

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnické a dřevařské ekonomiky



Bakalářská práce

**Vliv stanovištních podmínek na růst přirozené
obnovy *Pinus sylvestris* pod porostem (Plzeňsko)**

Autor: Luděk Nový

Vedoucí práce: Ing. Iva Ulbrichová Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Luděk Nový

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Vliv stanovištních podmínek na růst přirozené obnovy *Pinus sylvestris* pod porostem (Plzeňsko)

Název anglicky

The effect of stand characteristics to the *Pinus sylvestris* natural regeneration in understory (Plzeňsko)

Cíle práce

Vyhodnotit přirozenou obnovu borovice pod porostem z hlediska množství, kvality a přírůstu. Stanovit hlavní faktory, které na obnovu mohou mít vliv.

Metodika

1. Získání základního přehledu na základě publikovaných informací k danému tématu.
2. Výběr a založení 8 pokusných ploch (s 5 pravidelně rozmístěnými ploškami) ve vhodných porostech s přítomnou přirozenou obnovou.
3. Změření kvantitativních (výška, tloušťka kořenového krčku, přírůst za 5 let) a kvalitativních (přímost kmene, úhel větvení, poškození) parametrů obnovy.
4. Vyhodnocení stanovištních podmínek (světelné podmínky, porostní podmínky-konkurence, bylinné patro, základní charakteristiky nadložního humusu).
5. Vyhodnocení vlivu jednotlivých stanovištních parametrů na obnovu.
6. Zpracování práce po formální stránce.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Vliv stanovištních podmínek na růst přirozené obnovy *Pinus sylvestris* pod porostem (Plzeňsko) jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. 6. 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ivě Ulbrichové, Ph.D. za pomoc při zpracovávání bakalářské práce a své rodině za trpělivost a vytváření zázemí.

Vliv stanovištních podmínek na růst přirozené obnovy *Pinus sylvestris* pod porostem (Plzeňsko)

Abstrakt

V rámci zkusných ploch na zájmovém území severního Plzeňska byly vyhodnoceny měřené dendrometrické veličiny přirozené obnovy borovice ve vztahu k podmínkám stanoviště a mateřského porostu. Dendrometrické veličiny zjišťované na obnově jsou: výška jedinců, tloušťka jedinců v kořenovém krčku, výškový přírůst za posledních 5 let, poškození, úhel větvení, průměr koruny. Podmínky prostředí a vlastnosti mateřského porostu jsou reprezentovány těmito veličinami: otevřenost zápoje, fotosynteticky aktivní sluneční záření, mocnost humusu, pokryvnost bylinné vegetace, konkurence dalších jedinců obnovy mateřského stromu, výčetní kruhová základna mateřského porostu.

Počty obnovy pod porostem měly velký rozptyl, střední hodnoty se pohybovaly kolem 11 109 jedinců/ha. Výsledky dále ukázaly, že na četnost obnovy mají největší vliv pokryvnost mechů ($r = 0,52$) a otevřenost zápoje ($r = 0,16$). Na výškovém přírůstu obnovy se významně podílí otevřenost zápoje ($r = 0,43$), celková kruhová základna mateřského porostu ($r = 0,38$) a difúzní sluneční záření ($r = 0,38$). Poškození obnovy dále těsně souvisí s difúzním slunečním zářením ($r = 0,39$), otevřeností zápoje ($r = 0,35$) a celkovou kruhovou základnou mateřského porostu ($r = 0,35$).

Klíčová slova: *Pinus sylvestris*, přirozená obnova, obnova pod porostem, stanovištní podmínky, kvalita přirozené obnovy, relativní přírůst obnovy

The effect of stand characteristic to the *Pinus Sylvestris* natural regeneration in understory (Plzeňsko)

Abstract

There were evaluated dendrometry characteristics of the pine natural regeneration in shelterwood in area of the north Plzeňsko. The characteristics were obtained by direct measurement of the natural regeneration, mother tree stand and site conditions. The dendrometry parameters of young regeneration as listed: the total height, the diameter, the last 5 years height increment, the crown diameter, the quality and vitality of plants and the branch angle were measured at eight plots. Also microsite characteristics, such as: openness, light conditions, litter horizons, herbal layer composition, distance to the nearest adult tree and basal area of the adult stand were noted at these sites.

The average number of the regeneration on the plot was 11.109 tree per one hectare with large dispersion of values on particular plots. The results show that the frequency of regeneration was mostly affected by the moss cover ($r = 0,52$) and the openness ($r = 0,16$). The increment was mostly affected by the openness ($r = 0,43$), the basal area of the adult stand ($r = 0,38$) and the indirect solar radiation ($r = 0,38$). Damage of regeneration was mostly connected with the indirect solar radiation ($r = 0,39$), the openness ($r = 0,35$) and the basal area of the adult stand ($r = 0,35$).

Keywords: *Pinus Sylvestris*, natural regeneration, shelterwood regeneration, stand conditions, quality of natural regeneration, relative increment of regeneration

Obsah

1	Úvod a cíl práce	9
2	Literární přehled.....	10
2.1	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>)	10
2.1.1	Rozšíření.....	10
2.1.2	Popis.....	11
2.1.3	Ekologické nároky na světlo	13
2.1.4	Ekologické nároky na půdu	16
2.1.5	Ekologické nároky na vodu	16
2.2	Pěstování borovice v České republice.....	17
2.3	Obnova borovice.....	18
2.3.1	Umělá obnova.....	19
2.3.2	Přírozená obnova.....	21
3	Metodika.....	23
3.1	Charakteristika lokality	23
3.2	Zkusné plochy.....	24
3.3	Sběr dat.....	26
3.4	Analýza dat	28
4	Výsledky.....	29
4.1	Počet jedinců na 1 ha.....	29
4.2	Kvalita obnovy.....	30
4.2.1	Výška obnovy.....	31
4.2.2	Tloušťka v krčku	32
4.2.3	Přírůsty.....	33
4.2.4	Pěstební kvalita	33
4.2.5	Úhel větvení.....	34
4.3	Vliv světelných podmínek na kvalitu obnovy	34
4.3.1	Otevřenost zápoje.....	34
4.3.2	Přímé sluneční světlo	36
4.3.3	Rozptýlené sluneční světlo	38
4.3.4	Celkové sluneční záření	39
4.4	Vliv konkurence mateřského porostu.....	39
4.5	Vliv konkurence přízemní vegetace	40
5	Diskuse	42

6	Závěr	45
7	Přehled použité literatury	46
8	Přílohy.....	51

Seznam použitých zkratk

b.k. – bez kůry

BO – borovice lesní

CHS – cílový hospodářský soubor

ČR – Česká republika

IR – infračervené záření

LVS – lesní vegetační stupeň

nm – nanometr

PLO – přírodní lesní oblast

PUPFL – pozemek určený k plnění funkce lesa

SLT – soubor lesních typů

UV – ultrafialové záření

1 Úvod a cíl práce

Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) je v České republice (dále jen ČR) druhou nejčastější dřevinou v lesních porostech a jednou z nejčastějších dřevin v Evropě vůbec (Houston, 2016). Její význam je nejen ekonomický, dobré využití na trhu se dřevem, ale také ekologický, její ekologické a klimatické nároky jsou a budou dobře uplatnitelné v podmínkách měnícího se klimatu. Ekologické nároky této dřeviny jsou dobře známy a jsou předmětem mnoha studií (Bílek, 2017; Slodičák, 2017; Pop, 2004), v měnících se podmínkách je ale stále nutné tyto poznatky ověřovat a rozšiřovat.

Z lesnického hlediska je borovice nenáročnou dřevinou chudých stanovišť, a proto je její pěstování vázáno na chudší a chudá stanoviště (Chroust, 1997). Borovice je ale také považována za pionýrskou dřevinu (Businský, Velebil, 2011), proto její význam po kůrovcové kalamitě na nehostinných stanovištích dále poroste.

V České republice jsou pro borovice dány doby obmýetí a doby obnovy podle typu stanoviště neboli podle hospodářského souboru (Vyhláška č. 83/1996 Sb.). V ČR stále přetrvává větší podíl obnovy porostu uměle (Kučera, 2016) na holé ploše, v případě borovice, jako světlo milné dřeviny, jsou využívány především výstavky a obnova na volné ploše. V poslední době je zvažována i varianta zatím využívaná spíše v severských zemích nebo Polsku, a to je využít obnovu přirozenou s využitím mateřského porostu (Bílek, 2018; Ulbrichová, 2018). Obnova borovice pod porostem byla dosud v ČR daleko méně prosazována a tedy i méně prozkoumána. Protože však z ekologického hlediska je obnova pod porostem možností, která může mít příznivější dopad na mladé rostliny v měnícím se klimatu, má smysl se touto metodou zabývat. K tomuto tématu by měla přispět tato práce.

Cílem práce je zjistit vliv jednotlivých parametrů prostředí na charakteristiku obnovy, především toho, které charakteristiky prostředí mají vliv na přirozenou obnovu pod porostem a které z těchto vlastností má lesní hospodář možnost ovlivnit.

2 Literární přehled

2.1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Borovice lesní patří z taxonomického hlediska do oddělení *Pinophyta* – rostliny jehličnaté (jehličnany), řád *Pinales* – borovicotvaré, čeleď *Pinaceae* – borovicovité, rod *Pinus* – borovice, podrod *Pinus*, protože jehlice jsou obvykle po dvou na brachyblastu (Musil, 2003)

2.1.1 Rozšíření

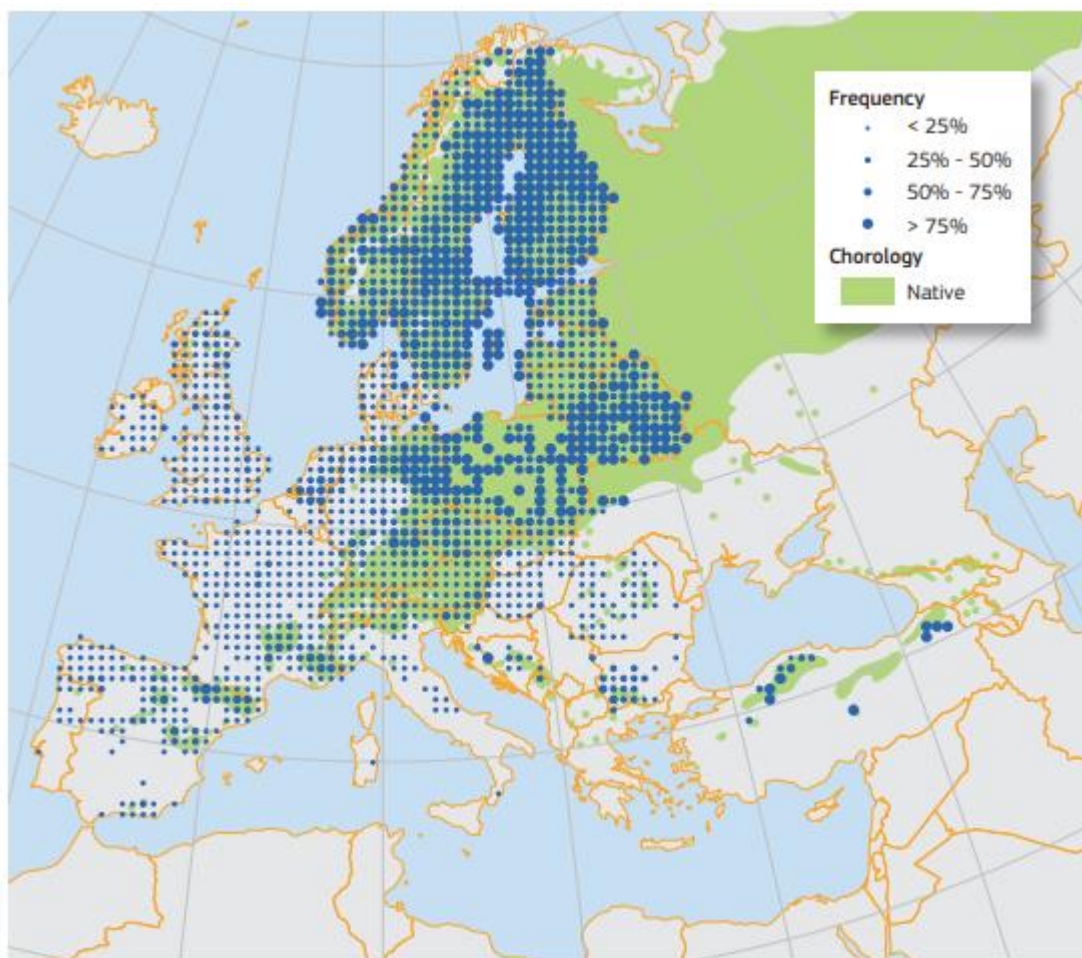
Borovice lesní je jedním z nejrozšířenějších dřevinných druhů v Evropě, což je jistě důsledkem její značné adaptability na lokální podmínky. Přirozeně se vyskytuje po celé Evropě a Asii v pásu od od 37 ° do 70 ° 20 ' severní šířky. Na hranici boreálního lesa přežívá s méně než 100 bezmrazými dny za rok a s 300 mm ročními srážkami.

