jakožto teplomilná dřevina má na Šumavě horní maximum svého výskytu. Účelem výzkumu bylo zjistit, v jakých nejnižších teplotách dub může přežívat a zmlazovat se. Z LHP byly vybrány porostní skupiny s výskytem dubu a s průměrnou roční teplotou nižší než cca 6 °C. Z celkem 11 lokalit se na třech dub nepodařilo najít, na ostatních byl udělán fytoecologický snímek. Snímky byly klasifikovány metodou průměrné vzdálenosti (average linkage clustering). Jako míra nepodobnosti byla použita euklidovská vzdálenost.

3.6. POUŽITÝ SOFTWARE

Microsoft Visual FoxPro – zpracování databáze fytoecologických snímků

PlotOA (Matějka 2010c) – tvorba DMT, výpočet radiačních indexů, výpočet průměrné roční teploty (zpracováno K. Matějkou)

ArcMap (ESRI 2010) – výpočet TRMI, zpracování mapových podkladů, tvorba map, zonální statistika

STATISTICA (StatSoft, Inc. 2010) – tvorba grafů a modelu

4. VÝSLEDKY

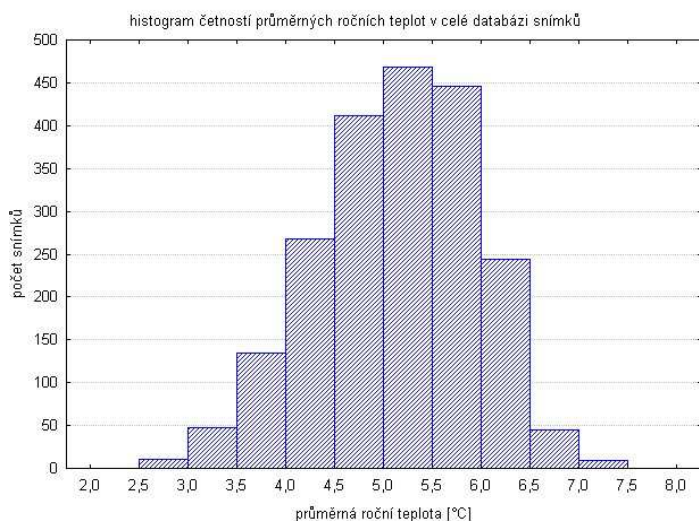
4.1. ROZBOR DATABÁZE SNÍMKŮ

V databázi fytoecnologických snímků od teplot nad 6,5 °C prudce klesá počet snímků (obr. 2), proto tyto nebyly v modelu použity. Z edafických kategorií ve snímcích výrazně převládá kategorie K (kyselá, tab. 8).

Tab. 8: Četnost edafických kategorií v celé databázi snímků a u jednotlivých dřevin

EK	všechny snímky	jedle		buk		klen	
		počet	%	počet	%	počet	%
A	82	53	65	65	79	43	52
B	77	47	61	60	78	22	29
C	10	1	10	0	0	1	10
D	44	22	50	30	68	15	34
F	12	8	67	9	75	1	8
G	141	35	25	20	14	1	1
H	19	13	68	7	37	0	0
I	19	7	37	6	32	2	11
J	36	28	78	31	86	23	64
K	608	286	47	222	37	14	2
L	3	0	0	0	0	0	0
M	26	9	35	7	27	0	0
N	131	71	54	44	34	10	8
O	102	38	37	14	14	2	2
P	52	6	12	0	0	1	2
Q	9	1	11	0	0	0	0
R	133	2	2	1	1	1	1
S	218	110	50	127	58	24	11
T	15	3	20	0	0	0	0
U	2	0	0	0	0	1	50
V	252	115	46	113	45	28	11
W	0	0	0	0	0	0	0
Y	67	38	57	25	37	5	7
Z	18	8	44	3	17	2	11

Významně zastoupená je také EK V (půda vlhká), S (půda živná, středně bohatá), půdy podmáčené řady (G – středně bohatá a R – rašelinná) a půda kyselá kamenitá (N). Data zcela chybí pro EK W (vápencová), velmi málo jich je pro některé vlhké půdy (L, U, Q, T) a pro EK C a F.



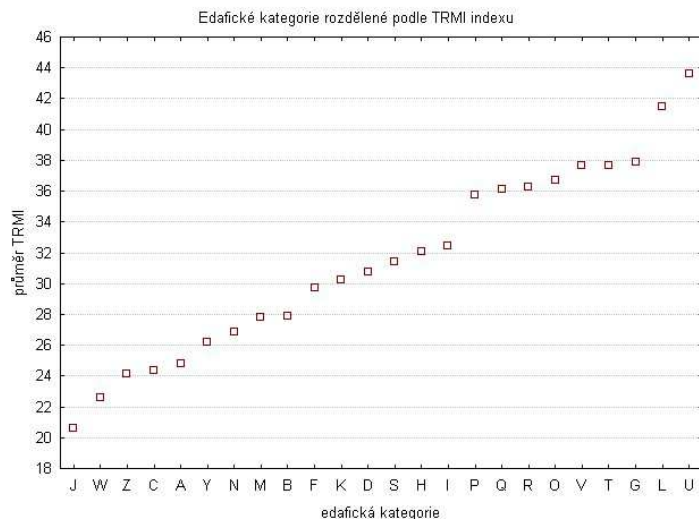
Obr. 2: Histogram četností teplot v databázi snímků

4.2. ROZDĚLENÍ PŮD DO VLHKOSTNÍCH KATEGORIÍ DLE TRMI INDEXU

Hranice EK byly určeny podle grafu na obr. 3, kde jsou patrné shluky jednotlivých EK. První dvě nejsušší půdy a poslední dvě nejvlhčí mají odlehlejší hodnoty, ale pro potřeby modelu nebyly odlišovány zvlášť, protože jsou v souboru dat příliš málo zastoupené. Naopak rašelinné půdy byly vyloučeny do samostatné kategorie. Vytvořené kategorie jsou zaznamenané v tabulce 9 a v mapě v přílohách na obr. 15. Nejvíce zastoupená je v PLO kategorie svěží půdy (57 % plochy), což souvisí s obecně nejběžnější edafickou kategorií K (kyselé půdy). Vlhké půdy zaujímají 25 % plochy, suché půdy 11 % plochy, rašelinné 4 % a velmi suché 3 %.

Tab. 9: Edafické kategorie seřazené dle průměru TRMI

EK	min. TRMI	max. TRMI	průměr TRMI	hranice kategorie
J	3,89	54,33	20,64	velmi suché
W	9,89	43,00	22,56	
Z	6,11	52,00	24,12	
C	6,78	54,67	24,35	
A	5,44	55,00	24,80	
Y	4,67	56,11	26,17	suché
N	4,67	57,44	26,84	
M	7,67	54,25	27,80	
B	6,11	55,56	27,87	28,8
F	7,11	55,22	29,74	svěží
K	5,11	58,13	30,22	
D	5,67	57,00	30,72	
S	6,11	57,44	31,40	
H	12,00	57,78	32,05	
I	9,67	58,22	32,42	
P	10,67	58,33	35,76	vlhké
Q	11,00	58,00	36,09	
O	10,56	58,11	36,73	
V	6,00	57,78	37,66	
T	10,89	57,33	37,69	
G	8,00	58,00	37,91	
L	11,56	58,22	41,48	
U	25,11	54,67	43,61	
R	10,89	58,44	36,27	rašelina



Obr. 3: Edafické kategorie rozdělené podle průměru TRMI

4.3. PŘEHLED AKTUÁLNÍHO A POTENCIÁLNÍHO ZASTOUPENÍ HLAVNÍCH DŘEVIN ROSTOUCÍCH NA ŠUMAVĚ

PICEA ABIES (SMRK ZTEPILÝ)

Aktuální zastoupení

Smrk má jako nejvíce pěstovaná dřevina vysoké procento zastoupení na celé ploše PLO Šumava (obr. 16 v přílohách), pouze lokálně je ho v lesích menší množství (hlavně v oblastech s velkým podílem buku - na území Smrčiny, okolo Rejštejna a Boubína). Bezodůvodně nižší zastoupení smrku u státní hranice v oblasti Modravska je způsobeno zaznamenáním smrku v datech LHP do zvláštní kategorie „souše“ v oblasti velkoplošného rozpadu stromového patra lesů po gradaci lýkožrouta smrkového.

U smrku díky jeho masivnímu pěstování nemá smysl provádět modelování přirozeného zastoupení, lze pouze usuzovat na spodní hranici přirozených klimaxových smrčín, jak již bylo popsáno v literárním přehledu. Tato hranice vyplývá i z modelování horní hranice buku a jedle, které se v horských smrčínách vyskytují jen vtroušeně.

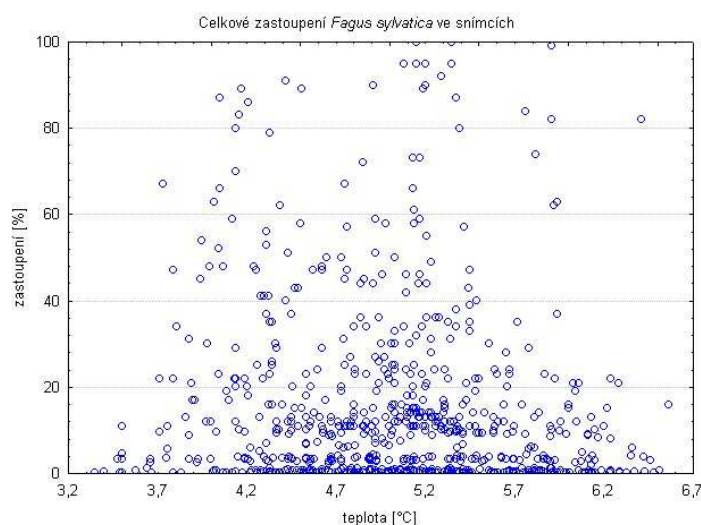
FAGUS SYLVATICA (BUK LESNÍ)

Aktuální zastoupení

Rozšíření buku je do značné míry opakem rozšíření smrku. Nejrozsáhlejší bučiny se dochovaly v jižním cípu NP, v okolí Boubína a Rejštejna (obr. 17 v přílohách). V rámci vlhkostních kategorií půd zastoupení buku klesá ve směru od velmi suchých po vlhké a rašelinné půdy (obr. 5). Nejčastěji buk roste na edafických kategoriích K, S a V.

Zastoupení ve snímcích

Buk se začíná vyskytovat při 3,4 °C a až do 4,2 °C jeho zastoupení prudce stoupá, což zhruba odpovídá 7. LVS. Od 4,2 do 5,5 °C dosahuje maxima (6. – 5. LVS) a pak opět klesá. Do nejnižších teplot proniká na svěžích půdách, kde překračuje modelovanou hranici 7./8. LVS. Největší výskyt je zaznamenán na suchých, velmi suchých a svěžích půdách, menší naopak na půdách vlhkých (obr. 4). Nejvíce výskytů má buk na edafických kategoriích K, S, V, A a B.



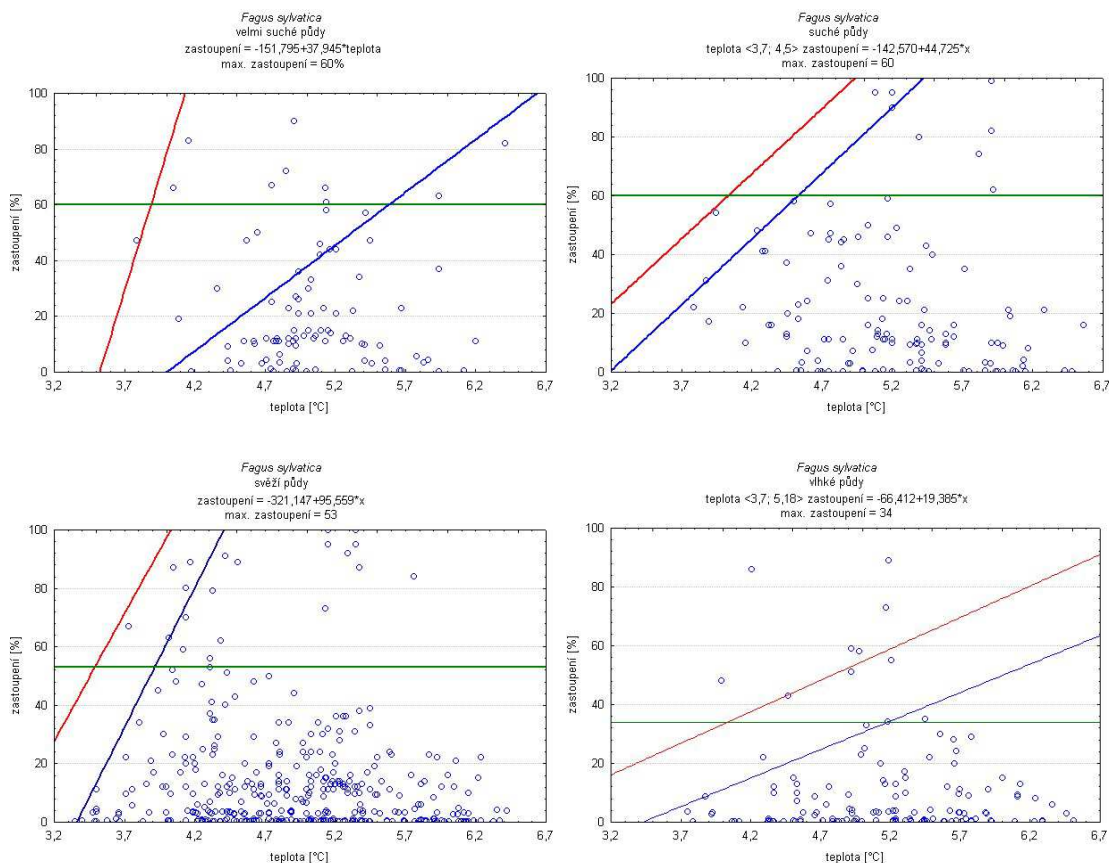
Obr. 4: Celkové zastoupení buku ve snímcích

Zastoupení dle modelu

Na obr. 5 jsou výsledné obalové křivky pro buk lesní, zobrazené na celých datech (vytvořené byly jen v oblasti stoupajících hodnot teploty, tj. modrá křivka až po průnik se zelenou). Obálku tvoří lomená čára (modrá a zelená). Modrá křivka představuje funkci vytvořenou pro zastoupení rostoucí s teplotou, zelená představuje omezení v 95% kvantilu

všech hodnot. Červená linie je obalová křivka vytvořená stejným postupem na datech LHP, tj. všech stromech na Šumavě aktuálně rostoucích. Slouží jen pro porovnání reprezentativnosti snímků, v modelování nebyla použita.

Buk dosahuje maximálního zastoupení okolo 60 % na velmi suchých, suchých i svěžích půdách, na vlhkých půdách okolo 30 %. Na svěžích půdách překračuje modelovanou hranici 8. LVS. Mapa maximálního potenciálního zastoupení buku vzniklá modelováním je na obr. 18 v přílohách.



Obr. 5: Obalové křivky modelované pro buk (lomená čára modro-zelená) na půdách s různou vlhkostí. Modrá linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u zobrazených dat snímků, červená linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u dat LHP (nejsou zobrazena), zelená linie = omezení všech hodnot ze snímků v 95% kvantilu.

Ve spojení s novou mapou lesních vegetačních stupňů vychází maximální zastoupení buku v 5. LVS 48 %, v 6. LVS 47 %, v 7. LVS 39 % a v 8. LVS 8 %.

Porovnání s lesnickou typologií

V tabulce 10 je uvedeno porovnání zastoupení buku dle lesnické typologie a dle modelu, jako rozdíl mezi modelem a lesnickou typologií (5. – 8. LVS). Malým písmem jsou označeny hodnoty, pro které nebyly v databázi snímků žádné záznamy nebo naprosté minimum (viz. i tab. 8).

Tab. 10: Porovnání zastoupení buku v % podle lesnické typologie (LT) a modelu (M)

LT	5	6	7	8	M	5	6	7	8	rozdíl	5	6	7	8
J	40,0				J	55,4	31,1	5,8	0,0	J	15,4			
W	70,0				W	59,5				W	-10,5			
Z	70,0	40,0	20,0		Z	59,0	23,2	3,7	0,2	Z	-11,0	-16,8	-16,3	
C	70,0				C	59,6				C	-10,4			
A	50,0	50,0			A	57,5	31,8	6,4	1,0	A	7,5	-18,2		
Y	70,0	40,0			Y	59,2	49,6	16,7	0,4	Y	-10,8	9,6		
N		40,0	20,0	0,5	N	58,9	55,6	14,8	0,7	N		15,6	-5,2	0,2
M	65,0	40,0	20,0		M	59,3	54,7	19,3	0,4	M	-5,7	14,7	-0,7	
B	60,0	60,0	20,0		B	58,8	55,9	20,7		B	-1,2	-4,1	0,7	
F	60,0	50,0	20,0		F	52,8	45,5	22,5	7,9	F	-7,2	-4,5	2,5	
K	55,0	40,0	20,0	0,5	K	52,6	50,6	27,4	3,5	K	-2,4	10,6	7,4	3,0
D	60,0	50,0			D	52,0	51,6	47,0		D	-8,0	1,6		
S	50,0	40,0	20,0		S	52,5	51,8	40,1	5,4	S	2,5	11,8	20,1	
H	60,0	60,0			H	52,2	51,9			H	-7,8	-8,1		
I	50,0	55,0			I	51,9	52,3			I	1,9	-2,7		
P	20,0	10,0			P	34,9	29,1	11,0	0,3	P	14,9	19,1		
Q		10,0	0,5		Q	34,4	17,7	9,5	0,6	Q		7,7	9,0	
O	20,0	20,0	0,5		O	34,9	30,8	13,0	2,7	O	14,9	10,8	12,5	
V	50,0	30,0	10,0		V	36,0	29,3	11,8	0,5	V	-14,0	-0,7	1,8	
T					T	34,6	29,2	12,4	0,3	T				
G		10,0			G	34,7	28,7	9,6	2,8	G		18,7		
L					L	35,2	34,4			L				
U	40,0				U	36,1				U	-3,9			

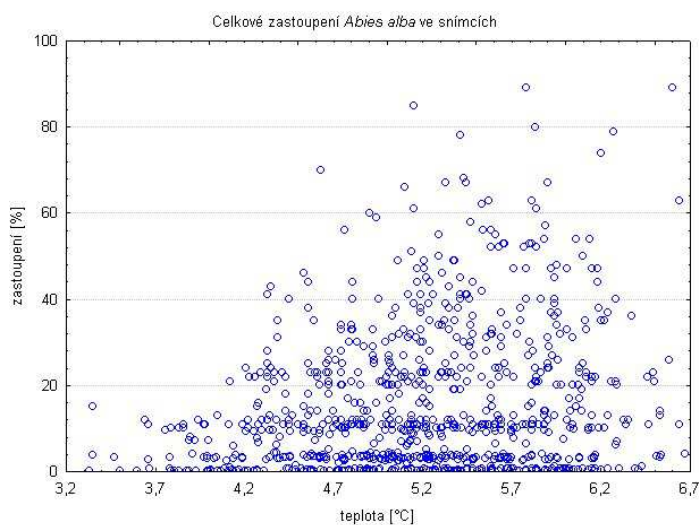
ABIES ALBA (JEDLE BĚLOKORÁ)

Aktuální zastoupení

Jedle se vyskytuje v menším množství (do 10 až 20 %) po celém území Šumavy, s nejvyšším podílem v severozápadní části území (obr. 19 v přílohách) Podobně jako buk schází na Modravsku.

