

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Růstová dynamika *Pinus sylvestris* L. na dvou typech
stanovišť Labských pískovců

Pinus sylvestris L. growth dynamics at two different habitats in the
Elbe river Sandstones

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Doc. Bohumil Mandák, PhD.

Konzultant RNDr. Věroslava Hadincová, CSc.

Diplomant: Klára Jakešová

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Růstová dynamika *Pinus sylvestris* L. na dvou typech stanovišť Labských pískovců vypracovala samostatně pod vedením Doc. Bohumila Mandáka, PhD. a konzultanta RNDr. Věroslavy Hadincové, CSc., a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze 25. 8. 2010

.....

Poděkování

V úvodu této práce bych ráda věnovala velké poděkování RNDr. Věroslavě Hadincové, CSc. z Botanického ústavu AV ČR za její přívětivé metodické vedení práce, cenné rady, věcné připomínky a v neposlední řadě za čas, který mi věnovala při konzultacích.

Doc. Bohumilu Mandákovi, PhD. děkuji za vedení mé diplomové práce.

Botanickému ústavu AV ČR děkuji za poskytnutí růstových dat borovice vejmutovky.

Největší poděkování patří rodičům, příteli a celé mé rodině za jejich veškerou podporu a trpělivost v průběhu mého studia.

ABSTRAKT

Růstová dynamika *Pinus sylvestris* L. na dvou typech stanovišť Labských pískovců

Klára Jakešová

Katedra ekologie a životního prostředí, Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 Suchbát, 165 21

Tato diplomová práce pojednává o růstové dynamice borovice lesní na dvou typech stanovišť Labských pískovců, a to na extrémních skalnatých stanovištích na vrcholech a na humózních svazích. Na dvou lokalitách byly proměřeny přírůsty stromů o výšce 5-800 cm za posledních 12 let. Z celkových 9ti ploch 6 leželo na vrcholcích skal a 3 na svazích. Pro výpočet hustoty zmlazení byla zaznamenána jejich plocha. Stromy byly rozděleny do 6 velikostních kategorií (5-15, 15-50, 50-100, 100-200, 200-400, 400-800 cm). Poté se statisticky testovala variabilita přírůstů v závislosti na velikostní kategorii, stanovišti a roku přírůstu. Součástí práce bylo srovnání růstové dynamiky borovice lesní s borovicí vejmutovkou.

Z výsledků vyplývá, že borovice lesní nejlépe zmlazuje na vrcholcích skal, maximální hustota zmlazení je 45 jedinců/100m². Na přírůst má statisticky významný vliv velikostní kategorie, stanoviště a rok ($p < 0,05$). Velikost přírůstů statisticky průkazně závisí na výšce stromu, variabilitu vysvětluje z 40%. Na všech stanovištích u obou lokalit se velikost přírůstů zvětšuje s rostoucí výškou stromu. Stromy na svazích přirůstají rychleji od 5. velikostní kategorie než stromy vrcholových partií. Borovice lesní a vejmutovka se v rychlosti růstu statisticky významně liší, vejmutovka borovici lesní předrůstá ve všech velikostních kategoriích. Z porovnání růstu mezi vejmutovkou a borovicí lesní za posledních 10 let je evidentní, že oba stromy sledují obdobný trend ve zmenšování přírůstů s tím rozdílem, že u vejmutovky je tato klesající tendence patrná napříč všemi velikostními kategoriemi na všech gradientech prostředí a u borovice lesní jen v nižších velikostních kategoriích.

Klíčová slova: borovice lesní, přírůst, zmlazování, borovice vejmutovka, NP České Švýcarsko

ABSTRACT

Pinus sylvestris L. growth dynamics at two different habitats in the Elbe river Sandstones

This thesis discusses the growth dynamics of Scots Pine in two types of habitat in the Elbe River Sandstones, in the extreme rocky habitat on the peaks and on the humus rich slopes. The height increments during the last 12 years, in trees ranging in height from 5 – 800 cm, were measured in the two habitats. Of a total of 9 areas 6 of these were located on the tops of cliffs and 3 on the slopes. These areas were recorded to enable calculation of the density of rejuvenation. Trees were classified into 6 size categories (5-15, 15-50, 50-100, 100-200, 200-400 and 400-800 cm). The variability of height increments was subsequently statistically tested in dependence on the size category, habitat and year of growth. The work also includes a comparison between the growth dynamics of Scots Pine and White Pine.

The results indicate that Scots Pine rejuvenates best on the peaks of cliffs, maximum rejuvenation density is 45 individuals/100m². The size category, habitat and year ($p < 0, 05$) has significant statistical influence on the height increments. The size of the height increments is provably dependant on the height of the tree, it explains 40% variability. The size of height increments increases together with the increasing height of the tree in all localities in both habitats. Trees on the slopes grow faster from the 5th size category than trees on cliff peaks. The Scots Pine and White Pine significantly differ statistically in their speed of growth; the White Pine grows faster than the Scots Pine in all size categories. It is evident from the comparison of growth between White Pine and Scots Pine during the last decade that both trees show a similar tendency in a reduction in the size of height increments, with the difference that this falling tendency is clear in White Pine throughout all size categories in all environmental grades and only evident in Scots Pine in the smaller size categories.

Key words: Scots Pine, height increment, rejuvenation, White Pine, National Park Bohemian Switzerland

OBSAH:

1. ÚVOD	1
CÍLE.....	4
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	5
2.1 Charakteristika druhu <i>Pinus sylvestris</i>	5
2.1.1 Popis a vlastnosti	5
2.1.2 Ekologie	6
2.1.3 Přirozené rozšíření	7
2.2 Charakteristika Národního parku České Švýcarsko	9
2.2.1 Poloha a význam.....	9
2.2.2 Historie lesů na území NP.....	10
2.2.3 Geomorfologie a geologie.....	11
2.2.4 Klima.....	13
2.2.5 Flóra a přirozená vegetace.....	13
2.3 Charakteristika druhu <i>Pinus strobus</i>	14
3. METODIKA	16
3.1 Výběr studovaných lokalit.....	16
3.2 Charakteristika studovaných lokalit	16
3.2.1 Babylon.....	16
3.2.2 Honzova vyhlídka.....	17
3.2.3 Lokality studující borovici vejmutovku.....	21
3.3 Rozdělení stromů do velikostních kategorií	21
3.3.1 Měření přírůstů	22
3.3.2 Výpočet hustoty a velikostního složení přirozeného zmlazení na dvou typech stanovišť	23
3.4 Statistické zpracování dat.....	23

3.4.1	Variabilita mezi přírůsty v jednotlivých velikostních kategoriích a na různých stanovištích	23
3.4.2	Variabilita přírůstů v jednotlivých letech mezi lokalitami.....	24
3.4.3	Porovnání růstu borovice lesní a borovice vejmutovky.....	24
4.	VÝSLEDKY	25
4.1	Hustota a velikostní složení přirozeného zmlazení na dvou typech stanovišť <i>Pinus sylvestris</i>	25
4.2	Vliv velikostní kategorie, stanoviště a roku přírůstu na velikost přírůstů <i>Pinus sylvestris</i>	26
4.2.1	Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a stanoviště.....	26
4.2.2	Závislost velikosti přírůstů na výšce stromů.....	31
4.2.3	Variabilita přírůstů v jednotlivých letech pokusu.....	32
4.3	Vliv velikostní kategorie, stanoviště a roku na velikost přírůstů <i>Pinus strobus</i>	34
4.4	Rozdíly v růstu mezi <i>Pinus sylvestris</i> a <i>Pinus strobus</i>	35
4.4.1	Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a stanoviště mezi <i>P. sylvestris</i> a <i>P. strobus</i>	35
4.4.2	Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a polohy mezi <i>P. sylvestris</i> a <i>P. strobus</i>	38
5.	DISKUSE	40
6.	ZÁVĚR	44
7.	LITERATURA A POUŽITÉ ZDROJE.....	46
8.	PŘÍLOHY.....	50

1. Úvod

Tato diplomová práce je součástí širší studie zabývající se konkurencí původních a nepůvodních druhů v území Labských pískovců, která navazuje na projekt Komplexní monitoring stavu přírodního prostředí na území Národního parku České Švýcarsko – Oblast biologie, jehož náplní je získání a vyhodnocení dat o ohrožených druzích na území národního parku, o lesních ekosystémech, biodiverzitě inverzních roklí a migraci velkých savců.

Hlavním účelem tohoto výzkumu je shromáždění dat o jednotlivých sledovaných oblastech na území národního parku a po vyhodnocení jejich využití pro zlepšení či zachování stavu přirozených přírodních ekosystémů národního parku. Tento výzkumný projekt je podpořen grantem z Islandu, Lichtenštejnska a Norska v rámci Finančního mechanismu EHP a Norského finančního mechanismu (Holešinská et al. 2010).

Tvář lesů Českého Švýcarska se v průběhu uplynulých staletí výrazně změnila. Původní smíšený prales člověk během postupného osídlování kácel a vypaloval v menší míře již od středověku. Mikeska et Vacek (2008) uvádějí, že na počátku vrcholného středověku byla výchozím stavem vegetace, která stále do určité míry odpovídala ekologickému potenciálu území Českého Švýcarska s vyloučením vlivu člověka. Všude dominovaly jedlobukové lesy, podle konkrétních stanovištních podmínek byl přimíšen habr, dub, bříza a borovice. Nyní hojná borovice lesní se ovšem vyskytovala spíše sporadicky a dominovala jen na nejexponovanějších terénech skalních výchozů. K částečné přeměně druhové skladby začalo docházet již v 16. století díky rozvoji obchodu s dřívím a následnému splavnění řek Křinice a Kamenice (Patzelt et al. 2004). Největší zásahy do podoby zdejších lesů se projevíly zhruba od počátku 18. století a souvisely nejvíce s průmyslovým využíváním dříví (hlavně sklářství). Velká spotřeba dříví byla pokryta velkoplošným kácením formou holosečí a místo převládajících buků, jedlí a dubů byly vysazovány smrky a také borovice vejmutovka (Nagel et Šteflová 2009), jejíž zastoupení je zde oproti jiným oblastem nápadně vysoké. Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) se díky své nenáročnosti velmi dobře přizpůsobila zdejším podmínkám – chudým písčítým půdám a skalnatému terénu.

V případě borovice vejmutovky lze hovořit o invazním chování. Následkem tvorby silné vrstvy opadu a rovněž vlivem zastínění způsobeného velmi hustým zápojem náletu vejmutovky dochází k silné redukci, případně až k totální likvidaci bylinného a mechového patra v přirozených lesních společenstvech. Zároveň s tím dochází ke znemožnění přirozeného zmlazování borovice lesní, která je zde původním druhem. Ohroženy jsou tzv. reliktní bory na pískovcových skalách a dále vegetace na skalnatých hranách a římsách, které - díky své nepřístupnosti pro hospodářské využití v minulosti – představují nejhodnotnější ekosystémy Českého Švýcarska. Na těchto stanovištích se vyskytují některé ohrožené a chráněné druhy, např. rojovník bahenní (*Ledum palustre*), šicha černá (*Empetrum nigrum*), dále řada druhů mechorostů (např. rašeliníky), příp. lišejníků.

Vejmutovka se v Čechách začala pěstovat po r. 1773 (Nožička 1965), ve 30. letech 20. století byla hodnocena např. v královehradeckých lesích lesmistrem Rakušanem jako „pravé požehnání“, jiní vrchní lesní radové ji v minulosti označili jako „neocenitelnou co do vlastností melioračních“ (Mikeska et Vacek 2008).

Na území Národního parku České Švýcarsko (dále i NP, NPČŠ) je jako geograficky nepůvodní dřevina předmětem zvýšeného úsilí o její vymýcení, nejedná se tedy o narušení přirozených procesů v národním parku, nýbrž o eliminaci minulých nevhodných lidských zásahů.

Výzkum růstové dynamiky borovice lesní by měl představovat základní kámen pro budoucí predikci vývoje druhového složení porostu, vzhledem k faktu, že se v národním parku do budoucna předpokládá bezzásahový režim (Patzelt et al. 2004; Smejkal 2006).

V rámci oblasti Národního parku České Švýcarsko byl již výzkum růstové dynamiky proveden u borovice vejmutovky (*Pinus strobus*), jakožto podstatného invazního druhu (Münzbergová et al., in prep.), a u juvenilních stadií smrku ztepilého (Müllerová 2009). Přirozenou vegetaci a její změny na území národního parku zmiňoval ve své práci i Abraham (2006). Růstové modely a studium populační dynamiky druhů mohou pomoci ke stanovení efektivního principu managementu, jak to například ukázala ve své studii invazní borovice černé (*Pinus nigra*) na Novém Zélandu Buckley et al. (2005). Na evropské úrovni se modelováním růstu a úmrtnosti borovice lesní zabývá Palahí et al. (2006), jehož studie se zabývá simulací budoucího

vývoje porostů v severovýchodním Španělsku. Modely růstové dynamiky borovice lesní využívá také Diéguez – Aranda et al. (2006), data z tohoto výzkumu jsou podkladem pro odhad výšky stromů z jednotlivých tloušťkových tříd a je jich využito zejména v komerční sféře.

Výchozím podkladem pro tvorbu rámcových zásad managementu lesních porostů byly práce Šindeláře (2000, 2004) a Mikesky et al. (2008). Přirozenou obnovu lesních porostů a její výzkum v ČR popisuje Šindelář (2000; 2004), který se věnuje problematice zvýšení podílu přirozené obnovy. Typologickým vymezením borů, strukturou a vývojem porostů borovice lesní na vybraných zvláště chráněných územích skalních měst kvádrových křídových pískovců se zabývá rozsáhlá publikace Mikesky et al. (2008), který bory NP České Švýcarsko řadí do skupiny reliktních borů skalních výchozů kyselých hornin, SLT 0Z, 0Y a 0N (reliktní bor, roklínový bor a smrkový bor).

Cíle

Cílem této práce je popis růstové dynamiky borovice lesní (*Pinus sylvestris*) v Labských pískovcích na dvou typech stanovišť – na extrémních skalnatých stanovištích na vrcholcích skal a humózních svazích s borůvkovými bory, vycházející ze změřených výškových přírůstků v daných věkových kategoriích na několika stanovištích, a naměřené hodnoty porovnat s růstem borovice vejmutovky, která je v tomto cenném území významným invazním druhem.

Na počátku práce jsem si položila tyto základní otázky:

- 1) Je rozdíl mezi hustotou a velikostním složením přirozeného zmlazení na dvou typech stanovišť?
- 2) Jaká je variabilita mezi přírůstky v jednotlivých velikostních kategoriích?
- 3) Jaká je časová a prostorová variabilita ve velikosti přírůstků?
- 4) Je rozdíl mezi růstem borovice lesní a borovice vejmutovky?

2. Literární rešerše

2.1 Charakteristika druhu *Pinus sylvestris*

2.1.1 Popis a vlastnosti

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) náleží do čeledi borovicovité (*Pinaceae*). Jsou to jednodomé vždyzelené dřeviny, nejčastěji stromy vysokého vzrůstu, rozšířeny v mírném až subtropickém pásmu severní polokoule. Jehlicovité listy jsou uspořádány ve šroubovici jednotlivě nebo ve svazcích. Jehlice mohou být krátké až značně dlouhé, většinou vytrvávající, opadávají málokdy (modřín). Samičí šištice dřevnatí a v době zralosti jsou u borovic a smrků nerozpadavé, jedle má šištice rozpadavé. Borovicovité mají většinou okřídlená semena (méně často jsou bezkřídla, např. limba a pinie), embryo je víceděložné. Tato čeleď obsahuje řadu farmaceuticky významných látek. Ve schizogenních kanálcích listů nebo v exkrecních dutinách kmenů obsahují silici a pryskyřici.

P. sylvestris je velmi odolná, rychle rostoucí 2jehličná eurasijská borovice. Mezi stromovitými dřevinami má nejrozsáhlejší areál s největší ekologickou amplitudou, těžiště areálu je v s. Asii. Dorůstá až 40ti m výšky, na extrémních stanovištích může být i podstatně nižší – někdy dokonce jen keřového vzrůstu. Koruna je kuželovitá, kmen přímý, větvený přeslenitě až v horní čtvrtině. Na extrémních stanovištích bývá často křivolaký, v dolní části je krytý silnou rozpukanou borkou. Dřevo je měkké, s jádrem. *P. sylvestris* má mohutný kořenový systém, většinou se zachovalým kúlovým kořenem, jdoucím 1,5-3 m hluboko (v suchých a písčitých půdách ještě hlouběji), proto borovice netrpí vývraty. Jehlice jsou vždyzelené a květní šištice jsou rozmístěny jednotlivě – po straně samčí a na konci prýtu samičí. Převísle šišky dozrávají v tomtéž roce a opadávají v celku. Semena mají světle hnědou až černou barvu a jsou opatřena objímavým křídlem. Plodné roky se vyskytují 1x za 3-6 let, klíčení je u borovice lesní snazší při slunečním světle (Chmelař 1981; Musil et Hamerník 2008).

2.1.2 Ekologie

Přestože po skončení doby ledové *P. sylvestris* rychle ovládla střední Evropu, později byla z bohatších stanovišť vytěsněna dřevinami s větší ekologickou valencí, tolerantnějšími zejména k zastínění. Z tohoto důvodu se dochovala jen na extrémnějších stanovištích, méně příznivých pro růst náročnějších druhů nesnášejících zastínění. *P. sylvestris* je totiž výrazně světlomilnou dřevinou, intolerantní k zastínění, což lze podle Mikesky et al. (2008) dokumentovat i velmi včasnou kulminací celkového běžného výškového přírůstu, u necloněných porostů na kvalitních půdách ve věku 15-20 let s výrazným poklesem na hodnoty 10-20 cm již ve věku 70 let. Velmi včasná je i kulminace celkového běžného objemového přírůstu – 30 let. Jako druh je borovice adaptabilní na široký rozsah klimatických podmínek (Poleno et al. 2007a), roste na územích s délkou vegetační doby 90-200 dnů, s průměrnými ročními srážkami 200-1780 mm, na znečištěné ovzduší reaguje negativně.