V jižní Evropě a Malé Asii jsou její izolované výskyty omezeny na horská stanoviště (až 2200 m n. m. na Balkánském poloostrově a ve Španělsku, na Kavkaze dokonce 2700 m n.m.) (Mátyás, 2003). Její západní hranicí výskytu je Velká Británie a Španělsko, na východě se vyskytuje v boreálním pásmu po celé Asii až na hranici kontinentu.

V Evropě pokrývá borovice v současné době více než 28 milionů ha, což odpovídá přibližně 20 % pokryvnosti na lesních pozemcích (Houston, 2016). Tak velké rozšíření s sebou nese také velkou variabilitu druhu a vede ke vzniku mnoha poddruhů a ekotypů. Genetická rozmanitost této dřeviny je pravděpodobně způsobena větším počtem izolovaných ledovcových refugií během poslední doby ledové (Houston, 2016). Domovinou BO je také Skotsko (Jordan, 2013), odkud také pochází její anglický název - Scotch Pine (Bitner, 2012).

Naše území leží celé uvnitř euroasijského areálu BO – ekotypu hercynského. Ta se přirozeně vyskytovala ostrůvkovitě v lesní oblasti pahorkatin a nižších pohoří a na extrémních stanovištích skalních ostrohů a sutí. V nejnižších polohách byla přimíšena v doubravách na písčích a mělkých, suchých půdách. Takové reliktní bory najdeme v Čechách např. na hadcích Slavkovského lesa, na pískovcových skalách

severovýchodních Čech, na chudých píscích v Polabí, na balvanitých svazích podhůří Šumavy nebo na píscích a zrašelinělých půdách Třeboňské pánve. Na Moravě jsou reliktní borovice na skalnatých výspách Dražanské a Českomoravské vrchoviny, na příkrých stráních zaříznutých údolí řek nebo vápencových skalách a písčitéch půdách na jihu území. Nyní je její rozšíření mnohem širší, protože působením člověka se rozšířila prakticky po celé ČR (Úradníček, Maděra, 2001).



Obr. 1: Rozšíření borovice lesní v Evropě, zeleně přirozené rozšíření, modré body data z národních inventarizací příslušných zemí (Houston, 2016).

2.1.2 Popis

Strom většinou středních rozměrů s průměrnou výškou kolem 25 m (Jordan, 2013), může ale dosahovat i maxima 45 m (Úradníček, Maděra, 2001). Výčetní tloušťka dosahuje

ve stádiu kmenoviny kolem 30 - 60 cm. Na mladších částech kmene je charakteristická oranžově zbarvená tence odlupčivá borka.

Samčí květy jsou žluté vejcovité jehnědy umístěné na spodní straně letorostů. Samicí květy jsou červené, stopkaté, umístěné na konci výhonů po jednom až třech. Šiška borovice je převislá, nerozpadavá, kuželovitá, 4 - 7 cm dlouhá, 2 – 3,5 cm široká s krátkou stopkou. Plodolisty jsou s šedohnědým kosočtverečným štítkem s plochým nebo vyklenutým horním políčkem. Uprostřed štítku je malý světle hnědý pupek. Semena jsou po dvou za každou šupinou, vejčitá, podlouhlá, šedá nebo šedočerná s blanitým křídlem (Pikula, 2003).

Na chudých stanovištích je habitus stromu celkově subtilnější s křivolakým kmenem. Solitérní jedinci pak mohou naopak překvapit svou mohutností. Jako solitéry zůstávají jedinci většinou dlouho nízce zavětveni, rostou-li v zápoji, rychle shazují spodní větve a kmen se zůstává holý (Businský, 2011). Dožívá se stáří asi 300 (500) let. Koruna bývá v mládí pravidelná, kuželovitá, ve stáří nesymetrická, kopulovitá až deštníkovitá. Šedozeleň zbarvené jehlice jsou 3 - 8 cm dlouhé, po dvou ve svazečku. Jehlice opadávají obvykle po 2 - 3 letech. Plodí časně, při dobrém osvětlení každým rokem. Šišky dozrávají druhým rokem.

Tvar a velikost koruny borovice je závislá na postavení stromu, tedy na jeho výšce a tloušťce. Již ve stadiu mlazín jsou koruny předrůstavých jedinců značně větší než stromů nižších stromových tříd a s přibývajícím věkem se rozdíl stále zvětšují (Chroust, 1997).

Borovice má kulový kořen, netrpí vývraty. Má křehké dřevo, v zimním období často pod tíhou sněhu a námrazy dochází k vrcholovým zlomům. Netvoří nikdy výmladky a nezakořeňuje z řízků. Nemá rezervní spící pupeny, a tak vylámané nebo zvěří kousané pupeny nenahradí (Úradníček, Maděra, 2001).

Dřevo je s jádrem a pryskyřičnými kanálky, jádro hnědočervené a úzké, běl široká, pryskyřičné kanálky dobře rozlišitelné na všech řezech. Běl často zamodrává působením dřevozbarvujících hub. Dřevo je také poměrně variabilní, v závislosti na stanovišti. V čerstvém stavu bývá jádro málo zřetelné, tmavne teprve později (Zeidler, Borůvka, 2016).

Borovice lesní je druhem velmi proměnlivým a přizpůsobivým nejrůznějším podmínkám, z toho důvodu vytváří mnoho ekotypů, lišících se vzrůstem, tvarem koruny, typem borky, šiškami, barvou semen a jinými morfologickými znaky (Slávik, 2016).

V České republice můžeme rozlišit dva hlavní přirozené ekotypy borovice lesní, a to tzv. náhorní ekotyp vyšších poloh, považovaný za reliktní a tzv. chlumní ekotyp nízkých poloh, považovaný za evolučně mladší. Náhorní ekotyp je klimaxového charakteru s výskytem ve smíšených přirozených podhorských a horských biotopech. Typicky vytváří vysoké stromy s rovným kmenem a úzkou korunou, hrubá borka zasahuje vysoko do koruny. Naproti tomu chlumní ekotyp vykazuje pionýrský charakter a obvykle formuje jednodruhové porosty na stanovištích pahorkatin s nižší konkurencí listnatých dřevin (skály, kamenité a chudé půdy). Mívá rozložitou, brzo se zaoblující korunu a hrubou borku jen ve spodní části kmene, výše pak borku nápadně tence odloupavou, oranžově hnědou (Kaňák, 2011).

2.1.3 Ekologické nároky na světlo

Sluneční záření má rozhodující význam jako energetický zdroj pro většinu procesů v atmosféře a na zemském povrchu, je základním předpokladem pro růst rostlin v podobě energie spotřebované při fotosyntéze. Důležité jsou intenzita světla (hustota toku fotonů), kvalita světla (spektrální složení) a délka trvání „světelné části dne“ (fotoperioda) (Tomášková, 2017).

Ze slunečního záření dopadá na hranici atmosféry Země energie s hodnotou $1,4 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (solární konstanta). Po průchodu atmosférou je tato energie zredukována zhruba na polovinu své hodnoty podle momentálního stavu atmosféry. Globální záření dopadající na zemský povrch můžeme rozdělit na přímé a rozptýlené (difúzní) sluneční záření, přičemž přímé záření představují paprsky vycházející přímo ze Slunce, kdežto difúzní záření nemá jednotný směr. Značná část přivedené energie ze slunečního záření je absorbována v biomase vegetace (47 %) a pouhé 1 % je využito pro fotosyntézu. (Rožnovský, Havlíček 1999; Žalud 2014).

Záření, které dopadá na povrch země, můžeme rozdělit podle spektra vlnové délky na následující kategorie:

- 1) Ultrafialové záření (UV záření) má negativní účinky. Podíl na celkovém záření tvoří 0 - 4 %. Vlnová délka tohoto záření je 290 až do 380 nm.
- 2) Viditelné záření má účinek tepelný a fotosyntetický. Podíl na celkovém záření tvoří 21 – 46 %. Vlnová délka tohoto záření je v rozmezí od 380 do 710 nm.
- 3) Infračervené záření (IR záření) má význam především v tepelné oblasti. Podíl na celkovém záření tvoří 50 – 79 %. Vlnová délka tohoto záření je v rozmezí od 710 nm do 4 000 nm (Procházka a kol., 2003).

Fotosyntéza je přeměna světelné energie na chemickou, pomocí které je atmosférický oxid uhličitý (CO_2) vestavěn do organických vazeb sacharidů zelených rostlin. Kapacitou fotosyntézy jednotlivých rostlinných druhů se rozumí nejvyšší rychlost příjmu CO_2 za jeho přirozeného obsahu v atmosféře a optimálních podmínek ostatních faktorů prostředí (světla, tepla, vody, živin apod.). Z toho vyplývá, že vyšší obsah CO_2 v atmosféře může vést k větší rychlosti jeho příjmu rostlinou, a tedy i ke zvýšené tvorbě organické hmoty.

Energie slunečního záření dopadající za časovou jednotu na jednotku plochy se označuje jako ozáření. Hodnota ozáření závisí na zeměpisné šířce, expozici a sklonu terénu, denní a roční době, atmosférických podmínkách apod. Relativní ozáření vyjadřuje světelné poměry uvnitř a pod porostem. Je to množství procházející energie, které se vyjadřuje jako průměrné procento z ozáření volné referenční plochy. Oslabení slunečního záření (odrazem od korun stromů a průchodem korunami) se zvyšuje exponenciálně v závislosti na zápoji.

Využití ozáření lesním porostem pro fotosyntézu je závislé na množství, struktuře a fyziologických vlastnostech asimilačních orgánů korunové vrstvy. Jelikož korunová vrstva je u jednotlivých druhů dřevin rozdílná, je rozdílná i jejich schopnost sluneční radiaci zadržovat a propouštět. Tato schopnost se mění s věkem porostu (Poleno, 2007).

Nejdůležitějším faktorem je pak sluneční záření při obnově lesních porostů a při výchově. Podpoření správného osvětlení je vlastně samotným základem pěstování lesa.

Borovice je výrazně světlomilná dřevina, je to pionýrská dřevina volných ploch, neschopná růstu v semknutých porostech a přirozeného zmlazení v zástinu (Úradníček, Maděra, 2001).