Zastoupení ve snímcích

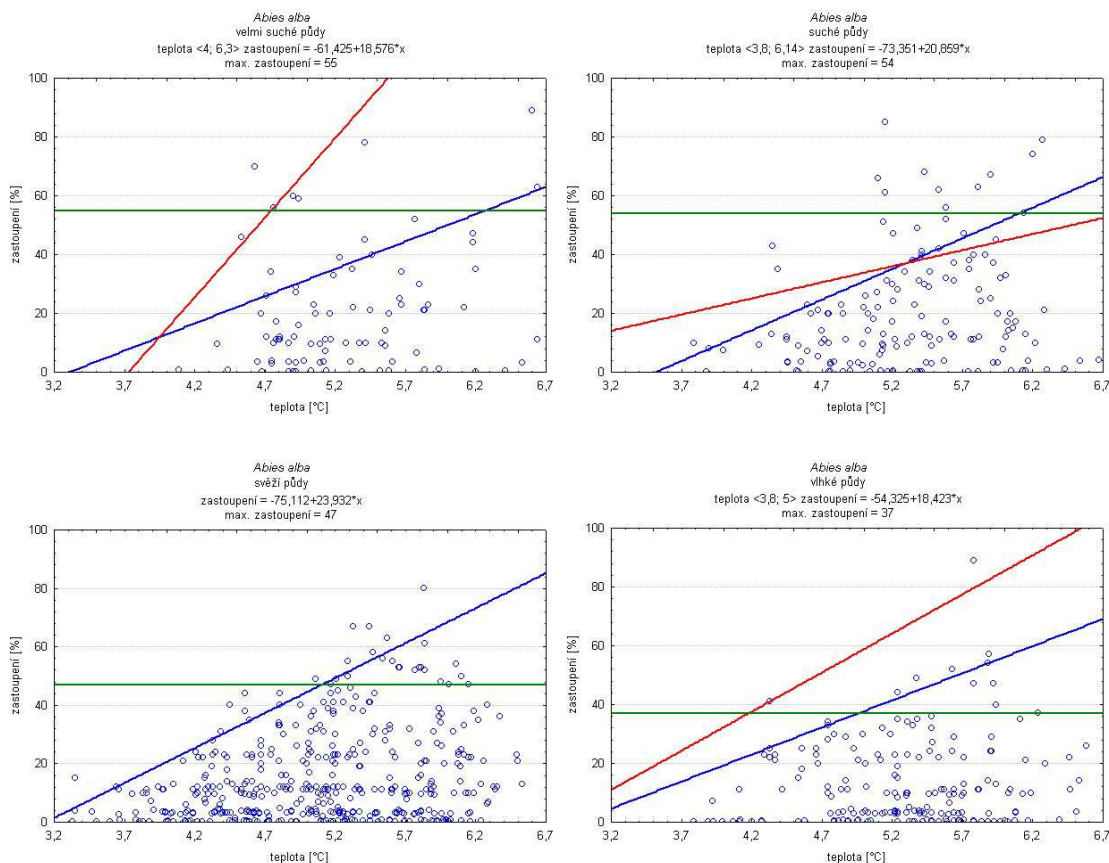
Jedle se začíná objevovat při teplotě okolo 3,5 °C, její podíl stoupá od této teploty až do zhruba 5,2 °C (7. – 6. LVS). Maximálního zastoupení dosahuje zhruba od 5,2 do 6 °C a poté její zastoupení opět klesá, což bylo důvodem pro přibližné vymezení 5. LVS v rozmezí 5,2 až 6,2 °C (obr. 6). Ve snímcích se nejvíce vyskytuje na edafických kategoriích K, S, V, N, A a B.



Obr. 6. Celkové zastoupení jedle ve snímcích

Zastoupení dle modelu

Jedle má maximální zastoupení má na suchých, velmi suchých a svěžích půdách okolo 50 % a na vlhkých okolo 40 %. (obr. 7). Do lokalit s nejnižšími teplotami zasahuje na svěžích půdách. Výsledná mapa je na obr. 20 v přílohách. Maximální zastoupení jedle v modelovaném 5. LVS je 44 %, v 6. LVS 35 %, v 7. LVS 18 % a v 8. LVS 5 %.



Obr. 7: Obalové křivky modelované pro jedli (lomená čára modro-zelená) na půdách s různou vlhkostí. Modrá linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u zobrazených dat snímků, červená linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u dat LHP (nejsou zobrazena), zelená linie = omezení všech hodnot ze snímků v 95% kvantilu.

Porovnání s lesnickou typologií

V tabulce 11 je uvedeno porovnání zastoupení jedle dle lesnické typologie a dle modelu, jako rozdíl mezi modelem a lesnickou typologií (5. – 8. LVS). Malým písmem

jsou označeny hodnoty, pro které nebyly v databázi snímků žádné záznamy nebo naprosté minimum.

Tab. 11: Porovnání zastoupení jedle v % podle lesnické typologie (LT) a modelu (M)

LT	5	6	7	8	M	5	6	7	8	rozdíl	5	6	7	8
J	30,0				J	42,2	27,6	4,1	0,0	J	12,2			
W	20,0				W	50,7				W	30,7			
Z	20,0	10,0	3,0		Z	49,6	21,2	2,0	0,1	Z	29,6	11,2	-1,0	
C	30,0				C	51,8				C	21,8			
A	30,0	30,0			A	45,8	27,6	6,8	0,7	A	15,8	-2,4		
Y	20,0	10,0			Y	49,5	23,9	5,0	0,3	Y	29,5	13,9		
N	40,0	20,0	10,0		N	47,6	29,2	4,7	0,6	N	7,6	9,2	-5,3	
M	15,0	10,0	10,0		M	48,7	26,6	5,9	0,5	M	33,7	16,6	-4,1	
B	40,0	20,0	20,0		B	45,6	30,2	7,3		B	5,6	10,2	-12,7	
F	40,0	30,0	20,0		F	46,7	32,3	10,9	4,8	F	6,7	2,3	-9,1	
K	35,0	20,0	10,0	0,5	K	46,7	35,9	11,9	3,5	K	11,7	15,9	1,9	3,0
D	30,0	30,0			D	46,2	43,0	15,1		D	16,2	13,0		
S	50,0	30,0	10,0	0,5	S	46,7	38,3	16,2	3,9	S	-3,3	8,3	6,2	3,4
H	40,0	20,0			H	46,6	45,1			H	6,6	25,1		
I	40,0	15,0			I	46,4	46,0			I	6,4	31,0		
P	70,0	50,0	20,0	0,5	P	37,5	33,5	12,1	0,3	P	-32,5	-16,5	-7,9	-0,2
Q		50,0	20,0		Q	37,2	21,4	10,7	0,4	Q		-28,6	-9,3	
O	70,0	50,0	30,0	5,0	O	37,5	35,2	15,4	0,9	O	-32,5	-14,8	-14,6	-4,1
V	40,0	40,0	10,0		V	38,0	33,0	11,8	0,4	V	-2,0	-7,0	1,8	
T			20,0		T	37,3	34,1	18,5	0,0	T			-1,5	
G	80,0	40,0	20,0		G	37,4	33,2	11,6	1,7	G	-42,6	-6,8	-8,4	
L					L	37,7	37,1			L				
U	20,0				U	38,1				U	18,1			

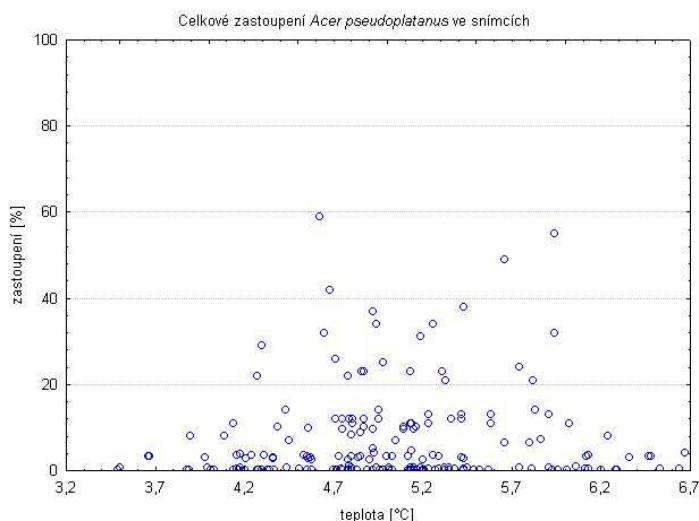
***ACER PSEUDOPLATANUS* (JAVOR KLEN)**

Aktuální zastoupení

Klen má na území Šumavy nerovnoměrné a poměrně nízké zastoupení (obr. 21 v přílohách). Zřejmě byl hodně eliminován z přirozené skladby lesnickým hospodařením. Na druhou stranu je klen zastoupen v lesích na Modravsku v místech, kde schází jedle i buk.

Zastoupení ve snímcích

Klen se ojediněle objevuje od 3,5 °C, dále jeho zastoupení pravidelně stoupá až po lokality s průměrnou roční teplotou okolo 4,7 °C, kde dosahuje až cca 40 %. Maximální zastoupení je pozorováno na lokalitách s průměrnou roční teplotou od 4,7 °C do 5,5 °C, což odpovídá 6. – 5. LVS (obr. 8). Klen má ve snímcích největší zastoupení na velmi suchých půdách, s rostoucí vlhkostí se zastoupení snižuje až po velmi nízké na vlhkých půdách (obr. 9). Výskyt kleny je nejběžnější na edafických kategoriích A, V, S, J a B.

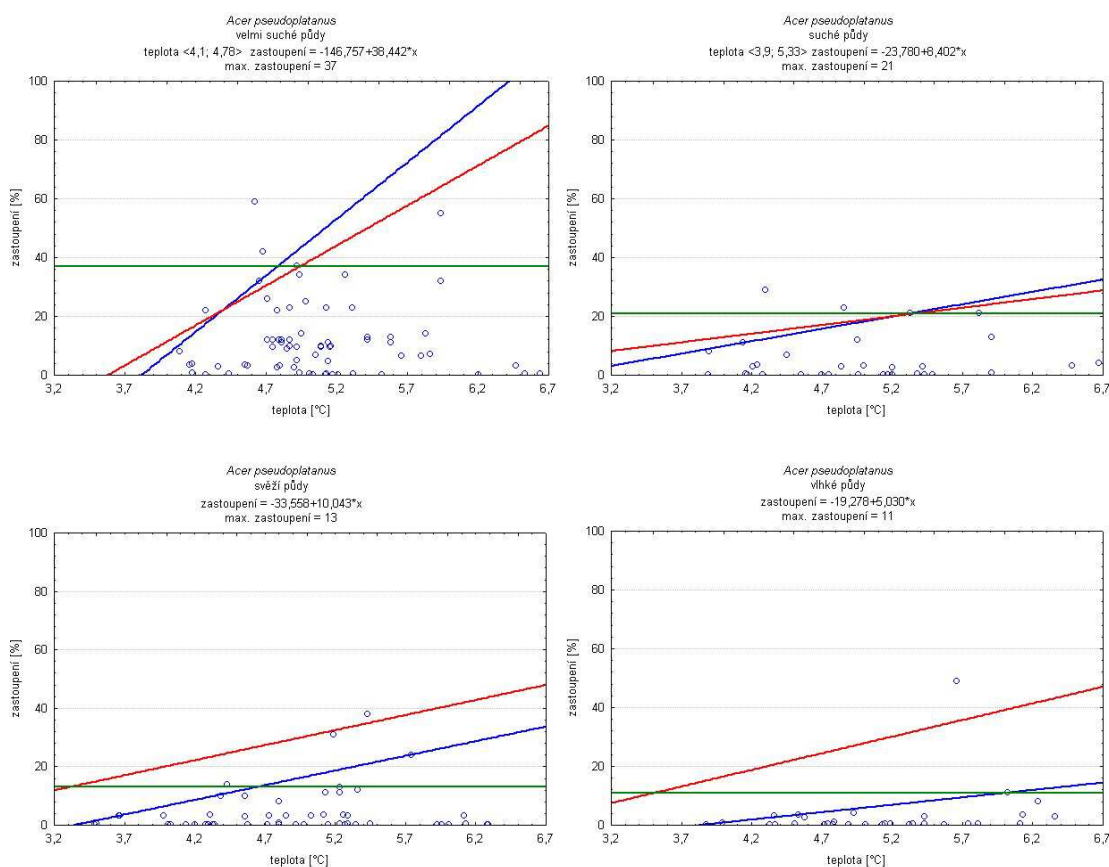


Obr. 8: Celkové zastoupení kleny ve snímcích

Zastoupení dle modelu

Klen dosahuje maximálního zastoupení na velmi suchých půdách (až do 40 %), na suchých okolo 20 %, na svěžích a vlhkých má maximum okolo 15 % (obr. 9). Výsledná mapa je na obr. 22 v přílohách.

Maximální zastoupení kleny vychází v modelovaném 5. LVS na 13 %, v 6. LVS 12 %, v 7. LVS 5 % a v 8. LVS 1 %.



Obr. 9: Obalové křivky modelované pro klen (lomená čára modro-zelená) na půdách s různou vlhkostí. Modrá linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u zobrazených dat snímků, červená linie = zvyšování zastoupení s rostoucí teplotou u dat LHP (nejsou zobrazena), zelená linie = omezení všech hodnot ze snímků v 95% kvantilu.

Porovnání s lesnickou typologií

V tabulce 12 je uvedeno porovnání zastoupení kleny dle lesnické typologie a dle modelu, jako rozdíl mezi modelem a lesnickou typologií (5. – 8. LVS). Malým písmem

jsou označeny hodnoty, pro které nebyly v databázi snímků žádné záznamy nebo naprosté minimum (viz. i tab. 8).

Tab. 12: Porovnání zastoupení kmenu v % podle lesnické typologie (LT) a modelu (M)

LT	5	6	7	8	M	5	6	7	8	rozdíl	5	6	7	8
J	20,0				J	34,7	29,8	1,0	0,0	J	14,7			
W	10,0				W	36,1				W	26,1			
Z					Z	33,8	19,4	0,7	0,0	Z				
C					C	36,2				C				
A	20,0	10,0			A	34,3	28,0	1,3	0,1	A	14,3	18,0		
Y					Y	20,5	14,1	2,3	0,0	Y				
N	0,5	0,5		0,5	N	20,0	16,1	1,8	0,1	N	19,5	15,6		-0,4
M					M	20,3	15,5	3,0	0,1	M				
B	0,5		5,0		B	20,4	16,9	4,0		B	19,9		-1,0	
F	0,5	0,5	5,0		F	13,6	10,1	2,6	0,9	F	13,1	9,6	-2,4	
K				0,5	K	13,0	11,0	3,2	0,4	K				-0,1
D	10,0	0,5			D	13,2	12,9	11,8		D	3,2	12,4		
S	0,5		0,5		S	13,1	11,7	4,7	0,6	S	12,6		4,2	
H					H	12,9	12,9			H				
I					I	12,9	12,8			I				
P					P	10,3	5,9	0,9	0,0	P				
Q					Q	10,6	2,3	0,7	0,1	Q				
O					O	10,3	6,4	1,0	0,2	O				
V	10,0	5,0	5,0	5,0	V	10,3	6,2	1,0	0,1	V	0,3	1,2	-4,0	-4,9
T					T	10,1	5,7	1,0	0,0	T				
G					G	9,8	5,7	0,8	0,3	G				
L	0,5	5,0			L	10,6	7,4			L	10,1	2,4		
U	20,0				U	11,2				U	-8,8			

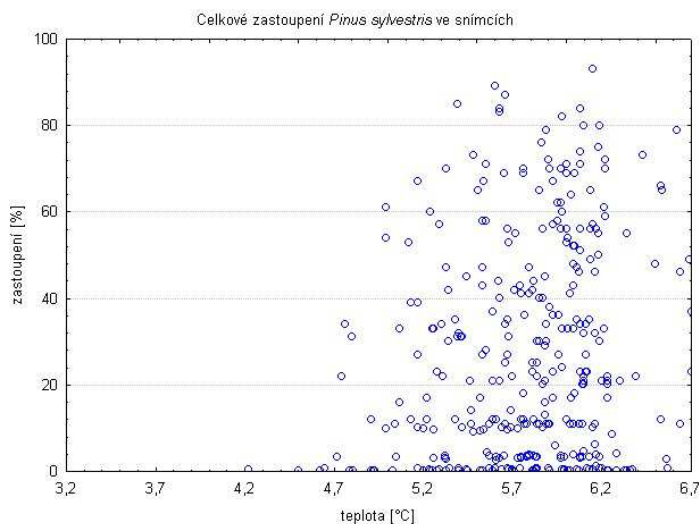
***PINUS SYLVESTRIS* (BOROVICE LESNÍ)**

Aktuální zastoupení

Borovice lesní má rozdílný výskyt v různých částech Šumavy. Zvýšené zastoupení je vidět v severozápadní části NP (v oblasti bývalého vojenského prostoru Dobrá Voda) a v okolí Vimperku podél Vltavy (obr. 23 v přílohách).

Zastoupení ve snímcích

Borovice roste na všech půdách a ve všech vlhkostních kategoriích, nejvíce na edafické kategorii K. Na Šumavě je omezena průměrnou roční teplotou 4,7 – 5 °C, v chladnějších lokalitách neroste (obr. 10).

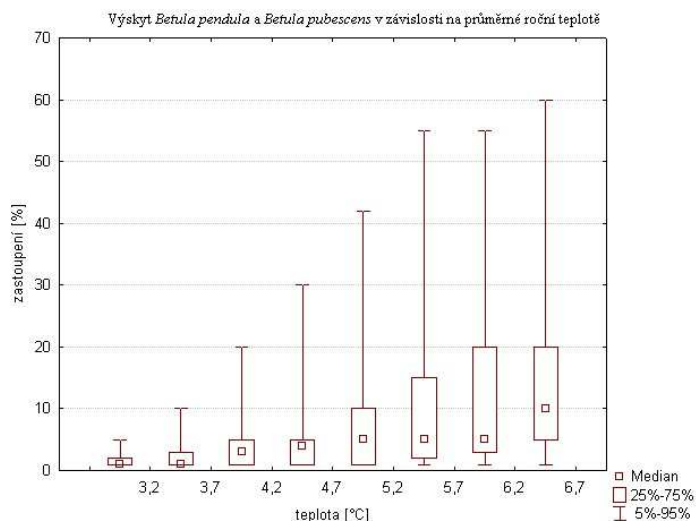


Obr. 10: Celkové zastoupení borovice ve snímcích

***BETULA PENDULA* (BŘÍZA BĚLOKORÁ), *BETULA PUBESCENS* (BŘÍZA PÝŘITÁ), *BETULA CARPATICA* (BŘÍZA KARPATSKÁ)**

Aktuální zastoupení

V rámci dat LHP nejsou rozlišovány oba základní druhy bříz (*B. pendula* a *B. pubescens*), proto byly mapovány společně (obr. 25 v přílohách). Zastoupení břízy stoupá s rostoucí teplotou (obr. 11). Břízy rostou zejména na půdách kategorie K, N, V, R a S.

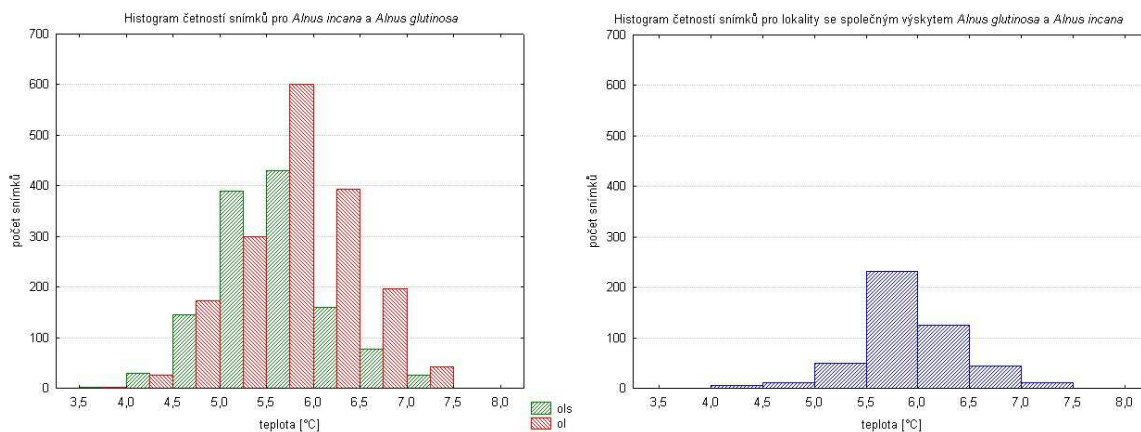


Obr. 11: Aktuální zastoupení břízy na Šumavě

ALNUS INCANA (OLŠE ŠEDÁ) a ALNUS GLUTINOSA (OLŠE LEPKAVÁ)

Aktuální zastoupení

Olše vykazují v PLO rozdílné zastoupení v rámci teplot, tj. i nadmořských výšek. Na obr. 12 je vidět vyšší podíl olše lepkavé (ol) ve vyšších teplotách od cca 6 °C (červený sloupec), v nižších teplotách je trend obrácený, převažuje olše šedá (ols, zelený sloupec). Obě olše se podle dat LHP na lokalitách setkávají v celém rozsahu teplot, nejvíce však ve středním pásmu teplot (modrý sloupec). O něco lépe je rozšíření olší vidět na mapě (obr. 24 v přílohách), kde se olše lepkavá (žlutě) vyskytuje v nižších nadmořských výškách a olše šedá (modře) ve vyšších lokalitách, jejich průnik je vyznačen zeleně.



Obr. 12: Četnost výskytu olší při různých teplotách

Ověření výskytu olše šedé v terénu

U olše šedé proběhlo ověření dolní teplotní hranice jejího výskytu. Ve všech sledovaných případech se skutečně jednalo o olše šedé (celkem 21 záznamů, v tab. 13 označeno symbolem +), z toho na 3 lokalitách rostla společně s olší lepkavou. Olše šedá může tedy zasahovat v rámci Šumavy až do oblastí s průměrnou roční teplotou okolo 7,4 °C a sestupovat až do nadmořské výšky 515 m (tab. 13).