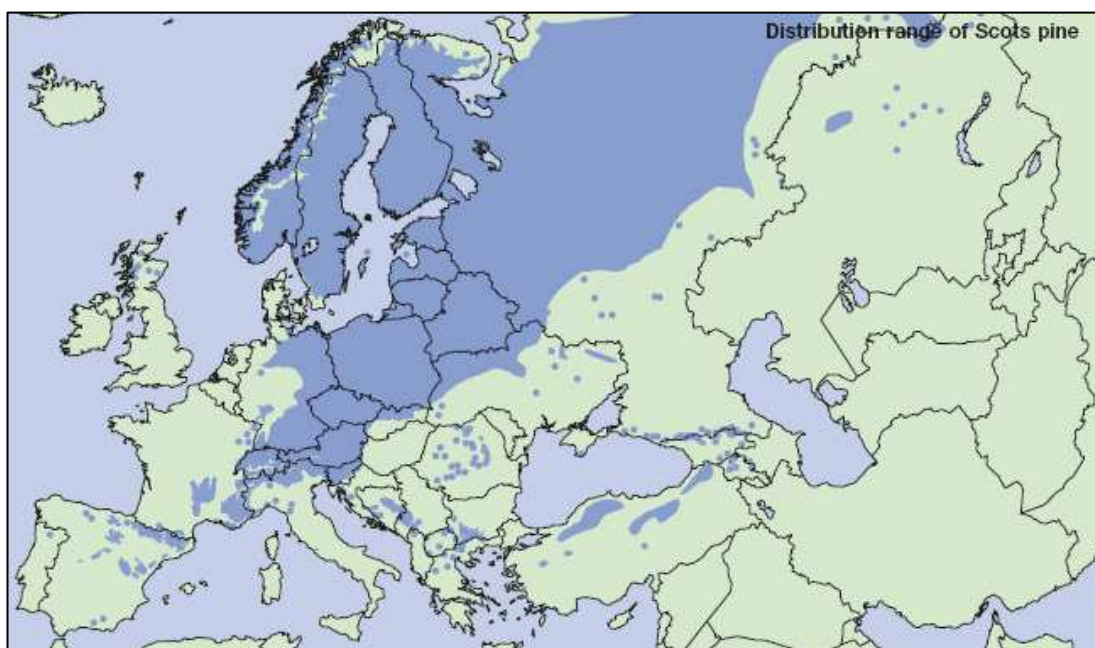
Daří se jí na mělkých, chudých písčitých až kamenitých půdách, vzniklých na silikátových horninách, na vápencích a také na hadcích, dle Polena et al. (2007b) může borovice lesní dospět k dominantnímu postavení pouze na místech, kde by ostatní dřeviny trpěly nedostatkem více než ona. Borovice lesní dokáže krýt svou potřebu vody z větších hloubek než jiné druhy, tudíž snadno vegetuje i na extrémně suchém povrchu. Nejlépe klíčí na holé, nebo méně zastíněné ploše s obnaženou minerální půdou, bez souvislé vrstvy humusu. Náletové porosty vznikají také v lesích po požárech. Šindelář (2004) dále uvádí jako příznivé podmínky pro vyklíčení semen a růst a vývoj semenáčků porosty lišejníků a mechů, z mechů zejména rodu *Hypnum* aj. Mechy, do jisté míry i lišejníky, občas i řídké travní a bylinné porosty na chudých půdách nezabraňují klíčení semen a mohou půdu účinně chránit před vysycháním. Borovice je však schopna klíčit a růst i ve štěrbinách holých skal. Obecně se řadí mezi dřeviny pionýrské, schopné osídlovat nejruznější volné plochy. Její doprovodné dřeviny u nás reprezentují především dub zimní (*Quercus petraea*), lípa malolistá (*Tilia cordata*), habr obecný (*Carpinus betulus*), javor babyka (*Acer campestre*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*). Na borovici lesní je vázána řada druhů hub mykorrhizicky, paraziticky i saproparaziticky. Variabilita uvnitř taxonu *Pinus sylvestris* je extrémně velká, na území ČR se přirozeně vyskytuje

pouze nominální subsp. *sylvestris* (zahrnující i subsp. *hercynica*) (Musil et Hamerník 2008).

2.1.3 Přírozené rozšíření

Největší zastoupení borů s *Pinus sylvestris* se nachází v pásmu boreálního jehličnatého lesa Eurasie a hlavně Sibiře, kde zaujímá největší rozlohy. V evropské části Ruska roste na značně rozsáhlém území, od tundry na severu, po stepi na jihu. Zde k jejímu relativně velkému zastoupení přispívají požáry (především přírozené), vůči nimž je, oproti smrku, odolnější. Rozsáhlé bory se rozkládají i v horách (na náhorních plošinách) v tropickém pásmu v blízkosti rovníku v Indočíně. *P. sylvestris* zaujímá z borovic největší areál na světě.

V severní Evropě (Skandinávie, Skotsko a sever Ruska) je *P. sylvestris* převládajícím druhem zasahujícím severněji než smrk.



Obr.1: Rozšíření borovice lesní v Evropě

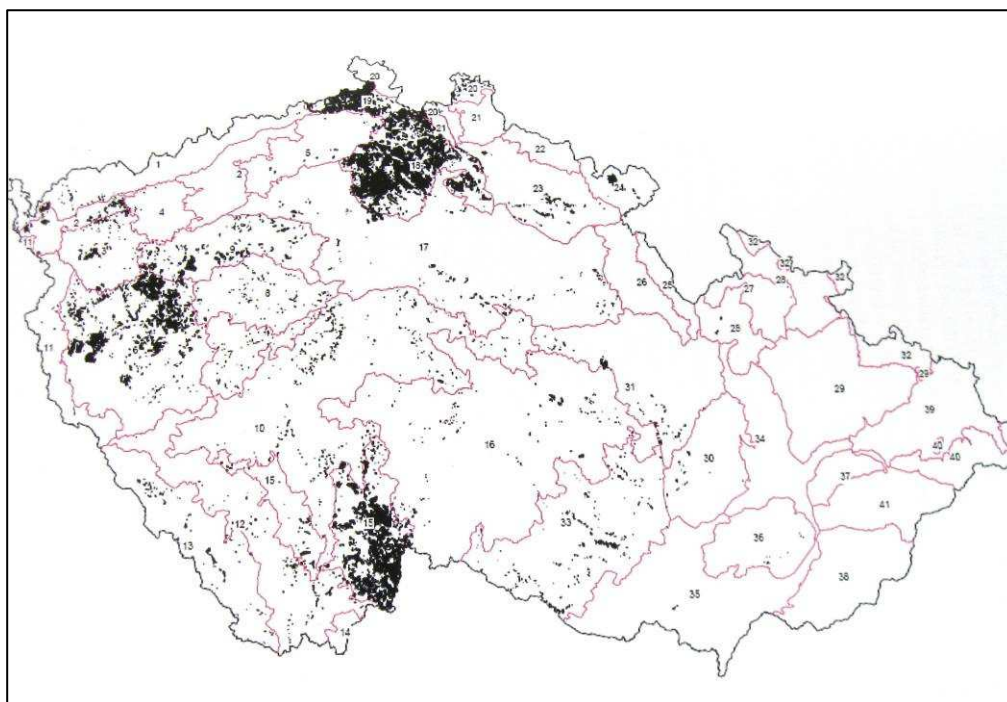
Zdroj: <http://www.euforgen.org/fileadmin/biodiversity/publications/.../1037.pdf>

V západní a jižní části areálu je autochtonní horská borovice rozšířena jen ostrůvkovitě, spojitý lesní celek nevytváří, vyskytuje se zejména na suchých, kamenitých lokalitách, často na vápencích a dolomitech. Na těchto extrémních reliktních stanovištích prostupuje ostatní lesy přibližně mezi 200-2000 m n. m. (v ČR jen po 1070 m n. m.). Vertikální rozložení areálu sahá od 0-2100 (2200) m n. m.,

s kavkazskými typy až do 2600 m n. m. V severní oblasti je dřevinou nížin, na jihu vesměs stromem pohoří.

Svoboda (1953) rozlišuje 3 skupiny borovice lesní: klimatyp severský, stepní a horský. Severské borovice spadají do nížinných klimatických oblastí se spojitým areálem, severně od řeky Labe, sudetských pohoří a Karpat, dále na sever od ruských stepí a na východ Sibíře až po oblast Jakutsku. Stepní borovice zaujímají nespojitý pás podél jihovýchodní hranice evropské části areálu a podél hranice jeho záposibiřské části. Horské borovice mají svůj výskyt omezen na území jižní a střední části areálu, nerovnoměrně a izolovaně především v horských systémech, na extrémních stanovištích, v rozpětí od suchých míst až po rašelinné stanoviště.

V ČR původní borovice lesní roste pouze roztroušeně na extrémních reliktních stanovištích. Nejníže se vyskytuje v Polabí na vátých písčích. Dalšími místy, kde ji můžeme potkat jsou hadce ve Slavkovském lese a Českomoravské vrchovině, kamenité svahy Šumavy, písčky a rašelinné půdy na Třeboňsku, pískovcové skaly a skalní města severních a severovýchodních Čech, příkré stráně údolí řek Jihlavy, Oslavy, Rokytné a Dyje. Roste také na výběžcích Dražanské vrchoviny a na vápencových skalách jižní Moravy. (Mikeska et Vacek 2008; Musil et Hamerník 2008)



Obr. 2: Rozšíření borů v České republice

Zdroj: Mikeska et Vacek (2008)

2.2 Charakteristika NP České Švýcarsko

Národní park České Švýcarsko byl vyhlášen zákonem č.161/1999 Sb. k 1.1. 2000 na celkové rozloze 79 km² v nejcennější části Chráněné krajinné oblasti Labské pískovce, jejíž území je chráněno od roku 1972 (Mikeska et Vacek 2008). Na německé straně hranice navazuje na Národní park Saské Švýcarsko (Nationalpark Sächsische Schweiz), založený na rozloze 93 km² již v roce 1990. Území obou národních parků tvoří jeden krajinný komplex a náleží k oblasti nazývané **Labské pískovce** nebo též Českosaské Švýcarsko (Patzelt et al. 2004).

2.2.1 Poloha a význam

Na severu, jak je již výše uvedeno, přiléhá k NP ČŠ Národní park Saské Švýcarsko, z jihu a západu NP obepíná Chráněná krajinná oblast Labské pískovce, na východě přiléhá k NP CHKO Lužické hory.

Labské pískovce jsou považovány za charakteristickou erozní krajinu, která vznikla po ústupu křídového moře v mnohasetmetrových vrstvách sedimentů. Tento pískovcový geomorfologický celek zaujímá rozlohu přibližně 700 km², svojí značnou mírou zalesnění je ojedinělý nejen v rámci české křídové pánve, ale i Evropy (Patzelt 2007). Na zdejší typický pískovcový reliéf je vázána specifická biota, a právě tato úzká souvislost mezi geodiverzitou a na ni navazující biodiverzitou reliktního charakteru reprezentuje hlavní biologickou hodnotu této oblasti. Tyto specifické ekologické poměry umožňují výskyt zajímavých a neobvyklých druhů, zejména díky vegetační inverzi v roklích je možný růst horských a podhorských druhů v mimořádně nízké nadmořské výšce, např. i pod 150 m n. m. (Patzelt et al. 2004).

Hlavním podnětem vyhlášení CHKO a NP byla v první řadě geomorfologická různorodost prostředí díky velké rozmanitosti pískovcového reliéfu. V malém měřítku jsou to skalní sloupky a fasety, voštiny (prohlubně, jamky) a „inverzní krápníky“. Z makroforem sem řadíme např. stolové hory (Härtel et al. 2007). Na mnoha místech jsou Labské pískovce prostoupeny výchozy terciérních vulkanických

hornin, jejichž oblé kupovité tvary v kombinaci s pískovcovými komplexy udávají charakteristický rys krajinného rázu spolu s unikátním kaňonem řeky Labe, prostupujícím až na krystalinické podloží. (Vaca 1999; Abraham 2006)

2.2.2 Historie lesů na území NP

Dějiny lesů v Labských pískovcích úzce souvisejí s postupným osídlováním krajiny a následným využíváním lesa obyvatelstvem.

V dobách pravěku zaujímal celé území dnešního NP souvislý lesní porost, v němž bylo zastoupení jednotlivých dřevin různorodé dle přirozených podmínek. Řídké osídlení krajiny bez významnější časové i místní návaznosti a omezená spotřeba dříví měla na přirozenou skladbu a obnovu lesa nepatrný vliv. V počátcích osídlování na přelomu 12. a 13. století si les, vyjímajíc rozvinuté oblasti nových osad zachoval pralesovitou formu. K soustavnější těžbě a vzniku holin docházelo jen v těsném okolí sídel trvalejšího charakteru, v ostatních případech byla těžba prováděna tzv. toulavou sečí s nestejnou intenzitou. Prosvětlená místa v porostu skýtala prostor k lokální druhové přeměně přirozeného porostu, kde se začaly více uplatňovat světlomilné druhy. Také vlivem nedostatku zemědělské půdy byla část lesa přeměněna na pastviny pro dobytek, kde hrabání steliva a samotná pastva vedly k degradaci půdy (Patzelt et al. 2004).

K zásadnějším změnám ve skladbě lesa začalo docházet během 16. století, kdy se začaly do přirozeného lesního prostředí promítat podnikatelské aktivity šlechty, která zakládala velké hospodářské celky a les začal být chápán jako producent dříví zejména pro rozvíjející se sklárství. Počátkem 17. století již příjmy z prodeje stromů na stojato (celých kmenů) převyšují příjem z produkce pil. Roku 1733 je zakázána nahodilá těžba v lesích, a o 21 let později, roku 1754 je vydán tereziánský lesní patent, kterým je značně omezen vývoz dříví do zahraničí za účelem obchodu. Obchod dřevem si v 18. století vyžádal znalost stavu zásob a plánování výše těžby, dle Abrahama (2006) byla koncem 18. století zavedena změna v lesním hospodaření. Bylo zavedeno holosečné hospodářství a začala se využívat umělá lesní obnova, jejíž počátek se datuje k roku 1773 a poprvé jí bylo využito na Českokamenickém panství. Tento způsob hospodaření výrazně posilnil účinky větrných kalamit, které se v oblasti dnešního chráněného území udály roku 1833 a 1834, v té době byl zde už

dominantní dřevinou smrk (Müllerová 2009). K vysazování původních druhů jako borovice, jedle, olše a bříza se přidalo také vysazování druhů nepůvodních, zejm. modřín opadavý, smrk sitka, borovice vejmutovka a borovice Banksova.

V důsledku experimentování s metodami těžby, zaváděním nepůvodních druhů v monokulturních porostech se stal porost značně nestabilním. Ve 20. letech 20. století zde kulminovala mnišková kalamita. Po roce 1945 se zdejší lesy dostaly pod správu státu a od té doby platila na území dnešního NP jednotná metodika. Lesní hospodaření, které je v Labských pískovcích provozováno více než 400 let značně ovlivnilo druhovou skladbu původních smíšených lesů, jíž dnes dominují smrkové monokultury tvořící přibližně 60 % území, druhým z hlavních problémů lesů NP jsou dříve vysazované geograficky nepůvodní dřeviny – borovice vejmutovka, dub červený a douglaska (Patzelt et al. 2004).

Spolu s vyhlášením NP v roce 2000 byla schválena nová podoba lesů, nejrozšířenějším typem porostu by se měl stát bukový les s významným podílem jedle bělokoré a smrku. Smrky s jedlí nalezneme zejména v hlubokých chladných roklích, které jsou přirozeným místem jejich výskytu, na čedičovém podloží budou doprovázet bukové lesy javory s jilmy. Převážně borovice lesní spolu s břízou a dubem porostou na suchých skalních plošinách.

Lesy jsou v současnosti prosvětlovány odstraňováním jednotlivých nepůvodních druhů a poté dosazovány druhy vhodnými, jenž vedou k pestré druhové ale i věkové diverzifikaci porostu (Nagel et Šteflová 2009; Drozd et al. 2010).

2.2.3 Geomorfologie a geologie

Dle geomorfologického členění území Labských pískovců náleží k Děčínské vrchovině, sousedními geomorfologickými jednotkami jsou na západě Krušné hory, České středohoří na jihu a na severu hraničí se Šluknovskou pahorkatinou.

Ústup křídového moře dal vzniknout prvotní podobě oblasti, kdy docházelo k erozi mořských usazenin. Následná třetihorní denudace vedla ke vzniku ploššího krajinného reliéfu, který doznal komplexní přeměny až v závěru třetihor, ale největší měrou byl poznamenán až ve čtvrtohorách, kdy tektonický zdvih umožnil intenzivní hloubkovou říční erozi a odnos nedostatečně zpevněných součástí pískovců, což

vedlo ke vzniku labyrintu skalních měst. Ty lze rozlišit na vrcholová platá, hrany skal a rokle (Abraham 2006). Hlavním činitelem přeměny krajiny a vzniku rozsáhlé řady forem skalního reliéfu je proces eroze a zvětrávání pískovcových hornin. Charakteristický reliéf celé oblasti tvoří skalní věže, římsy a převisy, pilíře a ostrohy, při okrajích skal se nalézají hříbovité útvary (Härtel et al. 2007).