Jedná se o pionýrský druh vyžadující světlo, proto může být použit na zalesnění narušených ploch, kde by jiné dřeviny nepřežily. Často slouží jako přípravná dřevina na lokalitách narušených jinou činností, např. výsypky apod. S výraznou tolerancí k suchu a dobrou mrazuvzdornost, je ideální právě jako mezistupeň při zakládání nových lesních porostů na chudých půdách, kde by jiné dřeviny nesnesly značné oslunění. (Houston, 2016).

V borových mlazinách rostoucích v podmínkách borových doubrav na suchých hlubokých písčích (východočeská borová oblast) s plochou listoví okolo 2 ha.ha⁻¹ proniká k povrchu půdy ročně okolo 25 % světelné radiace (Chroust, 1993). Ve stádiu tyčkovin jsou rozdíly mezi ozářeností vně a uvnitř porostu, ale i v profilu ještě výraznější než v mlazinách. Ozářenost za radiačního počasí již v korunovém prostoru klesá ze 100 % na 30 – 40 %, v kmenovém prostoru je jeho změna ale mírnější. V horní třetině koruny bývá zadrženo, stejně jako v mlazině, okolo 10 % záření. Ve střední korunové zóně je to 50 – 70 %. Jehličí na nejspodnějších přeslenech pak získává pouze 20 - 25 % přímé radiace (Chroust, 1997).

Všeobecně je pronikání sluneční radiace korunami stromů borových porostů podstatně větší než v porostech smrkových. Největší rozdíl je ve stádiu mlazin a tyčkovin, kdy v borových porostech proniká až 10 krát více světla k povrchu půdy než ve stejně starých porostech smrkových. V borových porostech je ozářenost v důsledku nižší intercepce záření v korunách podstatně větší než v porostech smrkových. Proto také možnost zvětšit ozářenost nitra porostu a korun výchovnými sečemi je menší (Chroust, 1997).

Borovice lesní se vyrovnává dobře s velkým rozpětím vegetační doby, která na severní hranici rozšíření nepřekračuje 90 dní, na jihu a jihozápadě dosahuje 200 dní. Teplotní sumy na jihu areálu jsou 3 - 4 krát větší než na severu. Podobně vyrovnává borovice i délku dne, krátkou na jihu a dlouhou na severu (Slávik, 2016)

2.1.4 Ekologické nároky na půdu

Nároky na výživu jsou rozdílné nejen u listnatých a jehličnatých dřevin, ale i uvnitř těchto skupin. Kvantifikace nároků na živiny je velmi náročná. Mezi důležité faktory ovlivňující nárok dřeviny na živiny patří věk i roční doba. Z hlediska nenáročnosti na kvalitu půdy nemá borovice v lesnictví u nás konkurenci (Úradníček, Maděra, 2001).

Často slouží jako přípravná dřevina na lokalitách narušených jinou činností např. výsypky apod. S výraznou tolerancí k suchu a dobrou mrazuvzdorností, je ideální právě jako mezistupeň při zakládání nových lesních porostů na chudých půdách, kde by jiné dřeviny nesnesly značné oslunění (Houston, 2016).

BO přirozeně osidluje druhotně narušené volné plochy bez vegetace (po požárech, odtěžené plochy v místech bývalých lomů, erodované plochy atd.), kde se stává výraznou součástí sukcesních stádií. Na těchto stanovištích zdárně prosperuje, dokud není vystřídána dřevinami pokročilejších sukcesních stádií, jejichž konkurenční schopnost (zejména ve vztahu ke světelným podmínkám) je výrazně větší (Businský, 2011).

Na úrodných stanovištích dosahují jedinci značných rozměrů, ale často jsou z těchto lokalit vytlačovány jinými druhy (obvykle smrkem nebo i listnatými dřevinami) (Businský, 2011).

Na úrodnost a hloubku půdy je BO méně náročná až vysloveně nenáročná. Většinou preferuje půdy dobře drenážované, nezhutněné a lehčí. Někdy však může růst jak na stanovištních extrémně suchých, tak i zamokřených. Kvalita a hloubka půdy se projeví na celkové vitalitě nebo na jejím vnějším vzhledu. Na každém stanovišti má pak zpravidla jiný habitus (Businský, 2011).

Za optimálních podmínek, tedy na půdách středně vlhkých, dobře propustných, zásobených živinami doroste až přes 40 m. Avšak na skalách a půdách podmáčených nebo rašelinných roste spíše zakrsle a její tvar bývá dosti bizarní. Jako většině druhů borovic, tak i borovici lesní nesvědčí vyšší obsah vápníku v půdě (Businský, 2011).

2.1.5 Ekologické nároky na vodu

Borovice dokáže čerpat vodu z větších hloubek půdy než jiné dřeviny, vyskytuje se proto často na extrémně suchých stanovištích. Vyskytuje se ale také na podmáčených

stanovištích a bažinách, takže její přizpůsobivost je opravdu značná (Úradníček, Maděra, 2001).

V souhrnu lze konstatovat, že nejkrásnější porosty velmi dobré výšky, rovných kmenů, s jehlancovitou korunou tvoří borovice na hlubokých, kyprých, vodou přiměřeně zásobených půdách hrubší dispersní skladby, hlinitopísčitéch až písčitéch. Také na rašelinných půdách a rašeliništích jižních Čech převládá borovice pyramidálního tvaru, typická dlanitým uspořádáním kořenů, které jsou velmi bohatě větveny (Poleno, Vacek, 2009).

2.2 Pěstování borovice v České republice

V České republice je BO jednou z nejvíce zastoupených dřevin. Po smrku je BO druhá nejrozšířenější dřevina a její použití v lesním hospodářství je dáno jednak snadným přizpůsobením se stanovištním podmínkám a jednak nenáročností na pěstování. BO neklade žádné zásadní požadavky na pěstování, má krátkou dobu obmýetí a s dodržením jednoduchých pěstebních zásahů lze dosáhnout uspokojivých výsledků na téměř každém stanovišti. V hospodářských lesích je BO v některých případech až dominantně zastoupena v přirozené druhové skladbě (Plíva, 2000) stanovišť na CHS 13. Podobně je tomu na chudých podmáčených stanovištích řazených do CHS 39. Přirozený výskyt BO 10 % je uváděn ještě v CHS 25 a v CHS 27. Na stanovištích CHS 21 a 23 je BO v přirozené druhové skladbě pouze dřevinou vtroušenou (Novák a kol, 2017).

Porostní půda v České republice zaujímá plochu 2 609 746 ha, z toho BO se vyskytuje na 422 243 ha (UHUL, 2018). Plošné zastoupení podle národní inventarizace lesů je pak nižší na PUPFL $10,2 \pm 0,6$ %, mimo PUPFL dokonce pouze $5,2 \pm 1,4$ % (Kučera, 2016). Podle národní inventarizace lesů z let 2011 až 2015 byla zjištěna zásoba borovice $119,4 \pm 5,5$ mil. m³ b. k. s podílem na celkové zásobě 12,8 %. Hektarová zásoba pak byla vyčíslena na $41,9 \pm 1,8$ m³/ha b. k. (Adolt, 2016).

Významný podíl v současné dřevinné skladbě má zejména v cílovém hospodářském souboru (CHS) 13 – Hospodářství přirozených borových stanovišť. Jeho rozloha je v současné době asi 88 850 ha. Na stanovištích, kde tvoří monokultury, je použití jiných dřevin a směsí značně omezeno (Novák a kol, 2017).

Velmi významná pro orientaci hospodářských zásahů jsou množství biogenních prvků, která se z porostů odčerpávají těžbou lesních produktů (Podrázský a kol., 2015).

Pěstování borovice v 1. a 2. lesním vegetačním stupni (LVS) se intenzivně věnuje Novák (2017), který konstatuje, že pěstební praxe v těchto lesních vegetačních stupních se omezuje v mlazinách jen na mírnější výchovné zásahy a později na odstraňování souší a vývratů. Pěstební zásahy je třeba diverzifikovat podle kvality porostu, v každém případě je třeba se soustředit na výchovu v mladších porostech.

Na rozdíl od smrku reagují borové porosty na uvolnění pomaleji a méně významně. Při silnějších zásazích, zejména ve středním věku, může dojít i k celkové ztrátě objemové produkce. Cílem výchovy porostů BO je především zvýšení jejich kvality a odolnosti proti stresovým faktorům. Z hlediska pěstebního je účelné, resp. nutné na přirozených stanovištích vytvářet borové porosty věkově i výškově nediferencované (Slodičák, Novák, 2007).

Naprosto převažujícím hospodářským způsobem v porostech s dominancí BO je pasečné hospodaření, zejména pak s využitím holosečného obnovního postupu.

Borovice není příliš vhodná na pěstování v lokalitách velkých měst a aglomerací, protože špatně snáší znečištění ovzduší (Houston, 2016; Úradníček, Maděra, 2001). Při osazování devastovaných půd v našich podmínkách je proto dobré brát do úvahy i menší odolnost vůči znečištění ovzduší a počítat s tím (Businský, 2011).

2.3 Obnova borovice

Uskutečněnou těžbou vzniká na lesních pozemcích produktivní holina. Ta musí být podle lesního zákona č. 289/1995 Sb. zalesněna nejpozději do dvou let. V některých případech může být lhůta prodloužena, ale toto prodloužení musí být schváleno orgány státní správy na žádost vlastníka lesa. Velikost holé plochy z těžby má být podle stejného lesního zákona rovna nebo menší 1 ha a její šíře na exponovaných hospodářských souborech jednonásobek a na ostatních stanovištích dvojnásobek průměrné výšky těžného porostu. Výjimka je povolena na hospodářském souboru přirozených borových stanovišť na písčitých půdách a na hospodářském souboru přirozených lužních stanovišť do velikosti 2 ha holé seče bez omezení šíře.

Obnovní způsoby v zásadě odpovídají způsobům hospodářským (podrovní, násečný, holosečný, výběrný – vyhláška MZe č. 83/1996 Sb.). Obnovní způsoby mohou být více diferencovány a různě kombinovány. Obnovu rozlišujeme podle plochy, na které obnova probíhá na celoplošnou, maloplošnou a obnovu, při které nevzniká žádná paseka (Poleno, Vacek, 2009).

Obnova lesa není jen otázkou stanoviště a porostních podmínek, ale i otázkou technologickou. Rozhodující jsou kombinace růstových faktorů světla, vody a živin, míra jejich ovlivnění pedologickými, klimatickými a porostními podmínkami a charakterem přízemí vegetace, vliv škodlivých faktorů a konečně vliv lesního hospodáře. V případě borovice je to hlavně o úpravě světelných podmínek prostřednictvím hustoty porostu, dočasným omezením buřene a případně ochranou proti škodlivým činitelům.

Díky národní inventarizaci lesů, máme přehled o tom, jaký podíl na obnově tvoří borovice. V druhém cyklu národní inventarizace lesů to bylo $3,6 \pm 0,5$ % bez rozlišení původu. Přičemž v umělé obnově to bylo $4,2 \pm 0,5$ % a v přirozené obnově $1,6 \pm 0,5$ % (Kučera, 2016).

Pro obnovu porostů je výhodné použít přirozenou obnovu vedle mateřského porostu s dobrou přípravou půdy. Tento postup je uplatňován především na CHS 13, ale je využitelný i na stanovištích CHS 23 (Sloup, Lehnerová, 2016).