Tab. 13: Ověření výskytu olše šedé v terénu

zastoupení dle LHC		zastoupení skutečné		teplota	nadm. v.	lokalita
ol	ols	ol	ols			
0	10		+	7,02	621	Rejštejn
0	33		+	7,05	628	Rejštejn
0	30		+	7,1	656	Hartmanice
45	5	+	+	7,1	595	Nýrsko
0	20	+	+	7,11	653	Hartmanice
0	19		+	7,12	540	Rejštejn
0	80		+	7,14	540	Rejštejn
0	40		+	7,14	647	Hartmanice
0	5		+	7,16	606	Rejštejn
0	30		+	7,16	556	Rejštejn
50	10	+	+	7,16	533	Nýrsko
0	14		+	7,2	515	Rejštejn
0	40		+	7,2	637	Hartmanice
0	5		+	7,21	586	Rejštejn
0	80		+	7,26	551	Rejštejn
0	19		+	7,34	541	Rejštejn
7	5		+	7,34	727	Nýrsko
0	80		+	7,36	547	Rejštejn
5	35		+	7,37	536	Rejštejn
5	35		+	7,41	530	Rejštejn
5	35		+	7,46	530	Rejštejn

Ověření výskytu olše lepkavé v terénu

Z celkem 16 pozorování se olše lepkavá nacházela na 10 lokalitách, z toho na 5 společně s olší šedou, a na 5 lokalitách místo uváděné olše lepkavé rostla olše šedá (v tab. 14 červeně). Na jednom místě poblíž Huťské hory byl nalezen kříženec olše šedé a lepkavé, *Alnus pubescens* (v tab. 14 modře, Hejný a Slavík 2003). Dle terénního pozorování olše lepkavá na některých místech výjimečně zasahuje i do nejvyšších nadmořských výšek okolo 1100 m a minimálních teplot 4 °C, ale postupně ustupuje na úkor olše šedé. Na nejchladnějších lokalitách jsou smíšené porosty olše lepkavé a šedé, přičemž olše šedá vždy převažuje. Jak vyplývá z tab. 14, obecně s olší lepkavou můžeme počítat do teplot kolem 4,5 °C, výše se vyskytuje jen velmi zřídka.

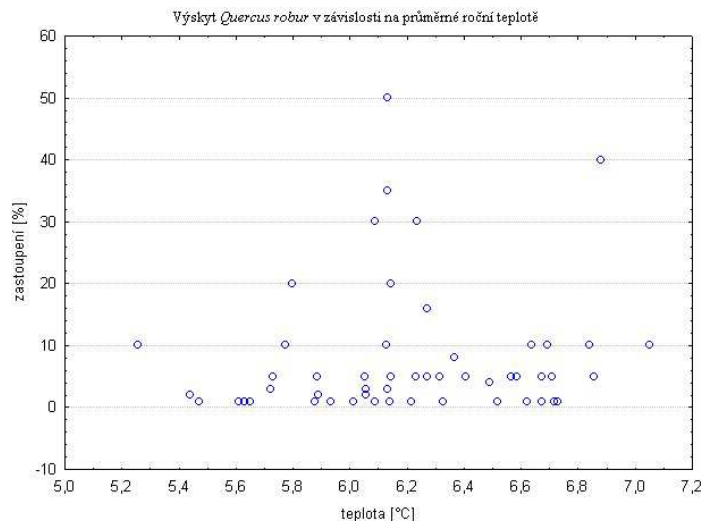
Tab. 14: Ověření výskytu olše lepkavé v terénu

zastoupení dle LHC		zastoupení skutečné		teplota	nadm. v.	lokalita
ol	ols	ol	ols			
30	0	+		3,95	1100	Železná Ruda
5	0	+		4,23	1061	Zhůří
5	0		+	4,31	1058	Nové Hutě
10	0	+	+	4,32	980	Nové Hutě
4	0		+	4,39	1011	Lipka
4	0	+	+	4,39	1026	Lipka
5	0	+		4,4	1089	Železná Ruda
5	0	<i>Alnus pubescens</i>		4,41	967	Zhůří
2	0		+	4,42	1010	Lipka
2	0		+	4,42	1006	Lipka
10	20	+	+	4,43	1045	Železná Ruda
7	0		+	4,47	987	Železná Ruda
50	0	+		4,49	846	Železná Ruda
10	20	+	+	4,5	1012	Železná Ruda
1	0	+	+	4,56	1003	Nové Hutě
1	0	+		4,71	1007	Lipka

QUERCUS ROBUR (DUB LETNÍ)

Aktuální zastoupení

Aktuální zastoupení dubu na Šumavě je nízké a omezené teplotou zhruba 5,5 °C (obr. 13).



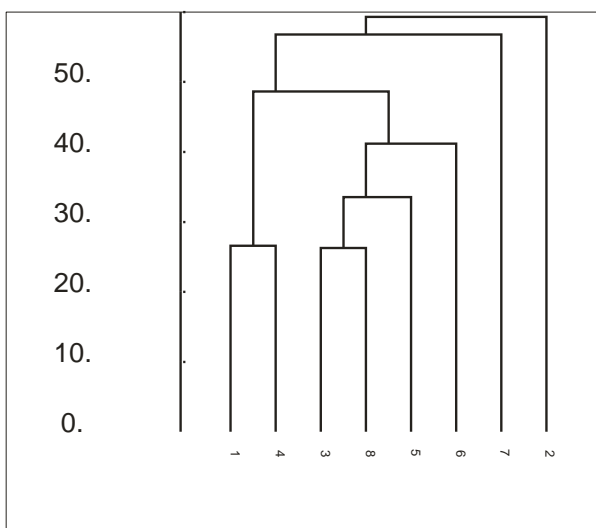
Obr. 13: Aktuální zastoupení dubu letního v závislosti na teplotě (data LHP)

Ověření výskytu dubu letního v terénu

Zkoumané lokality by se daly rozdělit do 2 skupin s přechodem:

- druhově bohatá, živná stanoviště, bývalé bezlesí nebo v jeho bezprostřední blízkosti
- druhově chudá, kyselá stanoviště obklopená smrkovou monokulturou

Stanoviště se lišila jak půdním podkladem a druhovým složením, tak množstvím jedinců dubu. Nejčastěji se jednalo o stejnověké vysázené porosty, pod nimiž nedocházelo ke zmlazení (5 z 8 případů). Klasifikace snímků vyjadřující jejich vzájemnou podobnost je na obr. 14. Kompletní snímky jsou v tabulce 16 v přílohách, kde jsou červeně vyznačeny zjištěné nesrovnalosti mezi vymezením SLT dle lesnické typologie a dle modelu. U snímku č. 1 a 4 je dominantní *Vaccinium myrtillus*, pro č. 3 *Convallaria majalis*, č. 8 *Oxalis acetosella* a *Deschampsia caespitosa*, č. 5 *Senecio ovatus*, č. 6 *Rubus idaeus*, č. 7 *Impatiens noli-tangere* a č. 2 *Rubus fruticosus*. Podrobnější popis snímků následuje dále, u jednotlivých snímků je zároveň uvedeno porovnání s lesnickou typologií.



Obr. 14: Klasifikace fytoocenologických snímků s dubem metodou průměrné vzdálenosti

Lokality s přirozeným zmlazením dubu

Snímek č. 6 se nachází v severním svahu asi 0,5 km jižně od Rejštejna, jedná se o dubový háj obklopený smrkovým lesem a z jedné strany loukou. Zřejmě jde o bývalou louku nebo pastvinu, což naznačují kamenné snosy v terénu. Lokalita je živná a poměrně druhově bohatá. Ve stromovém patře zde zcela převažuje dub zimní (*Quercus petraea*), který zmlazuje jen velmi málo na světlých místech. Stanoviště je polostinné, živné s dominantními *Rubus idaeus*, *Oxalis acetosella*, *Frangula alnus*, *Fragaria vesca*, *Luzula sylvatica*, *Lonicera nigra* a *Acer pseudoplatanus* v bylinném patře, jsou zde vysázené smrčky. Keřové patro je vyvinuté s dominantními *Rubus idaeus* a *Frangula alnus*. Dle lesnické kategorizace se jedná o svěží jedlovou bučinu na středně bohaté půdě (5S). Nalezené druhy jsou kombinací uvedeného SLT a pozůstatků bezlesí.

Snímek č. 4 jihozápadně od Řepešína směrem na Milešice je situován v prudším severovýchodním svahu, na lesní světlině obklopené smrkovou monokulturou. Žádný dospělý dub nebyl nalezen, ale dobře zmlazuje i v okolí. Stromové patro je velmi řídké, v bylinném převažují *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa* a *Betula pendula*, v keřovém *Betula pendula*. Lze tu nalézt i luční prvky jako *Melampyrum pratense*. Je zde kyselý půdní podklad, ale druhové složení je poměrně zajímavé, nalezen byl např. *Dactylorhiza fuchsii*. Měla by zde být kyselá smrková bučina (6K), acidofilní prvky se tu nacházejí, ale složení podrostu dle Průši (2001) danému SLT neodpovídá, odpovídá spíše 5K i podle teploty.

Ovšem vzhledem k minimální pokryvnosti stromového patra se jedná spíše o bezlesí a proto je těžké zařazení posoudit.

Duby zmlazují i na severním svahu na pravém břehu Lipna u rakouských hranic (snímek č. 1), na kyselém stanovišti v prosvětlenějším smrkovém lese. V podrostu převažuje *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Picea abies* a *Abies alba*, v keřovém *Sorbus aucuparia*. Dle lesnické typologické mapy se jedná o kyselou smrkovou bučinu (6K). Z podrostu je těžké posoudit LVS, neboť se jedná o kulturní smrčinu s převahou několika málo druhů; průměrná teplota odpovídá spíše 5. LVS.

Duby se na nejchladnějších lokalitách s průměrnou teplotou okolo 5,8 °C mohou šířit a přirozeně zmlazovat, otázkou je jestli přežijí.

Lokality bez zmlazení dubu

Ze všech zkoumaných míst byla druhově nejbohatší lokalita západně od obce Buk směrem na Vimperk (snímek č. 3). Jedná se o větší remízek mezi loukami na severním svahu s poměrně zapojeným porostem. Duby v takovém zastínění ani nemají šanci vyklíčit, nalezeni byli dva dospělí jedinci. V bylinném patře se nachází mnoho druhů bučin, např. *Actaea spicata*, *Asarum europaeum*, *Paris quadrifolia*, *Convallaria majalis*, *Galeobdolon montanum*, a lučních druhů, které pronikají z okolí, např. *Ajuga reptans*, *Campanula persicifolia*, *Melampyrum pratense*. Žádné výrazně nedominují. Stromové patro je také bohaté s *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus tremula*, *Quercus robur* a *Abies alba*. Dle lesnické mapy je zde kyselá smrková bučina (6K) a i nízká teplota indikuje 6. LVS. Stanoviště je ale spíš živné, obohacené listnatým opadem a průnikem lučních druhů.

Duby u asi 1,5 km jihozápadně od Zdíkova (snímek č. 5) tvoří vysázenou alej a lesopark v okolí kapličky společně s lípami a buky. Duby tvoří většinu stromového patra, ale nezmlazují zde, opět zřejmě kvůli velkému zastínění. Bylinnému patru dominují *Senecio ovatus*, *Acer pseudoplatanus*, *Corylus avellana*, *Galeobdolon montanum*, *Oxalis acetosella*, *Sorbus aucuparia* a *Vaccinium myrtillus*. Keřové patro je dobře vyvinuté s dominantní *Corylus avellana* a *Sorbus aucuparia*, ve stromovém zcela převažuje *Quercus robur*. Potenciálně by zde měla být kyselá smrková bučina (6K), půda je zde ovšem díky listnatému opadu živnější; skladba podrostu dle Průši (2001) odpovídá spíše 5K (kyselá jedlová bučina) a také vyšší průměrná teplota naznačuje 5. LVS.

Snímek č. 7 se nachází v zatáčce u silnice asi 2 km severovýchodně od obce Svojshe, na jihovýchodním svahu; mladé duby jsou zde vysázené na podmáčeném vlhkém stinném místě u potoka, kde samozřejmě nezmlazují. Vegetace je zde převážně nitrofilní a vlhkomilná (*Impatiens noli-tangere*, *Urtica dioica*, *Geum urbanum*, *Aegopodium podagraria*, *Senecio ovatus*) a dobře odpovídá vlhké jasanové javořině (5U) dle Průši (2001).

Asi 4 km jihozápadně od Nýrska (snímek č. 8) rostou mladé duby na světlejším místě obklopené bukovou kulturou, jedná se snad o bývalou paseku. Je to druhově chudé stanoviště a dub zde nezmlazuje, ačkoliv světla je zde poměrně dostatek. V podrostu převažují trávy (*Avenella flexuosa* a *Deschampsia caespitosa*) a acidofilní druhy (*Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*). Keřové patro není vyvinuté, stromové tvoří dub a jedle. Měla by se zde vyskytovat svěží smrková bučina (6S), čemuž složení podrostu dobře odpovídá, ale stejně tak by se mohlo jednat i o 5S (Průša 2001), což podporuje i vyšší průměrná teplota. Poměrně chudé druhové složení a absence keřového patra ovšem svědčí pro 6S (Pišta 1982).

Snímek č. 2 je situován asi 2,5 km severně od Volar, na světlině obklopené smrkovou monokulturou. Zbytky lučních druhů (*Alchemilla vulgaris*, *Potentilla erecta*) naznačují, že se jedná o bývalé bezlesí. Jinak zde dominují druhy lesních pasek (*Rubus fruticosus*, *Rubus idaeus*, *Agrostis capillaris*). Na tomto živném stanovišti je dub pouze přimíšen, ve stromovém patře převládá *Picea abies* a *Pinus sylvestris*. Je zde mapována svěží buková smrčina na středně bohaté půdě (6S), podle podrostu by to mohla být i svěží jedlová bučina (5S); teplota svědčí pro 5. LVS, ale stále je blízko hranice 5./6. LVS.

Lokality, na kterých dub nebyl nalezen

V porostní skupině 2 km severovýchodně od Stožce se dub nepodařilo najít. Jsou zde školky pro listnaté stromy, obklopené smrky, místo je částečně zamokřené a je zde tedy nízká pravděpodobnost obnovy dubu. Ve dvou porostních skupinách asi 1,5 km jihovýchodně od Rejštejna, ve kterých byl dub v LHP uváděn, také nebyl nalezen. Dané skupiny tvoří mladé husté smrkové kultury, ve kterých se dub ani nemůže vyskytovat.

5. DISKUZE

5.1. LIMITY PŘESNOSTI DAT PŘI JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Zvolené měřítko významně limituje výslednou přesnost modelu. Jedním z možných zdrojů nepřesností jsou geometrické odchylky dané odlišnou povahou rastrových a vektorových dat. Při načítání hodnot rastrů k polygonům se polygony musí převést na body (většinou centroidy plošek) a hodnota rastru je pak vztahována k těmto bodům, nikoli k celé ploše polygonu. Jde o zpracovávání dat LHP, která jsou polygonová, ta ale nebyla použita v žádných dalších výpočtech, jen pro sumarizaci v grafech a mapách aktuálního výskytu a pro výzkum v terénu.

Dále vznikají nepřesnosti při převádění vektorových dat na rastry a obráceně nebo jejich překrýváním. Taková nepřesnost je viditelná zejména u třídění vlhkostních kategorií dle TRMI indexu, kde minimální a maximální hodnoty mají velký rozsah, právě proto, že při překrytí rastru a vektorového polygonu hodnoty na hranicích spadnou často do sousedních kategorií. I proto byl použit ke třídění jen průměr hodnot. Je to také otázka nepřesnosti vedení hranice mezi edafickými kategoriemi - taková hranice totiž ve skutečnosti většinou není ostrá, ale je tvořena nějakým širším pásem.

Při tvorbě DMT vznikají nepřesnosti způsobené hlavně rozlišením, s nimiž je třeba počítat. Měřítko je důležité v souvislosti s účelem mapování, u vegetačních průzkumů lze narazit na několik problémů. Vegetace se může měnit na malých vzdálenostech a terénní pozorování může představovat plochu menší než je rozlišení DMT, rozlišení DMT může být příliš hrubé pro zachycení tvaru terénu v potřebném měřítku, a také lokalizace starších terénních záznamů nemusí být přesná, neboť GPS zaměrování je záležitostí teprve posledních let (Wilson a Gallant 2000, Franklin 2009). Co se týká indexů odvozených z DMT, ty jsou pro odvození některých faktorů prostředí hojně používané, bývají poměrně přesné a z nich odvozené proměnné odpovídají realitě (Guisan a Zimmermann 2000).

5.2. FYTOCENOLOGICKÉ SNÍMKY

Nepřesnosti v datech vznikají již při pořizování fytoocenologických snímků, neboť se jedná o poměrně subjektivní metodu. Hlavním problémem použitých snímků je však rozsáhlé ovlivnění šumavských lesů člověkem, a to jak přímo (pěstováním) tak nepřímo (průmyslovým znečištěním) (Šamonil a Vrška 2008). Snímkované dřeviny mohly

být vysázené a není možné již určit, jaký podíl je dřevin uměle pěstovaných nebo jako nálet z pěstované kultury a jaký je přirozeného původu odpovídající stanovišti. Tomuto problému se ovšem ve středoevropských podmínkách nelze vyhnout. Zlepšení by zřejmě přineslo ověření přirozenosti snímkaných porostů v terénu, která by se dala hodnotit podle zmlazení a podrostu. Stále je ovšem problém s příliš rozsáhlým materiálem (2 085 snímků) a územím (2 100 km²), mnoho snímkaných porostů také dnes již neexistuje. Také by se dala použít data jen z původních, přírodních a přírodě blízkých lesů, pokud by byla dostupná. I původnost se však ověřuje s nejistotou a pro mnoho typů lesa zřejmě nezbyl žádný přirozený porost. I přes velké ovlivnění člověkem Šumava jako největší souvisle zalesněná oblast v Evropě a s relativně největším podílem přirozených lesů v rámci ČR (int. odkaz 1) stále poskytuje nejlepší podmínky pro výzkum přirozenosti lesů.

5.3. MODEL PRO GRADIENTY TEPLoty (Matějka 2010b)

Většina klimatických map vzniká prostorovou interpolací z dat klimatických stanic. Problém bývá s přesností předpovězených teplot, zejména s nedostatkem stanic a s tím, že klimatické stanice neodrážejí skutečné mikroklima na stanovištích (Guisan a Zimmermann 2000). Zatímco v kontinentálním měřítku je pro distribuci druhů určující klima, v lokálním měřítku hraje roli topografie (Pearson a Dawson 2003), proto byl její vliv do modelované teploty započten. Teplotní mapy se takto pomocí DMT vylepšují poměrně běžně (např. Daly et al. 2008). Při extrapolaci teplot používají při výpočtu klimatologové nejen ovlivnění teploty nadmořskou výškou, ale i zeměpisnou šířkou (a také zeměpisnou délkou, která nebyla v modelu použita, Květoň 2001). Pro změny průměrných ročních teplot s nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou uvádí Květoň (2001) podobné hodnoty, jaké vychází z použitého modelu. Ve vegetační sezóně uvádí šířkový gradient -0,35 až -0,4 °C na 1° zeměpisné šířky (v modelu 0,44 °C) a výškový gradient -0,58 °C na 100 m nadmořské výšky (v modelu -0,64 °C). V modelu bylo použito 22 klimatologických stanic z ČR, ze Šumavy jen Klatovy a Churáňov. Ideální extrapolace teplot na Šumavě by samozřejmě měla vycházet ze všech místních klimatologických stanic, které zde delší dobu zaznamenávají teplotu (Černá v Pošumaví, Horská Kvilda, Churáňov, Lenora, Nová Pec, Srní, Sušice, Hojsova Stráž; Květoň 2001), pořídit tato data od ČHMÚ je bohužel velmi nákladné a na většině stanic také neprobíhalo soustavné měření po celou dobu let 1961-1990. V tabulce 15 je uvedeno porovnání některých dostupných dat, většina stanic je z Předšumaví mimo PLO. Je vidět, že odchylky jsou jen malé (v průměru okolo 0,2 °C).

Stanice Husinec a Lenora mají záznamy až od 90. let, proto je porovnání s nimi méně přesné. V použitém teplotním modelu nejde přímo o absolutní hodnoty teplot, spíše o co nejlepší relativní porovnání chladných a teplých míst.

Tab. 15: Průměrné teploty stanic nepoužitých v modelu pro ověření (Květoň 2001)

název stanice	okres	nadm.v.	model	stanice	rozdíl
Husinec	Prachatice	536	7,28	7,2	0,08
Churáňov	Prachatice	1118	4,15	4,2	-0,05
Kašperské Hory	Klatovy	737	6,17	6	0,17
Lenora, Houžná	Prachatice	803	5,66	5,1	0,56
Nová Pec	Prachatice	753	6,1	5,5	0,6
Strakonice	Strakonice	402	7,81	7,8	0,01
Strakonice	Strakonice	390	8,03	7,8	0,23
Strakonice	Strakonice	478	7,32	7,8	-0,48
Strakonice	Strakonice	423	7,72	7,8	-0,08
Vráž	Písek	453	7,6	7,7	-0,1
Vráž	Písek	440	7,66	7,7	-0,04
Vráž	Písek	432	7,66	7,7	-0,04
Vráž	Písek	432	7,66	7,7	-0,04
Vyšší Brod	Český Krumlov	559	6,7	6,4	0,3
Vyšší Brod	Český Krumlov	559	6,7	6,4	0,3
Sušice	Klatovy		7,42	7,5	-0,08

Kromě použité průměrné roční teploty by zřejmě bylo vhodné zkoumat zvlášť vliv různých sezónních průměrů nebo extrémů, které mohou být pro přežití některých dřevin podstatnější než průměr (např. pro buk jsou limitující pozdní jarní mrazy, Zlatník 1976). Bylo by také vhodné nějakým způsobem zohlednit i vítr, který může ovlivňovat průměrnou teplotu zejména na návětrných stranách hor, ale také na závětrných stranách v oblasti anemo-orografických systémů v ledovcových karech (Jeník 1961). Lokální vliv na teplotu mají také inverzní polohy.