Hlavní geologickou jednotkou na území ČR je Český masiv, Labské pískovce jsou jeho méně rozmanitou součástí, jsou též nejsevernější součástí české křídové tabule. Staré krystalinické podloží charakterizují ortoruly krušnohorské jednotky, úzká zóna fylitů, hlubinná tělesa žul a granodioritů Lužického masivu. Tyto horniny vzniklé během mladších starohor a mladších prvohor jsou geologicky nejstarší a obnaženy jen místech nejhlubšího údolí řeky Labe a při severovýchodní a západní hranici chráněného území, plošně nejsou tedy nijak významné.

Při poklesu mořského dna a ustoupení svrchnokřídového moře zde došlo k usazení přes 1000 m mocného vrstevního sledu hornin, jenž je tvořen především pískovci (mocnost vrstvy 350 - 420 m), slínovci a místy slepencem a prachovcem. Pískovce, ukládané během 3 milionů let od středního turonu po začátek turonu svrchního, pokrývají v současné době většinu oblasti, dle Mikesky et al. (2008) obsahují až 98 % SiO₂ a jsou charakteristické naprostým nedostatkem všech živin, železa i manganu. Jako pozůstatky četné třetihorní vulkanické činnosti jsou na území NP patrná většinou menší podpovrchová tělesa, zejm. výplně sopouchů, odkrytá po denudaci nadložních sedimentů. K nejvýznamnějším pozůstatkům vulkanickým projevů patří Růžovský vrch (619 m n. m.), dále Suchý vrch, Vosí vrch, Mlýny aj.

Zástupcem nejmladších hornin v dané oblasti jsou čtvrtohorní akumulace sedimentů, vzniklé působením mrazového zvětrávání a větrnou sedimentací (např. suťové lemy, kamenná moře). Z tektonického působení, které se v minulosti několikrát opakovalo je třeba zmínit 110 km dlouhý Lužický přesmyk, jenž je velmi starou tektonickou linií, vedoucí ve velké hloubce zemskou kůrou. Třetihorním nasunutím severní kry lužického plutonu na jižně ležící křídové pískovce vznikla tzv. stratigrafická inverze, tj. opačná posloupnost hornin, což je unikátní ukázka permských a jurských hornin na území ČR (NP ČŠ 2010).

2.2.4 Klima

V Labských pískovcích jsou teplotní rozdíly velmi rozdílné díky převýšení, které místy přesahuje i 600 m. Teplotně řadíme největší část oblasti, východně od kaňonu Labe, ke klimatické oblasti MT7, jenž se vyznačuje jako mírně teplá, díky bohatým srážkám má výrazný oceánický charakter (Quitt 1971 in Abraham, 2006). Zbývající klim. jednotky (T2, MT9, MT2, MT4, CH7) zaujímají menší plochu. Dle Mikesky et al. (2008) oblast NPČŠ spadá do dvou klimatických okrsků, a to B3 – okrsek mírně teplý, mírně vlhký, s mírnou zimou, pahorkatinný (JZ polovina NP) a B8 – okrsek mírně teplý, vlhký, vrchovinný (SV polovina NP).

Makroklima je určeno průměrnou roční teplotou 7 – 8 °C a průměrným ročním úhrnem srážek v rozpětí 746 mm (Mezná 290 m n. m.) a 934 mm (Chřibská 424 m n. m.) Mezoklima tohoto území je značně ovlivněno teplotními inverzemi, jelikož mikroklima skalních výběžků je suché až teplotně extrémní, a naopak na dně roklí se díky nedostatečnému přísunu sluneční energie hromadí chladný vzduch. Teplotní inverze se promítá do vegetace na tomto území a dochází k tzv. zvratu vegetačních pásem (Härtel 2010).

2.2.5 Flóra a přirozená vegetace

Mezi základní faktory ovlivňující biodiverzitu Labských pískovců patří geologický substrát (kyselé kvádrové pískovce, výstupy čedičových hornin), nadmořská výška (vliv značného převýšení), makroklima (výrazný subatlantský charakter), mikroklima (je významnější v samotném skalním městě, dáno reliéfem) a v neposlední řadě geomorfologie, která určuje charakteristický ráz bioty vázané na pískovce, tzv. pískovcový fenomén.

Zvrat vegetačních stupňů (viz kap. 2.2.4 Klima) umožňuje výskyt řady montánních i subalpinských druhů v nízkých nadmořských výškách (méně než 200 m n. m.). Mikeska et Vacek (2008) zde uvádějí jako nejnižše položené výskyty horských druhů v ČR – druhy svazu *Piceon excelzae* (*Bazzania trilobata*, *Lycopodium annotium*, *Blechnum spicant*, *Trientalis europea*, *Calamagrostis villosa*, *Streptopus amplexifolius*). Tyto druhy jsou vázány zejména na stinné rokle a

soutěsky, ve kterých je výrazný vliv inverzního klimatu. Teplomilné druhy (*Picris hieracioides*, *Stachys recta*, *Thalictrum minus*, aj.) se zde vyskytují jen vzácně, ponejvíce v nejteplejší části oblasti, kterou je údolí Labe.

Dle Abrahama (2006) je dnešní stav lesní vegetace, hodnocen vizuální analýzou, takovýto: převážnou část území zaujímají kulturní smrčiny s ostrůvky kyselých bučin, na hranách skal nalezneme bory s brusnicí borůvkou, na vulkanických kupách se vyskytují bohaté bučiny, suťové lesy s javorem klenem, bukem a jilmem. V údolích a podél vodotečí (Křinice, Kamenice, Loubská rokle, Jetřichovická Bělá) rostou fragmenty olšin s jasanem a smrkem.

2.3 Charakteristika druhu *Pinus strobus*

Borovice vejmutovka náleží do čeledi borovicovité (*Pinaceae*), je to původem severoamerická dřevina, v ČR se jí nejlépe daří v polohách pahorkatin. Do severních Čech byla dopravena před cca 200 lety (Soukup et al. 2000).

Popis druhu

Borovice vejmutovka je vysokým jehličnatým stromem s rovným kmenem, dorůstajícím 24-30 m (v původním areálu až 70 m). Jehlice jsou ve svazečcích po 5ti, koruna je v mládí kuželovitá, později rozložená. V zemi je dobře ukotvena mohutným kořenovým systémem. Tato dřevina patří mezi dlouhověké, uvádí se věk až 450 let. Samičí šištice dozrávají v šišky 2. rokem, první šišky se mohou objevovat již mezi 5. a 10. rokem věku stromku. Maximální roční výškový přírůst kulminuje ve věku 10-15 let, kdy může dosáhnout až 90ti cm. Při horších stanovištních podmínkách dosahuje roční výškový přírůst přibližně 50 cm a strom ho dosahuje později, ve věku 20-25 let (Musil et Hamerník 2008).

Ekologie a rozšíření

Borovice vejmutovka je druh středně tolerantní k zastínění, v podrostu je schopna tolerovat zastínění až 80%, avšak její výškový přírůst je v těchto podmínkách přibližně poloviční. Na dešťové srážky a vzdušnou vlhkost je velmi

náročná, ale snáší i chudé písčité půdy. Nejlépe prosperuje na svěžích dobře propustných písčitých půdách. Mrazy netrpí a snáší i letní vedra. Je značně citlivá vůči působení ozónu a imisní zátěži. Areál jejího výskytu se rozkládá v mírně teplém, převážně humidním podnebí (Soukup et al. 2000; Musil et Hamerník 2008).

Invazní chování *Pinus strobus* v NP ČS

V současnosti je v NP významným problémem dynamická invaze geograficky nepůvodní borovice vejmutovky, která zásadně ovlivňuje strukturu přirozených ekosystémů. Borovice vejmutovka zde zmlazuje spontánně od kulturních smrčín a bořin až po cenné reliktní bory, bory s borůvkou, skalní a keříčkovitá společenstva s rojovníkem (Musil et Hamerník 2008).

Podrázský et Remeš (2008) uvádějí, že vejmutovka díky svému chudému a kyselému opadu, který je pomalu a nesnadno transformován, výrazně vyčerpává a okyseluje půdu. V důsledku to znamená ústup bylinného a mechového patra (Hadincová et al. 1997; Ille et Schmidt 2007) a postupné vytlačování cenného ekotypu severočeské borovice lesní (Soukup et al. 2000). Zajímavé je, že *Pinus strobus* se v pískovcových oblastech České republiky chová jako invazní druh, zatímco v jiných oblastech s odlišným typem podloží a půdy ve větší míře nezmlazuje (Mácová 2008).

3. Metodika

3.1 Výběr studovaných lokalit

Sběr dat proběhl na studijních plochách, které byly vybrány ve spolupráci s Botanickým ústavem AV ČR, jenž zde svůj výzkum započal již dříve a mým úkolem bylo doměření a vyhodnocení příslušných dat o populační dynamice *Pinus sylvestris*. Pro studium byly určeny 2 lokality s rozdílnou nadmořskou výškou v Jetřichovickém skalním městě, a to Babylon a lokalita na Vysokých skalách v části zvané Honzova vyhlídka, na kterých byl sledován růst na vršcích skal a svazích. Na lokalitě Babylon bylo měření provedeno jen na vršcích a hranách skal, poněvadž severní a severozápadní svahy jsou příliš strmé a nedostupné. Na malém vertikálním rozpětí se zde tvoří strmé gradienty světelných a teplotních podmínek (Gutzerová et Herben 2001). Vrcholové partie skal pokrývají mělké písčité půdy a jsou vystaveny extrémnímu střídání podmínek prostředí, svahy jsou vlhčí a humóznější (Münzbergová et al. 2009).

3.2 Charakteristika studovaných lokalit

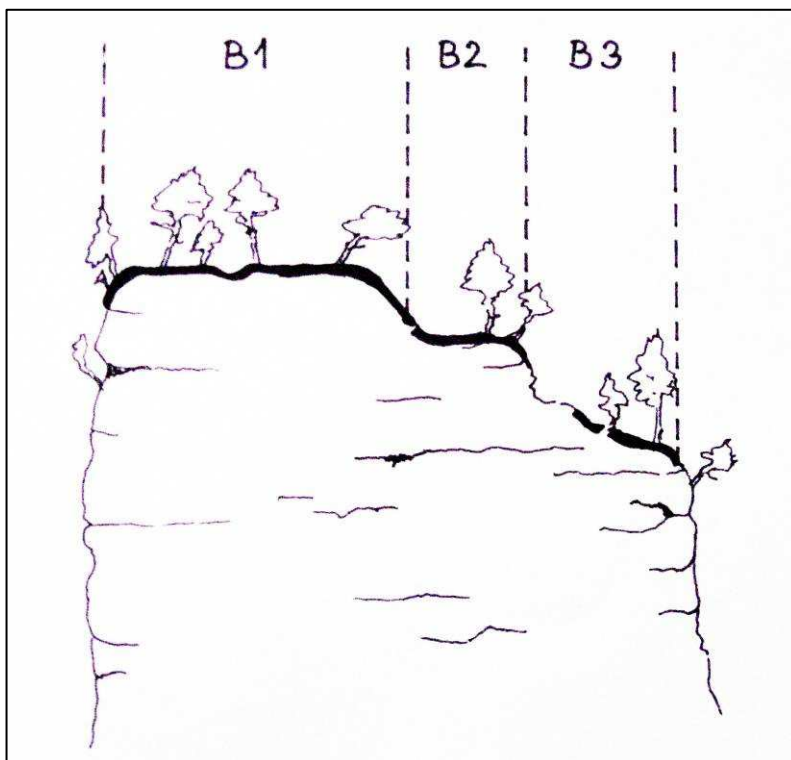
Jetřichovické stěny jsou pískovcové skalní útvary rozkládající se severně od obce Jetřichovice, v povodí řek Kamenice a Křínice. Svahy obou studovaných lokalit jsou exponovány na západ až severozápad. Mapa viz kap. 8. Přílohy.

3.2.1 Babylon

Lokalita se nachází přibližně 2,5 km od obce Vysoká Lípa na souřadnicích N 50°52,193' S a 14°23,000' V. Předmětem ochrany je systém roklí s autochtonními porosty *Pinus sylvestris*. Lokalita Babylon náleží do 1. zóny ochrany NP. Z fytoocenologického hlediska řadíme lokalitu mezi **reliktní bory skalních výchozů kyselých hornin** (Mikeska et Vacek 2008). Je to extrémní stanoviště **lišejníkových borů**, kde dochází k velkým výkyvům teplot a větrné erozi, dle lesní typologie patří do SLT OZ. Zmlazování *Pinus sylvestris* je zde limitováno nedostatkem vláhy. Vršky

skal jsou položeny níže oproti vrcholům na 2. lokalitě – Honzově vyhlídce, max. nadmořská výška zde dosahuje 410 m n. m.

Na této lokalitě byly vymezeny 3 studijní plochy : B1, B2 a B3.



Obr. 3: Schéma studijních ploch na lokalitě Babylon

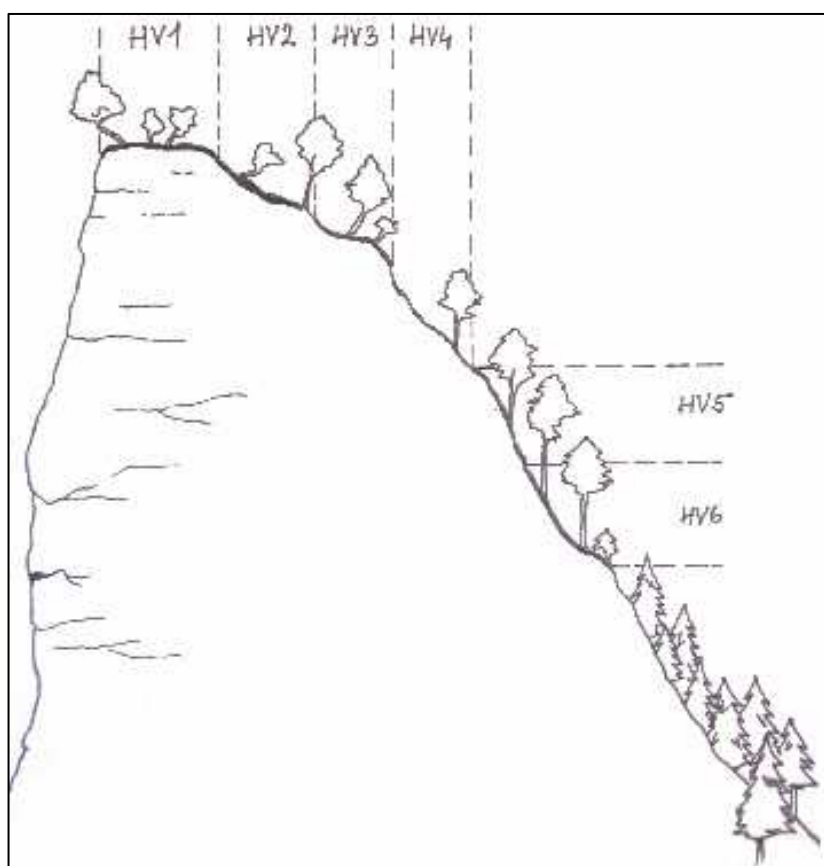
- Plocha **B1** – rozkládá se na rovině vrcholku skalního výchozu, náleží k ní i přechod mezi plošinou a kolmou stěnou skály a hrana níže položeného hřebítku.
- Plocha **B2** – je plošinka na níže položeném hřebítku, pod plochou B1.
- Plocha **B3** – plošina na nejnižše položeném hřebítku, pod plochou B2.

3.2.2 Honzova vyhlídka

Tato studijní lokalita leží přibližně 2 km severovýchodně od lokality Babylon, 250 m severně od Kramářova kamene (402 m n. m.) na souřadnicích 50°53'03,3'' S a 14° 24'37'' V. Nadmořská výška zde dosahuje max. 463 m n. m. Na této lokalitě bylo založeno 6 pokusných ploch (HV1 – HV6), z nichž 3 mapují

růst na vrcholcích a výběžcích skal, a zbývající 3 popisují růst *P. sylvestris* v různých polohách svahu.

Vrcholky skal, stejně jako na lokalitě Babylon, zaujímají kyselé bory, které snášejí extrémní klimatické podmínky, dle lesní typologie 0Y – roklinový bor. Svahové polohy jsou charakteristické borůvkovými a brusinkovými bory, kde tyto keříky (brusnice brusinka a brusnice borůvka) dosahují místy až 100%ní pokrývnosti v bylinném patře porostu, což má za následek absenci mechového patra a je limitujícím faktorem pro zmlazování borovice lesní. Ve stromovém patře jsou na svazích do porostu nejvíce přimíšeny dub zimní (*Quercus petraea*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*), zřídka i buk lesní (*Fagus sylvatica*). Dle lesní typologie byla tato stanoviště přiřazena do souboru lesních typů 4K až 4Y (kyselá a skeletová bučina). Na svazích nepanují tak extrémní podmínky jako na vrcholcích skal, je zde naopak vlhko a půda je humózní.