2.3.1 Umělá obnova

Umělou se nazývá obnova lesa vznikající výlučně záměrnou činností lesního hospodáře. Je charakterizována jako způsob tvorby následného porostu buď sadbou semenáčků a sazenic vypěstovaných v lesních školkách (popř. stromků vyzvednutých z náletů), nebo sítí semen a plodů přímo na obnovovanou plochu. Zcela převládá na holosečných obnovních prvcích, pod clonou mateřských porostů se uplatňuje ve formě podsadeb a podsíjí. (Poleno a kol. 1994)

V ČR převládá umělá obnova (celkově u všech dřevin) s podílem $76,4 \pm 1,0$ %, zatímco podíl přirozené obnovy činí $23,6 \pm 1,0$ %. Zatímco u smrku je poměr umělé obnovy ku přirozené téměř 1:1, u BO je tento poměr 2,6:1. U jehličnatých dřevin převažuje

přirozená obnova pouze u jedle, zatímco u listnatých dřevin je jich více, např. buk, dub, habr, javory, jasany (Kučera, 2016).

Pro umělou obnovu borovice jsou dány minimální počty pro zalesňování stanoveny vyhláškou č. 139/2004 Sb. pro CHS 13, 21, 23, 25, 31, 35 na 9000 jedinců na hektar. Na základě dalších šetření je navrhováno zvýšení této minimální hustoty na 10 000 (Slodičák a kol., 2017). Důvodem je zajištění kvalitního plnění požadovaných funkcí lesa. Nižší hustoty jsou akceptovatelné jen v omezeném množství případů, při výhradním použití geneticky a morfoloogicky kvalitního sadebního materiálu (Nárovcová, Nárovec, 2013).

Problémy s umělou obnovou borovice (téměř výhradně na volné ploše) souvisejí s podmínkami prostředí. V případě nižších a středních poloh jsou to relativně vysoké teploty a nízké srážkové úhrny ve vegetačním období. Dalšími problémy při umělé obnově BO jsou lidský faktor a koncentrované škody zvěří (Bílek, 2017).

Mezi nejdůležitější výhody umělé obnovy patří:

- možnost úpravy druhové skladby nově zakládaného porostu, tato přednost je především významná, pokud má mateřský porost nevhodné druhové složení
- použití geneticky kvalitnějšího reprodukčního materiálu
- volitelný spon při výsadbě, který umožňuje snazší výchovu mlaziny, podle zamýšleného cíle výchovy (Kupka, 2004).



Obr. 2: Umělá obnova borovice lesní LHC Obecní lesy Tatiná. Foto L. Nový 2019

2.3.2 Přirozená obnova

Přirozená obnova je způsob vytváření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu (Poleno a kol. 1994).

Přirozená obnova borovice je v menšině vůči umělé obnově, ale přesto je jí využíváno v českém lesnictví poměrně dlouho. I když se jedná o přirozenou obnovu, jde především o obnovu na volné ploše s využitím výstavků či vedlejšího mateřského porostu.

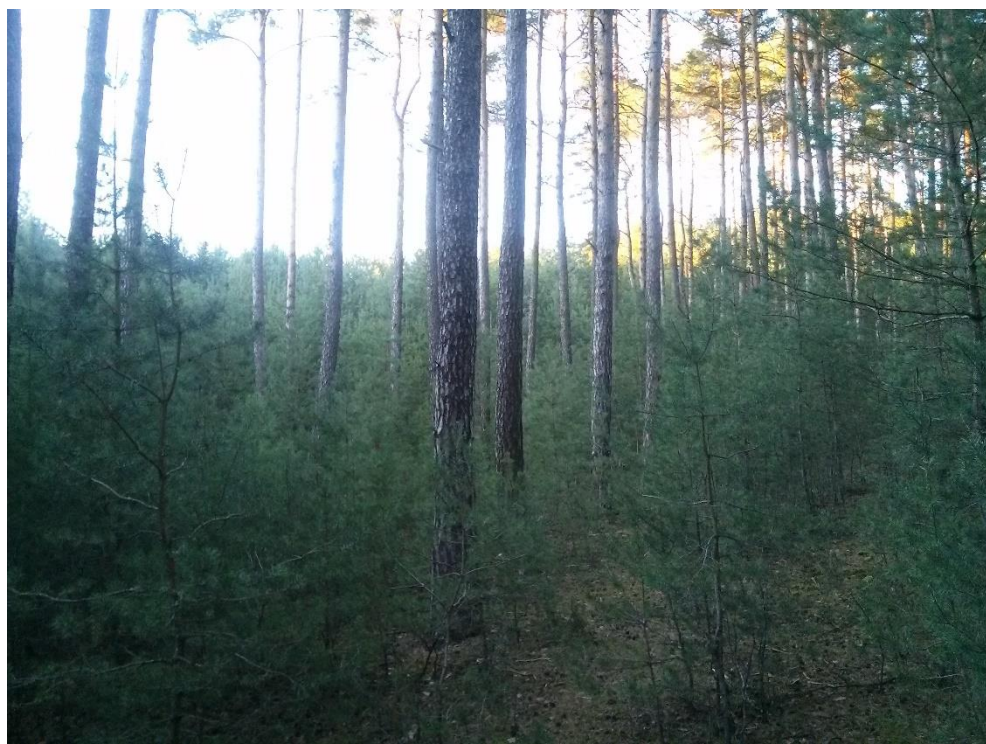
Přirozená obnova borovice pod porostem je méně běžná než na holině, právě pro vysoké nároky na světlo. Přesto se tento postup i u této dřeviny uplatňuje ve stále větší míře, a to především jako opatření pro úsporu nákladů na obnovu lesních porostů, ale i jako adaptační opatření pro probíhající klimatickou změnu (Bílek, 2018).

Obnova pod porostem se svým charakterem významně liší od obnovy vznikající na volné ploše. Relativní přírůst je nižší než u obnovy na volné ploše a pohybuje se v rozsahu 5 – 25 %. Přírůstu přes 10 % je dosaženo u porostů s kruhovou výčetní základnou 18 – 24 m².ha⁻¹. Kruhová výčetní základna nad 25 – 26 m².ha⁻¹ vede ke snížení dostupného difúzního záření pod 1,2 – 1,4 MJ. m⁻².den⁻¹ a k omezení počtů i přírůstů přirozené obnovy (Ulbrichová, 2018).

Přirozenou obnovou BO se zabýval i Pop (2004), který konstatoval, že jako nejvhodnější pro BO se jeví hospodářský způsob holosečný, kdy šíře holin nepřesáhne dvojnásobek výšky mýceného porostu. Jeli vytvořena holina širší, je účelné ponechat na ploše dostatečný počet výstavků. Vliv porostních stěn okolních porostů se pozitivně projevuje zvýšením hustoty nově vzniklých porostů, jejich negativní vliv na vzrůst BO je v mládí patrný pouze při jižní straně.

BO se z jehličnanů vyznačuje největším doletem semene. Maximum opadlého semene je pod porostem, ale na výšku stromu až na její dvojnásobek dolétá ještě asi 50 % a na čtyřnásobek až sedminásobek výšky dopadá ještě asi 10 % množství, které dopadne přímo pod porostem. Avšak i pro další vlastnosti BO bývají clonné formy obnovy u BO spíše výjimkou. Jako klad clonných forem se na druhé straně někdy uvádí, že BO odrůstající v mládí pod přiměřeným zástínem má v oddenkové části jemnější ovětvení. Celkově se však clonné obnovní postupy pro BO vžily v severských krajích (Peřina a kol., 1964).

Častěji se používá holosečná obnova BO buď z výstavků, jichž se ponechává 15 až 20 na 1 ha, nebo bočním náletem. Tyto pruhové seče se dělají v šířce 25 až 30 m (na výšku stromu). Další seč se provádí nejdříve po 2 až 3 letech. Nejpriznivější věk mateřského porostu je 70 až 100 let. Příliš bohatá nebo naopak příliš chudá stanoviště nejsou pro tento způsob vhodná (Peřina a kol., 1964).



Obr. 3: Přirozená obnova borovice lesní. LHC Lesy JUDr. Wopršálka. Foto L. Nový 2019

3 Metodika

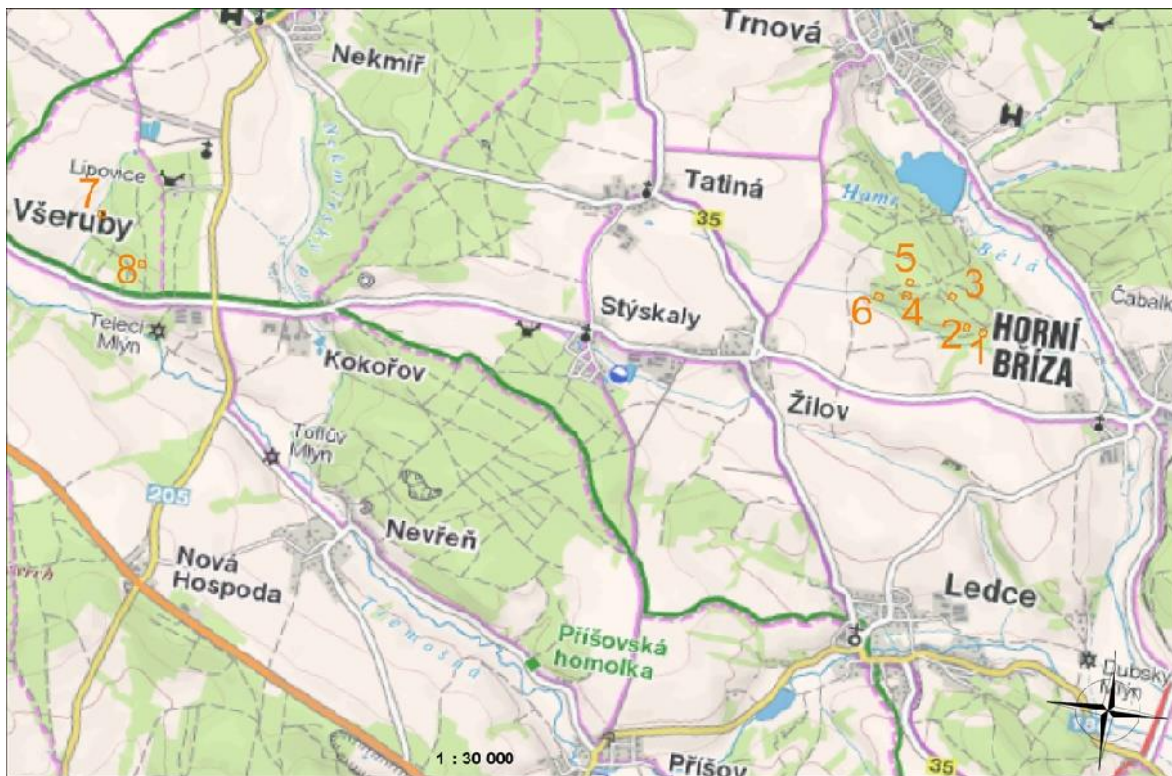
3.1 Charakteristika lokality

Zájmové území se nachází v západních Čechách v Plzeňském kraji, v okrese Plzeň – sever. Přírodní lesní oblast (PLO), kde se zkusné plochy nacházejí, je Západočeská pahorkatina. Prakticky se jedná o dvě lokality, kde je rozmístěno 8 zkusných ploch (viz Obr. 4).



Obr. 4: Mapa umístění zkusných ploch – celkový přehled

Prvních 6 zkusných ploch je umístěno severozápadně od Horní Břízy, další dvě zkusné plochy jsou východně od města Všeřuby (viz Obr. 5). Obě lokality jsou od sebe vzdáleny cca 5,5 km.