5.4. ROZDĚLENÍ PŮD DO VHLKOSTNÍCH KATEGORIÍ

Pro výpočet dostupnosti vody se používají i jiné vlhkostní indexy než použitý TRMI (Parker 1982), např. TWI (topographic wetness index, Beven and Kirkby 1979). TWI vyžaduje pro výpočet množství meteorologických parametrů (teploty, srážky, evaporace atd.), které nebyly v plné šíři k dispozici, proto byl použit TRMI, který je založen jen na reliéfu. Vlhkostní index by se dal použít i jako samostatný prediktor, aby bylo vidět, kolik variability v souboru vysvětluje, jak je důležitý a pro které druhy. Edafické kategorie by se také daly použít zvlášť, protože při jejich sjednocování do skupin podle vlhkosti se vytrácí informace o dostupnosti živin, která je pro každou EK jiná (resp. jsou EK podle živin tříděny do jiných skupin, do tzv. trofických řad, viz tab. 1, Průša 2001). Původní členění EK do řad se novým členěním dle vlhkosti poněkud rozpadlo. Souvisle pohromadě dle původních řad zůstaly jen půdy v kategorii „vlhké“, a to řada obohacená vodou (L, U, V), oglejená (O, P, Q) a podmáčená (T, G, přičemž R byly vyřazeny). Ostatní řady jsou originálně rozděleny podle chemismu a obsahu živin (řada extrémní, kyselá, živná, obohacená humusem). Do kategorie „velmi suché“ byly přiřazeny EK z řady obohacené humusem (A, J), živné (C, W) a extrémní (Z). V kategorii suché se ocitly půdy řady kyselé (M, N), extrémní (Y) a živné (B). Kategorie svěží obsahuje zejména EK řady živné (F, H, S), dále kyselé (K, I) a obohacené humusem (D). Z toho vyplývají důsledky zejména pro klen, jehož výskyt se zřejmě více než vlhkostí řídí obsahem živin v půdě.

Co se týká vlhkosti půd, vypočtené vymezení vlhkostních kategorií ovšem poměrně dobře odpovídá podrobnějším definicím EK dle Průši (2001). Půdy zařazené dle TRMI indexu do skupiny velmi suché (J, W, Z, C, A) definuje Průša jako kamenité nebo šterkovité. Půdy suché (Y, N, M, B) jsou mírně šterkovité (B, Y) nebo oligotrofní, tj. hlinitopísčité – písčité (M, N). Půdy z kategorie svěží (F, K, D, S, H, I) představují mezotrofní, tj. písčitohlinité – hlinité kambizemě (F, S, H), luvické kambizemě (I), slabě oglejené půdy (D). Do vlhkých půd patří pseudogleje (P, Q, O), gleje (V, T, G) a fluvizemě (L, U).

Velký nepoměr je v četnosti vytvořených kategorií v rámci PLO, zatímco svěží a vlhké půdy jsou poměrně hojné (57 % a 25 % plochy), suché a velmi suché již ne (11 % a 3 % plochy), je pro ně tedy méně dat a menší jistota u výsledků.

5.5. TVORBA MODELU

Modely rozšíření druhů se obecně snaží kvantifikovat vztah mezi organismem a faktory prostředí (Guisan a Zimmermann 2000). Pro rostliny jsou základními omezujícími faktory prostředí světlo, voda a živiny. Rozmístění a dostupnost těchto zdrojů je ovlivněno klimatem, půdním substrátem a topografií terénu (Mackey 1993). Obzvláště u dřevin je jejich prostorové rozmístění silně určené podle jejich odezvy ke kritickým zdrojům a umožňuje tedy snadno předvídat jejich prostorové rozmístění (Mackey et al. 2000). Autoři při modelování výskytu druhů běžně používají co nejvíce dostupných prediktorů, hodnotí zvláště vliv každého z nich, a vybírají pro model ty, které jsou statisticky významné (Guisan a Zimmermann 2000, Franklin 2009). Austin et al. (1984) píše, že k distribuci dřevin se nejvíce vztahuje průměrná roční teplota, průměrné srážky a radiace. Franklin (2009) naopak tvrdí, že více než roční průměry jsou s distribucí dřevin spjaté sezónní průměry a extrémní teploty a srážky. Zřejmě záleží na konkrétním druhu a také na měřítku ve studii použitém. Pro druhy temperátních lesů (mj. i buk, jedle a klen) zjistili Mellert et al. (2011) jako nejdůležitější faktory řídící jejich rozšíření průměrnou letní a lednovou teplotou, průměrné množství srážek a vlhkost stanoviště. Lednová teplota je podle nich důležitá zejména pro buk. Maggini et al. (2006) pro tyto druhy považují za nejdůležitější faktory také průměrnou teplotu ale roční, vlhkost stanoviště, sklon svahů a radiaci, a pro klen obsah živin v půdě. V této práci použitý postup syntetizuje více faktorů prostředí do jednoho prediktoru (průměrná teplota) případně je používá pro třídění do skupin (TRMI a edafické kategorie), čímž velmi zlepšuje vypovídací hodnotu vypočtené teploty, ale zároveň se ochuzuje o informaci o vlivu těchto jednotlivých faktorů na druhy.

Pro tvorbu modelu byla použita obalová křivka, která je založena jen na prezencích druhu. Pohybujeme se v oblasti, kde je zastoupení modelovaného buku, jedle a klenu silně potlačeno pěstováním smrku. Je zřejmé, že na základě současného průměrného zastoupení nelze jednoduše modelovat potenciální zastoupení. Otázkou tedy není zjištění aktuálního průměrného zastoupení dřeviny při určité teplotě, ale určení nejvyššího možného zastoupení druhu s určitou pravděpodobností (80 - 95 %), které zachytí právě obalová křivka. Ideální by bylo modelovat průměrné zastoupení, ale zřejmě neexistuje způsob, jak jej na základě takto pozměněných lesů odhadnout. Některé práce se zabývají jen výskytem druhu bez kvantifikace jeho zastoupení (presence-only data) a obalové křivky jsou vytvářeny v prostoru dvou nebo více faktorů prostředí jako prostor, kde se druh může vyskytnout. Přístup použitý v této práci hledá míru zastoupení druhu v závislosti na jednom faktoru

(teplotě; další faktor, zvláště vlhkost stanoviště je v modelu zahrnut tím, že na jeho základě jsou stanoviště dělena do různých kategorií a pro každou kategorii je vytvářen samostatný model) a vytváří obalovou křivku charakterizující maximální zastoupení druhu v určitých podmínkách (za dané teploty), tedy v podstatě jako teplotní niku druhu (resp. její část).

Metody využívající obalové křivky (environmental envelopes) patří k prvním metodám používaným na modelování rozšíření druhů. Obalové křivky definují mnohorozměrný atributový prostor, ve kterém se daný druh pravděpodobně nachází. První metoda vycházející z obalových křivek, BIOCLIM (Bioclimatic Analysis and Prediction System, Busby 1991), je založená na klasifikaci, která definuje potenciální rozsah druhu ohraničený minimální a maximální hodnotou přítomnosti druhu, případně rozsah 95 % těchto hodnot, nebo jiný percentil, pomocí klimatických proměnných. Modelování pomocí obalových křivek přímo vychází z teorie niky (Hutchinson 1957) a ve výsledku zobrazuje jakousi klimatickou niku druhu (Pearson a Dawson 2003). Ačkoli byly posléze vyvinuty další metody pro modelování rozšíření druhů, tento přístup je stále široce využíván zejména pro modely velkého měřítka, k modelování dopadu klimatických změn na rozmístění druhů i k jiným účelům (např. Diniz-Filho 2007, Erasmus et al. 2002, Midgley et al. 2002, Zhao et al. 2006, Robertson et al. 2004). Obalovou křivku na modelování rozšíření dřevin používají Zhao et al. (2006), kteří pro odhad niky a pro tvorbu mapy potenciálního zastoupení *Picea crassifolia* vytváří obalovou křivku na bodovém grafu v prostředí GIS pomocí hraničních funkcí. Metodika tvorby těchto funkcí bohužel není uvedena. Obalové křivky jsou často kritizovány za to, že používají pro predikci pouze klimatické faktory, neboť rozmístění druhů bývá ovlivněno i jinými parametry (Pearson a Dawson 2003). V této práci byl však vliv některých jiných faktorů (topografie terénu a oslunění) do výpočtu teploty zahrnut, vlhkost půdy byla užitá jako kategoriální proměnná.

Použitá obalová křivka v podstatě uzavírá 80 - 95 % hodnot a zachycuje tedy část realizované niky druhu, zobrazuje horní limitaci zastoupení těchto dřevin průměrnou teplotou. Byla modelována v oblasti poměrně vysokých hodnot zastoupení (80 – 95% percentil). Opět zde vyvstává problém charakteru použitých dat. Takto vysoké hodnoty mohou pocházet z vysázených porostů. Může se ovšem jednat i o zbytky přirozených porostů (a úplně nejvyšší hodnoty, které by mohly zachycovat monokultury, jsou použitým kvantilem omezeny). Je fakt, že dřeviny s příslušnou lesnickou péčí mohou vyrůst i v podmínkách, ve kterých by normálně nevyrostly, pro růst dřeviny je kritických prvních pár let. V poslední době se zejména v rámci NP místy sází některé dřeviny (buk, jedle)

i na lokalitách pro jejich růst přirozeně nepříznivých. Jedná se ovšem o trend posledních zhruba 20 let, tyto stromy v použitých snímcích stromového patra nejsou zahrnuty, mnoho snímků je starých několik desetiletí. V předcházejících obdobích soustředujících se na ekonomický výnos dřevin bylo málo pravděpodobné, aby se buk nebo jedle vysazovaly na stanovištích pro ně nepříznivých, kde by péče o ně byla náročná a pravděpodobnost přežití malá. Tyto dřeviny obecně vůbec nebyly v centru zájmu pěstování lesa. Proto se domnívám, že horní hranice rozšíření se může modelovat na základě těchto dat. K možnému nadhodnocení zastoupení dřevin v modelu lze ještě říci, že podle jiných modelů přirozeného zastoupení dřevin v ČR používaných (geobotanická mapa a lesnická typologie) je přirozené zastoupení buku, jedle a klenu až několikanásobně vyšší než aktuální zastoupení (Neuhäuslová et al. 1998, Bouše et al. 2001). Tento fakt také svědčí proti standardnímu způsobu modelování z průměrných hodnot. Mnohem větší problém než s nadhodnocenými prezencemi má soubor dat s falešnými absencemi a množstvím nízkých hodnot. Přestože absence nejsou pro obalové křivky použity, už jen mnoho nízkých hodnot blízko nuly znemožňuje použití standardní regrese, resp. metod založených na prokládání průměrem hodnot. Takové proložení zejména u jedle stáhne křivku blízko k nule, kde je spousta nízkých hodnot – jedná se o jednotlivé jedince dožívající v lesích, ze kterých jedle výrazně vymizela.

Bylo rozhodnuto modelovat jen horní výškovou hranici rozšíření dřevin, spodní hranice jejich areálu není na Šumavě k dispozici (počet snímků prudce klesá zhruba od průměrných teplot nad 6,5 °C). Většina modelovaných druhů (kromě jedle) vykazuje pokles zastoupení v průměru od 5 °C. Tento pokles ovšem není modelován, jednak proto, že je blízko hranice sledovaného území, pro kterou není dostatek dat, a protože u jedle, buku a klenu by neměl být způsoben přirozenými faktory – 5. LVS jedlobukový by měl mít naopak největší přirozené zastoupení těchto dřevin ve sledované oblasti (Průša 2001). Důvodem tohoto poklesu v datech je kromě nedostatku záznamů i nižší nadmořská výška, ve které díky lepší přístupnosti začala exploatace lesa dříve a ve větším měřítku (Jelínek 2005). V nižších vegetačních stupních jedlobukovém a smrkobukovém, které se nacházejí hlavně mimo NP, je charakteristická vegetační stupňovitost narušena rozsáhlou přeměnou původních lesů na smrkové monokultury, díky čemuž je zde rekonstrukce původní vegetace ztížena a zatížena větší chybou (Vacek a Mayová 2000). Maximální výskyt dřeviny byl omezen v hodnotě 95% kvantilu a odsud

již bylo ponecháno stejné zastoupení, výsledky pro 5. LVS lze tedy brát v úvahu jen s velkou nejistotou a tyto oblasti vyžadují další výzkum.

Problém je s použitím rozdílných vah ve ztrátové funkci, které byly použity za účelem optimálního proložení dat. Např. příliš odlehlé hodnoty nebo příliš mnoho nízkých hodnot blízko nuly způsobovalo často i převrácení směrnice přímky při použití standardních vah 0,9 a 0,1. Jelikož se v modelu neodhaduje průměrná hodnota zastoupení, ale maximální potenciál, nemělo by se jednat o tak velký problém.

Naprostá většina studií na modelování rozšíření dřevin používá data z přirozených nebo přírodě blízkých lesů (např. Mellert et al. 2011, Iverson a Prasad 1998, 2002, Schwartz et al. 2001, Pacala et al. 1996, McKenzie et al. 2003), na které lze aplikovat běžně používané metody. Jen jedna nalezená studie (Falk a Mellert 2011) se pokusila navrhnout řešení problému s daty silně ovlivněnými hospodářskými zásahy v lesích (zde se jedná o lesy celého Bavorska, tj. oblast od nížin až po Alpy). Pracovali s prezencí a absencí *Abies alba* v bavorských lesích, použili metodu boosted regression trees (BRT) a GAM a jako prediktory radiační indexy a klimatické a půdní charakteristiky. Data srovnali s expertními znalostmi o potenciální přirozené vegetaci (v podstatě s geobotanickou mapou) a s její pomocí optimalizovali vstupní data - pro modelování použili jen ta data současného výskytu/absence jedle, která se překrývala (souhlasila) s geobotanickou mapou. Tímto způsobem se zbavili nespolehlivých (falešných) absencí. Falešné prezence mimo přirozený areál nebyly průnikem dat potvrzeny a v případě jedle jsou nepravděpodobné. Nutno však podotknout, že stále jen 26,5 % výskytu jedle podle potenciální vegetace se vyskytovalo i v současných datech. Výsledkem tedy byla zkrácená odezva a vysoká nejistota předpovědi na okraji zkoumaného spektra stanovišť, což indikuje malou hustotu dat, a že data nepokrývaly celou niku jedle. Výsledné křivky ukazovaly limitaci směrem k nízkým i vysokým průměrným teplotám a nízkým srážkám. V Bavorsku rostou jedle na stanovištích s rozsahem průměrných ročních teplot od 4 do 7,7 °C (průměry byly vzaty z let 1971 – 2000). Jejich model vyjadřuje dnešní rozšíření jedle a liší se tedy od modelu potenciální vegetace. Studie byla pojata jako možný nástroj pro lesnické plánování. Potenciální distribuce v tomto smyslu zaznamenává místa, na kterých dřeviny mohou normálně vyrůst s pomocí lesnického obhospodařování – ostatní místa jsou tedy i pro pěstování silně nevhodná a je na nich riziko úmrtí nebo malého vzrůstu. Konečný mapový výstup vyhodnotili jako tři různé kategorie míry nespécifického rizika mortality jedle. I takové výsledky z antropogenně ovlivněných lesů dávají alespoň představu pro míru

rizika při pěstování jedle v oblastech, ve kterých nyní neroste. Falk a Mellert (2011) navrhuje také častější používání modelů rozšíření druhů jako nástrojů pro lesnické plánování, zatímco pro tento účel použily jen dvě předchozí studie (Hanewinkel et al. 2010 se zaměřením na ekonomické zhodnocení klimatických změn pro lesnictví a Mezquida et al. 2010 s modelem vyvinutým pro středomořské lesy).

Pro případ falešných absencí jiní autoři navrhuje použít jen data o přítomnosti a na ně aplikovat obalovou křivku nebo metodu ENFA (Hirzel a Le Lay 2008). Metoda ENFA (Environmental niche factor analysis, Hirzel et al. 2002) je založená jako obalové křivky jen na prezencích druhu, zde by však byl problém s tím, že se pohybujeme pouze na okraji niky sledovaných druhů. Co se týká obalových křivek, bylo by zřejmě možné použít i některou jinou metodu jejich tvorby, tyto jsou implementovány např. v software Diva GIS (int. odkaz 3) nebo OpenModeller (Sutton et al. 2007).

Do posouzení přirozeného zastoupení dřevin by mohly být nějakým způsobem zahrnuty i pylové analýzy (např. Kuneš et al. 2009, Rybníčková a Rybníček 1988, Jankovská 2006, Svobodová et al. 2001, Břízová 1996, Mentlík et al. 2010), jsou však omezeny jen na lokality v blízkosti rašelinišť a Pišta (1982) konstatuje, že pylové analýzy dávají užitečnou informaci o šíření dřevin v minulosti, ale nelze z nich usuzovat zastoupení dřevin na konkrétních lokalitách. Otázkou je, do jaké míry by se při dalším spontánním vývoji mohly uplatnit některé naše původní dřeviny. Ústup citlivé jedle a jilmů lze vyzorovat z palynologických a archivních záznamů již z období před průmyslovou revolucí. Naopak lépe přizpůsobené poslední době a místy i expanzní se ukazují být jasan, klen a habr, částečně i smrk, olše lepkavá a líska (Neuhäuslová et al. 1998).

Dále by se dalo zkoumat, jak se druhy budou chovat při změně klimatu, např. za použití průměrných ročních teplot z let 1990 až do současnosti (pro model byly použity teploty z období tzv. klimatického normálu z let 1961-1990). Právě bioclimatic envelopes modely se pro modelování změn klimatu používají nejčastěji (Pearson a Dawson 2003, Heikkinen et al. 2006). V kontextu klimatických změn se se zvyšující průměrnou teplotou v horských lesích očekává posun hranic areálu všech dřevin do větších nadmořských výšek, prodloužení vegetační sezóny a intenzivnější kůrovcové disturbance (Hlásny et al. 2011).

5.6. INTERPRETACE VÝSLEDKŮ Z HLEDISKA LESNÍCH VEGETAČNÍCH STUPŇŮ

Z hlediska interpretace výsledků modelu je zajímavé jejich průměrné zastoupení v jednotlivých nově teplotně vymezených lesních vegetačních stupních (Matějka 2011a).

Buk by měl mít dle lesnické typologie ve sledované oblasti největší zastoupení v 5. LVS jedlo-bukovém a spolu s jedlí tomuto stupni dominovat (Pišta 1982, Průša 2001), jeho zastoupení však v tomto stupni ve snímcích klesá – jak již bylo dříve řečeno, tento pokles je zřejmě způsoben menším podílem přirozených lesů v nižších nadmořských výškách, ale může být způsoben také dominancí jedle v tomto stupni na Šumavě. Ta má v tomto rozsahu teplot ve snímcích své maximum výskytu. Vacek a Mayová (2000) uvádějí, že v severozápadní části Šumavy v tomto stupni převažuje nad bukem jedle a tvoří takzvané květnaté jedliny. Ve skutečnosti jde o acidofilní bučiny svazu *Luzulo-Fagion* (Moravec et al. 2000), termín květnaté jedliny se běžně nepoužívá. Pišta (1982) naopak uvádí, že v šumavském 5. LVS byl nejvíc zastoupen buk, méně jedle a smrk. Nejobecnější definice jedlobukového stupně (Průša 2001) říká, že zde převažuje jedle nebo buk a přimíšen je smrk, takže i v rámci Šumavy mohou být lokální rozdíly v jejich dominanci, které nejsou zachytitelné obecně jen průměrnou teplotou. Výsledky modelu pro buk pro 5. LVS nelze příliš brát v úvahu, neboť se zde zastoupení podle dat nemodelovalo, pouze se předpokládalo konstantní, tuto oblast je potřeba dále zkoumat. Jedle v této oblasti dosáhla průměrného maximálního zastoupení 44 %.

V 6. LVS smrko-bukovém by měly být buk, jedle a smrk zastoupeny zhruba ve stejném poměru (Pišta 1982). Dle Průši (2001) by měl buk tvořit zhruba 50 %, smrk 30 % a jedle 20 % stromového patra v tomto stupni. Podle Vacek a Krejčí (2009) v 6. LVS převažuje buk, smrk a jedle jsou přimíšeny, a všechny tři druhy jsou zde vitální. Ve snímcích v této oblasti teplot má buk své maximum a zastoupení jedle již klesá, což by typologii poměrně odpovídalo. Dle modelu zde maximálního zastoupení dosahuje buk 47 % a jedle 35 %.

V 7. LVS buko-smrkovém má být dominantní smrk, buk a jedle přimíšeny (Průša 2001, Vacek a Krejčí 2009). Ve snímcích v této oblasti jedle a buk opravdu zaznamenává prudký pokles, nicméně průměrné zastoupení pro tento LVS vyšlo v modelu relativně vysoké – pro buk 39 % a pro jedli 18 %.