Obr. 4: Terénní profil studijních ploch na lokalitě Honzova vyhlídka

- Plocha **HV1** – jsou nejvýše položené skalky, stanoviště s extrémními klimatickými podmínkami (sucho a velká sluneční radiace) a velmi mělkou půdou.
- Plocha **HV2** – navazuje na plochu HV1, je níže položena, bylinné patro tvoří porosty brusnice brusinky (*Vaccinium vitis-idaea*).
- Plocha **HV3** – tvoří ji výběžek skály, který je položen cca o 10 m níže než HV2, v bylinném patře převažuje brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*).
- Plocha **HV4** – je nejvýše položená plocha ležící na horním svahu, v bylinném patře převládá brusnice borůvka.
- Plocha **HV5** – je níže položená plocha navazující na HV4, náleží k hornímu svahu, v bylinném patře převládá brusnice borůvka.
- Plocha **HV6** – leží na středním svahu, je to nejnižší ležící plocha, na které probíhalo měření, v bylinném patře převládá brusnice borůvka a hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*).

Porosty pokrývající dolní svah a hluboké rokle obou studovaných lokalit jsou tvořeny převážně smrkem (*Picea abies*), jenž v některých inverzních polohách roste přirozeně. Borovice lesní v těchto porostech není typická. V nejvyšších polohách skal a na středních svazích se nachází druhy společenstev *Vaccinio – vitis-idaeae*, *Dicrano – Pinetum*, *Ledum palustre – Pinus sylvestris* (Hadincová et al. 1997).

Lokalita	B 123 (H)	HV 123 (H)	HV 456 (S)
m ²	21	6	10
E3	18	19	19
E2	2	9	15
E1	15	29	57
E0	38	13	14
<i>Picea abies</i> 3	0	0	< 1
<i>Pinus strobus</i> 3	0	3	1
<i>Pinus sylvestris</i> 3	18	16	18
<i>Larix decidua</i> 3	0	0	0
<i>Betula pendula</i> 3	0	1	< 1
<i>Quercus petraea</i> 3	0	0	0
<i>Fagus sylvatica</i> 3	0	0	0
<i>Sorbus aucuparia</i> 3	0	0	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i> .3	0	0	0
<i>Picea abies</i> 2	0	0	6
<i>Pinus strobus</i> 2	< 1	0	1
<i>Pinus sylvestris</i> 2	2	9	6
<i>Betula pendula</i> 2	0	0	2
<i>Larix decidua</i> 2	0	0	0
<i>Quercus petraea</i> 2	0	0	0
<i>Salix sp. 2</i>	0	0	0
<i>Avenella flexuosa</i>	0	0	1
<i>Calamagrostis villosa</i>	0	0	0
<i>Calluna vulgaris</i>	12	0	< 1
<i>Dryopteris dillatata</i>	0	0	< 1
<i>Galium sylvaticum</i>	0	0	< 1
<i>Ledum palustre</i>	0	0	0
<i>Molinia arundinacea</i>	0	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i>	0	0	0
<i>Spergula morisonii</i>	0	0	0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0	13	51
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	1	15	4
<i>Betula pendula</i>	0	0	0
<i>Fagus sylvatica</i>	< 1	0	< 1
<i>Larix decidua</i>	0	0	0
<i>Pinus strobus</i>	0	< 1	0
<i>Pinus sylvestris</i>	1	< 1	< 1
<i>Picea abies</i>	0	0	0

Tab.1: Druhové složení a pokryvnost jednotlivých druhů uvedená v % na lokalitách Babylon a Honzova vyhlídka (H – vrcholy skal, S – svahové polohy, 3 – stromové patro, 2 – keřové patro, 1 – bylinné patro, 0 – mechové patro))

Zdroj: Botanický ústav AV ČR

3.2.3 Lokality studující borovici vejmutovku

Na všech lokalitách bylo opět měření prováděno ve dvou pozicích svahu, a to na vrcholcích skal a svahových partiích. Naměřená data pocházejí z let 1997-2006 a byla mi poskytnuta dr. Hadincovou z Botanického ústavu AV ČR pro porovnání růstu s *Pinus sylvestris*. Lokality Sýr a chléb, Hrad a Černá Louže měly vždy tři stanoviště na každé poloze svahu, tj. dohromady 6 stanovišť na svazích a 6 na vršcích. Pro své porovnání s borovicí lesní jsem data rozdělila jen na dvě skupiny: svahy a vršky. Mapa viz kap. 8. Přílohy.

- **Sýr a chléb** – tato lokalita výškově a charakterem svahů odpovídá lokalitě Honzova vyhlídka, porost na horních svazích tvoří borovice lesní (reliktní bor), v podrostu převažují brusnice borůvka a brusnice brusinka. Na vlhkých svazích roste smíšený kulturní les tvořený borovicí lesní, borovicí vejmutovkou, douglaskou a smrkem ztepilým, zmlazování se zde daří, nejlépe však zde prosperuje borovice vejmutovka. Vršky náležejí do SLT 0Y, svahy do 4K .
- **Černá louže** – nachází se v těsné blízkosti lokality Honzova vyhlídka. Výškově tato lokalita odpovídá lokalitě Babylon. Vršky patří do SLT 0Y, svahy jsou 4Y a 5Y(skeletová bučina a skeletová jedlová bučina).
- **Hrad** – vršek i svahy lokality tvoří smíšený les složený z borovice lesní, borovice vejmutovky a smrku ztepilého. Vršky jsou 0M (chudý dubový bor), svahy 5Y a 5K (kyselá jedlová bučina).

3.3 Rozdělení stromů do velikostních kategorií

Na všech devíti plochách (B1-B3, HV1-HV6) jsem měřila roční přírůsty u stromů od 5 cm do 800 cm. Všechny změřené přírůsty stromů jsem pro účely statistického zpracování rozdělila do 6 velikostních kategorií podle jejich skutečné výšky dosažené k roku 2008 (Müllerová 2009), dle Münzbergové et al. (in prep.), která jakožto studovaný objekt použila borovici vejmutovku. Toto rozdělení bylo

použito proto, že by tato data měla být využita k modelování populačního růstu obou borovic prostřednictvím velikostně strukturovaných maticových modelů (Caswell 2000). Číslování kategorií začíná od čísla 2, protože kategorie 1 jsou semenáče, které jsem neměřila, ale číslování kategorií se zachovává pro návaznost na další části projektu.

Velikostní kategorie:

- | | |
|----------------|-----------------|
| 2. 5 - 15 cm | 5. 100 - 200 cm |
| 3. 15 - 50 cm | 6. 200 - 400 cm |
| 4. 50 - 100 cm | 7. 400 - 800 cm |

3.3.1 Měření přírůstů

Jako roční přírůst byla stanovena vzdálenost mezi jednotlivými přesleny (Münzbergová et al., in prep.). Na každém stromě jsem zaznamenala jeho poslední dvanáctileté přirůstání, tedy od roku 1997 včetně do roku 2008. Přírůst z roku 2009 nebyl měřen, jelikož ještě nedokončil svůj růst. Data pro stromy 2. a 3. velikostní kategorie mi byla poskytnuta dr. Hadincovou z Botanického ústavu AV ČR. Měření jsem prováděla vysouvacím metrem (8m).



Obrázek 5: Měření přírůstů vysouvacím metrem.

Celkem bylo změřeno 269 stromů borovice lesní, na nichž bylo hodnoceno 2536 přírůstů a 803 stromů borovice vejmutovky, na kterých bylo celkem hodnoceno 7326 přírůstů.

3.3.2 Výpočet hustoty a velikostního složení přirozeného zmlazení na dvou typech stanovišť

Při zaznamenávání přírůstů na obou lokalitách byly současně změřeny jednotlivé plochy, na kterých měření přírůstů probíhalo, a kde byly změřeny všechny stromy. Výsledkem byla znalost počtu stromů všech velikostních kategorií na všech devíti plochách (B1-B3, HV1-HV6). Z těchto hodnot byl vypočten průměrný počet stromů v každé velikostní kategorii. Všechna data byla posléze standardizována na plochu 100 m².

3.4 Statistické zpracování dat

Primárně byla všechna naměřená data přehledně zpracována do tabulek v programu Microsoft Excel. Každému změřenému stromu bylo v tabulce přiřazeno unikátní číslo, typ lokality, poloha na svahu a číslo plochy, kde byl změřen a jeho skutečná výška a přírůst v jednotlivých sledovaných letech.

K následnému vyhodnocení variability velikosti přírůstů ve vztahu k prostředí a velikostní kategorii a pro porovnání růstu *Pinus sylvestris* a *Pinus strobus* jsem použila program STATISTICA (Statsoft Statistica v7.0.61.0 EN).

3.4.1 Variabilita mezi přírůsty v jednotlivých velikostních kategoriích a na různých stanovištích

Pro testování vlivu velikostní kategorie, lokality a prostředí (stanoviště na vršku skal a na svazích) a vlivu samotného stromu na přírůsty jsem použila obecných lineárních modelů (General Linear Models), přičemž jedinou vysvětlovanou kvantitativní proměnnou byl přírůst a vysvětlujícími faktory byla velikostní kategorie a poloha stromu (vršek, svah). Jelikož na jednom stromu byly měřeny přírůsty z různých roků, předpokládala jsem, že výsledné vlivy velikostní kategorie a polohy

stromu bude zkreslovat i samotný vliv stromu, tedy jeho výška, použila jsem na začátku analýzy kód stromu (každý strom má svůj unikátní) jako kontinuální prediktor.

Pro podrobné porovnání přírůstů mezi polohami a velikostními kategoriemi stromů jsem použila metodu mnohonásobného porovnání - Tukeyův HSD test.

Ve všech případech za statisticky průkaznou hladinu významnosti považuji $\alpha = 0,05$.

K vizualizaci všech výsledků byly použity krabicové grafy, tzv. boxplots, z nichž lze odečíst průměrnou hodnotu, standardní chybu a směrodatnou odchylku přírůstků.

3.4.2 Variabilita přírůstů v jednotlivých letech mezi lokalitami

Ke statistickému vyhodnocení variability v přírůstech ve sledovaných letech 1997 - 2008 byly použity jako v předchozím případě obecné lineární modely (General Linear Models). Závislou proměnnou byl přírůst, kategoriálním prediktorem byla velikostní kategorie a poloha, jako kontinuální prediktor byl použit rok (tzn. jednotlivé roky, ve kterých byly přírůsty měřeny).

3.4.3 Porovnání růstu borovice lesní a borovice vejmutovky

Pro porovnání přírůstků v jednotlivých velikostních kategoriích mezi *P. strobus* a *P. sylvestris* byly taktéž použity obecné lineární modely. Závislou proměnnou představuje přírůst, kategoriálním prediktorem je velikostní kategorie a druh stromu, jako kontinuální prediktor byl použit kód stromu. Stejně jako u borovice lesní, jsem i u borovice vejmutovky udělala pro porovnání analýzu variability přírůstů v jednotlivých letech.

4. Výsledky

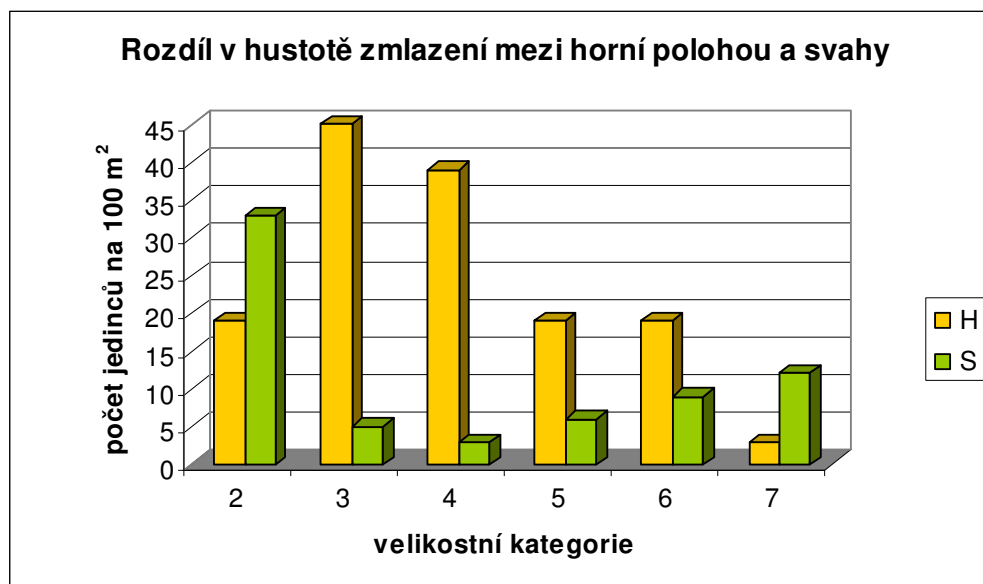
4.1 Hustota a velikostní složení přirozeného zmlazení na dvou typech stanovišť *Pinus sylvestris*

V tab. č. 2 uvádím průměrné hodnoty zmlazení na 100 m² pro všechny velikostní kategorie na obou typech stanovišť (vršky a svahy).

Velikostní kategorie	H	S
2	19	33
3	45	5
4	39	3
5	19	6
6	19	9
7	3	12

Tab. 2: Průměrná hustota zmlazení ve všech velikostních kategoriích na obou typech stanovišť na 100 m² (H – vršky skal, S – svahy)

Pro přehlednost uvádím tyto data v grafu v následujícím obrázku.



Obr. 6: Průměrné hustoty zmlazení všech velikostních kategorií na 100 m² (H – vršky, S – svahy)

Z obr. 6 je patrné, že na svazích je méně zmlazení, zvláště ve vyšších kategoriích, protože semenáče jsou v porostech brusinky a borůvky málo konkurenceschopné a usychají.

4.2 Vliv velikostní kategorie, stanoviště a roku přírůstu na velikost přírůstů *Pinus sylvestris*

4.2.1 Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a stanoviště

K vyhodnocení rozdílů mezi přírůstky v jednotlivých velikostních kategoriích byly použity obecné lineární modely (General Linear Models). Jako závislá proměnná byl použit přírůst, kategoriálním prediktorem byla velikostní kategorie a poloha, jako kontinuální prediktor byl použit kód stromu.

Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Univariate Tests of Significance for prirust (pokusne)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 5,5192:					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	60382,79	1	60382,79	1982,235	0,000000
cisstr	7716,80	1	7716,80	253,326	0,000000
poloha	1042,10	1	1042,10	34,210	0,000000
velkat	20268,09	5	4053,62	133,071	0,000000
poloha*velkat	204,78	5	40,96	1,345	0,242508
Error	76764,17	2520	30,46		

Tab. 3: Závislost velikosti přírůstů na poloze stromu, velikostní kategorii a stromu

Kód stromu byl zadáván jako kontinuální prediktor, aby odfiltroval předpokládaný vliv stromu na růst, výsledkem čehož je čistý vliv velikostní kategorie.

Z tohoto testu vyplývá, že velikosti přírůstů se v jednotlivých kategoriích statisticky průkazně liší, dále je z testu patrné, že jednotlivé stromy opravdu mají statisticky průkazný vliv na velikosti svých přírůstů, tzn. že přírůstky na jednom stromě jsou na sobě závislé. Usuzují tak z hodnoty statistické významnosti α , v tabulce uvedené ve sloupci **p**, v porovnání s mnou stanovenou hladinou významnosti $\alpha = 0,05$.

Jako další možný aspekt mající určitý vliv na přírůst byl otestován vliv lokality, v mém případě poloha stromu na lokalitě a její interakce s velikostní

kategorií. Jako kontinuální prediktor byl opět použit kód stromu, aby ani vliv polohy nebyl zkreslen vlivem jednotlivých stromů na svůj růst.

Stejně jako velikostní kategorie a strom samotný ovlivňuje statisticky průkazně velikost přírůstů i poloha stromu (na svahu nebo na vrcholcích skal), viz tab. 3. Hodnota p nepřekračuje $\alpha = 0,05$. Jako statisticky nevýznamná – nemající vliv se ukázala vzájemná interakce polohy a velikostní kategorie stromu.

Pro konkrétní porovnání přírůstů mezi polohami a velikostními kategoriemi stromů jsem použila mnohonásobné porovnání - Tukeyův HSD test na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. V tomto testu, jehož výsledky vidíme v tab. č. 4, byl porovnán přírůst v šesti velikostních kategoriích na dvou typech poloh – svah a horní poloha.