Obr. 5: Mapa konkrétního umístění zkusných ploch

Plochy se nachází v nadmořské výšce 400 – 435 m n. m. a z hlediska lesnického patří do 2. lesního vegetačního stupně (LVS) – buko-dubový.

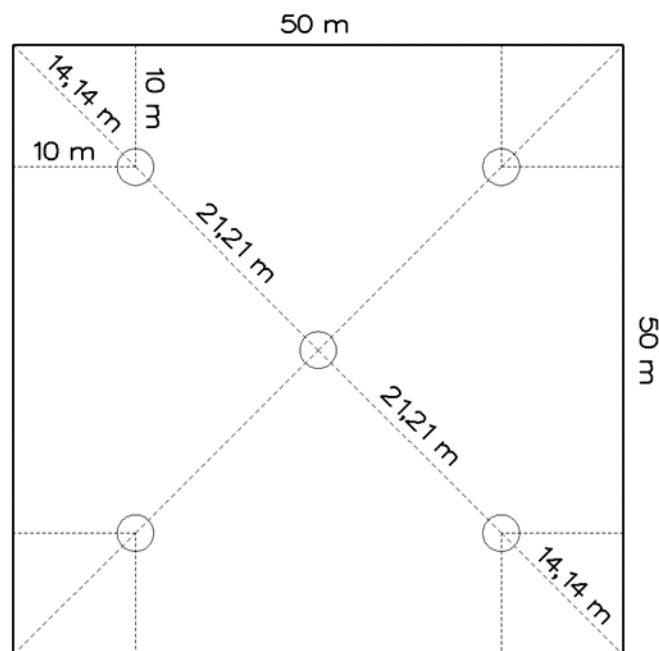
Klimatologická data oblasti:

- průměrná roční teplota je 7,2 °C
- průměrný roční úhrn srážek je 550 mm
- vegetační doba je 158 dnů.

Lesní pozemky jsou v majetku Obecní lesy Žilov a Lesy JUDr. Wopřálka.

3.2 Zkusné plochy

Bylo vybráno 8 zkusných čtverců (Obr. 5). V každém čtverci je umístěno 5 zkusných kruhových ploch viz Obr. 6. Každý čtverec má délku strany 50 m. Minimální vzdálenost mezi čtverci je 50 m. Středů kruhových zkusných ploch jsou umístěny na úhlopříčkách – jedna v průsečíku úhlopříček, další čtyři vždy 14,14 m od rohu čtverce. Schéma hrací kostky.



Obr. 6: Schéma umístění kruhových zkusných plošek na čtverci

Pro čtvercové plochy byly zjištěny základní charakteristiky z lesního hospodářského plánu a z lesnických map viz Tab. 1. Podmínky prostředí na jednotlivých čtvercích se zásadně nelišily. Věk mateřského porostu se pohyboval od 121 do 142 let, střední porostní výška od 20 do 24 m, střední porostní tloušťka od 25 do 34 cm a zakmenění od 8 do 10. Na některých čtvercích byla přimíšená dřevina smrk, ale pouze do 5%.

Podloží tvoří podzolovaná kambizem. Typologicky jsou zkusné plochy umístěny na SLT – 0K1 (kyselý dubový bor borůvkový (s metličkou křivolakou)) a 0M2 (chudý bor brusinkový).

Tab. 1: Přehled jednotlivých čtverců – hospodářské údaje

čtverec	nadmoř. výška	věk porostu	zastoupení dřevin (%)	SLT	CHS	střední tloušťka (cm)	střední výška (m)	obmýcí	obnovní doba	zásoba (m ³ /ha)	objem středního kmene (m ³)	zakmenění
1	400	122	Bo 95, SM 5	OK1	13	34	24	120	20	307	Bo 0,54/SM 0,89	8
2	400	122	Bo 95, SM 5	OK1	13	34	24	120	20	307	Bo 0,54/SM 0,89	8
3	400	122	Bo 95, SM 5	OK1	13	34	24	120	20	307	Bo 0,54/SM 0,89	8
4	420	129	Bo 100	OK1	13	27	21	120	20	295	0,54	10
5	400	121	Bo 100	OM2	13	25	20	120	20	289	0,45	10
6	400	121	Bo 100	OM2	13	25	20	120	20	289	0,45	10
7	435	136	Bo 95, SM 5	OK1	13	28	21	120	20	251	Bo 0,54/SM 0,36	8
8	430	142	Bo 95, DB 5	OK1	13	28	22	120	20	263	Bo 0,55/Db 1,04	8

3.3 Sběr dat

V rámci 8 čtvercových zkusných ploch a 40 kruhových zkusných ploch bylo změřeno 218 jedinců obnovy. Měření byli jedinci vyšší než 10 cm.

Jako parametry prostředí (pro kruhové plochy) byly měřeny tyto veličiny:

- Openess [%] – převrácená hodnota zápoje (procento světlých pixelů v rámci záběru, pomocí fotoaparátu se širokoúhlým objektivem typu „rybí oko“ na stojanu ve výšce 1,3 m nad zemí)
- PPFD (Photosynthetically active photon flux density) (direct) – přímá sluneční radiace na stanovišti [mmol.m⁻².s⁻¹]
- PPFD (diffuse) – rozptýlená sluneční radiace na stanovišti [mmol.m⁻².s⁻¹]
- PPFD (total) – celková sluneční radiace [mmol.m⁻².s⁻¹],
- Mocnost jednotlivých půdní horizontů (L,F,H, A) v cm, odečítáno v půdní minisondě, veličina zjišťována v cm za použití svinovacího metru s přesností měření 0,5cm

- Pokryvnost přízemní vegetace v %, okulární zjišťování (kategorie: hrabanka, mech, borůvčí, vřes, brusinka, trávy)
- Změřena hektarová kruhová základna mateřského porostu v m².ha⁻¹ za pomoci relaskopického klínku
- vzdálenost k nejbližšímu stromu mateřského porostu, značeno L, měřeno v m za použití svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm
- vzdálenost k nejbližšímu jedinci obnovy, značeno L1 měřeno v m za použití svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm
- vzdálenost od nejbližší skupiny k dalšímu zmlazení, značeno L2 měřeno v m za použití svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm

Jako závislé proměnné obnovy byly pro jednotlivé jedince zjišťovány tyto veličiny:

- průměr kmene v kořenovém krčku Dkrček, veličina byla měřena v cm za použití posuvného měřidla s přesností měření 0,5 mm
- průměr kmene ve výšce 1,3 m D[1,3] u jedinců vyšších než 130 cm, veličina měřena posuvným měřidlem s přesností měření 0,5 mm
- výška H do 220cm, veličina byla měřena v cm pomocí svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm, nad 220 cm použit výškoměr s přesností 10 cm
- výškové přírůsty za roky 2013 – 2017 měřeny pomocí svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm
- průměr korun Q, veličina byla měřena na cm za použití svinovacího metru s přesností měření 0,5 cm
- úhel větvení α , veličina byla měřena ve stupních za použití úhlooměru s přesností měření 10 °
- pěstební kvalita, okulární zjišťování, stupnice od 1 do 4 podle této škály (1 - rovný, bez vad, 2 - kmen s mírným prohnutím, 3 - křivý kmen, 4 - kmen zkroucený, ohnutý k zemi)
- poškození jedince, okulární zjišťování, hodnoty – vytloukání, okus, ohnutí, náhradní vrchol, dvoják, vrškový zlom, těžba

3.4 Analýza dat

Kromě měřených veličin byly pro vyhodnocení použity i veličiny vypočítané z těchto měřených veličin a to tyto:

- průměrný přírůst [cm] – průměr z přírůstů za posledních 5 let
- relativní přírůst [m] - průměr z hodnot přírůstů v jednotlivých letech ku výšce v jednotlivých letech
- relativní průměr korun [%] – průměr koruny ku výšce jedince
- procento poškozených jedinců [%] – poměr poškozených jedinců ku všem
- poměr nerozloženého a rozloženého humusu – v půdní minisondě vrstva L + F ku vrstvě H

Statistické vyhodnocení proběhlo v programu Excel a Statistica. Bylo využito předdefinovaných funkcí pro vyhodnocení Spearmanova korelačního koeficientu, grafů vzájemných závislostí mezi jednotlivými veličinami a krabicových grafů pro porovnání jednotlivých čtverců mezi sebou.

Pro všechny veličiny a určení vztahů mezi nimi byla vytvořena korelační matice. Dále byly vyhodnoceny ty dvojice veličin obnovy a prostředí, kde vyšel korelační koeficient větší než 0,3 a jeho hodnota byla statisticky významná (na hladině spolehlivosti $\alpha = 0,05$).

4 Výsledky

Pro měřené veličiny byla sestavena následující korelační matice s korelačními koeficienty pro jednotlivé charakteristiky obnovy a prostředí viz Tab. 2. Červeně jsou zvýrazněny koeficienty statisticky významné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Tyto výsledky jsou pak podrobně rozebrány v následujících kapitolách.

Tab. 2: Korelační matice pro zjišťované veličiny (červeně statisticky významné koeficienty)

Spearman Rank Order Correlations (HorBrize_Novy_23_11_18)											
MD pairwise deleted											
Marked correlations are significant at $p < 0,05000$											
Variable	počet ks/ha	L-mateř strom (m)	L1 konkurence (m)	L2-konkurence (m)	Openess	PPDF direct	PPDF difuse	PPDF total	LF/H	BA (m ² /ha)	mech
D krcek (cm)	-0,064807	0,093731	0,180227	-0,044058	-0,320855	-0,153437	-0,254369	-0,152070	-0,336534	-0,407639	-0,121897
H (cm)	-0,005114	0,077970	0,110104	-0,034384	-0,453344	-0,288673	-0,390531	-0,288687	-0,422436	-0,487316	-0,089506
P avg	-0,029541	0,136896	0,002544	-0,085298	-0,313111	-0,215087	-0,272805	-0,207477	-0,218128	-0,385552	-0,065975
P% avg	-0,046289	-0,007448	-0,105339	-0,048180	0,429510	0,264988	0,378918	0,274795	0,398945	0,380801	0,026206
Q-prum koruny	-0,072859	0,013519	0,206828	-0,058043	-0,385444	-0,171704	-0,311138	-0,171288	-0,403820	-0,388931	-0,129499
Q %	-0,026746	-0,117816	0,078872	-0,038549	0,306375	0,318113	0,310985	0,324223	0,193796	0,342270	-0,023061
a úhel vetvení	-0,008834	0,078352	0,017854	-0,113456	-0,058712	0,062427	-0,014691	0,061123	-0,047717	-0,201619	-0,096304
Pěstební kvalita	0,081714	-0,019163	0,017613	0,086791	0,112634	0,045717	0,112565	0,036595	0,041431	0,142702	-0,056243
Poškoz %	0,016197	0,080580	-0,005774	-0,021695	0,356391	0,239969	0,389220	0,240282	0,202600	0,351430	-0,242059
počet ks/ha	1,000000	0,094460	-0,435885	0,170922	0,163658	-0,126566	0,111957	-0,117091	0,191567	0,039504	0,527622