8. LVS smrkovému zcela dominuje smrk, buk a jedle chybí nebo jsou ojediněle vtroušeny u spodní hranice tohoto LVS (Průša 2001, Vacek a Krejčí 2009). V mém použitém modelu ovšem tyto dřeviny překračují modelovanou hranici tohoto LVS a jejich průměrné zastoupení zde vychází 8 % pro buk a 5 % pro jedli. Může se jednat o nepřesnost modelu, také je třeba si uvědomit, že ve skutečnosti neexistuje přesná hranice, ale přechody a hranice LVS může zvlášť v lokalitách s menším sklonem svahu tvořit až několik set metrů široký pás. Buk se ovšem může na Šumavě vyskytovat i výše, jeho bylinné indikátory byly potvrzeny až do výšky 1300 m (Neuhäuslová 2001). V jiných oblastech dokonce vytváří horní hranici lesa a v Krkonoších místy vystupuje až na hranici 8./9. LVS (Jeník a Vacek 2010). Také pro jedli zjistil Černý (2007) na Šumavě výskyt neobvykle vysoko, od 1100 do 1300 m, kde se i zmlazuje. Chybí zde sice porovnání s teplotou, ale podle výšky už by se mohlo jednat o 8. LVS.

V lesnické literatuře je poměrně neurčitě řečeno, že klen by měl být ve všech stupních přimíšený, v 8. LVS vtroušený a jeho zastoupení by mělo směrem do vyšších stupňů klesat (Průša 2001). V modelu vychází jeho průměrné zastoupení v 5. LVS na 13 %, v 6. LVS 12 %, v 7. LVS 5 % a v 8. LVS 1 %, což by mohlo uvedeným pojmům odpovídat. Co se týká jeho zastoupení ve vyšších LVS, Bouše et al. (2001) konstatují, že některé přestárlé zbytky kleny v pralesích na Šumavě dokazují, že dříve byl běžný i v polohách vyšších a exponovanějších, než v jakých se vyskytuje dnes.

5.7. INTERPRETACE VÝSLEDKŮ Z HLEDISKA GEOBOTANICKÉ MAPY

Z hlediska geobotanické mapy je zajímavé porovnání průměrného zastoupení modelovaných dřevin v jejich jednotkách, zejména ve smrčinách. Pro bučiny (*Dentario enneaphylli-Fagetum*, *Luzulo-Fagetum*) vychází průměrné zastoupení buku v modelu 47 %, pro smrkovou bučinu (*Calamagrostio villosae-Fagetum*) 44 %. Pro smrčiny *Calamagrostio villosae-Piceetum* a *Athyrio alpestris-Piceetum* vychází dosti vysoké zastoupení buku - 16 a 14 %, ovšem s velkou směrodatnou odchylkou (větší než tento průměr). Zastoupení jedle vychází pro bučinu s kyčelnicí devítilistou 41 %, pro bikovou bučinu 43 %, pro smrkovou bučinu 29 %, pro třtinovou smrčinu 8 % a papratkovou smrčinu 9 %. Pro smrčiny je opět velká odchylka (8 a 11). Zastoupení kleny pro asociace geobotanické mapy je 13 % v bučině

s kyčelnicí devítilistou, 15 % v bikové bučině, 9 % ve smrkové bučině, 2 % ve třtinové smrčině a 3 % v papratkové smrčině.

Větší podíly buku, jedle a klenu ve smrčinách znamenají buď nepřesnost modelu, nebo geobotanické mapy, ta je dělána v dosti hrubém měřítku 1:500 000. Asociace s rašelinnými půdami nelze porovnávat, neboť pro ně nebyl model dělán. V novější geobotanické mapě pro NP Šumava (Neuhäuslová 2001), která nemohla být z důvodu omezení na NP pro porovnání použita, byly ale hranice acidofilních horských smrkových bučin posunuty oproti původní zde použité mapě (Neuhäuslová et al. 1998) do vyšších nadmořských výšek – 1200 až 1250 m. Je to z důvodu potvrzení výskytu buku a jedle a jejich bylinných indikátorů na jihovýchodě Šumavy až do 1300 m a na severozápadě mezi 1250 až 1300 m (Neuhäuslová 2001). Větší podíly buku, jedle a klenu ve smrčinách jsou tedy spíše projevem nepřesnosti starší geobotanické mapy.

5.8. VÝSLEDKY MODELU JEDNOTLIVÝCH DŘEVIN A JEJICH POROVNÁNÍ S LESNICKOU TYPOLOGIÍ

Problém porovnávání zastoupení dřevin v SLT dle modelu a dle lesnické typologie je v tom, že se porovnává maximální (model) a průměrné (lesnická typologie) zastoupení. Výsledky ovšem ukazují, že toto maximum by mohlo odpovídat průměru v přirozených lesích. Viewegh (2005) v klasifikaci SLT občas místo přesné hodnoty udává interval, ze kterého byl použit průměr, což může porovnání zkreslovat. Většina případů nadhodnocení zastoupení v modelu souvisí se seskupováním EK do skupin dle vlhkostí, kde je poté pro všechny EK ve skupině modelováno stejné zastoupení, i když některé konkrétní kategorie se mohou od ostatních lišit nebo být v datech nedostatečně zastoupeny. Malým písmem jsou v tabulkách 10 až 12 uvedeny hodnoty, pro které v databázi snímků nebyly pro dané EK žádné údaje, nebo jich bylo naprosté minimum (1-2 snímky). Pro tyto kategorie se v podstatě nemodelovalo a zřejmě by ve výsledcích a v porovnání neměly být použity. V mapách však z důvodu jejich spojitosti byly ponechány. Z tabulky 8 ve výsledcích částečně vyplývá, zda tyto EK chybí z důvodu obecně malého množství snímků v rámci PLO, nebo protože na nich daný druh opravdu neroste. Více jsou tyto problémy probrány u jednotlivých dřevin.

Co se týká porovnání obalových křivek pro data LHP (v grafech modelu červeně), interpretuje spíše jen to, jak reprezentativní výběr představují použité fytoecologické

snímky v rámci aktuálního zastoupení všech dřevin na Šumavě. Kromě nesouladu u velmi suchých půd u jedle a klenu, které jsou v celém souboru dat málo zastoupené, je vidět, že snímky představují poměrně reprezentativní výběr.

***FAGUS SYLVATICA* (BUK LESNÍ)**

V modelu vychází poměrně vysoké zastoupení buku v kategorii velmi suchých a suchých půd (až do 60 %). Název těchto kategorií může být poněkud zavádějící vzhledem ke skutečnosti, že buk údajně nesnáší suché půdy (Koblížek in Hejný a Slavík 2003a, Zlatník 1976). Jedná se však o půdy suché v rámci Šumavy, je zde díky vyšší nadmořské výšce obecně více srážek (Tolasz 2007), takže i v místech, kde terén značí výskyt suchých stanovišť, je pro buk relativně dost vody; ostatně jde o vegetační stupně pro buk optimální. Do velmi suchých půd navíc patří půdy obohacené humusem (A, J), který i na podle terénu vysušných stanovištích váže v půdě dostatek vody. Podobně vysokého zastoupení dosahuje buk i na svěžích půdách (55 %), kde přesahuje i hranici 8. LVS. Na vlhkých půdách je maximální zastoupení 35 %, které se zdá být příliš vysoké vzhledem k faktu, že buk nesnáší zamokřené a silně oglejené půdy (Koblížek in Hejný a Slavík 2003a).

V kategorii velmi suché, suché i svěží vychází porovnání modelovaného zastoupení a lesnické typologie podobně, s průměrným rozdílem ± 8 % (tab. 10). Porovnatelné půdy ve vlhké kategorii vycházejí v modelu v průměru o 11% vyšší, což není velký rozdíl, ovšem v modelu byly navíc hodnoty pro mnoho kategorií, které v lesnické typologii vůbec obsazené bukem nejsou. Problém je v tom, že pro některé konkrétní EK nebyly v použitých snímcích žádné záznamy, ale seskupením EK do skupin se tato informace ztratila. Buk například nemá ve snímcích žádné údaje pro EK W, C (velmi suché) a P, Q, T, L, U (z vlhkých). U velmi suchých je to kvůli jejich minimálnímu plošnému zastoupení v území, jinak se dá (dle lesnické typologie) předpokládat, že na nich buk roste. Pro P je poměrně dost snímků v celé databázi, dá se tedy předpokládat, že zde buk opravdu neroste. EK Q, T, L a U pro nedostatek dat nelze hodnotit. V lesnické typologii je u oglejených půd (O, P, Q) buk v menší míře zastoupen, téměř chybí u podmáčených (T, G), což odpovídá údajům z Koblížek in Hejný a Slavík (2003a), že buk zamokřené půdy nesnáší. Ve snímcích se ovšem na EK G vyskytuje. Z vlhkých půd je pro buk podle obou přístupů nejpříznivější EK O a V.

***ABIES ALBA* (JEDLE BĚLOKORÁ)**

Jedle v modelu dosahuje maximálního zastoupení na velmi suchých, suchých a svěžích půdách okolo 50 %, na vlhkých 40 %. Jako u buku zde platí, že i lokality v rámci Šumavy vymezené podle topografie terénu jako suché jsou poměrně dost zásobovány srážkami (Tolasz 2007). Podle literatury jedle vyžaduje hluboké, středně vlhké až vlhké půdy, roste i na podmáčených, vyhýbá se však hodně podmáčeným a suchým stanovištím. Půdy snáší minerálně bohaté i chudé (Skalická in Hejný a Slavík 1997, Musil a Hamerník 2007). Z těchto faktů i z porovnání s lesnickou typologií vyplývá, že na vlhkých půdách by zastoupení jedle mělo být vyšší než na ostatních, v modelu je zde její zastoupení podhodnoceno (tab. 11). Ve snímcích chybí data pro kategorii L a U, chybí i v lesnické typologii a jedná se podle TRMI indexu o úplně nejvlhčí půdy, kterým se jedle vyhýbá. Data pro jedli chybí také na nejsušších půdách C a W, v PLO minimálně zastoupených, dá se ovšem z lesnické typologie předpokládat, že zde roste. Porovnání modelu s lesnickou typologií na svěžích půdách vychází podobně, většinou vyšší v průměru o 10 %, u velmi suchých a suchých půd jsou některé EK v modelu více nadhodnoceny (M, Y, Z), ostatní vychází také velmi podobně.

***ACER PSEUDOPLATANUS* (JAVOR KLEN)**

Pro klen je modelované maximální zastoupení na velmi suchých půdách 40 %, na suchých 20 %, na svěžích a vlhkých okolo 15 %. Z porovnání s lesnickou typologií (tab. 12) i z literatury vyplývá, že hodnocení výskytu kleny podle vlhkosti je zavádějící, jeho výskyt i podle Mellert et al. (2011) zřejmě závisí spíše na živinách v půdě. Klen vyžaduje čerstvě vlhké, humózní, živinami bohaté půdy, slabě kyselé až bazické substráty (Koblížek in Slavík 1997). Jeho vysoký výskyt v kategorii velmi suché souvisí s EK suťových lesů A (kamenitá javorová) a J (suťová javorová) - půdy dobře drenované, ale s vysokou akumulací humusu. Vysoký je jeho výskyt i na další humusem obohacené EK D (hlinitá javorová) a v menším množství i na půdách živných. V ostatních (kyselých a vlhkých) půdách vysoké hodnoty pro klen vznikly seskupováním do vlhkostních kategorií, ve skutečnosti na nich asi roste méně. Snímky pro klen chybí v EK W, C, M, F a H a ve většině vlhkých půd - O, P, Q, T, G, L a U. Pro klen je obecně méně záznamů a výsledky jsou tedy méně jisté. EK C a F jsou málo zastoupené v celé databázi, W zcela chybí, vlhké půdy jako celek jsou kromě L a U zastoupeny dostatečně. Pro vlhké půdy by tedy jeho výskyt zřejmě měl být omezen

jen na kategorii V. To odpovídá lesnické typologii, kde je navíc uveden i na L a U, pro které nemáme ve snímcích záznamy. V modelu vyšlo zastoupení kleny celkově poměrně o dost vyšší než v lesnické typologii. Klen se může částečně chovat i jako pionýrská dřevina (Matějka 2010a) a vytvářet porosty na sekundárním bezlesí, také proto zvolený algoritmus modelování může na některých lokalitách jeho zastoupení nadhodnocovat – může být vyšší, než by odpovídalo běžnému zastoupení v klimaxových lesích.

5.9. KOMENTÁŘE K OSTATNÍM DŘEVINÁM

***PINUS SYLVESTRIS* (BOROVICE LESNÍ)**

Zvýšený výskyt borovice v okolí bývalého vojenského prostoru Dobrá Voda souvisí hlavně s její účastí v sekundární sukcesi v druhotném bezlesí. Větší podíl borovice je také podél toku Vltavy a Teplé Vltavy, kde jsou na balvanitých svazích a sutích borovice autochtonní (Musil a Hamerník 2007, Matějka 2011b). Zajímavé je její horní omezení poměrně vysokou průměrnou roční teplotou cca 4,7 – 5 °C, borovice je obecně adaptována na široký klimatický rozsah a v boreálních oblastech zasahuje až na hranici tundry (Musil a Hamerník 2007).

***BETULA PENDULA* (BŘÍZA BĚLOKORÁ), *BETULA PUBESCENS* (BŘÍZA PÝŘITÁ), *BETULA CARPATICA* (BŘÍZA KARPATSKÁ)**

Různorodý výskyt bříz v rámci Šumavy souvisí s jejich ekologií - *B. pubescens* roste hlavně na zamokřených stanovištích a oba druhy se účastní primární sukcese na plochách druhotného bezlesí (bývalé louky a pastviny, bývalé vojenské prostory, vytěžené plochy, plochy po rozpadu stromového patra) (Kříž in Hejný a Slavík 2003a, Matějka 2011b).

***ALNUS INCANA* (OLŠE ŠEDÁ) a *ALNUS GLUTINOSA* (OLŠE LEPKAVÁ)**

U olše šedé se podařilo ověřit její výskyt při nezvykle vysokých teplotách, nemusí se ovšem jednat o přirozené rozšíření. Hejný a Slavík (2003) udávají, že *Alnus incana* podél vodních toků sestupuje hluboko do nižších poloh, kde však je častěji sázená, a proto lze jen obtížně stanovit hranici původního výskytu. U *Alnus glutinosa* byly zaznamenány chyby v datech LHP, její horní výšková hranice výskytu je posunuta o něco níže (do vyšších průměrných teplot), než jak by vyplývalo z dat LHP. Olše lepkavá

a olše šedá se mohou křížit běžněji než je obecně známo (Hejný a Slavík 2003) a i nerozeznáváním těchto kříženců mohou vznikat chyby v datech LHP.

***QUERCUS ROBUR* (DUB LETNÍ)**

Duby lépe zmlazovaly na chudších kyselých stanovištích a severních svazích, zřejmě než půdní podklad je důležitější dostatek světla a malá vlhkost. Dub je světlomilná dřevina, tolerující všechny typy půd a suché klima (Koblížek in Hejný a Slavík 2003a, Zlatník 1976). Podle teplotního modelu zasahují duby do 5. LVS, maximálně na hranici 5./6. LVS. Toto zařazení podporuje i výskyt některých teplomilnějších druhů na lokalitách (např. *Alchemilla vulgaris*, *Convallaria majalis*, *Crataegus sp.*, *Hieracium sabaudum*). Fytocenologické snímky dubu kromě informace o hranici jeho výskytu přinesly i částečné potvrzení chyb v typologickém mapování – 4 z 8 snímků měly jiné druhové složení, než jaké odpovídá definici SLT dle ekologických skupin rostlin (Průša 2001) a modelované teplotě. Validace modelu a přesnější vyhodnocení hranic LVS by samozřejmě vyžadovalo mnohem rozsáhlejší terénní průzkumy.

6. ZÁVĚR

V závislosti na průměrné roční teplotě bylo odhadnuto maximální potenciální zastoupení *Fagus sylvatica*, *Abies alba* a *Acer pseudoplatanus*, zejména byla stanovena horní výšková (teplotní) hranice jejich rozšíření. Zastoupení dřevin se lišilo na různých typech stanovišť, rozlišitelných podle dostupnosti vody a živin, proto byla provedena klasifikace stanovišť s využitím mapy edafických kategorií a topografického vlhkostního indexu. Byly vytvořeny modely rozšíření dřevin pro každou třídu stanovišť zvlášť. Tyto modely zachycují teplotní limity rozšíření druhů, tj. jakousi klimatickou niku. Výsledkem je mapa potenciálního maximálního zastoupení jednotlivých dřevin v rámci PLO Šumava. Výsledky modelování byly porovnány se zastoupením dřevin podle souborů lesních typů používaným v lesnické praxi a s geobotanickou mapou. Porovnání s geobotanickou mapou se ukázalo být jako nepřilíš vhodné vzhledem k hrubému měřítku této mapy. Použitý přístup stanovení maximálního potenciálního zastoupení dřevin se ukázal být s lesnickým přístupem velmi dobře srovnatelný, odchylky obou modelů se v průměru pohybovaly jen kolem 10 %. Podařilo se také ověřit horní hranici výskytu a možnosti zmlazení *Quercus robur* na Šumavě a také horní hranici rozšíření *Alnus glutinosa* a spodní hranici rozšíření *Alnus incana*. Z výsledků vyplývá, že sledované dřeviny zasahují na Šumavě do vyšších nadmořských výšek a nižších průměrných teplot než je podle lesnické typologie běžné jinde.

7. LITERATURA

- Austin M. P., Cunningham R. B., Fleming P. M. (1984): New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. *Vegetatio* 55, 11–27.
- Beven K. J., Kirkby M. J. (1979): A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin* 24, 43–69.
- Boháč J. (2004): Biodiverzita a udržitelný rozvoj Šumavy. URL: <http://www.infodatasys.cz/vav2003/sumava/biodiverzita-Sumava.pdf>
- Bolliger J., Kienast F., Bugmann H. (2000): Comparing models for tree distributions: concept, structures, and behavior. *Ecological Modelling* 134, 89–102.
- Boublík K. (2007): Vegetation of silver fir (*Abies alba*) forests in the Bohemian Forest and adjacent areas (Czech Republic). *Silva Gabreta* vol. 13 (2), 95–116.
- Bouše J. et al. (2001): Oblastní plán rozvoje lesů – PLO 13 – Šumava. Brandýs n. L., ÚHÚL – pobočka Plzeň a České Budějovice, 271 s. + přílohy.
- Břízová E. (1996): Palynological research in the Šumava Mountains [Palynologický výzkum Šumavy]. *Silva Gabreta* 1, 109–113.
- Brych P. (2006): Problematika rozšíření habru v jižních a jihozápadních Čechách. Bakalářská práce, BF JČU, České Budějovice, 28 s.
- Bugmann H. (1996): A new forest model to study species composition along climate gradients. *Ecology* 77, 2055–2074.
- Bugmann H., Cramer W. (1998): Improving the behaviour of forest gap models along drought gradients. *Forest Ecology Management* 103, 247–263.
- Burian M. (1999): Závislost základních dendrometrických parametrů druhu *Pinus rotundata* a jeho hybridů na gradientu nadmořské výšky. Bakalářská práce, BF JČU, České Budějovice, 18 s.
- Busby J. R. (1991): BIOCLIM – a bioclimatic analysis and prediction system. In Margules C. R., Austin M. P. [eds.]: *Nature conservation: Cost effective biological surveys and data analysis*. East Melbourne, Australia: CSIRO, 64–68.
- Černý D. (2007): Jedle bělokorá kolem horní hranice výskytu. Lesnická práce, 1/86.
- Chytrý a Rafajová (2003): Czech National Phytosociological database: basic statistics of the available vegetation-plot data. *Preslia* 75, 1–15.
- Culek M. et al. (1996): Biogeografické členění České republiky. Praha, 347 s.

- Daly C., Halbleib M., Smith J. I., Gibson W. P., Doggett M. K., Taylor G. H., Curtis J., Pasteris P. P. (2008): Physiographically sensitive mapping of climatological temperature and precipitation across the conterminous United States. *International Journal of Climatology* 28, 2031–2064.
- Demek J. et al. (1987): *Hory a nížiny, Zeměpisný lexikon ČSR*. Academia Praha, 584 s.
- Diniz-Filho J. A. F., Rangel T. F. L. V. B., Bini L. M., Hawkins B. A. (2007): Macroevolutionary dynamics in environmental space and the latitudinal diversity gradient in New World birds. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B* 274, 43-52.
- Erasmus B. F. N., van Jaarsveld A. S., Chown S. L., Kshatriya M., Wessels K. J. (2002): Vulnerability of South African animal taxa to climate change. *Global Change Biology* 8, 679-693.
- ESRI (2010): *ARC/INFO Verze 10.0*. Redlands, CA, USA. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, USA.
- Falk W., Mellert K. H. (2011): Species distribution models as a tool for forest management planning under climate change: risk evaluation of *Abies alba* in Bavaria. *Journal of Vegetation Science* 22, 621–634.
- Franklin J. (2009): *Mapping species distributions. Spatial inference and prediction*. Cambridge University Press, Cambridge etc., 320 s.
- Guisan A., Zimmermann N. E. (2000): Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147–186.
- Hamerník J., Musil I. (2007): The *Pinus mugo* complex – its structuring and general overview of the used nomenclature. *Journal of Forest Science* 53 (6), 253–266.
- Hanewinkel M., Hummel S., Cullmann, D. A. (2010): Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. *Forest Ecology and Management* 259, 710–719.
- Heikkinen R. K., Luoto M., Araújo M. B., Virkkala R., Thuiller W., Sykes M. T. (2006): Methods and uncertainties in bioclimatic envelope modelling under climate change. *Progress in Physical Geography* 30, 751–777.
- Hejný S., Slavík B. [eds.] (1997): *Květena České republiky 1*. Academia Praha, 555 s.
- Hejný S., Slavík B. [eds.] (2003a): *Květena České republiky 2*. Academia Praha, 540 s.
- Hejný S., Slavík B. [eds.] (2003b): *Květena České republiky 3*. Academia Praha, 542 s.