Tukey HSD test; variable prirust (pokusne)													
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests													
Error: Between MSE = 30,462, df = 2520,0													
poloha	velkat	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}
		3,1136	4,7244	6,0798	10,081	12,979	20,079	2,0286	2,9989	4,7294	7,8600	10,838	15,606
S	2		0,988410	0,465110	0,000018	0,000018	0,000018	0,999671	1,000000	0,977368	0,004763	0,000018	0,000018
S	3	0,988410		0,875123	0,000018	0,000018	0,000018	0,097108	0,376333	1,000000	0,000253	0,000018	0,000018
S	4	0,465110	0,875123		0,000018	0,000018	0,000018	0,000048	0,000037	0,557090	0,078703	0,000018	0,000018
S	5	0,000018	0,000018	0,000018		0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000039	0,854523	0,000018
S	6	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018		0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000020	0,018638
S	7	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018		0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000020
H	2	0,999671	0,097108	0,000048	0,000018	0,000018	0,000018		0,969629	0,009826	0,000018	0,000018	0,000018
H	3	1,000000	0,376333	0,000037	0,000018	0,000018	0,000018	0,969629		0,017273	0,000018	0,000018	0,000018
H	4	0,977368	1,000000	0,557090	0,000018	0,000018	0,000018	0,009826	0,017273		0,000018	0,000018	0,000018
H	5	0,004763	0,000253	0,078703	0,000039	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018		0,000018	0,000018
H	6	0,000018	0,000018	0,000018	0,854523	0,000020	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018		0,000018
H	7	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,018638	0,000020	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	0,000018	

Tab. 4: Tukeyův test – konkrétní porovnání přírůstků dle polohy a velikostní kategorie, (H – vršky skal, S – svahy, velkat – velikostní kategorie)

Popisky ve sloupcích: pozice jednotlivých velikostních kategorií na gradientu prostředí -> {1} = S2, {2} = S3, {3} = S4, ..., {11} = H6, {12} = H7

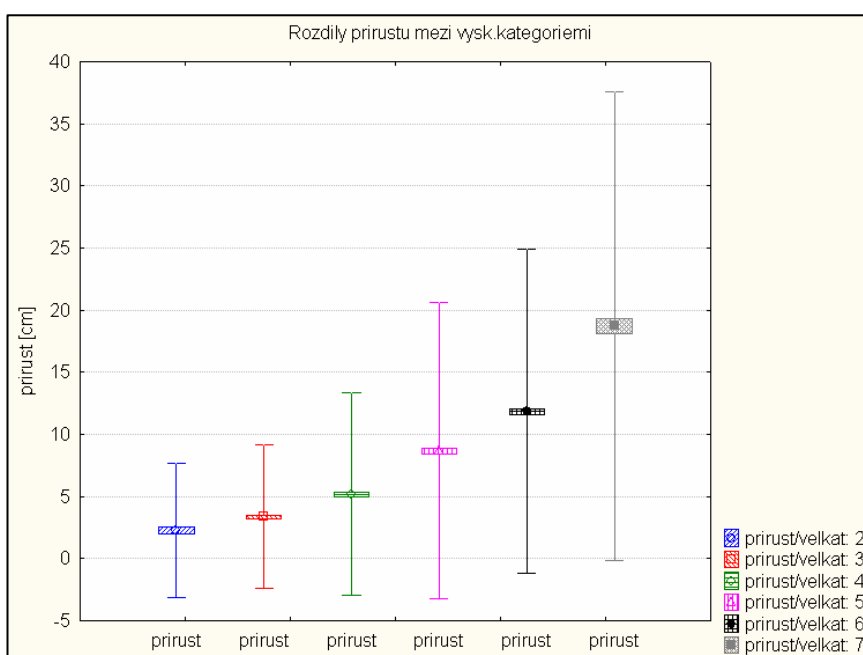
Z tab. č. 4 je patrné toto:

Přírůsty stromů rostoucích na svazích ve velikostních kategoriích 2, 3 a 4 (5 – 100 cm) se statisticky průkazně neliší ($\alpha > 0,05$). Taktéž přírůsty u těchto tří velikostních kategorií (2,3,4) se neliší mezi polohou stromu na svahu a na vršku. Porovnáme-li růst stromů velikostních skupin 2, 3 a 4 v rámci horních částí lokalit, rozdíl v růstu není opět statisticky významný.

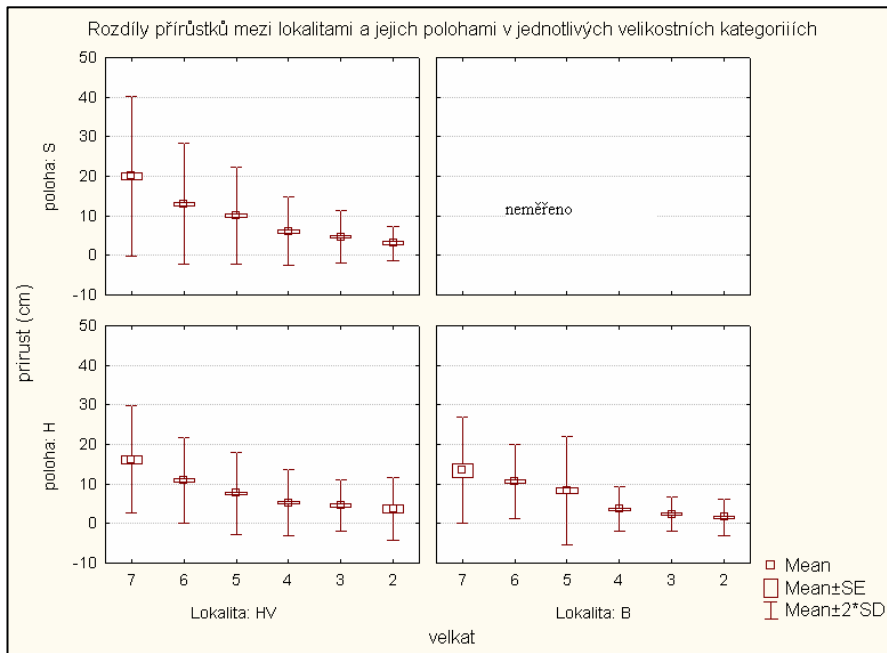
Jako statisticky neprůkazný byl vyhodnocen také rozdíl mezi růstem stromů 2.–4. velikostní kategorie rostoucích na svahu a růstem stromů 4 vel. kat. rostoucích v horních partiích lokalit. Z testu je dále patrný statisticky neprůkazný rozdíl mezi růstem svahových stromů 4. vel. kat. a stromů 5. vel. kat. vrcholových partií. Jako poslední statisticky neprůkazný rozdíl v růstu tabulka uvádí růst svahových stromů od 100 – 200 cm (5. vel. kat) a stromů vršků 6. velikostní kategorie (200 – 400 cm).

Na základě výsledků Tukeyova testu lze zjednodušeně říci, že stromy velikostních kategorií 2, 3 a 4 (5 – 100 cm) se ve svých přírůstech mezi jednotlivými polohami statisticky průkazně neliší. Další podobnosti v růstu stromů v rámci tabulky jsou spíše ojedinělé.

Grafická vyjádření vztahu přírůstů a velikostních kategorií jsou znázorněna na obr. 7-9.

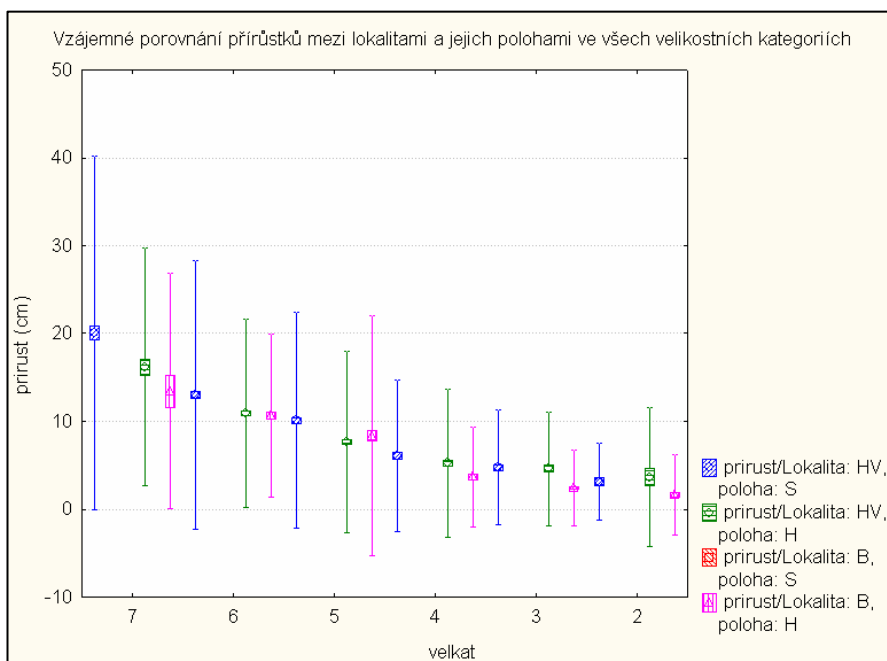


Obr. 7: Grafické znázornění rozdílů v přírůstech jednotlivých velikostních kategorií (velkat – velikostní kategorie, plný čtverec-průměr, šrafované pole-směrodatná odchylka, max. rozpětí-standardní chyba)



Obr. 8: Porovnání přírůstků u všech velikostních kategorií v obou polohách a lokalitách (poloha H – horní části skal, poloha S – plochy na svahu, HV – Honzova vyhlídka, B - Babylon)

Velikostní kategorie jsou v grafech označeny zkratkou „velkat“, na ose y je uveden roční přírůstek v cm. Přírůst je v grafu charakterizován jednak jako průměr (Mean), jeho směrodatná odchylka (Mean + -2*SD) a standardní chyba (Mean +/- SE).



Obr. 9: Celkové porovnání přírůstků u všech velikostních kat. v obou polohách a lokalitách (HV – Honzova vyhlídka, B – Babylon, H – horní polohy, S – svahy, plný čtverec-průměr, šrafované pole-směrodatná odchylka, max. rozpětí-standardní chyba)

Z obrázků č. 7-9 je patrný nejnižší roční přírůst, který dosahují stromy ve 2. velikostní kategorii (5-15 cm), nejvyšších průměrných přírůstů dosahují stromy v 7. vel. kat. (400 – 800 cm).

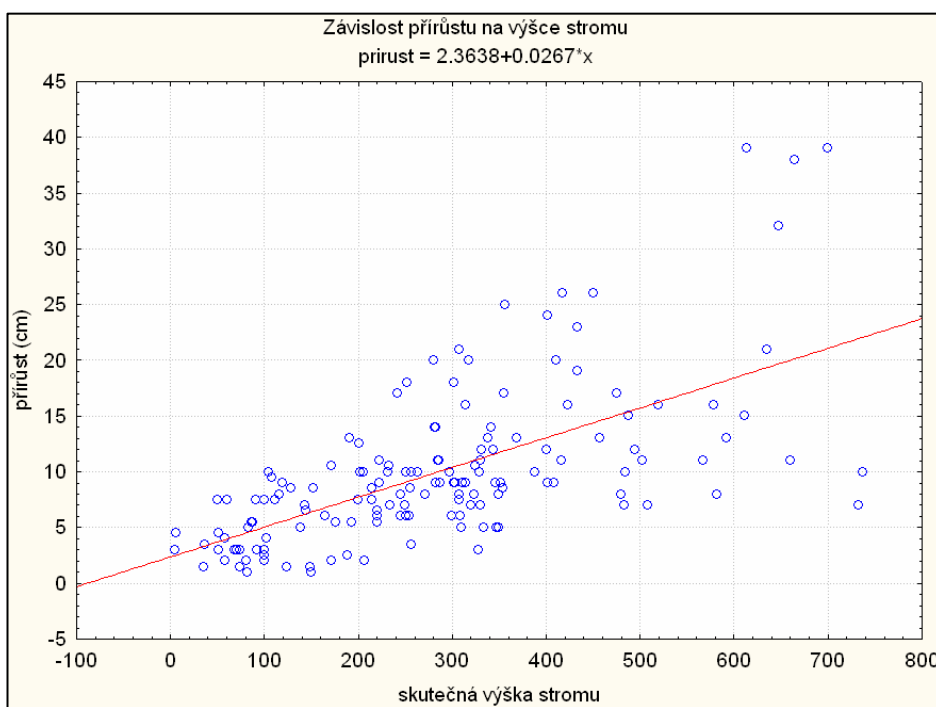
Obecně je možno říci, že se vzrůstající velikostní kategorií vzrůstá i roční výškový přírůst na obou sledovaných lokalitách v horní i svahové poloze. Dále je z grafu patrné, že z obou poloh a lokalit se nejlépe daří stromům na Honzově vyhlídce v poloze na svahu.

4.2.2 Závislost velikosti přírůstů na výšce stromů

Z výstupu z testu na obr. č. 10 je zřejmé, že lineární závislost přírůstu na výšce stromu je statisticky průkazná, výška stromu vysvětluje 40% variability přírůstů.

Multiple Regression Results			
Dependent: <code>prirust</code>	Multiple R = <code>.63155032</code>	F = <code>100.1877</code>	
	R2 = <code>.39885581</code>	df = <code>1,151</code>	
No. of cases: <code>153</code>	adjusted R2 = <code>.39487472</code>	p = <code>.000000</code>	
	Standard error of estimate: <code>5.401013726</code>		
Intercept: <code>2.363815877</code>	Std. Error: <code>.8747755</code>	t(<code>151</code>) = <code>2.7022</code>	p = <code>.0077</code>
<code>vyska_skutecn b* = .632</code>			

Obr. 10: Výsledek regresní analýzy závislosti přírůstů na výšce stromu (R2 - % vysvětlené variability)



Obr. 11: Graf znázorňující průběh závislosti přírůstu na výšce stromu

4.2.3 Variabilita přírůstů v jednotlivých letech pokusu

K vyhodnocení variability v přírůstech ve sledovaných letech 1997 - 2008 byly použity jako v předchozím případě obecné lineární modely (General Linear Models). Závislou proměnnou byl přírůst, kategoriálním prediktorem byla velikostní kategorie a poloha, jako kontinuální prediktor byl použit rok (tzn. jednotlivé roky, ve kterých byly přírůsty měřeny).

Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulce č. 5.

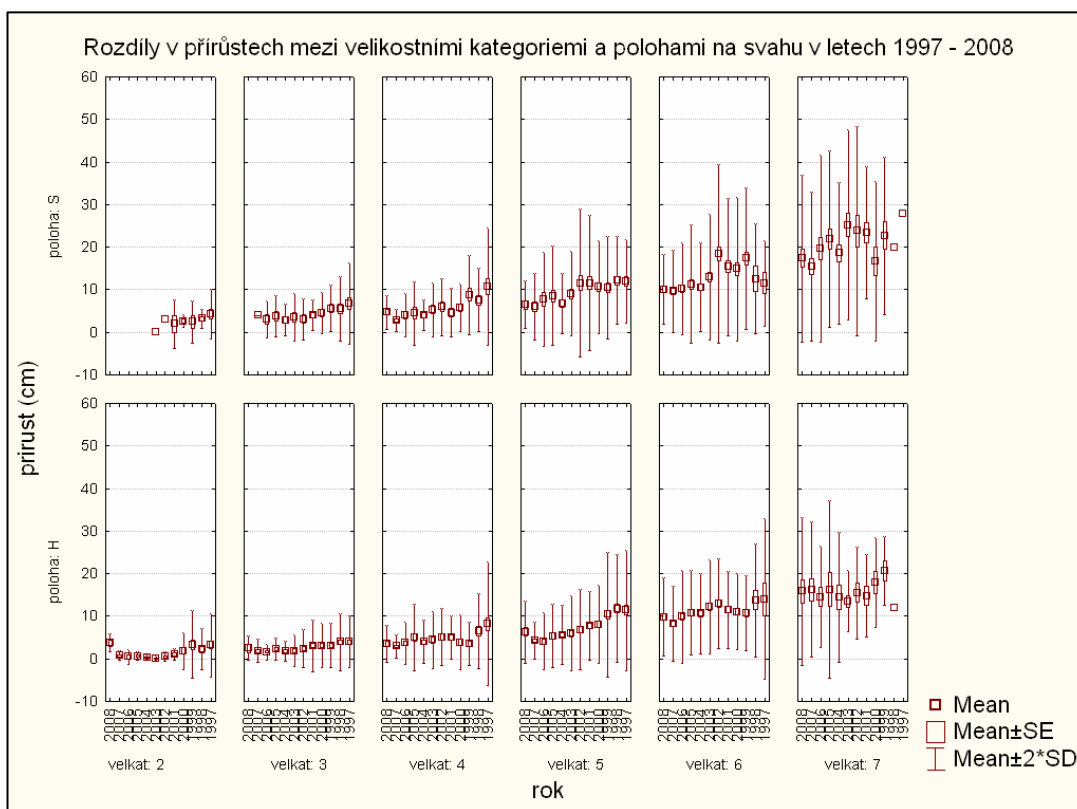
Univariate Tests of Significance for prirust (pokusne) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 5,5812!					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8334,75	1	8334,753	267,5651	0,00
poloha	2315,90	1	2315,898	74,3457	0,00
rok	6156,91	1	6156,905	197,6511	0,00
velkat	45938,49	5	9187,698	294,9466	0,00
Error	78654,70	2525	31,150		

Tab. 5: Vliv jednotlivých měřených let na přírůst v jednotlivých vel. kategoriích a polohách

Dle hodnoty p , která je nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ usuzují, že poloha na gradientu prostředí, rok vzniku přírůstu a velikostní kategorie mají statisticky průkazný vliv na velikost přírůstu.

Grafické vyjádření závislosti přírůstů všech velikostních kategorií na roku měření, poloze a velikostní kategorii jsou znázorněna na obr. 12.

Přírůst je v grafu charakterizován jednak jako průměr (Mean), jeho směrodatná odchylka (Mean + -2*SD) a standardní chyba (Mean +-SE).



Obr. 12: Rozdíly v přírůstech mezi polohami v jednotlivých vel. kategoriích v letech 1997 – 2008 (velkat – velikostní kategorie, poloha H – horní části skal, poloha S – plochy na svahu)

Obrázek č. 12 ukazuje podrobně roční přírůsty v jednotlivých velikostních kategoriích. Sestupnou tendenci vykazují velikostní kategorie 4 a 5. U 6. a 7. velikostní kategorie v horní poloze žádný výrazný trend nepozorují, pouze ve svahové poloze je patrná kulminace přírůstání v roce 2002.

4.3 Vliv velikostní kategorie, stanoviště a roku na velikost přírůstů *Pinus strobus*

K vyhodnocení variability v přírůstech u borovice vejmutovky ve sledovaných letech 1997 - 2006 bylo použita stejná statistická analýza jako u borovice lesní. Závislou proměnnou byl přírůst, kategoriálním prediktorem byla velikostní kategorie a poloha, jako kontinuální prediktor byl použit rok (tzn. jednotlivé roky, ve kterých byly přírůsty měřeny).

Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Univariate Tests of Significance for prirust (pinus_strobus_data) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 9.787862					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	75748.9	1	75748.9	790.679	0.000000
poloha	4036.5	1	4036.5	42.134	0.000000
rok	91949.8	1	91949.8	959.788	0.000000
velkat	524507.0	5	104901.4	1094.978	0.000000
Error	701080.9	7318	95.8		

Tab. 6: Vliv jednotlivých měřených let na přírůst v jednotlivých vel. kategoriích u *Pinus strobus*

Dle hodnoty p v posledním sloupci tabulek, která je nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ usuzují, že se přírůsty meziročně statisticky významně liší. Obr. 15 ukazuje, že i na přírůst *P. strobus* má tedy prokazatelný vliv rok, poloha a velikostní kategorie.

4.4 Rozdíly v růstu mezi *Pinus sylvestris* a *Pinus strobus*

4.4.1 Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a stanoviště mezi *P. sylvestris* a *P. strobus*

Variabilita mezi přírůstky v jednotlivých velikostních kategoriích mezi *P. strobus* a *P. sylvestris* byla vyhodnocena vícefaktorovou analýzou variance s použitím obecných lineárních modelů (General Linear Models). Závislou proměnnou představuje přírůst, kategoriálním prediktorem je velikostní kategorie a druh stromu, jako kontinuální prediktor byl použit kód stromu.

Výsledky statistické analýzy jsou uvedeny v tabulkách č. 6 a 7.

Univariate Tests of Significance for prirust (sylvestris_vs_strobus) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 9.466509					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	209966.0	1	209966.0	2342.983	0.000000
cisstr	2541.1	1	2541.1	28.356	0.000000
druh	12430.7	1	12430.7	138.712	0.000000
velkat	253223.9	5	50644.8	565.139	0.000000
druh*velkat	15731.7	5	3146.3	35.110	0.000000
Error	882347.4	9846	89.6		

Tab. 7: Závislost přírůstů na druhu a velikostní kategorii stromu a jejich interakci

Tímto testováním jsem prokázala, že se průměrné přírůsty mezi borovicí lesní a vejmutovkou v jednotlivých velikostních kategoriích statisticky významně liší. Z obr. č. 13 je patrné, že borovice vejmutovka přirůstá rychleji ve všech velikostních kategoriích.

Přírůsty jsou ve všech grafech opět charakterizovány jednak jako průměr (Mean), jeho směrodatná odchylka (Mean + -2*SD) a standardní chyba (Mean +- SE).

Univariate Tests of Significance for prirust (sylvestris_vs_strobus) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition; Std. Error of Estimate: 9.430357					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	196719.8	1	196719.8	2212.034	0.000000
cisstr	1745.3	1	1745.3	19.625	0.000010
druh	12135.0	1	12135.0	136.453	0.000000
poloha	2153.3	1	2153.3	24.213	0.000001
velkat	203417.6	5	40683.5	457.470	0.000000
druh*poloha	80.1	1	80.1	0.901	0.342499
druh*velkat	16234.5	5	3246.9	36.510	0.000000
poloha*velkat	818.0	5	163.6	1.840	0.101519
druh*poloha*velkat	98.4	5	19.7	0.221	0.953563
Error	874553.8	9834	88.9		

Tab. 8: Závislost přírůstů na interakci několika faktorů (velkat – velikostní kategorie)

Vícefaktorovou analýzou jsem otestovala závislosti přírůstání na interakci několika faktorů, a to druhu, polohy a velikostní kategorie.

Dle hodnoty p u faktoru poloha, která je nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ usuzuji, že se přírůsty statisticky významně liší. Obr. č. 14 ukazuje, že borovice vejmutovka přirůstá rychleji na horních polohách i na svahu.

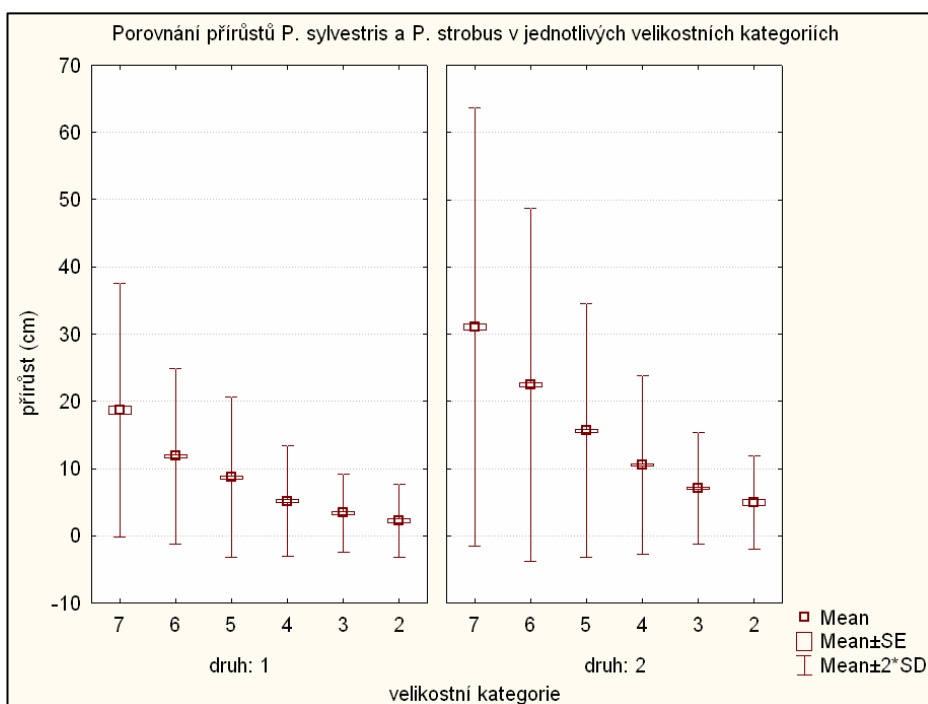
Testování interakcí nám říká, jakým způsobem jsou na sebe faktory vázány, tzn. jestli jeden faktor posiluje vliv druhého faktoru. Interakce druh*poloha existuje s pravděpodobností $p > 0,05$, tudíž je tato interakce statisticky nevýznamná.

Další testovanou interakcí byla interakce druh*velkat. Dle hodnoty p u vlivu interakce druh*velkat, která je nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ usuzuji, že vliv této interakce na růst je statisticky významný.

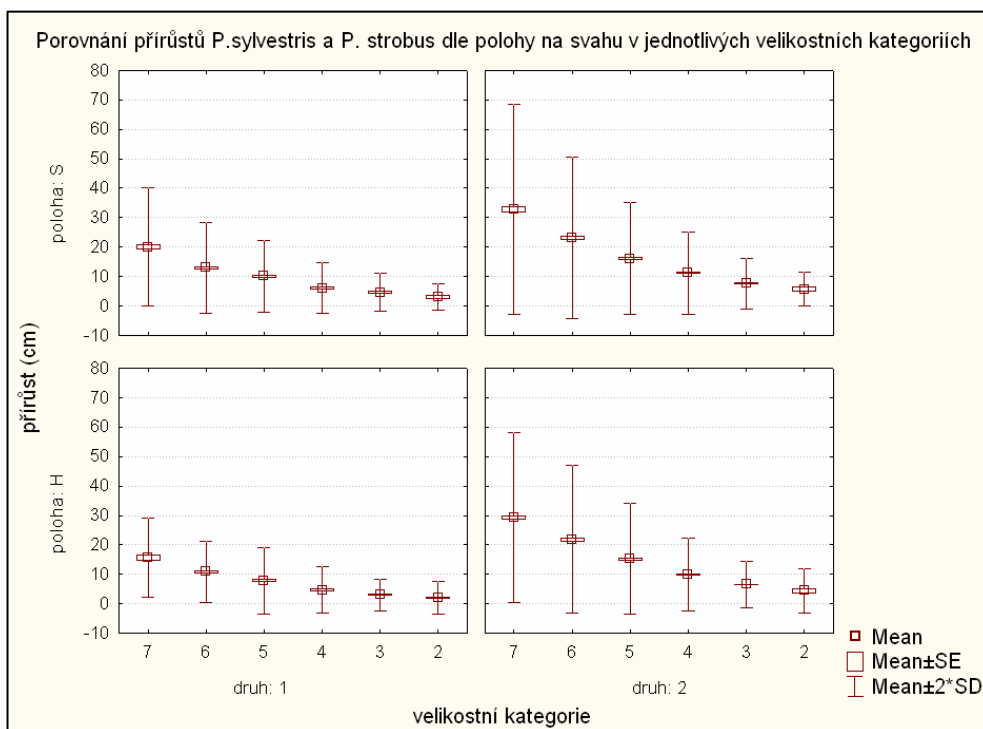
Test vzájemné interakce vlivů poloha*velkat řeší vzájemnou provázanost faktorů poloha a velikostní kategorie. Na základě hodnoty p , která je vyšší než mnou zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$, usuzuji, že vliv této interakce je statisticky nevýznamný.

Poslední - trojnásobná interakce vlivů druh*poloha*velkat působí s pravděpodobností $p > 0,05$, je tudíž statisticky nevýznamná.

Grafická znázornění variability v přírůstech mezi *P. sylvestris* a *P. strobus* v jednotlivých velikostních kategoriích jsou uvedena na obr. 13 a 14.



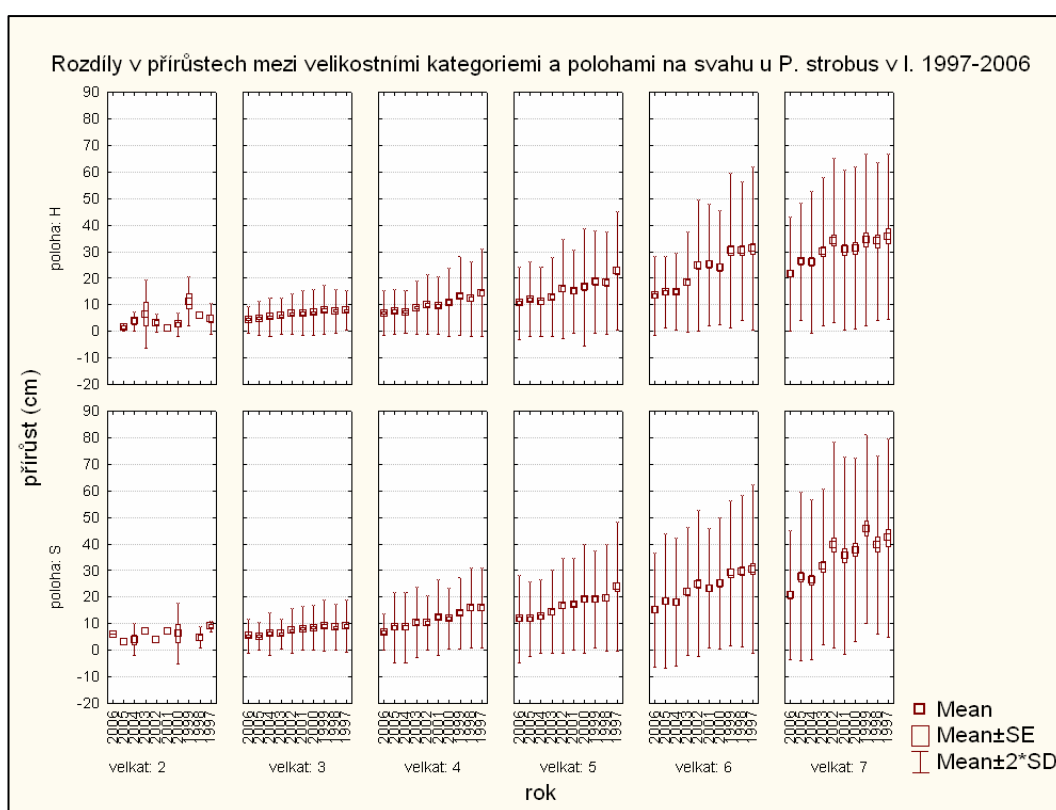
Obr. 13: Grafické znázornění rozdílu v přírůstcích mezi druhy *P. sylvestris* a *P. strobus* v jednotlivých velikostních kategoriích (druh 1 – *P. sylvestris*, druh 2 – *P. strobus*)



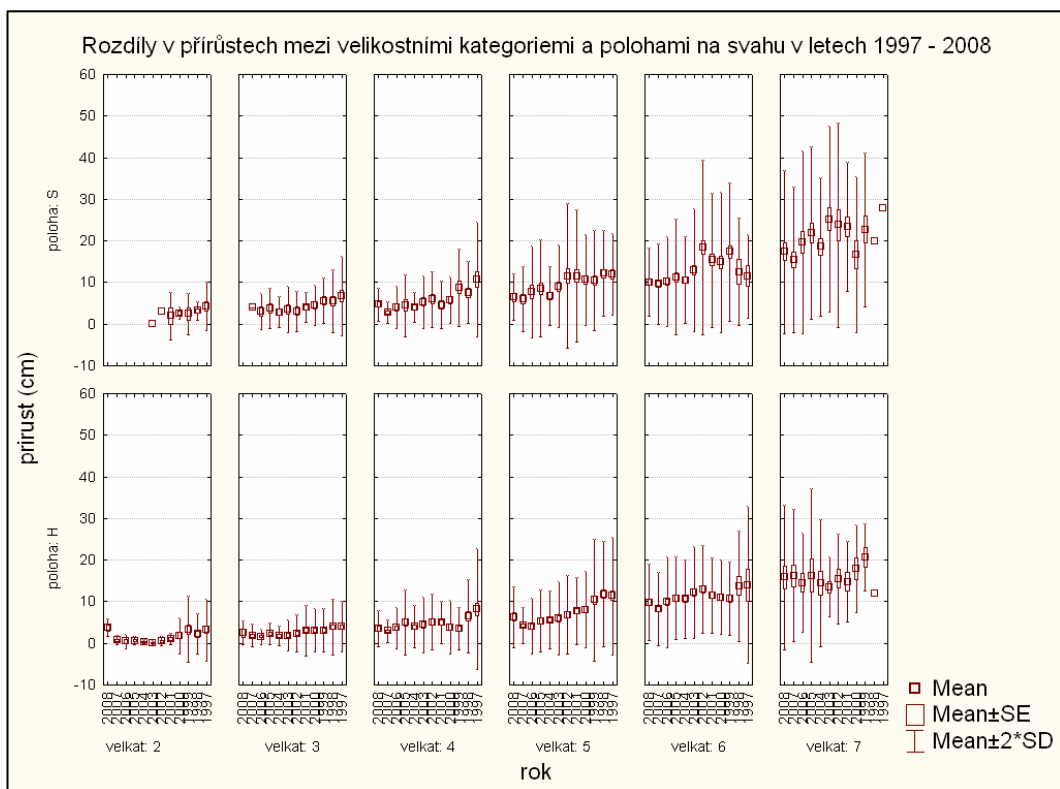
Obr. 14: Grafické znázornění rozdílu v přírůstcích mezi *P. sylvestris* a *P. strobus* na dvou polohách v jednotlivých velikostních kategoriích (H – vršky, S – svah, druh 1 – *P. sylvestris*, druh 2 – *P. strobus*)

4.4.2 Variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a polohy mezi *P. sylvestris* a *P. strobus*

Grafická vyjádření porovnání přírůstů všech velikostních kategorií na roku měření mezi *Pinus sylvestris* a *Pinus strobus* jsou znázorněna na následujícím obr. 15 (hodnoty pro *Pinus strobus*) a obr. 15 (hodnoty pro *Pinus sylvestris* uvádím pro snazší porovnání opakovaně.



Obr. 15: Rozdíly v přírůstech mezi polohami v jednotlivých vel. kategoriích v letech 1997–2006 u *Pinus strobus* (velkat – velikostní kategorie, poloha H – horní části skal, poloha S – plochy na svahu)



Obr. 12: Rozdíly v přírůstcích mezi polohami v jednotlivých vel. kategoriích v letech 1997-2008 u *Pinus sylvestris* (velkat – velikostní kategorie, poloha H – horní části skal, poloha S – plochy na svahu)

5. Diskuse

Jaký je rozdíl v hustotě a velikostním složení přirozeného zmlazení mezi dvěma polohami na gradientu prostředí?

Borovice je schopna zmlazovat na nejrůznějších volných plochách - ve štěrbinách holých skal, devastovaných lesích nebo po požárech. Jak uvádí Hadincová et al. (2007) in Härtel et al. (2007), Mácová (2008) a Musil et Hamerník (2008), nejúspěšnější obnova borovice lesní však vzniká na holých, nebo jen mírně zastíněných plochách s odkrytou minerální půdou bez souvislé vrstvy surového humusu. Tomuto odpovídají i zjištěné rozdíly v přirůstání mezi horními polohami skal – extrémním stanovištěm, kde zmlazování je limitováno nedostatkem vláhy a vlhkými humózními svahy, které jsou charakteristické vysokou mírou pokryvnosti keřků brusnice borůvky a brusnice brusinky, což je zde pro zmlazování limitujícím faktorem (viz tabulka č. 2 a obrázek č. 6).

V horních polohách se dle mého předpokladu daří zmlazování lépe, nejvyšších hustot (39 – 45 jedinců/100 m²) zde dosahují stromky o velikosti 15 – 100 cm (3. a 4. velikostní kategorie). Na svazích se nejvíce (33 jedinců/100 m²) nachází stromky 2. velikostní kategorie (5 – 15 cm), vyšší velikostní kategorie zde výrazně nepřekračují hodnotu 10ti jedinců/100 m². Tato čísla potvrzují údaje, které zmiňuje Pichon-Cochard et al. (2006), který zkoumal vliv vegetace na růst semenáčků *Pinus sylvestris* a dospěl k závěru, že množství vegetace výrazně negativně ovlivňuje růst a výšku semenáčků (má za následek až 85%ní pokles počtu jedinců).