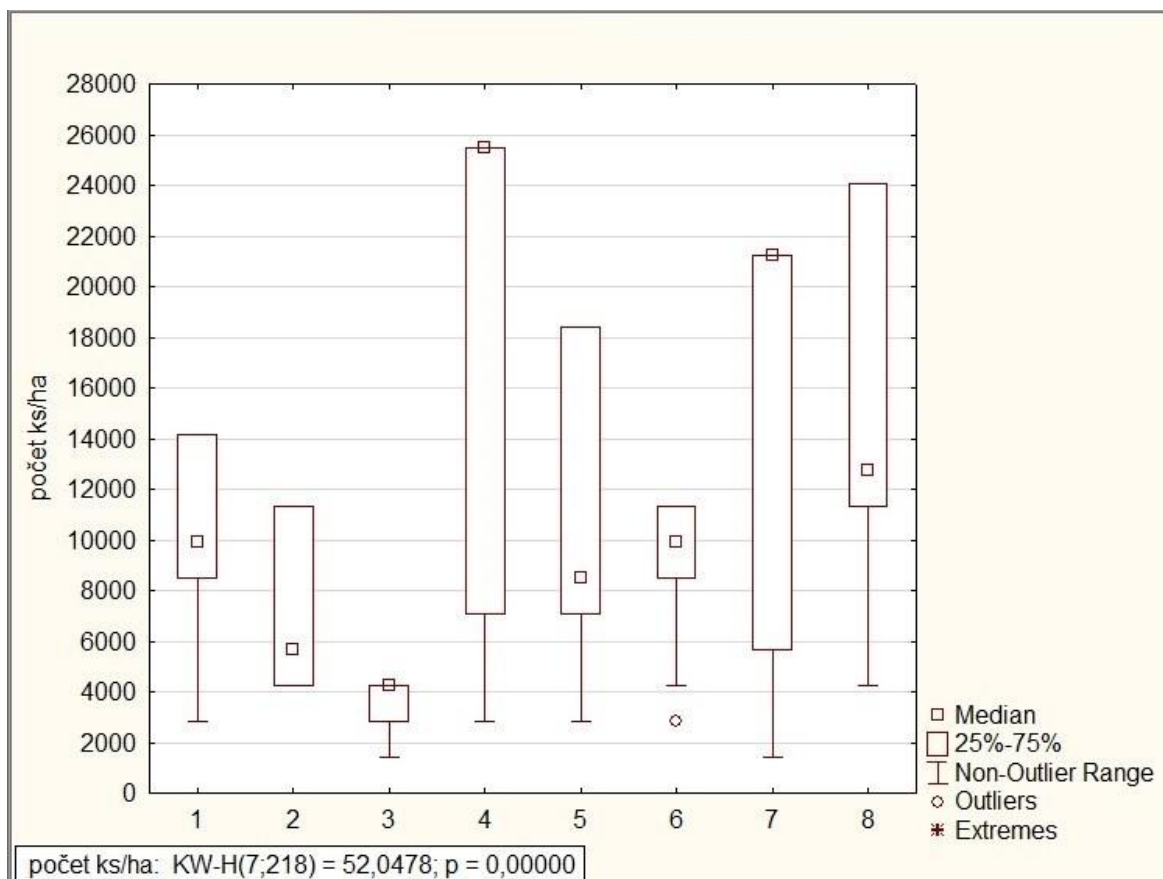
4.1 Počet jedinců na 1 ha

Jednou ze základních charakteristik obnovy jsou počty jedinců této obnovy.

Počet jedinců obnovy je variabilní jak v rámci čtverců, tak i mezi čtverci (Obr. 7).

Minimální počet jedinců na ploše je 1 414 ks/ha. Maximální počet jedinců na ploše je 25 459 ks/ha. Průměrný počet jedinců na ploše je $11\,105 \pm 3\,810$ ks/ha.

Nejmenší průměrný počet jedinců obnovy byl zjištěn na čtverci číslo 3, naopak nejvyšší průměrný počet jedinců na ploše číslo 4.



Obr. 7: Počet jedinců přirozené obnovy (ks/ha) na všech zkušných čtvrcích

Z korelační matice uvedené v tabulce Tab 2 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je dále statisticky významná závislost na vnitřní konkurenci obnovy, otevřenosti zápoje, moci humusu a pokryvnosti mechů. Jednotlivé kombinace jsou uvedeny v následujících kapitolách pod příslušnými vlivy prostředí.

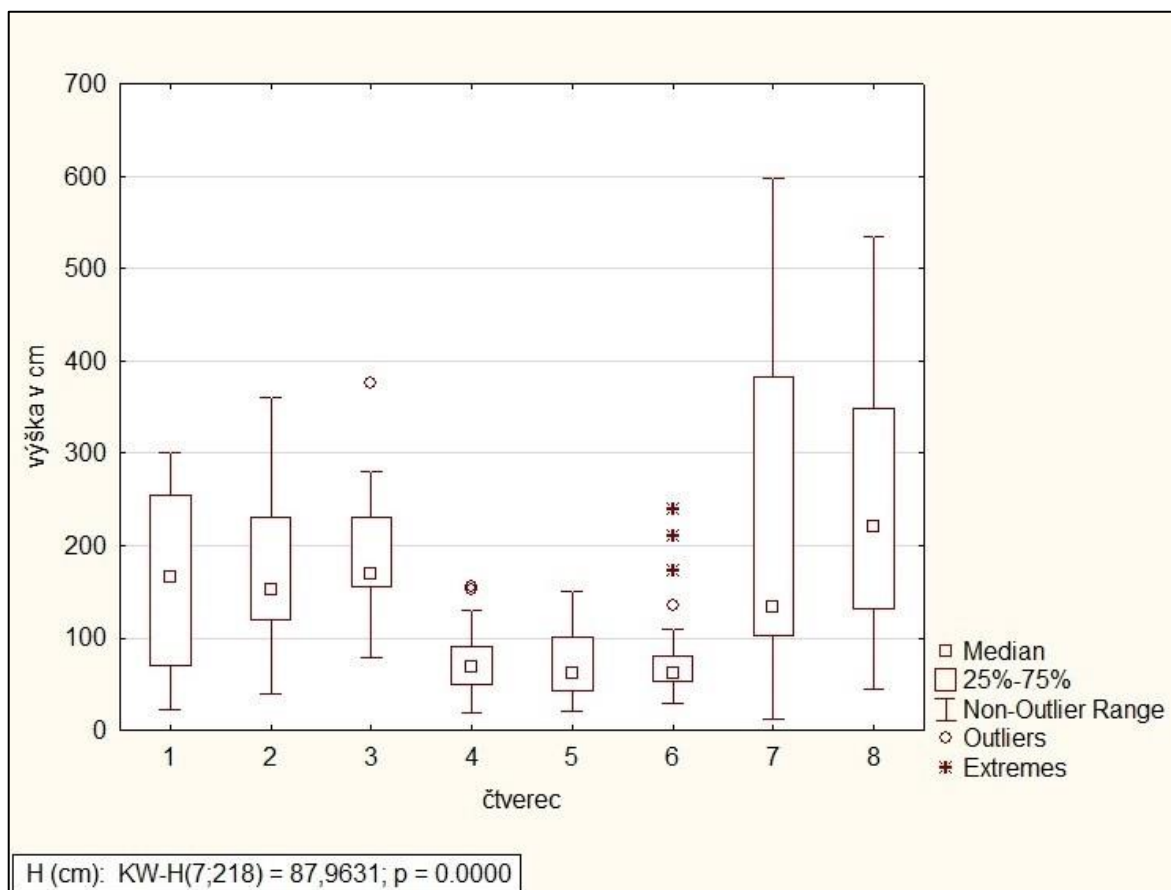
4.2 Kvalita obnovy

U obnovy bylo zjišťováno mnoho charakteristik, zde je přehled nejdůležitějších z nich jako je výška obnovy, tloušťka v krčku, přírůsty, pěstební kvality a úhel větvení.

V následujících podkapitolách jsou uvedeny výsledky těchto charakteristik na jednotlivých čtvrcích. Pro další posouzení vlivu prostředí byly vybrány dvě základní charakteristiky určující kvalitu obnovy, a to výška obnovy a relativní přírůst obnovy

(přírůst obnovy v procentech), protože jsou to veličiny, které jsou stěžejní pro obnovu nejen z hlediska stavu (výška), ale i vývoje (přírůst).

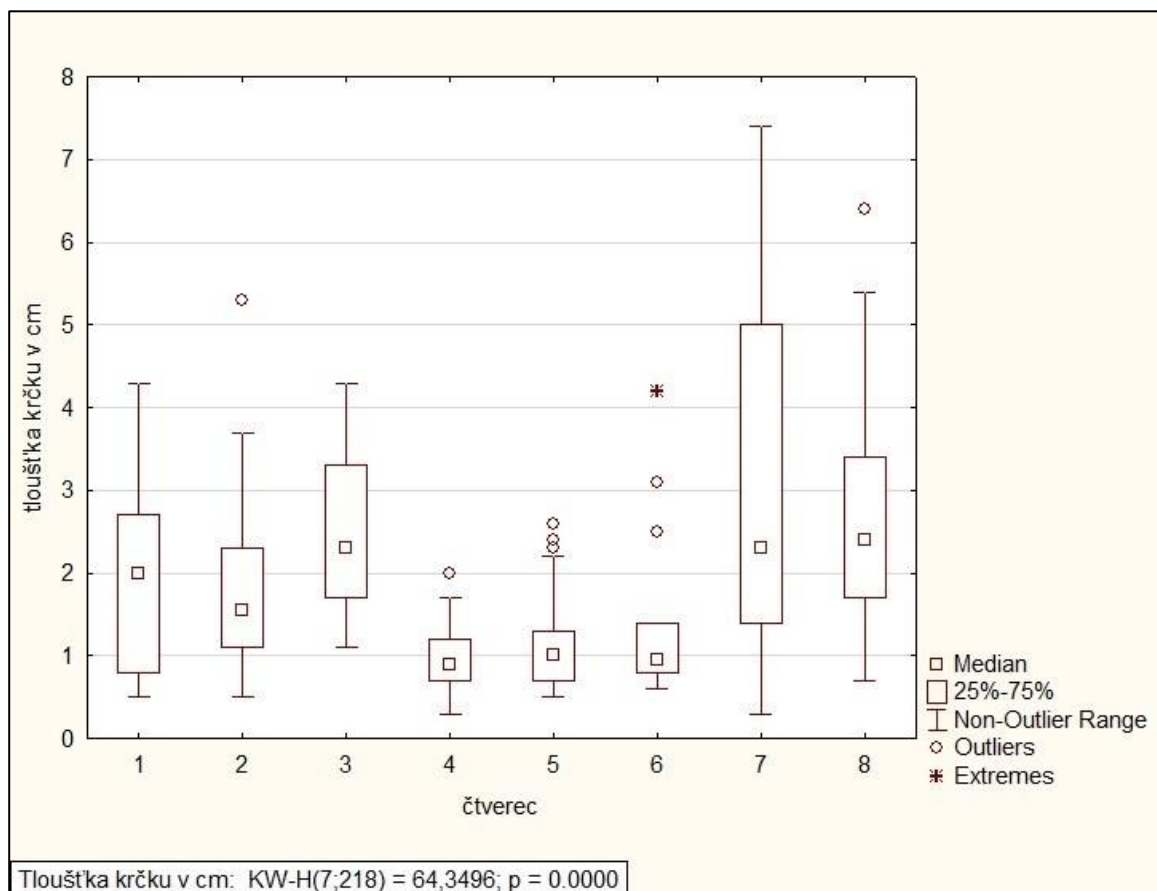
4.2.1 Výška obnovy



Obr. 8: Výšky jedinců [m] obnovy na jednotlivých zkusných čtvercích

Rozpětí výšek na jednotlivých čtvercích je značně variabilní. Jak je patrné z grafu Obr. 8. Nejnižší obnova byla zaznamenána na čtvercích 4, 5 a 6. Největší jedinci byli zaznamenáni na čtvercích 7 a 8, kde bylo také zaznamenáno největší rozpětí výšek od několika centimetrů po jedince vysoké až 6 m. Průměrná výška obnovy byla 152 ± 57 cm.