- Heurich M., Englmaier K. H. (2010): The development of tree species composition in the Rachel–Lusen region of the Bavarian Forest National Park. *Silva Gabreta* 16 (3), 165–186.
- Hirzel A. H., Hausser J., Chessel D., Perrin N. (2002): Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology* 83(7), 2027-2036.
- Hirzel A. H., Le Lay G. (2008): Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology* 45, 1372–1381.
- Hlásný T., Holuša J., Štěpánek P., Turčáni M., Polčák N. (2011): Expected impacts of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science* 57(10), 422-431.
- Hruška J., Cienciala E. [eds.] (2001): Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 154s + appendp.
- Hutchinson G. E. (1957): Concluding remarks: Cold Spring Harbor Symposium. *Quaternary Biology* 22, 415-427.
- int. odkaz 1: Rozšíření přirozených lesů - přírodní lesní oblasti.
http://www.pralesy.cz/publik_syst2/files/si_plo_2011_cz.pdf
- int. odkaz 2: Inventarizace a genetická diverzita tisů červeného ve ZCHÚ ČR.
<http://www.npsumava.cz/storage/tis/inventar.html>
- int. odkaz 3: www.diva-gis.org
- Iverson L. I., Prasad A. M. (2002): Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management* 155, 205–222.
- Iverson L. R., Prasad A. M. (1998): Predicting abundance of 80 tree species following climate change in the eastern United States. *Ecological Monographs* 68 (4), 465-485.
- Jankovská V. (2006): Late Glacial and Holocene history of Plešné Lake and its surrounding landscape based on pollen and palaeoalgalogical analyses. *Biologia*, Bratislava, 61, 371-385.
- Jelínek J. (2005): Od jihočeských pralesů k hospodářským lesům Šumavy. Ministerstvo zemědělství ČR, Úsek lesního hospodářství, Ustav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Praha, 124 s.
- Jeník J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Nakladatelství ČSAV, Praha, 412 s.

- Jeník J., Vacek S. (2010): Přirozené hřížení buku lesního (*Fagus sylvatica*) v ekotonu alpinské hranice lesa v Krkonoších. *Opera Corcontica* 47 Suppl. 1, 215–224.
- Kindlmann P., Matějka K., Doležal P. (in prepar.): Vliv lýkožrouta smrkového na lesy Šumavy a ochrana přírody.
- Knut R., Halvorsen O. R., Tonje O. (2003): Species response curves along environmental gradients. A case study from SE Norwegian swamp forests. *Journal of Vegetation Science* 14, 869-880.
- Kopáček J., Hruška J. (2010): Reconstruction of acidic deposition in the catchments of Plešné and Čertovo lakes (the Bohemian Forest). *Silva Gabreta* 16 (3), 149-163.
- Kozák J., Němeček J., Borůvka L., Kodešová R., Janků J., Jacko K., Hladík J. (2010): Soil atlas of the Czech Republic. Czech University of Life Science, Prague, 150 s.
- Kuneš P., Abraham V., Kovářík O., Kopecký M., PALYCZ contributors (2009): Czech Quaternary Palynological Database (PALYCZ): review and basic statistics of the data. *Preslia* 81, 209–238.
- Kunský J. (1968): Fyzický zeměpis Československa. Praha, SPN, 537 s.
- Květoň V. (2001): Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961 – 1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961 – 2000. Národní klimatický program ČR, Praha, 197 s.
- Lepšová A., Matějka K. (2010): Tlející dřevo a společenstva makromycet podél výškového gradientu na Šumavě. - URL: http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_makromyc.pdf
- Mackey B. G. (1993): Predicting the potential distribution of rain forest structural characteristics. *Journal of Vegetation Science* 4, 43-54.
- Mackey B. G., Mullen I. C., Baldwin K. A., Gallant J. C., Sims R. A., McKenney D. W. (2000): Towards a spatial model of boreal forest ecosystems: The role of digital terrain analysis. In: Wilson, Gallant: *Terrain Analysis. Principles And Applications*. John Wiley & Sons, Inc., New York etc. 479 s.
- Maggini R., Lehmann A., Zimmermann N. E., Guisan A. (2006): Improving generalized regression analysis for the spatial prediction of forest communities. *Journal of Biogeography* 33, 1729–1749.
- Mánek J., Ešnerová J. (2004): Isoenzymové rozlišení borovic *Pinus mugo* Turra a *Pinus × pseudopumilio* (Willk.) Beck. *Aktuality šumavského výzkumu II Srní* 4. – 7. října 2004, 151 – 157.

- Matějka K. (2005): Mapy přírodních podmínek horských a podhorských lesních oblastí. URL: <http://www.infodatasys.cz/lesnioblasti/default.htm>
- Matějka K. (2008): Variabilita lesních společenstev Šumavy. IDS, Praha, 35 s. URL: <http://www.infodatasys.cz/sumava/lesysumavy.pdf>
- Matějka K. (2010a): Ekotonální prvky s porosty dřevin v krajině Šumavy, jejich výskyt a klasifikace. *Studia Oecologica* 4, 15-32.
- Matějka K. (2010b): Globální gradienty teploty v České republice. IDS, Praha, 3 s. URL: <http://www.infodatasys.cz/climate/globalgradients.pdf>
- Matějka K. (2010c): Nápopověda k programu PlotOA. Plotting of ordination diagrams and cartograms. URL: www.infodatasys.cz/software/hlp_PlotOA/html/plotoa0038.htm
- Matějka K. (2011a): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě - zpráva spoluřešitele za rok 2010. URL: <http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2010.pdf>
- Matějka K. (2011b): Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě – závěrečná zpráva spoluřešitele. URL: <http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/IDSreport2011.pdf>
- Matějka K., Starý J. (2009): Differences in top-soil features between beech-mixture and Norway spruce forests of the Šumava Mts. *Journal of Forest Science* 55, 540-555.
- Matějka K., Viewegh J. (2008): Vegetace na trvalých výzkumných plochách v lesích Šumavy a její vývoj. URL: <http://www.infodatasys.cz/sumava/vegetacetvp.pdf>
- McCune B., Keon D. (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of Vegetation Science* 13, 603-606.
- McKenzie D., Peterson D. W., Peterson D. L., Thornton P. E. (2003): Climatic and biophysical controls on conifer species distributions in mountain forests of Washington State, USA. *Journal of Biogeography* 30, 1093–1108.
- Mellert K. H., Fensterer V., Kuchenhoff H., Reger B., Kolling C., Klemmt H. J., Ewald J. (2011): Hypothesis-driven species distribution models for tree species in the Bavarian Alps. *Journal of Vegetation Science* 22, 635–646.
- Mentlík P., Minár J., Břízová E., Lisá L., Tábořík P., Stáček V. (2010): Glaciation in the surroundings of Prášílské Lake (Bohemian Forest, Czech Republic). *Geomorphology* 117, 181-194.
- Mezera A., Mráz K., Samek V. (1956): Stanovištně typologický přehled lesních společenstev. Brandýs (cyklostyl).

- Mezquida E. T., Rubio A., Sanches-Palomares O. (2010): Evaluation of the potential index model to predict habitat suitability of forest species: the potential distribution of mountain pine (*Pinus uncinata*) in the Iberian peninsula. *European Journal of Forest Research* 129, 133–140.
- Míchal I., Petříček V. [eds.] (1999): Péče o chráněná území. II. Lesní společenstva. AOPK ČR, Praha, 714 s.
- Midgley G. F., Hannah L., Millar D., Rutherford M. C., Powrie L. W. (2002): Assessing the vulnerability of species richness to anthropogenic climate change in a biodiversity hotspot. *Global ecology and Biogeography* 11, 445-451.
- Mikyška R. et al. (1968): Geobotanická mapa ČSSR. Vegetace ČSSR. ser. A, 2, Praha, Academia, 204 s.
- Moisen G. G., Frescino T. S. (2002): Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling* 157, 209-225.
- Moravec J. et al. (1994): Fytocenologie. Academia Praha, 403 s.
- Moravec J., Husová M., Chytrý M., Neuhäuslová Z. (2000): Hygrofilní, mezofilní a xerofilní opadavé lesy. Hygropilous, mesophilous and xerophilous deciduous forests. Academia, Praha, 319 s.
- Musil I., Hamerník A. (2007): Jehličnaté dřeviny, *Lesnická dendrologie 1*. Academia Praha, 352 s.
- Nedbalová L., Vrba J., Fott J., Kohout L., Kopaček J., Macek M., Soldán T. (2006): Biological recovery of the Bohemian Forest lakes from acidification. *Biologia, Bratislava*, 61 (Suppl. 20), 453-465.
- Neuhäuslová Z. [ed.] (2001): Mapa potenciální přirozené vegetace Národního parku Šumava. The map of potential natural vegetation of the Šumava National Park. Karte der potentiellen natürlichen Vegetation des Šumava Nationalparks. *Silva Gabreta, Suppl. 1*: 1-189.
- Neuhäuslová Z., Blažková D., Grulich V., Husová M., Chytrý M., Jeník J., Jirásek J., Kolbek J., Kropáč Z., Ložek V., Moravec J., Prach K., Rybníček K., Rybníčková E., Sádlo J. (1998): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Textová část. Academia, Praha. 341 s.
- Novotný R., Černý D., Šrámek V. (2010): Nutrition of silver fir (*Abies alba* Mill) growing at the upper limit of its occurrence in the Šumava National Park and Protected Landscape Area. *Journal of Forest Science* 56 (9), 381-388.

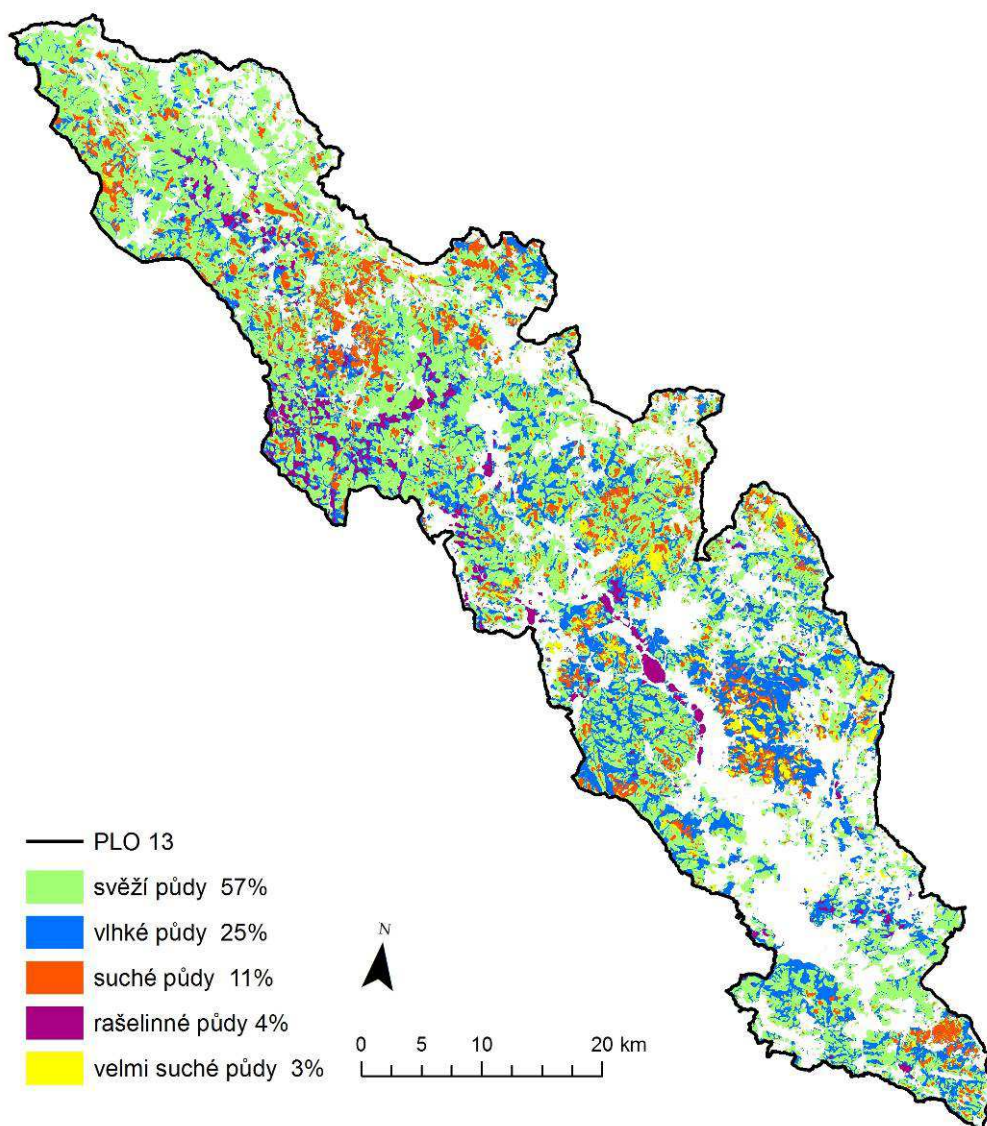
- Pacala S. W., Canham C. D., Saponara J., Silander J. A. Jr., Kobe R. K., Ribbens E. (1996): Forest Models Defined by Field Measurements: Estimation, Error Analysis and Dynamics. *Ecological Monographs* 66 (1), 1-43.
- Parker A. J. (1982): The topographic relative moisture index: An approach to soil-moisture assessment in mountain terrain. *Physical Geography* 3, 160-168.
- Pearson R. G., Dawson T. P. (2003): Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography* 12, 361–371.
- Pišta F. (1982): Přírozená společenstva jedlobukového a smrkobukového stupně v jižní části Šumavy a jejího předhůří. *Studie ČSAV* 7, Academia, Praha, 153s +appendp.
- Plíva K. (1971): Typologická klasifikace lesů ČSR. Lesprojekt Brandýs n. L.
- Průša E. (1967): Ekologické skupiny rostlin. ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 20 s.
- Průša E. (2001): Pěstování lesů na typologických základech. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 593 s.
- Quitt E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Academia, *Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV v Brně, 73 s.
- Robertson M. P., Villet M. H., Palmer A. R. (2004): A fuzzy clasification technique for predicting species distributions: applications using invasive alien plants and indigenous insects. *Diversity and Distributions* 10, 461-474.
- Rybníček K., Rybníčková E. (1978): Palynological and historical evidence of virgin coniferous forests at middle altitudes in Czechoslovakia. *Vegetatio*, Den Hague, 36, 95-103.
- Rybníčková E., Rybníček K. (1988): Isopollen maps of *Picea abies*, *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in Czechoslovakia, their applications and limitations. In: Lang G., Achluchter C.: Lake, mire and river environments. INQUA/IGCP 158 Meeting on the paleohydrological changes during the last 15 000 years, Bern 1985. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 51-66.
- Sádlo J., Bufková I. (2002): Vegetace Vltavského luhu na Šumavě a problém reliktních praluk. *Preslia* 74, 67-83.
- Šamonil P., Vrška T. (2008): Long-term vegetation dynamics in the Šumava Mts. natural spruce-fir-beech forests. *Plant Ecology* 196, 197–214.

- Schwartz M. W., Iverson L. I., Prasad A. M. (2001): Predicting the Potential Future Distribution of Four Tree Species in Ohio Using Current Habitat Availability and Climatic Forcing. *Ecosystems* 4, 568–581.
- Skalický V. (1988): Regionálně fyto geografické členění. In: Hejný S., Slavík B. [eds.]: Květena České socialistické republiky 1. Academia, Praha, 103 -121.
- Slavík B. (1990): Fytokartografické syntézy ČR 2. Botanický ústav ČSAV, 179 s.
- Slavík B. [ed.] (1997): Květena České republiky 5. Academia Praha, 558 s.
- Starý J., Matějka K. (2009): Společenstva pancířníků (*Acari: Oribatida*) ve výškovém gradientu v horských lesích postižených kůrovcem na Šumavě. - URL: www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_Oribatida.pdf
- StatSoft, Inc. (2010): STATISTICA (data analysis software system), version 9.1. www.statsoft.com
- Sutton T., Giovanni R., Ferreira S. (2007): Introducing openModeller. *OSGeo Journal* 1, 1-6.
- Svobodová H., Reille M., Goeury C. (2001): Past vegetation dynamics of Vltavský luh, upper Vltava river valley in the Šumava mountains, Czech Republic. *Vegetation History Archaeobotany*, 10, 185-199.
- Tolasz R. [ed.] (2007). Atlas podnebí Česka. Climate atlas of Czechia. Czech Hydrometeorological Institute, Praha & Olomouc, 255 s.
- Tollefsrud M. M., Kissling R., Gugerli F., Johnsen O., Skroppa T., Cheddadi R., van der Knaap W. O., Latalowa M. et al. (2008): Genetic consequences of glacial survival and postglacial colonization in Norway spruce: combined analysis of mitochondrial DNA and fossil pollen. *Molecular Ecology* 17, 4134-4150.
- Tomášková I. (2004): Evaluation of changes in the tree species composition of Czech forests. *Journal of Forest Science* 50(1), 31-37.
- Tüxen R. (1956): Die heutige potentielle naturliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziol., Stolzenau/Weser*, 13, 4-52.
- Vacek S., Krejčí F., Matějka K., Podrázský V., Remeš J., Ulbrichová I., Zatloukal V., Simon J., Minx T., Jankovský L., Turčáni M., Lepšová A., Starý J., Viewegh J., Bednařík J., Malík K., Bílek L., Štícha V., Semelová V., Vokoun J., Mikeska M., Prausová R., Ešnerová J., Mánek J., Kučera A., Vojtěch O., Jakuš R., Kozel J., Malík V., Vojtíšek R., Baláš M. (2009): Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava a jejich

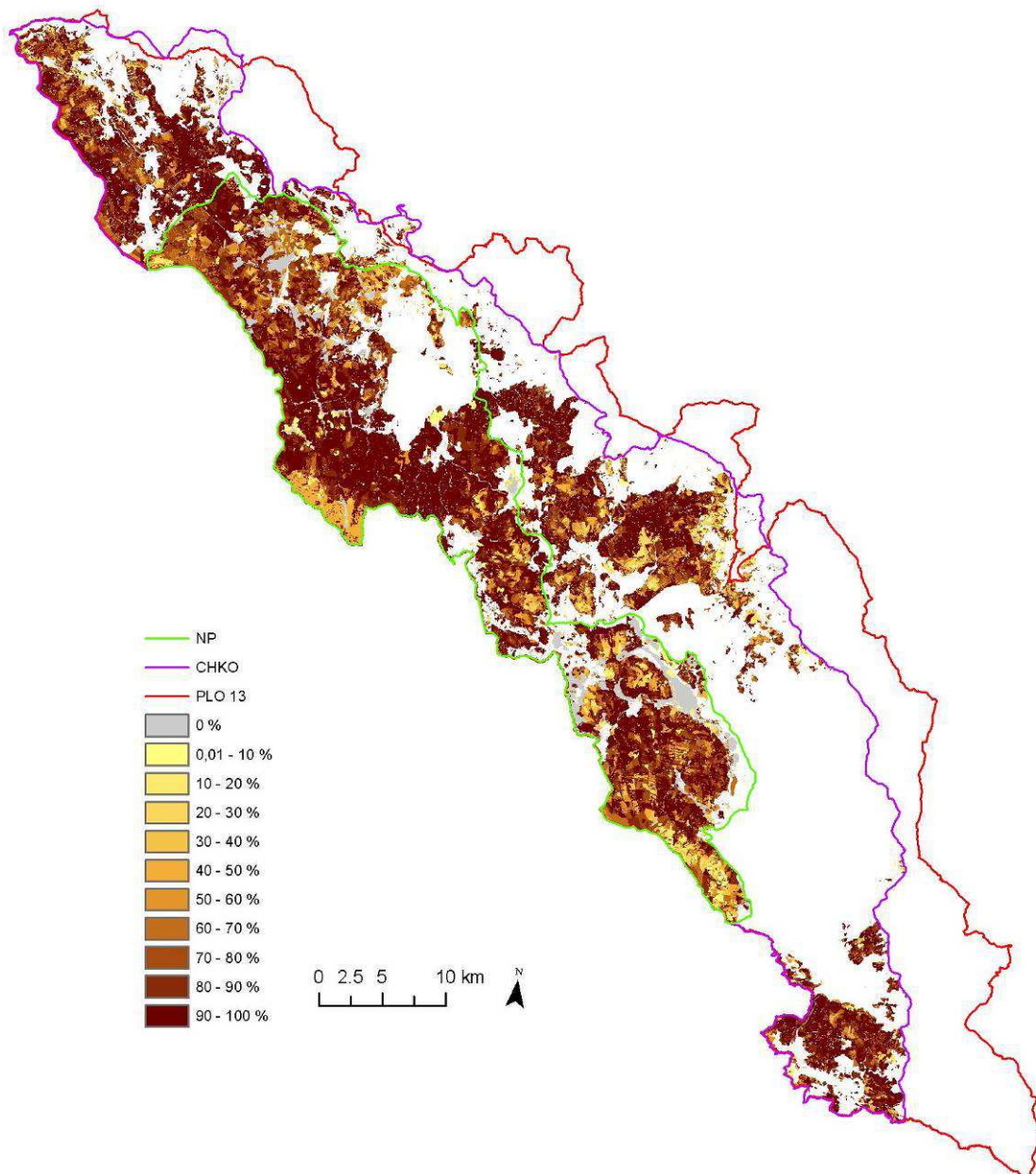
management. Druhé, aktualizované vydání - Lesnická Práce, Kostelec nad Černými Lesy, 512 s.