Jaké je variabilita přírůstů dle velikostní kategorie a polohy?

Statistická analýza potvrdila předpoklad, že velikostní kategorie, strom samotný a poloha stromu (na svahu nebo na vrcholcích skal) statisticky průkazně ovlivňují velikost přírůstů na hladině významnosti $\alpha > 0,05$ (tabulka č. 2 a 3). To odpovídá výsledkům Müllerové (2009), která potvrdila statisticky významný vliv těchto faktorů na růst juvenilních stádií smrku ztepilého a Münzbergové et al. (in prep.), která uvádí stejné závěry při studiu borovice vejmutovky.

Na obrázcích č. 5-7 je patrný nejnižší roční přírůst, kterého dosahují stromy ve 2. velikostní kategorii (5-15 cm), nejvyšších průměrných přírůstů dosahují stromy

v 7. velikostní kategorii (400 – 800 cm). Se vzrůstající velikostí kategorií roste i výškový přírůst na obou lokalitách v horní i svahové poloze. Nejvyšších průměrných přírůstů v jednotlivých velikostních kategoriích je dosahováno v poloze na svahu, kde nepanují extrémní klimatické podmínky. Toto platí i v případě borovice vejmutovky (Münzbergová et al., in prep.).

Tukeyův HSD test (viz tabulka č. 4), který jsem použila pro konkrétní porovnání přírůstů mezi polohami a velikostními kategoriemi stromů poukazuje na to, že stromy velikostních kategorií 2, 3 a 4 (5 – 100 cm) se ve svých přírůstech mezi polohami statisticky průkazně neliší. Z tohoto důvodu by pro budoucí modelování populačního růstu *Pinus sylvestris* pomocí velikostně strukturovaných maticových modelů bylo možno uvažovat o sloučení těchto kategorií do jedné velikostní kategorie a zjednodušit tak modely na méně přechodových intervalů (Caswell 2000).

Jaká je závislost velikosti přírůstů na výšce stromů?

Dle mých výsledků se je vliv výšky stromu na velikost přírůstů statisticky průkazný. Velikostní kategorie se na vysvětlení variability přírůstů prostřednictvím lineární regrese podílí 40%ní měrou (obrázek č. 10 a 11). Müllerová (2009) ve své práci uvádí přímou závislost velikosti přírůstů na výšce stromů v mladém náletu smrku ztepilého, která je danou funkcí vysvětlena z 42%, ve studii Münzbergové et al. (in prep.) je tato závislost u růstu borovice vejmutovky vyčíslena 26ti procenty.

Protože jde o měření náletových stromů, je závislost víceméně lineární (Musil et Hamerník 2008), u starších stromů dochází k poklesu výškových přírůstů a vztah už dále lineární není (Mynář 2006). V lesnické praxi se obvykle porovnává vztah věku a přírůstu (Musil et Hamerník 2008; ÚHÚL 2010), ale pro modelování vývoje populace stromů se to neukázalo vždy jako vhodné, protože stromy zmlazují v podrostu, kde jsou často v růstu potlačovány a tudíž to, zda budou plodit nebo ne, není dáno jejich věkem (i staré stromy mohou být zakrské), ale právě výškou. Tedy zda se jim nejprve podařilo překonat konkurenci podrostu a dále zda nejsou příliš potlačovány korunovými stromy (Harper 1977).

Jak se liší variabilita přírůstů v jednotlivých letech pokusu mezi lokalitami?

Dle hodnoty p (viz tabulka č. 5), která je nižší než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$ usuzují, že i rok má průkazný vliv na velikost přírůstu na obou lokalitách ve všech velikostních kategoriích. Tuto reakci zaznamenala pro *Pinus sylvestris* a *Pinus strobus* v oblasti Labských pískovců i Mácová 2008, pro smrk Müllerová (2009) a pro *Pinus strobus* Münzbergová et al. (in prep.).

Na obrázku č. 12 jsou podrobně znázorněny roční přírůsty v jednotlivých velikostních kategoriích v letech 1997-2008. Sestupnou tendenci vykazují velikostní kategorie 4 a 5 na obou stanovištích. U 6. a 7. velikostní kategorie v horní poloze žádný výrazný trend nepozorují, pouze ve svahové poloze je patrná kulminace přírůstání v roce 2002.

Velikost ročního přírůstu je tedy závislá na množství sluneční radiace a srážek v daném roce růstu (Mácová 2008; Müllerová 2009). Münzbergová et al (in prep.) např. uvádí, že rok vysvětluje 9% variability růstu u borovice vejmutovky. Dle mých výsledků a výsledků výše uvedených autorek se tento podíl vysvětlené variability liší podle sledovaného druhu, neboť každý druh má jiné ekologické nároky, například borovice lesní má specifitější požadavky na sluneční záření než borovice vejmutovka, a borovice vejmutovka zase dokáže k růstu lépe využít dešťových srážek (Hadincová et al. 1997; Mácová 2001) díky své kořenové architektuře (Rundel et Yoder 1998 in Mácová 2008).

Jak se liší variabilita přírůstů dle velikostní kategorie, polohy a roku mezi *Pinus sylvestris* a *Pinus strobus*?

Oba studované druhy jsou vysoce tolerantní vůči stresu, ale rozdílně citlivé ke klimatickým extrémům. V pískovcových oblastech se u obou druhů projevují specifické reakce na mikrostanovištní podmínky (Mácová 2008).

Statistickým testováním (viz tabulka č. 7) jsem prokázala, že se průměrné přírůsty mezi borovicí lesní a vejmutovkou v jednotlivých velikostních kategoriích statisticky významně liší. Z obr. č. 13 a 14 je patrné, že borovice vejmutovka předrůstá znatelně rychleji borovici lesní až od 4. velikostní kategorie v obou polohách. Je zajímavé, že u vejmutovky se příliš viditelně neliší přírůsty v horních

polohách od přírůstů na svazích, jak je tomu u borovice lesní, nicméně statistická analýza vyhodnotila rozdíl v růstu mezi vršky a svahy u vejmutovky jako statisticky významný (viz tabulka č. 8). Podobná data z porovnání růstu smrku ztepilého a vejmutovky uvádí Müllerová (2009), z jejíchž výsledků vyplývá, že vejmutovka předrůstá smrk ve všech velikostních kategoriích do výšky 4 m.

Stejně jako na růst borovice lesní, i na růst borovice vejmutovky má statisticky významný vliv rok (vlhký/suchý) (viz tabulka č. 6). Z abiotických faktorů vlhkost označuje Weber et al. (2007) za nejvýznamnější vliv na roční velikost přírůstů u borovice lesní, Müllerová (2009) uvádí tentýž vliv jako klíčový pro růst náletů smrku ztepilého.

U borovice vejmutovky je patrný klesající trend přírůstů napříč všemi velikostními kategoriemi na všech gradientech prostředí (Münzbergová et al., in prep.), což je dobře vidět na obrázku č. 15, zatímco u borovice lesní je tento trend prokazatelný jen v 2. – 5. velikostní kategorii (viz obrázek č. 12). Celkově se ale dá říci, že poslední desetiletí je nepříznivé pro výškový růst obou druhů, bez ohledu na stanoviště a věkovou kategorii.

Jestliže je snižování přírůstů odpovědí na sušší klima, podporuje to tvrzení Mácové (2008), která shledala invazní borovici vejmutovku rostoucí na pískovcích mnohem citlivější na nedostatek vláhy (přestože s vodní zásobou dokáže lépe hospodařit) oproti domácí borovici lesní. To by mohlo vysvětlovat výrazně slabší trend snižování přírůstů za posledních 10 let u borovice lesní na rozdíl od borovice vejmutovky.

Mácová (2001) rovněž studovala konkurenční chování borovice lesní a borovice vejmutovky na jednom stanovišti - ve chvíli, kdy vejmutovka předroste borovici lesní, borovice lesní značně zpomalí svůj růst díky své vysoké afinitě k slunečnímu záření. Borovice vejmutovka jakožto nepůvodní druh v zapojeném porostu negativně ovlivňuje přirozenou obnovu lesa, posléze i růst velkých stromů.

6. Závěr

Tato diplomová práce popisuje růstovou dynamiku borovice lesní na dvou typech stanovišť v Labských pískovcích. V letech 2009-2010 byla sbírána data na dvou lokalitách, která byla doplněna o již existující růstové údaje borovice lesní. Hodnoceny byly meziroční přírůsty za posledních 12 let jednak na extrémních skalnatých stanovištích na vrcholech a hranách skal, jednak na humóznějších svazích s borůvkovými bory. Mezi těmito dvěma stanovišti byl také porovnán rozdíl v hustotě a velikostním složení přirozeného zmlazení.

Z výsledků je patrné, že rozdíl v hustotě zmlazení mezi horní polohou a svahy je signifikantní. Obecně lépe zmlazují stromy na vršcích skal, zmlazení ve 3. a 4. velikostní kategorii (50-100cm) se zde daří nejlépe – maximální hustota zmlazení je 40-45 jedinců/100m², jedinců ostatních velikostních kategorií je na vršcích v průměru 15/100m². Na svazích nejlépe prospívají stromky 2. velikostní kategorie (5-15cm) s hustotou 19 jedinců/100m², ostatní velikostní kategorie zde nepřekračují hustotu 12 jedinců/100m².

Velikost přírůstů na hladině významnosti $\alpha > 0,05$ statisticky průkazně ovlivňuje velikostní kategorie, poloha (svah, vršek) a rok. Na všech stanovištích u obou lokalit se velikost přírůstů zvětšuje s rostoucí výškou stromu, proto nejnižších přírůstů dosahují stromy 2. velikostní kategorie a nejvyšších stromy 7. velikostní kategorie. Lineární závislost velikosti přírůstu na velikosti stromu vysvětluje 40% variability přírůstů. Nejvyšších průměrných přírůstů v jednotlivých velikostních kategoriích je dosahováno u 5.-7. velikostní kategorie v poloze na svahu. 2., 3. a 4. velikostní kategorie (5-100cm) se ve svých přírůstech mezi polohami statisticky průkazně neliší. Dle mého měření v letech 1997-2008 vykazují velikostní kategorie 4 a 5 sestupnou tendenci ročního přirůstání na obou stanovištích, u 6. a 7. velikostní kategorie není tento trend tak výrazný, jako u nižších velikostních kategorií.

Na základě statistické analýzy je rozdíl v přirůstání mezi borovicí vejmutovkou a borovicí lesní v jednotlivých velikostních kategoriích statisticky významný, vejmutovka předrůstá borovici lesní ve všech velikostních kategoriích. Nejmarkantnější je tento rozdíl ve vyšších velikostních kategoriích, kdy je rozdíl v ročních průměrných přírůstcích i přes 10 cm. Z porovnání růstu mezi vejmutovkou a borovicí lesní za posledních 10 let je evidentní, že vejmutovka sleduje obdobný

trend ve zmenšování přírůstů jako borovice lesní, s tím rozdílem, že u vejmutovky je tato klesající tendence patrná napříč všemi velikostními kategoriemi na všech gradientech prostředí.

Na základě těchto poznatků je nasnadě vyvodit závěr, že zmlazování borovice lesní se daří lépe na vršcích skal, kde je konkurenčně slabší prostředí, než na svazích, avšak na svazích díky vlhčímu a humóznějšímu substrátu přirůstá borovice lesní rychleji než na vršcích skal, kde panují extrémní klimatické podmínky. V porovnání s borovicí vejmutovkou je borovice lesní konkurenčně slabší na obou studovaných polohách. Z těchto výsledků bude moci čerpat další výzkum, který bude popisovat životní cyklus borovice lesní pomocí populačních projekčních matic, což by mohlo v budoucnu pomoci v objasňování faktorů působících na vzájemnou konkurenci borovice lesní a vejmutovky v Labských pískovcích, které nebyly doposud úplně vysvětleny.

7. Literatura a použité zdroje

ABRAHAM, V. (2006): *Přirozená vegetace a její změny v důsledku kolonizace a lesnického hospodaření v Českém Švýcarsku*. Diplomová práce. Online: <http://botany.natur.cuni.cz/paleo/pdf/Abraham,%202006.pdf>, cit. 1.6. 2010.

CASWELL, H. (2000): *Matrix population models*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.

DIÉGUEZ-ARANDA, U., CASTEDO DORADO, F., GONZÁLES, J. G. A., ALBORECA, A. R. (2006): *Dynamic growth model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations in Galicia (north-western Spain)*. *Ecological Modelling* 191: s. 225-242.

DROZD, J., HÄRTEL, H., KLITSCH, M. (2010): *Péče o lesní ekosystémy v Národním parku České Švýcarsko*. *Ochrana přírody*, 2010/1, s. 18-20.

GUTZEROVÁ, N., HERBEN, T. (2001): *Patch dynamics and local succession in a sandstone area with frequent disturbance*. *Journal of Vegetation Science* 12: s. 533-544.

HADINCOVÁ, V., DOBRÝ, J., HANZÉLYOVÁ, D., HÄRTEL, H., HERBEN, T., KRAHULEC, F., KYNCL, J., MORAVCOVÁ, L., ŠMILAUER, P., ŠMILAUEROVÁ, M. (1997): *Invazní druh *Pinus strobus* v Labských pískovcích*. *Zprávy ČSBS, Materiály* 14: s. 63-80.

HADINCOVÁ, V., KÖHNLEINOVÁ, I., MAREŠOVÁ, J. (2007): *Invasive behaviour of white pine (*Pinus strobus*) in sandstone areas in the Czech Republic*. In: HÄRTEL, H., CÍLEK, V., HERBEN, T., JACKSON, A., WILLIAMS, R. (2007), *Sandstones Landscapes*. Academia, Praha, s. 219-224.

HARPER, J. L. (1977): *Population biology of plants*. Academic Press, London, UK, 892 s.

HÄRTEL, H. (2010): *Klima/ Podnebí NPČŠ, Flóra/ Faktory biodiverzity*. Online: <http://www.npcs.cz/>, cit.: 10. 6. 2010.

HÄRTEL, H., CÍLEK, V., HERBEN, T., JACKSON, A., WILLIAMS, R. (2007): *Sandstones Landscapes*. Academia, Praha, 496 s.

HOLEŠINSKÁ, J., KLITSCH, M., MARKOVÁ, I., NAGEL, R., TRÝZNA, M., VAŘILOVÁ, Z. (2010): *Komplexní monitoring přírodního prostředí na území Národního parku České Švýcarsko*. Ochrana přírody, 2010/2, s. 18-20.

ILLE, D., SCHMIDT, P. (2007): *Zur Ausbreitung und Etablierung der Weymouth-Kiefer (Pinus strobus L.) im Nationalpark Sächsische Schweiz*. Waldökologie online, Heft 5, s. 5 – 23.

CHMELAŘ, J. (1981): *Dendrologie s ekologií lesních dřevin 1. část. Jehličnany*. Vysoká škola zemědělská. Brno, 28 s.

MÁCOVÁ, M. (2001): *Tree-ring analysis of crown competition and climatic sensitivity in Pinus strobus and P. sylvestris in the Elbe River Sandstone Mountains*. Denrochronologia 19, s. 103-113.

MÁCOVÁ, M. (2008): *Dendroclimatological comparison of native Pinus sylvestris and invasive Pinus strobus in different habitats in the Czech Republic*. Preslia 80: s. 277 – 289.

MIKESKA, M., VACEK, S., PRAUSOVÁ, R., SIMON, J., MINX, T., PODRÁZSKÝ, V., MALÍK, V., KOBLIHA, J., ANDĚL, P., MATĚJKA, K. (2008): *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. Lesnická práce, s.r.o., nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy, 448 s.

MUSIL, I., HAMERNÍK, J. (2008): *Jehličnaté dřeviny. Lesnická dendrologie*. Academia, 352 s.

MÜNZBERGOVÁ, Z., HADINCOVÁ, V., WILD, J., KINDLMANNOVÁ, J.: *Spatial and temporal variation in population dynamics of an invasive tree, Pinus strobus*. Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic. Průhonice. Czech Republic. (in prep.)

MÜLLEROVÁ, E. (2009): *Růstová dynamika juvenilních stadií smrku (Picea abies) v údolních polohách NP České Švýcarsko*. Diplomová práce. Dep.: ČZU. Praha.

MYNÁŘ, J. (2006): *Struktura porostu: výšková a tloušťková struktura, hodnocení rozmístění stromů – využití*. Online: http://oryx.mendelu.cz/honza/nop/images/stories/nopka/7/Struktura_porostu.pdf, cit.: 17. 8. 2010.

NAGEL, R., ŠTEFLOVÁ, D. (2009): *Lesy Českého Švýcarska*. Správa Národního parku České Švýcarsko. Krásná Lípa. Leták.

NOŽIČKA, J. (1965): *Zavádění vejmutovky v Českých zemích do r. 1938 (White pine introduction into the Czech countries up to year 1938)*. Práce výzkumného ústavu lesnického ČSSR 31: s. 41-67.

PALAHÍ, M., PUKKALA, T., TRASOBARES, A. (2006): *Modelling the diameter distribution of Pinus sylvestris, Pinus nigra and Pinus halepensis forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function*. Forestry 79/5: s. 553-562.

PATZELT, Z., BELISOVÁ, N., HÄRTEL, H., KOLÁŘOVÁ, K. (2004): *Péče o lesy*. Správa Národního parku České Švýcarsko. Krásná Lípa. Leták.

PATZELT, Z. (2007): *Národní park České Švýcarsko*. Ochrana přírody, 2007/1, s. 2-5.