4.2.2 Tloušťka v krčku



Obr. 9: Tloušťky jedinců obnovy v krčku [cm] na jednotlivých zkusných čtvercích

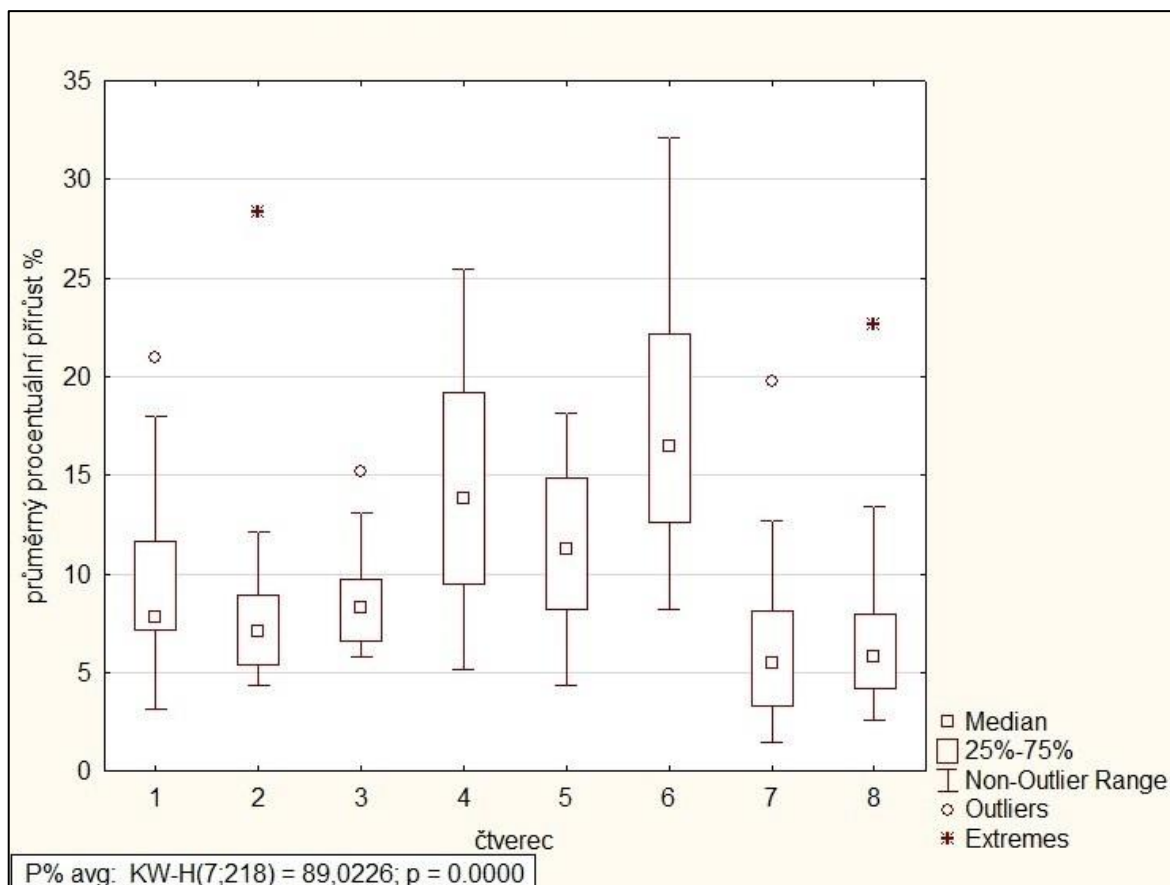
Tloušťka v krčku víceméně kopíruje rozložení výšek obnovy. Je to logické, když mezi tloušťkou a výškou je výrazná korelační závislost. Tloušťka se tedy pohybuje od několika milimetrů u nejnižších jedinců po 7,5 cm u nejstarší a nejspíše nejvyšší obnovy. Detaily rozložení tlouštěk v jednotlivých čtvercích jsou v grafu viz Obr. 9.

Průměrná hodnota tloušťky v kořenovém krčku je $1,92 \pm 0,65$ cm.

4.2.3 Přírůsty

V následujícím grafu viz Obr. 10 jsou uvedeny procentuální přírůsty obnovy na jednotlivých zkusných čtvercích.

Hodnoty přírůstu se pohybují od několika procent do výjimečně i 30 % přírůstu.



Obr. 10: Procentuální přírůst výšky obnovy na jednotlivých zkusných čtvercích

Průměrná hodnota přírůstu výšky byla $11,2 \pm 3,4$ %. Největší přírůst byl zaznamenán na čtverci 6 a nejnižší na čtverci 7.

4.2.4 Pěstební kvalita

Pěstební kvalita se hodnotila v bodové škále. Průměrně se pěstební kvalita na čtvercích pohybovala od 2 do 3 bodů. V průměru za jednotlivé čtverce vykazuje čtverec 1 nejlepší pěstební kvalitu (průměr 2,1) a čtverec 7 nejhorší pěstební kvalitu (průměr 3).

4.2.5 Úhel větvení

Úhel větvení se pohyboval od několika stupňů po maximální hodnotu 30°. Jednotlivé plochy se ale v úrovni větvení zásadně nelišily a maximálních hodnot nabývaly pouze jednotky kusů jedinců. Většina se pohybovala kolem průměru, o čemž svědčí i malá střední chyba průměru. Průměrná hodnota byla $7,5 \pm 1,0$ °.

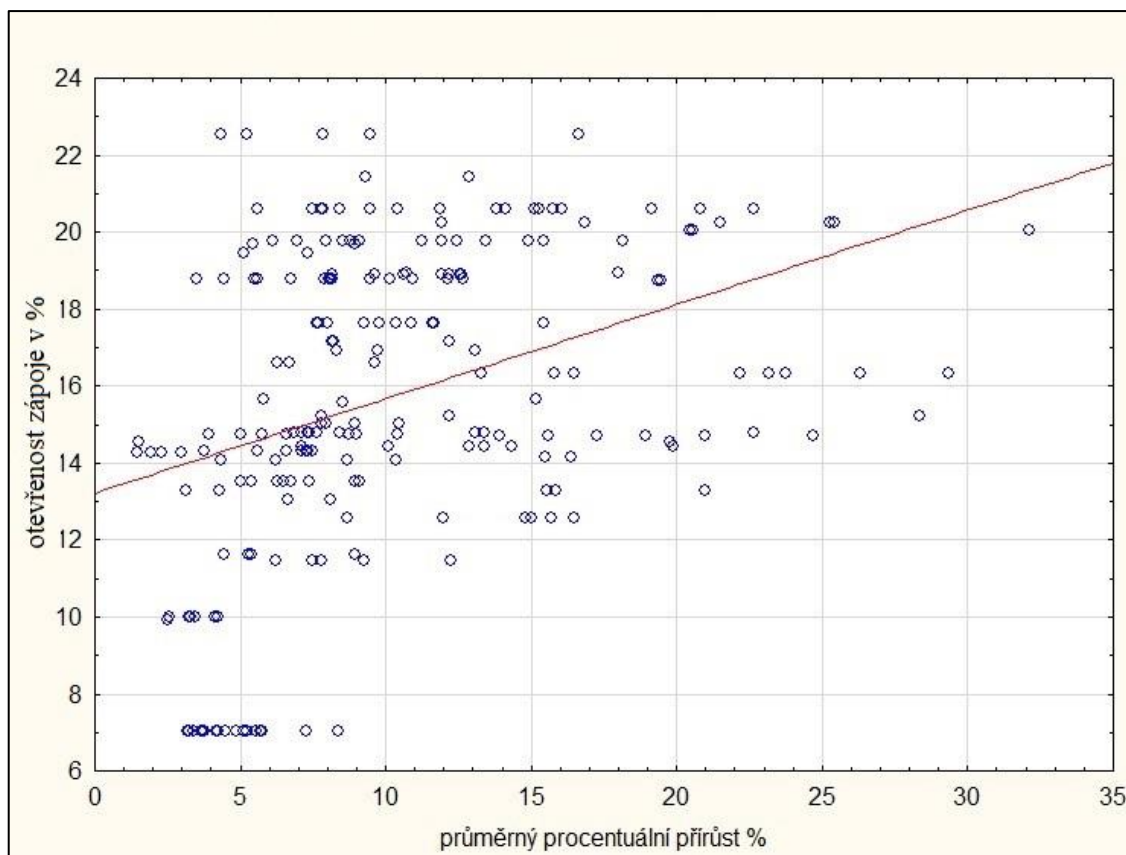
4.3 Vliv světelných podmínek na kvalitu obnovy

Kvalita obnovy je v tomto případě charakterizována přírůstem a také poškozením obnovy. V následujících výsledcích jsou pro přírůsty použity procentuální hodnoty, které lépe vystihují hodnotu přírůstu a staví přírůsty na jednotnou úroveň bez ohledu na věk obnovy.

4.3.1 Otevřenost zápoje

Vztah mezi procentuálním přírůstem a otevřeností zápoje je výrazný. Pearsonův korelační koeficient je $r = 0,43$ a je statisticky významný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Procentuální přírůst je tedy vyšší na lokalitách s vyšší otevřeností zápoje.

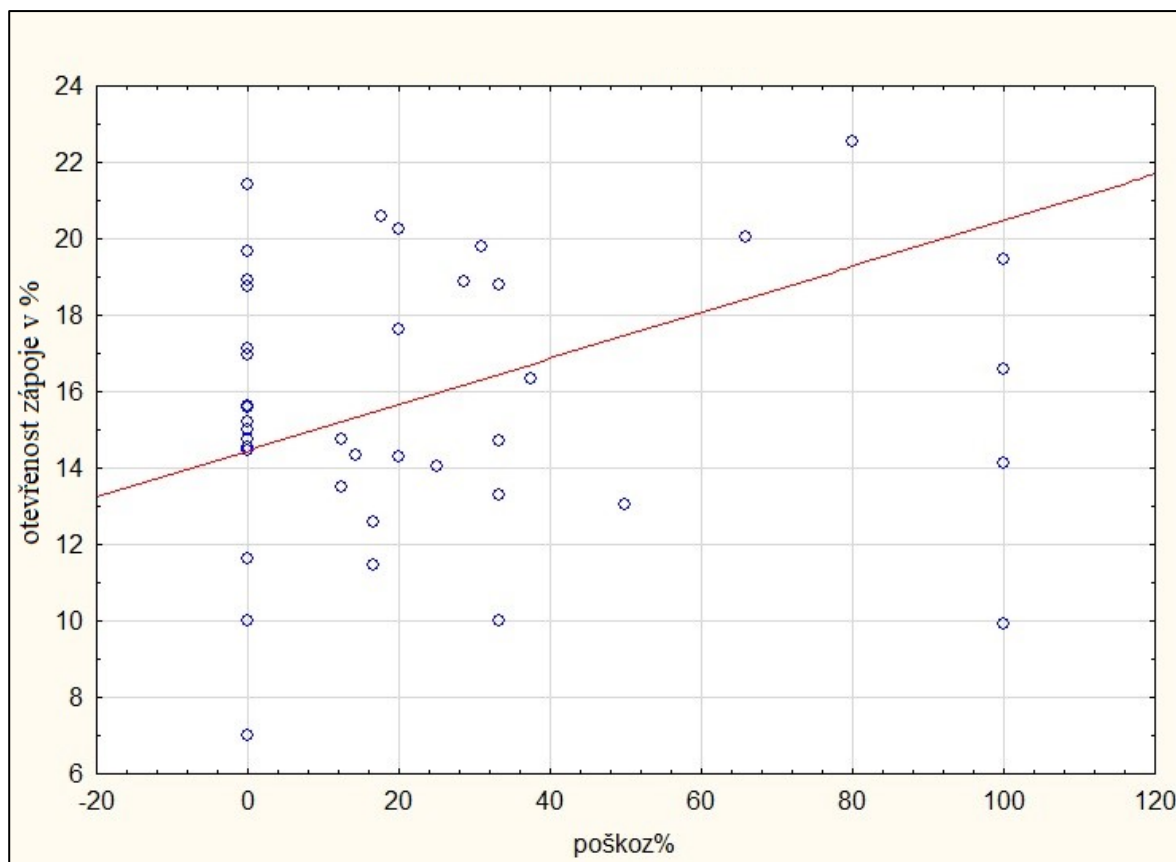
Tento vztah je vyjádřen lineárním regresním vztahem s regresními koeficienty: $a = 0,2451$ a $b = 13,2202$. Graficky je tato regrese znázorněna na Obr. 11. Dle daného vztahu lze odvodit, že nulový přírůst by teoreticky mohl nastat v případě, že otevřenost zápoje bude nižší než 13.