- Vacek S., Matějka K. [eds.] (2011): Závěrečná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě. – URL: <http://www.infodatasys.cz/biodivkursu/zprava2011.pdf>
- Vacek S., Mayová J. (2000): K problematice vegetační stupňovitosti NP Šumava. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů NP Šumava. Sborník z konference, 27.–28. 11. 2000. Podrázský, V. [ed.], Kostelec n. Č. l., LF ČZU v Praze, 138–141.
- Viewegh J. (2005): Czech forest ecosystem classification. CD-ROM, FLE ČZU, Praha.
- Viewegh J., Kusbach A., Mikeska M. (2003): Czech forest ecosystem classification. Journal of Forest Science 49(2), 85-93.
- Wilson J. P., Gallant J.C. [eds.] (2000): Terrain analysis. Principles and applications. John Wiley & Sons, Inc., New York etc., 479 s.
- Zhao C., Nan Z., Cheng G., Zhang J., Feng Z. (2006): GIS-assisted modelling of the spatial distribution of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) in the Qilian Mountains, northwestern China based on biophysical parameters. Ecological Modelling 191, 487–500.
- Zlatník A. (1956): Nástin lesnické typologie na biogeocenologickém základě a rozlišení československých lesů podle skupin lesních typů. In: Polanský B. et al., Pěstění lesů III, Praha, 317-399.
- Zlatník A. (1976): Lesnická fytocenologie. SZN, Praha, 495 s.

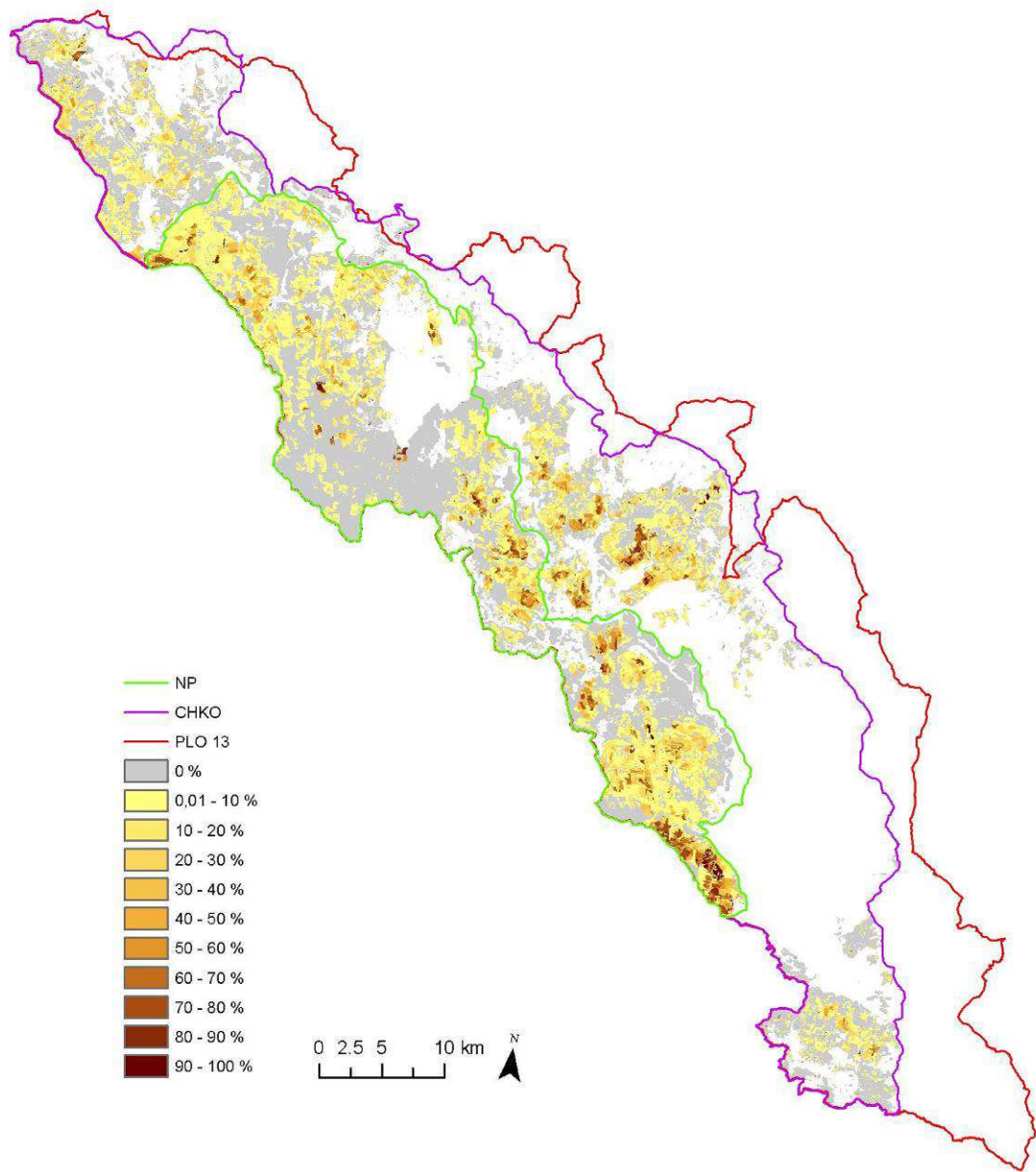
8. PŘÍLOHY



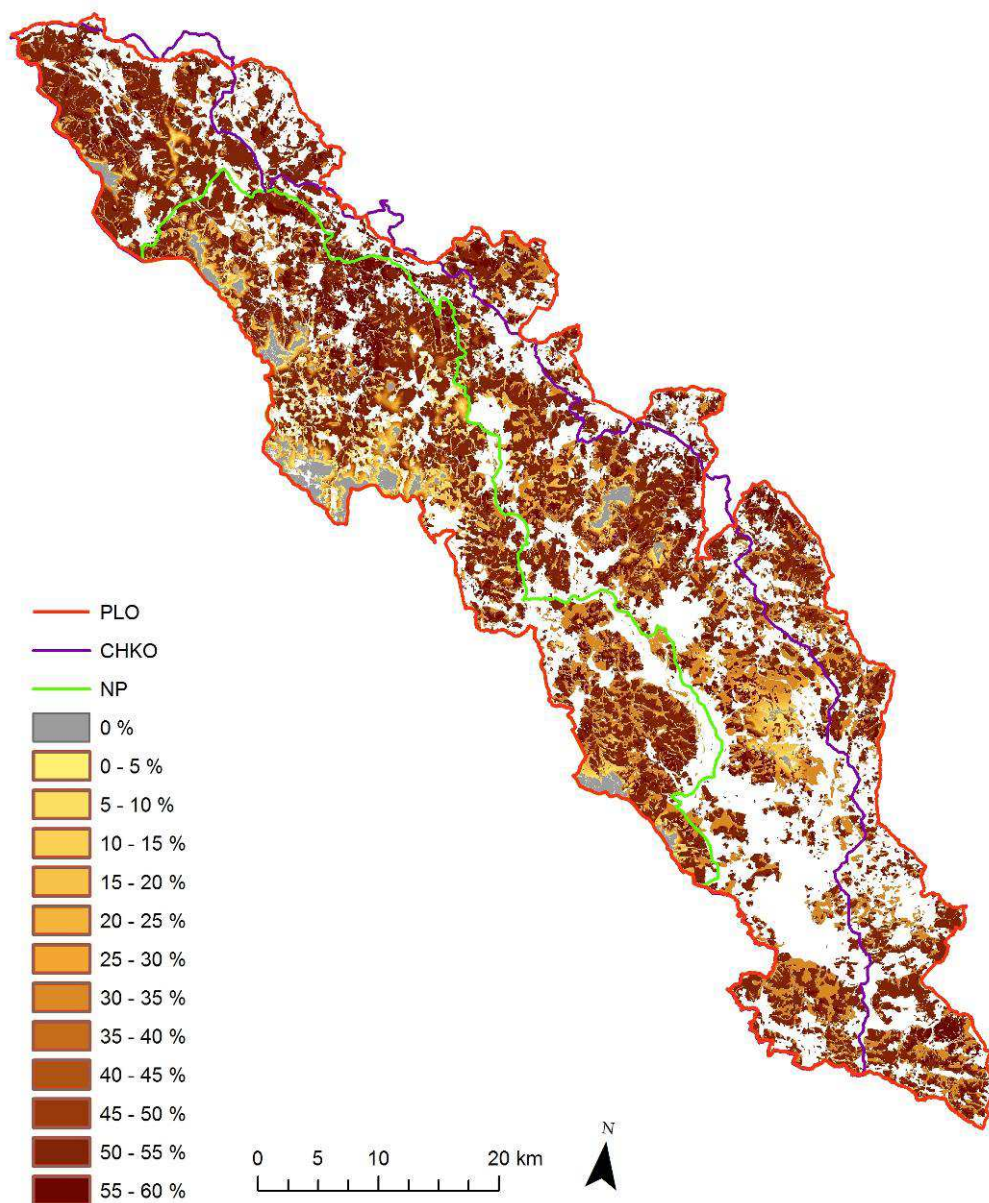
Obr. 15: Mapa vytvořených vlhkostních kategorií půd



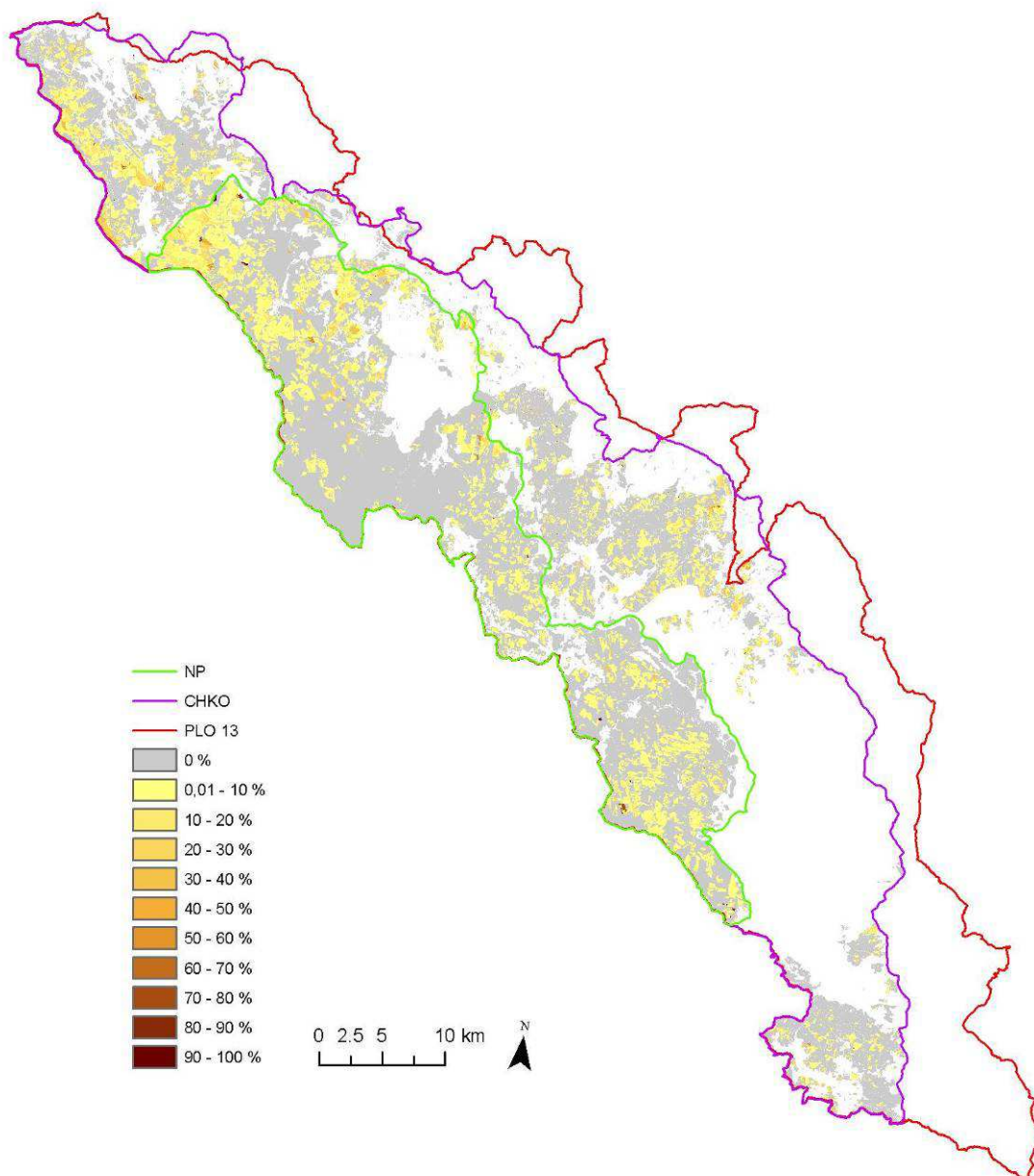
Obr. 16: Zastoupení smrku dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data.



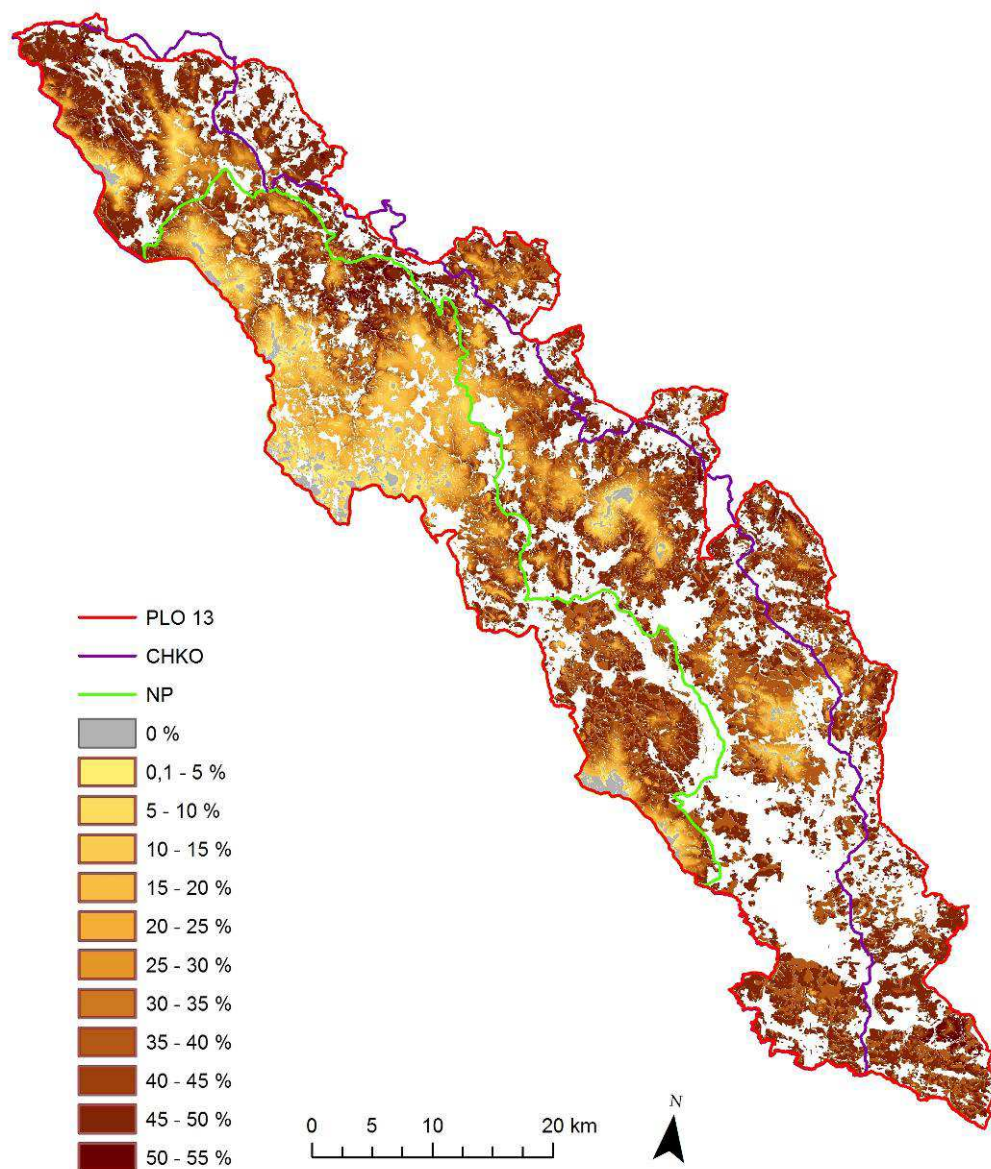
Obr. 17: Zastoupení buku dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data.



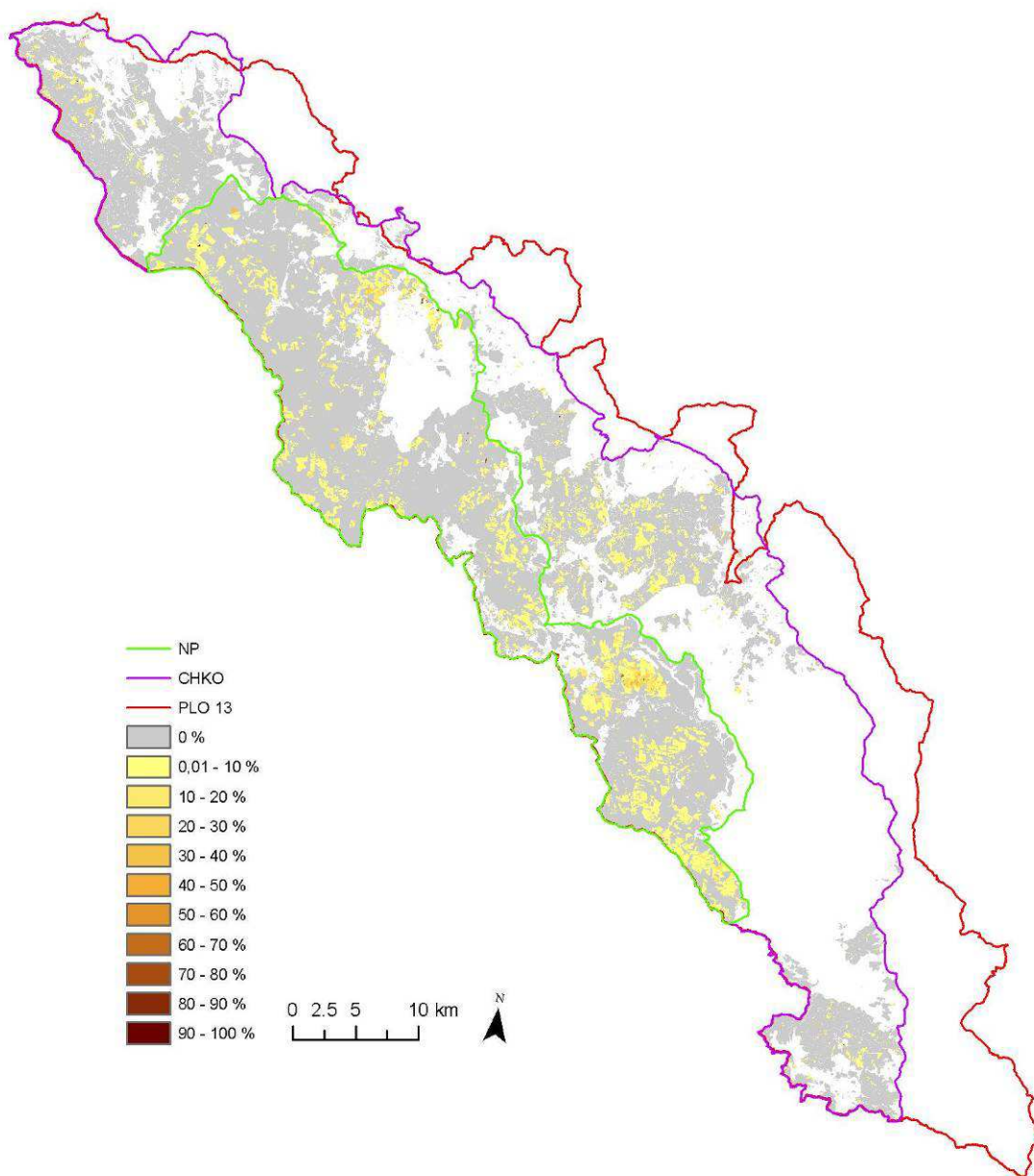
Obr. 18: Zastoupení buku dle modelu. Bílé plochy představují bezlesí.