PICHON – COCHARD, C., COLL, L., BALANDIER, P. (2006): *The role of below – ground competition during early stages of secondary succession: the case of 3 – year – old Scotch pine (Pinus sylvestris L.) seedlings in an abandoned grassland*. Oecologia, 148: s. 373 – 383.

PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J. (2008): *Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů - Douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky*. Zprávy lesnického výzkumu, Svazek 53/1.

POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., BÍLEK, L. (2007a): *Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů*. Lesnická práce, s.r.o., nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy, 316 s.

POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., BÍLEK, L. (2007b): *Pěstování lesů II. Teoretická východiska pěstování lesů*. Lesnická práce, s.r.o., nakladatelství a vydavatelství, Kostelec nad Černými lesy, 463 s.

QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Československá akademie věd - geografický ústav Brno, 73 s.

RUNDEL, P. W., YODER, B. J. (1998): *Ecophysiology of pines*. In: MÁCOVÁ, M. (2008): *Dendroclimatological comparison of native Pinus sylvestris and invasive Pinus strobus in different habitats in the Czech Republic*. Preslia 80: s. 277 – 289.

SMEJKAL, J. (2006): *Výsledky revize lesnické typologie v NP České Švýcarsko. Referát. Problematika lesnické typologie VIII. Seminář FLE ČZU Praha, 18.-19.2006, Kostelec n. Č.l., s. 39-41.*

SOUKUP, F., PEŠKOVÁ, V. LIŠKA, J. (2000): *Odumírání vejmutovky v Labských pískovcích. Lesnická práce 79/6.*

SPRÁVA NPČŠ (2010): *Geologie*. Online: <http://www.npcs.cz/geologie#geologie>, cit.: 10. 6. 2010.

SVOBODA, P. (1953): *Lesní dřeviny a jejich porosty. Část 1.* Praha, Státní zemědělské nakladatelství. 411 s.

ŠINDELÁŘ, J. (2000): *Přirozená obnova lesních porostů v České republice.* Lesnická práce 79/7, s. 296-300.

ŠINDELÁŘ, J. (2004): *Přirozená obnova borovice lesní.* Lesnická práce 83/8.

ÚHÚL (2010): *Růstové tabulky hlavních dřevin České republiky.* Online: http://www.uhul.cz/legislativa/84_96/images/borovice_rustova%20tabulka_2.jpg, cit.: 17. 8. 2010.

VACA, D. (1999): *Národní park České Švýcarsko bude?* Lesnická práce 78/8.

WEBER, P., BUGMANN, H., RIGLING, A. (2007): *Radial growth responses to drought of Pinus sylvestris and Quercus pubescens in an inner-Alpine dry valley.* Journal of Vegetation Science 18/6: s. 777-792.

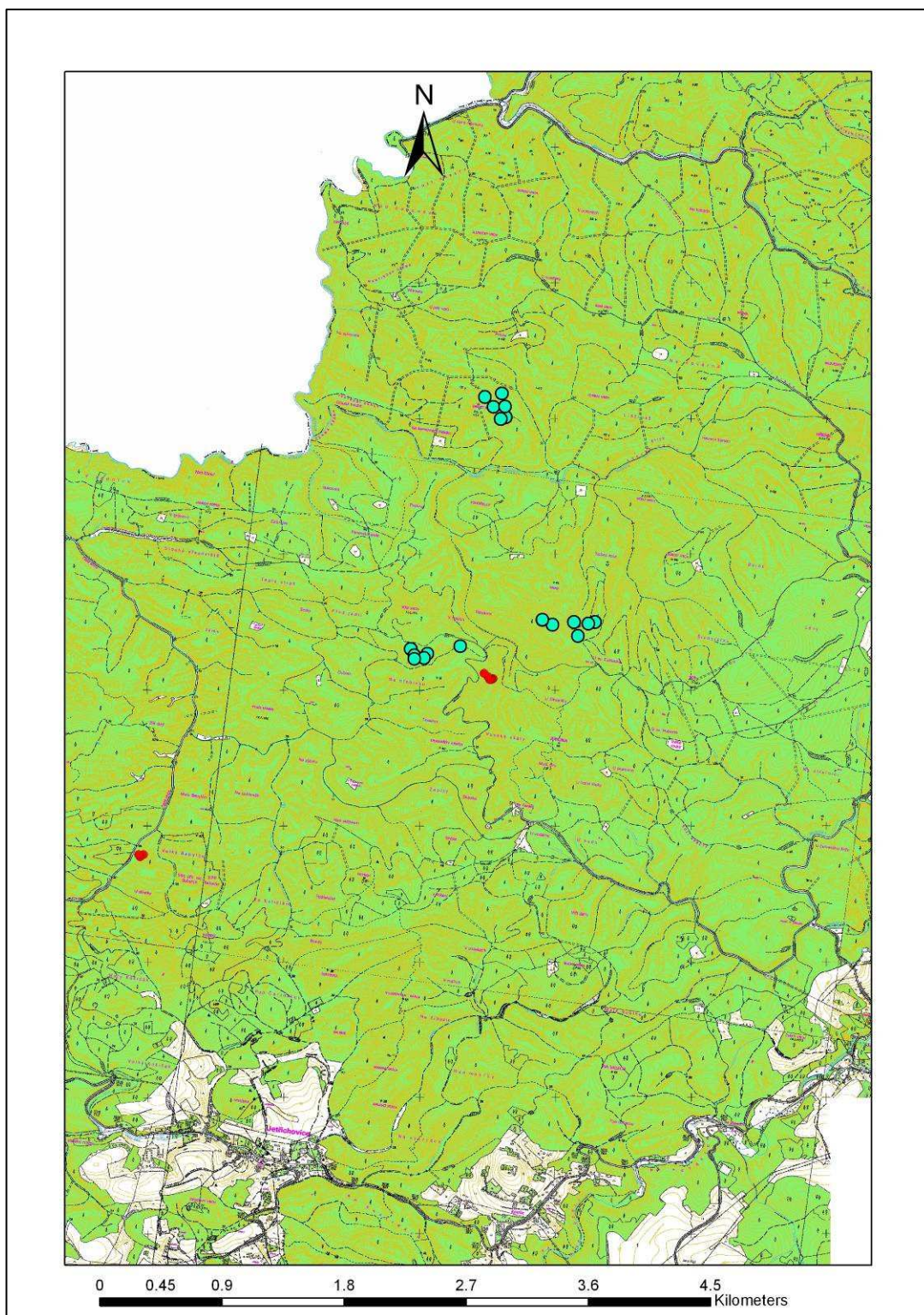
8. Přílohy



Obr. 16: Lokalizace NP České Švýcarsko

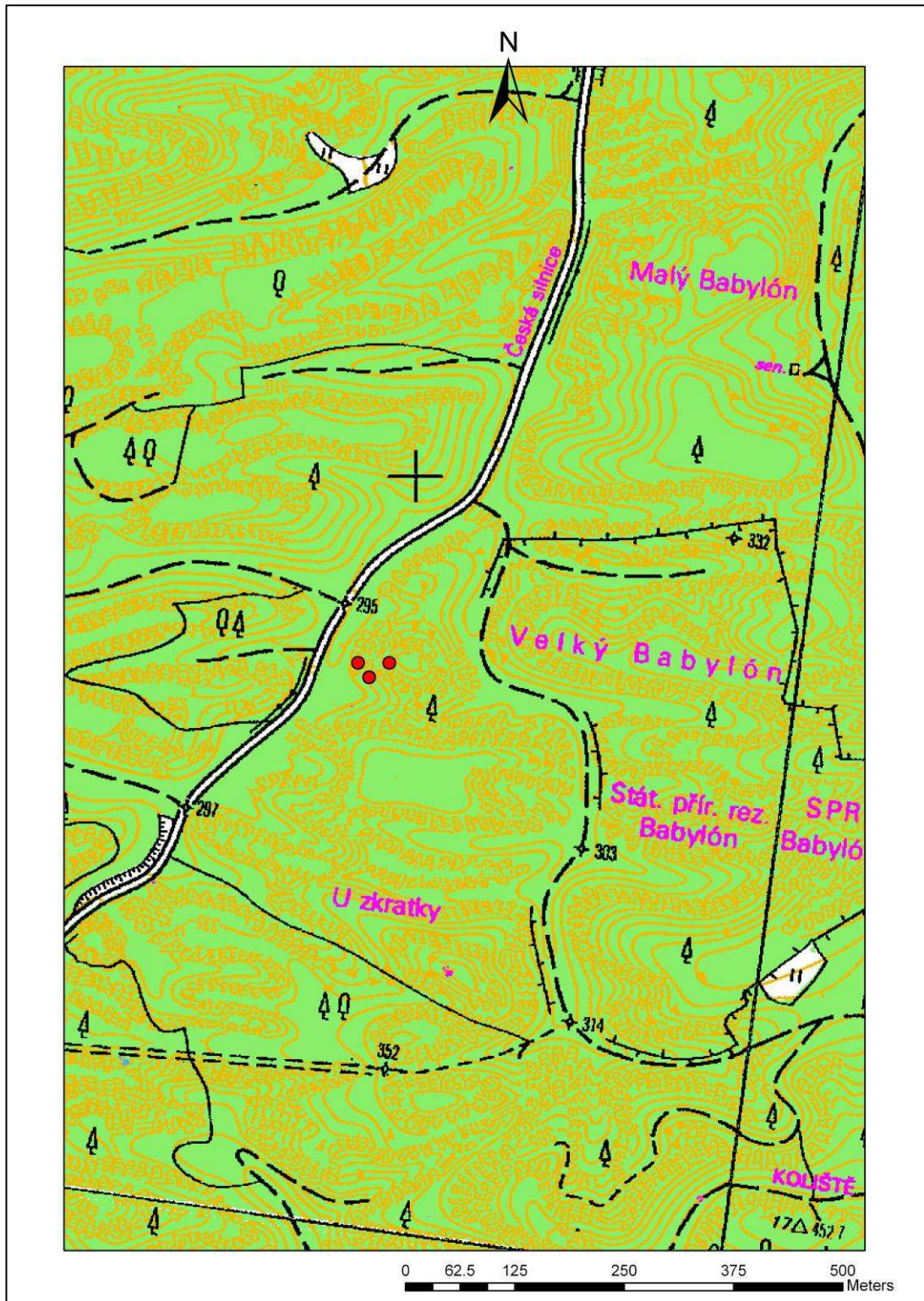


Obr. 17: Mapa NP České Švýcarsko Zdroj: www.npcs.cz



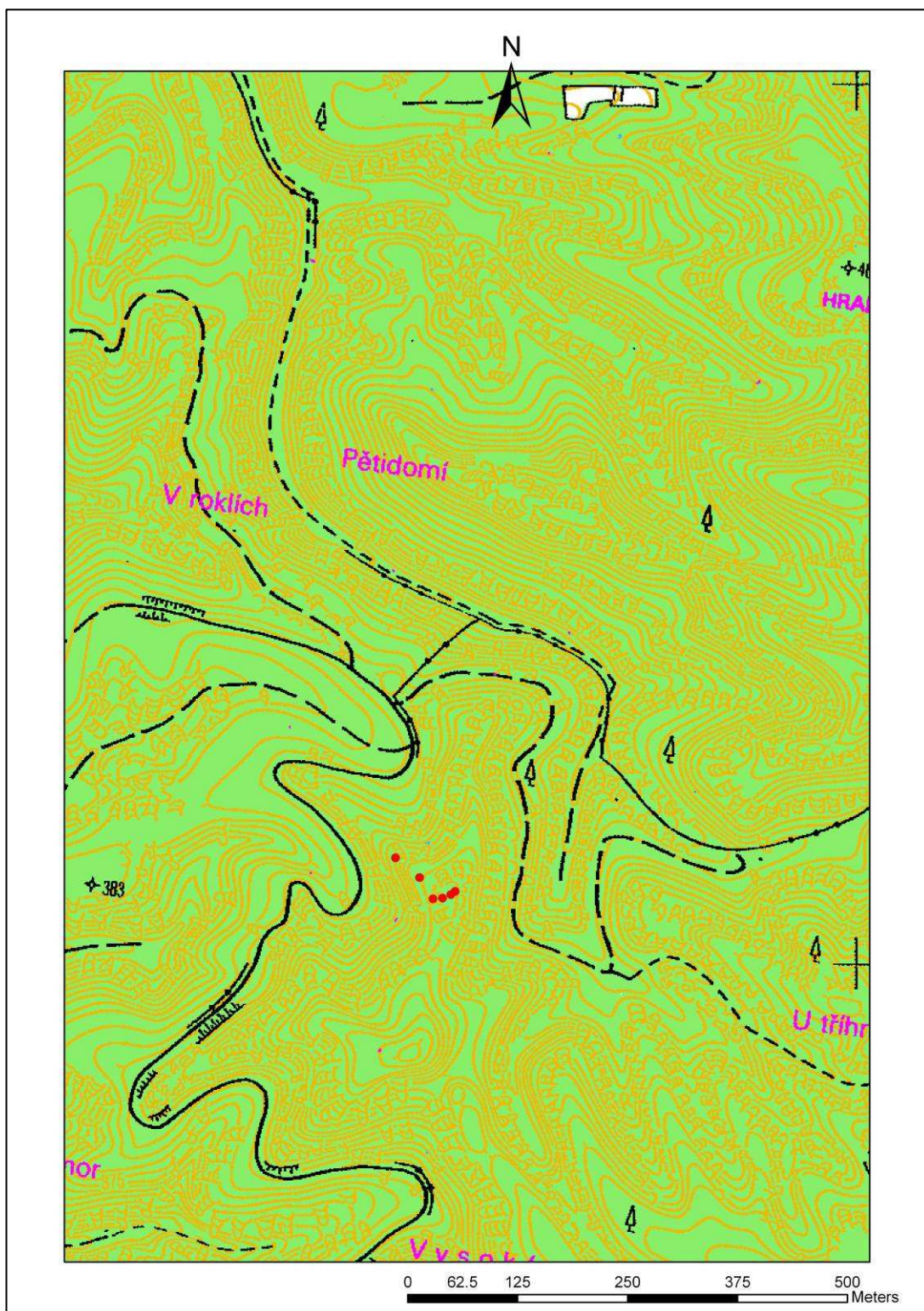
Obr. 18: Rozmístění jednotlivých studovaných lokalit v NP České Švýcarsko (červeně – lokality *P. sylvestris*, modře – lokality *P. strobus*)

Zdroj: Botanický ústav AV ČR



Obr. 19: Rozmístění studijních ploch na lokalitě Babylon

Zdroj: Botanický ústav AV ČR



Obr. 20: Rozmístění studijních ploch na lokalitě Honzova vyhlídka

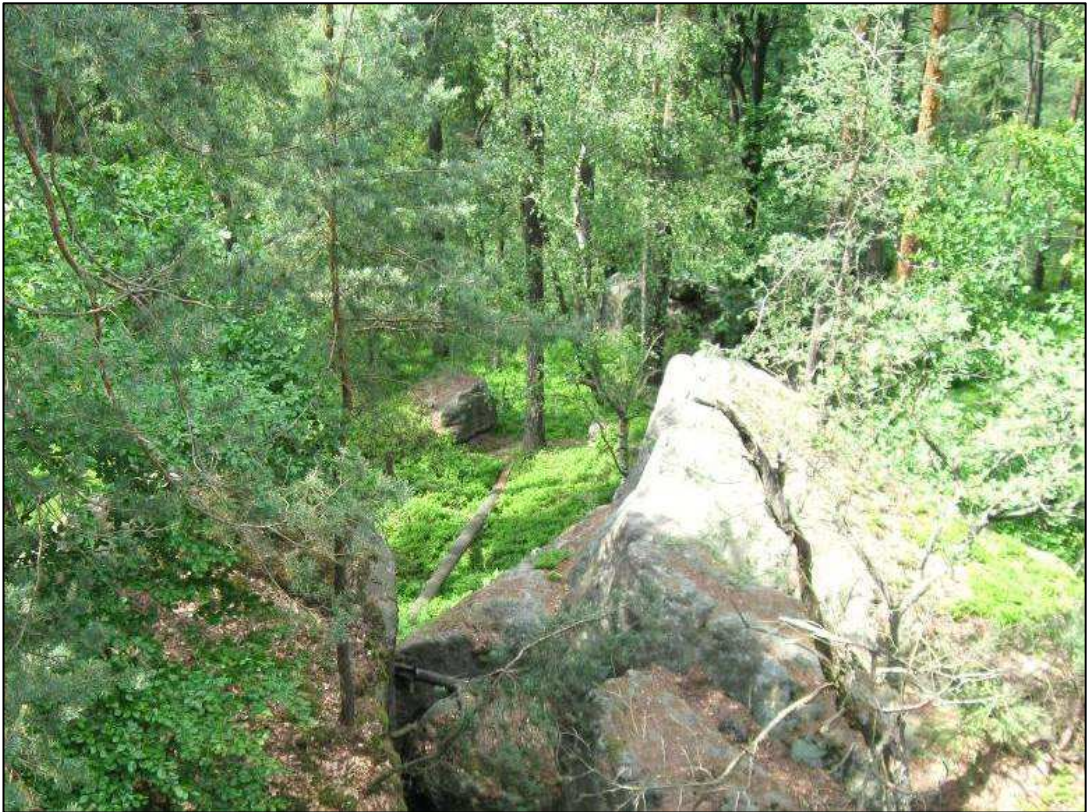
Zdroj: Botanický ústav AV ČR



Obr. 21: Lokalita Babylon – horní poloha



Obr. 22: Lokalita Honzova vyhlídka – horní poloha



Obr. 22: Lokalita Honzova vyhlídka – poloha na svahu