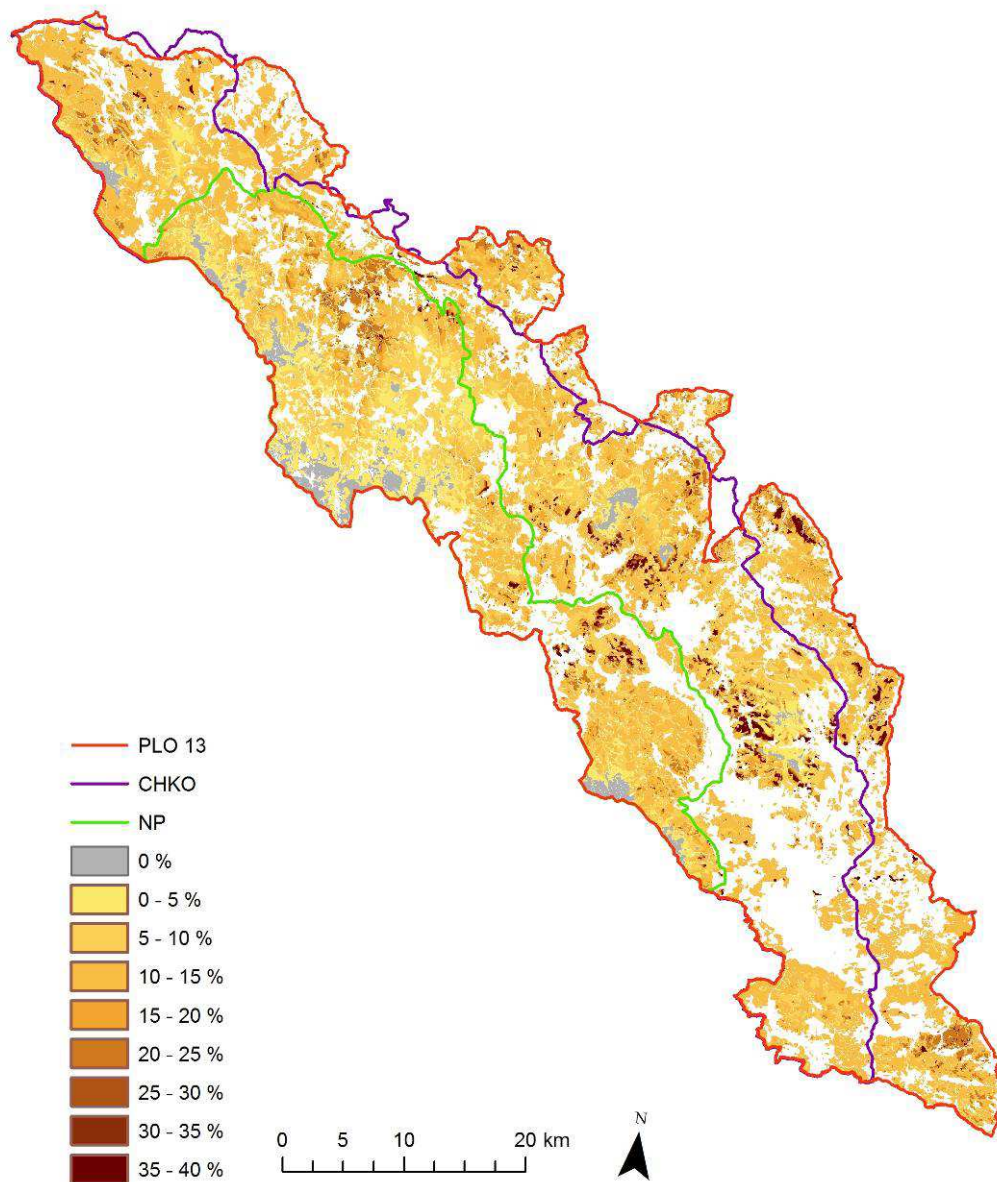
Obr. 19: Zastoupení jedle dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data.



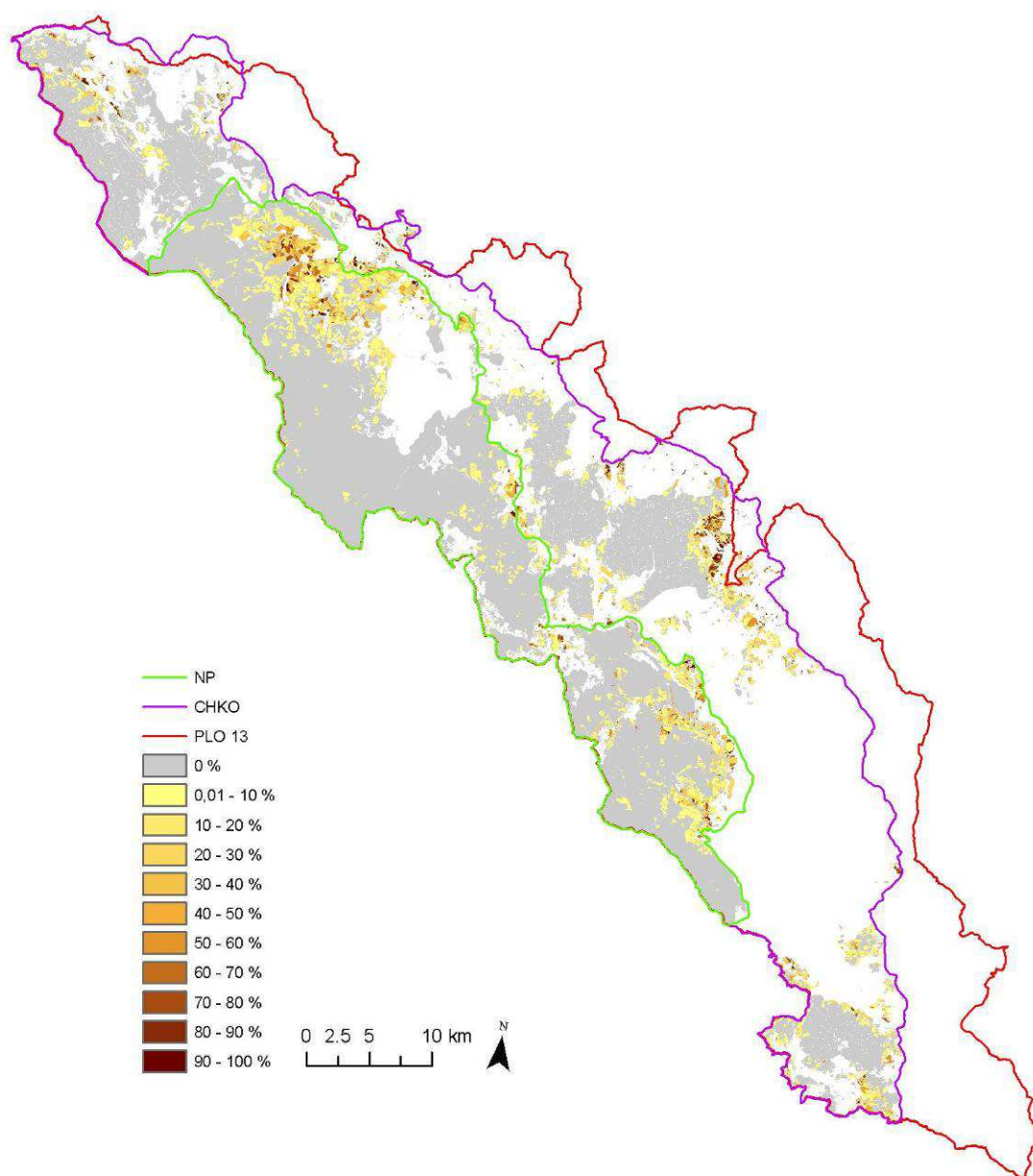
Obr. 20: Zastoupení jedle dle modelu. Bílé plochy představují bezlesí.



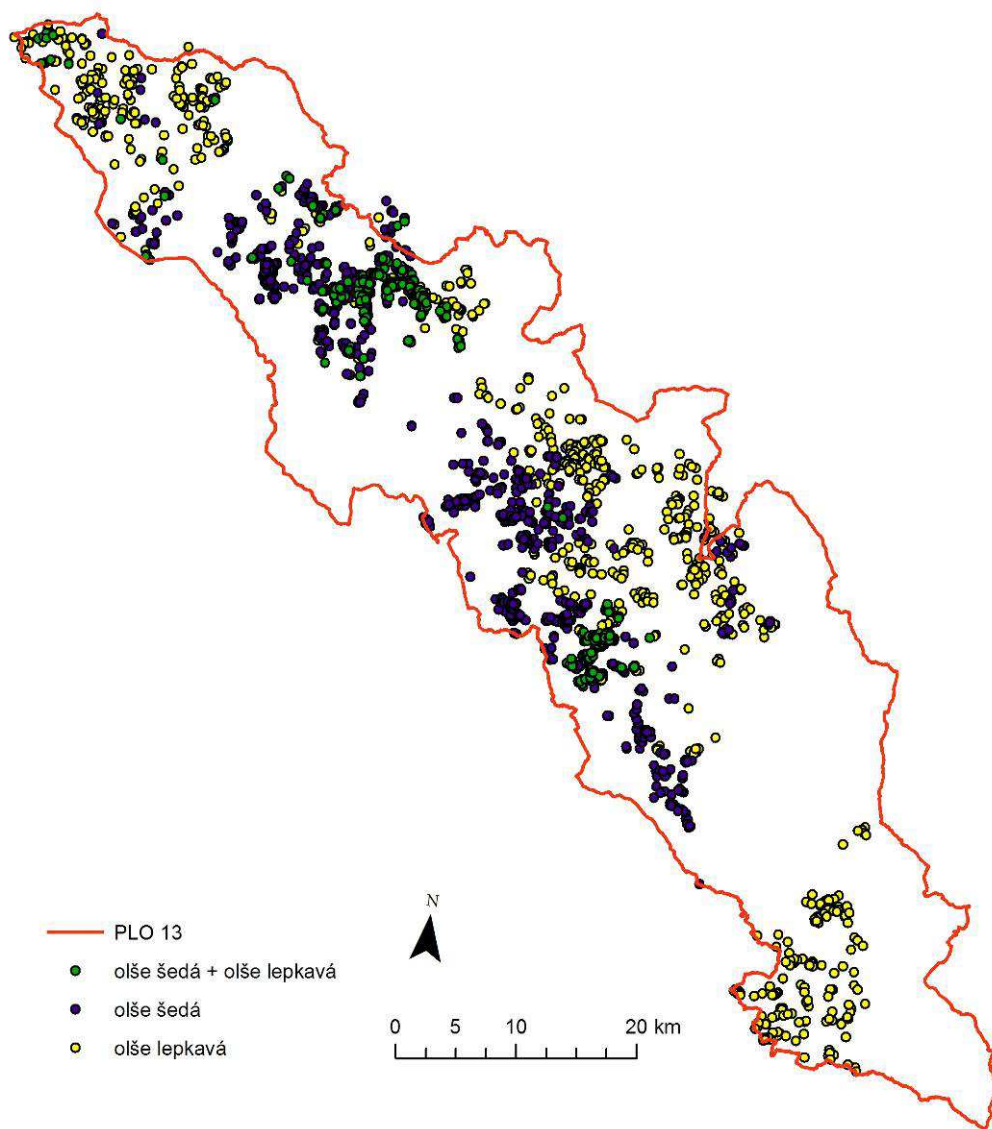
Obr. 21: Zastoupení kleny dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data.



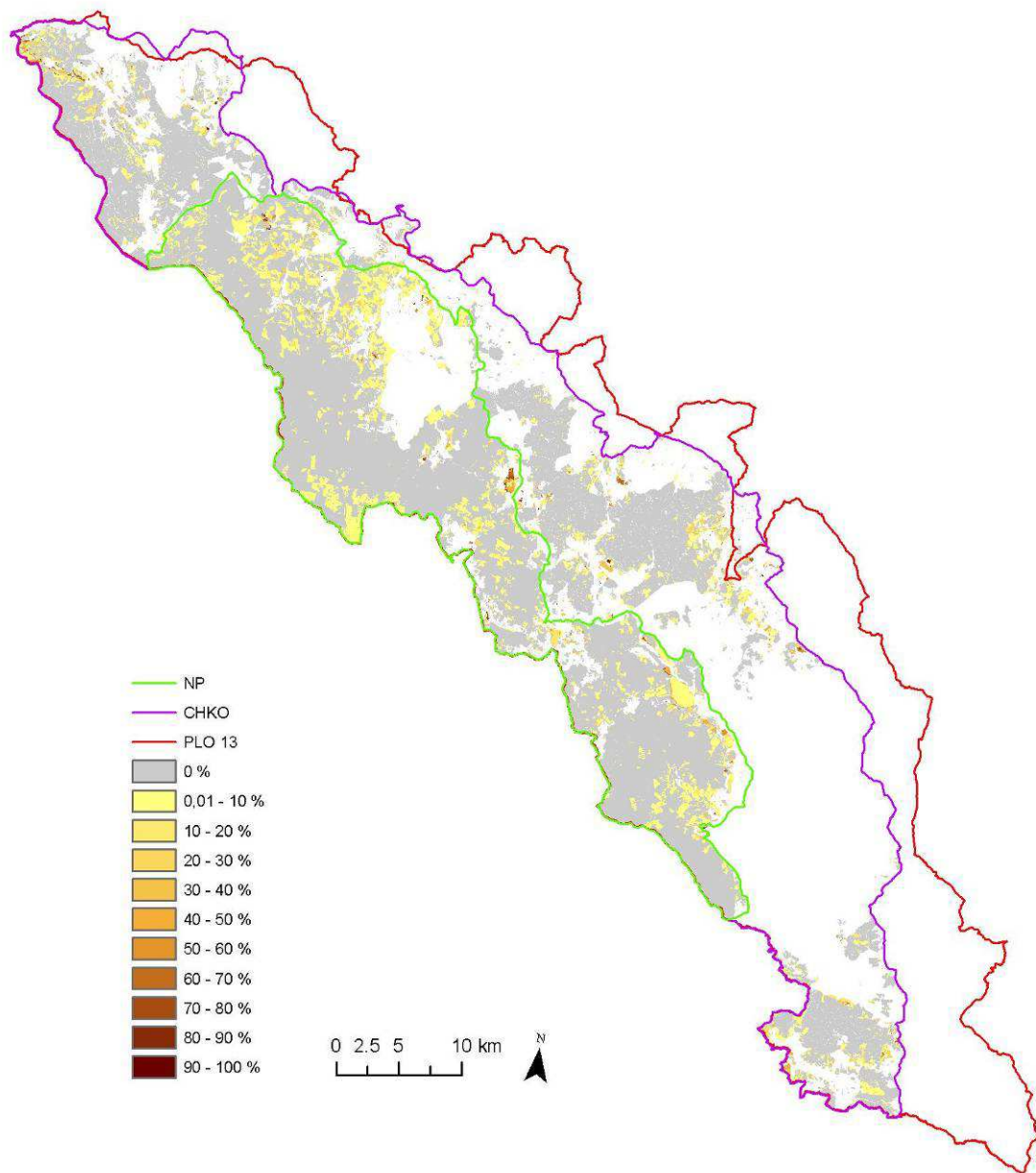
Obr. 22: Zastoupení kleny dle modelu. Bílé plochy představují bezlesí.



Obr. 23: Zastoupení borovice lesní dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data.



Obr. 24: Výskyt olše šedé a olše lepkavé v PLO Šumava a lokality, na kterých se setkávají (data LHP)



Obr. 25: Zastoupení bříz dle platných LHP. Bílé plochy představují bezlesí nebo lesy, pro které nebyla dostupná data

Tab. 16: Fytocenologické snímky s dubem

číslo snímku	1	4	3	8	5	6	7	2
datum	20.6.2011	21.6.2011	21.6.2011	21.8. 2011	22. 6. 2011	19. 7. 2011	19. 7. 2011	20.6.2011
souřadnice (S-JTSK Křovák East-North)	1199086 793894,7	1158678 797681,8	1152177 801764,4	1120631 850193,2	1147582 811578,6	1138339 822472,4	1139774 823151,3	1164811 799015,5
nadmořská výška (m)	792	782	867	787	812	662	715	875
sklon	15	20	15	5	5	15	11	5
expozice	355	55	15	56	74	8	130	50
průměrná roční teplota (dle modelu) (°C)	5,64	5,67	5,28	5,70	5,65	6,17	6,28	5,41
SLT (dle typologické mapy)	6K1	6K1	6K6	6S1	6K6	5S1	5U1	6S1
LVS (dle modelu)	5	5	5/6	5	5	5	5	5 (6)
plocha (m ²)	200	200	200	100	100	100	100	200
E3 (%)	30	10	50	40	50	50	60	15
E2 (%)	15	40	20	0	30	30	20	5
E1 (%)	80	60	55	35	60	75	80	85
E0 (%)	30	30	10	5	0	5	15	10
E1								
<i>Abies alba</i> Mill.	1	r		+		r		
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.		r	1		2	1	1	
<i>Actaea spicata</i> L.			+					
<i>Adoxa moschatellina</i> L.		r						
<i>Aegopodium podagraria</i> L.			r			+	+	
<i>Agrostis capillaris</i> L.						1		1-2
<i>Ajuga reptans</i> L.			+					
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.						r		r
<i>Anemone nemorosa</i> L.						+	+	
<i>Asarum europaeum</i> L.			+					
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth			r				r	
<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer	2	1	+	1-2	+			
<i>Betula pendula</i> Roth	+1	2						
<i>Bromus benekenii</i> (Lange) Trimen								+
<i>Calamagrostis villosa</i> (Chaix) J. F. Gmelin			+					
<i>Campanula persicifolia</i> L.			+			r		

Carex muricata agg.			r					
Carex pilulifera L.	r							
Convallaria majalis L.			1-2					
Corylus avellana L.			1		1	r		
Crataegus sp.			r			r		
Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soó		r						
Daphne mezereum L.			+					
Deschampsia cespitosa (L.) P. B.				3				r
Digitalis grandiflora Mill.			+					
Dryopteris carthusiana (Vill.) H. P. Fuchs	+	r				r		+
Dryopteris filix-mas (L.) Schott			+	r				
Epilobium angustifolium L.			r			r	1	
Epipactis helleborine (L.) Crantz		r						
Fagus sylvatica L.	+		+	+	+			+
Festuca rubra L.								+
Fragaria vesca L.			+			1		+
Frangula alnus Mill.	r					2		
Fraxinus excelsior L.								r
Galeobdolon montanum (Pers.) Rchb.			+		1			
Galium aparine L.			+			r		
Galium mollugo L.	r							
Geranium robertianum L.			r					
Geum urbanum L.			r			+	+	
Hieracium murorum L.		+1	+1		+			r
Hieracium sabaudum L.			r					
Hypericum maculatum Crantz						+		r
Impatiens noli-tangere L.					+	r	3-4	
Lamium maculatum L.			1		r		+	
Lathyrus sylvestris L.						r		
Lonicera nigra L.						1		
Lotus corniculatus L.		r						
Luzula luzuloides (Lamk.) Dandy et Wilmott		1	1		+			
Luzula sylvatica (Huds.) Gaudin.				r		1		
Lysimachia nemorum L.				r				

<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt	+		r	+				
<i>Melampyrum pratense</i> L.		+	+ -1					
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dum.			+		r	+		+
<i>Oxalis acetosella</i> L.			+	2-3	1	1	+	1-2
<i>Paris quadrifolia</i> L.			r		+	+		
<i>Petasites albus</i> (L.) Gaertn.		r						
<i>Picea abies</i> (L.) Karsten	1	1		+		+		1
<i>Pinus sylvestris</i> L.		r						
<i>Poa nemoralis</i> L.			+					
<i>Poa palustris</i> L.								+
<i>Populus tremula</i> L.		+	+					
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel								r
<i>Prunus avium</i> (L.) L.			r					
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.						r		
<i>Quercus robur</i> L.	r	+						
<i>Rosa dumalis</i> Bechst.			r					
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	+							3-4
<i>Rubus idaeus</i> L.		r		+		3	1	1
<i>Salix caprea</i> L.		r						
<i>Senecio ovatus</i> (G., M. et Sch.) Willd.		+	+		3		1	1
<i>Sorbus aucuparia</i> L.		r	+ -1	r	1	+		+
<i>Ulmus glabra</i> Huds.		r						
<i>Urtica dioica</i> L.			+			+	2	
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	3-4	3	1		1			r
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.		r						
<i>Veronica chamaedrys</i> L.			+					r
<i>Veronica officinalis</i> L.						+		
<i>Vicia sylvatica</i> L.						+		
<i>Viola reichenbachiana</i> Ror.					r	+		+
E2								
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.					10%	10%	80%	
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench							10%	
<i>Betula pendula</i> Roth	15%	50%						
<i>Corylus avellana</i> L.			55%		40%	5%		15%

Fagus sylvatica L.	10%	20%						20%
Frangula alnus Mill.	5%					20%		
Picea abies (L.) Karsten	10%	20%	25%					50%
Pinus sylvestris L.		10%						
Prunus avium (L.) L.					5%			
Rubus idaeus L.						60%		
Sambucus nigra L.			20%		5%		10%	
Sorbus aucuparia L.	60%				40%	5%		
Tilia cordata Mill.								15%
E3								
Abies alba Mill.			5%	10%				
Acer pseudoplatanus L.			25%				10%	
Alnus incana (L.) Moench							10%	
Betula pendula Roth						10%		
Fagus sylvatica L.		40%	25%					
Picea abies (L.) Karsten	100%	35%	5%		15%			40%
Pinus sylvestris L.		25%						45%
Populus tremula L.			20%					
Quercus petraea (Matt.) Liebl.						90%		
Quercus robur L.			15%	90%	85%		70%	10%
Sambucus nigra L.							10%	
Sorbus aucuparia L.			5%					
Tilia cordata Mill.								5%