Obr. 11: Vztah mezi výškovým přírůstem v procentech a otevřeností zápoje mateřského porostu

Na druhou stranu otevřenost zápoje měla také vliv na poškození obnovy. S otevřeností zápoje se zvyšuje procento poškození obnovy. Korelační koeficient je $r = 0,36$ a je statisticky významný na hladině $\alpha = 0,05$.

Tento vztah je vyjádřen lineárním regresním vztahem s regresními koeficienty: $a = 0,0603$ a $b = 14,456$. Graficky je tato regrese znázorněna na Obr. 11. Dle daného vztahu lze odvodit, že nulové poškození by teoreticky mohlo nastat v případě, že otevřenost zápoje bude nižší než 14,5.



Obr. 12: Vztah mezi výškovým přírůstem v procentech a otevřeností zápoje mateřského porostu

Otevřenost zápoje měla také statisticky významný vliv na průměr koruny obnovy, a to jak absolutní ($r = -0,39$), tak relativní ($r = 0,31$). Malý ale statisticky významný vliv měla otevřenost zápoje i na počet jedinců obnovy ($r = 0,16$).

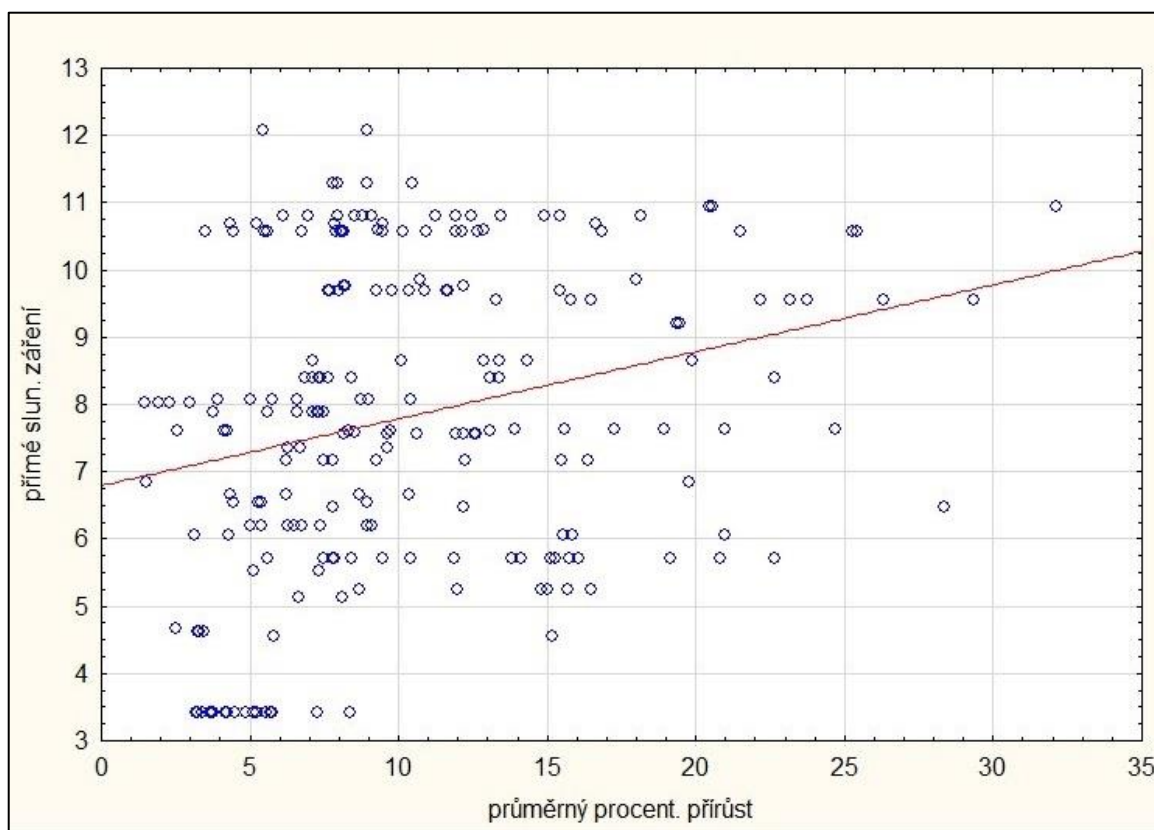
Naopak statisticky nevýznamný byl korelační koeficient pro úhel větvení a pěstební kvalitu jedinců obnovy.

4.3.2 Přímé sluneční světlo

Vztah mezi procentuálním přírůstem a přímým slunečním zářením není tak výrazný. Pearsonův korelační koeficient je $r = 0,26$ a je statisticky významný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Procentuální přírůst je tedy vyšší na lokalitách s vyšší hodnotou přímého slunečního záření.

Tento vztah je vyjádřen lineárním regresním vztahem s regresními koeficienty: $a = 0,0996$ a $b = 6,792$. Graficky je tato regrese znázorněna na Obr. 13 . Dle daného vztahu

lze odvodit, že nulový přírůst by teoreticky mohl nastat v případě, že přímé sluneční záření by bylo pod hodnotou 7.



Obr. 13: Vztah mezi výškovým přírůstem v procentech a přímým slunečním zářením

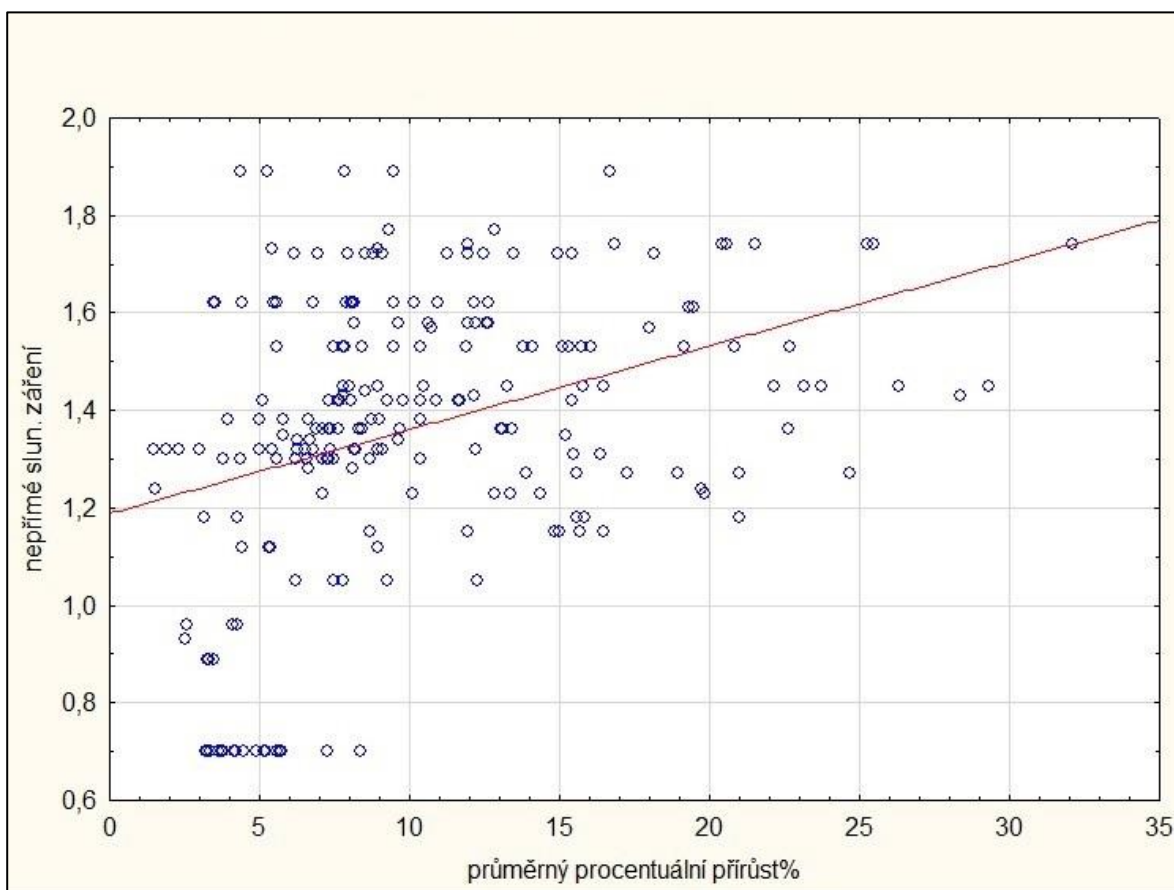
Stejně jako má přímé sluneční záření vliv na procentuální přírůst, má také vliv na poškození obnovy. Korelační koeficient je statisticky významný, i když vztah není nijak těsný $r = 0,24$.

Výraznějším statisticky významným koeficientem je pak ještě u vztahu přímého slunečního záření a průměru koruny v procentech $r = 0,31$ a u vztahu přímého slunečního záření a výšky $r = - 0,29$. Statisticky nevýznamné korelace byly zjištěny u úhlu větvení, pěstební kvality a počtu jedinců na hektar.

4.3.3 Rozptýlené sluneční světlo

Mnohem větší vliv než přímé sluneční záření mělo na obnovu vliv rozptýlené sluneční záření. Vztah mezi procentuálním přírůstem a rozptýleným slunečním zářením je výrazný. Pearsonův korelační koeficient je statisticky významný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a jeho hodnota je $r = 0,37$. Procentuální přírůst je tedy vyšší na lokalitách s vyšší hodnotou nepřímého slunečního záření.

Tento vztah je vyjádřen lineárním regresním vztahem s regresními koeficienty: $a = 0,0172$ a $b = 1,1885$. Graficky je tato regrese znázorněna na Obr. 14. Dle daného vztahu lze odvodit, že nulový přírůst by teoreticky mohl nastat v případě, že nepřímé sluneční záření by bylo pod hodnotou 1,2.



Obr. 14: Vztah mezi výškovým přírůstem v procentech a difúzním slunečním zářením

Výraznějším statisticky významným koeficientem je pak ještě u vztahu nepřímého slunečního záření a poškození obnovy $r = 0,39$ a také u vztahu nepřímého slunečního záření a výšky $r = - 0,39$. Významné jsou i závislosti ostatních taxačních veličin kromě úhlu větvení, pěstební kvality a počtu jedinců na hektar.

4.3.4 Celkové sluneční záření

Je patrný rozdíl mezi vlivem rozptýleného a přímého záření. U všech veličin byl potvrzen větší vliv rozptýleného záření. Celkové sluneční záření zůstává na úrovni přímého slunečního záření. Korelační koeficienty kopírují hodnoty pro přímé sluneční záření. Ze statisticky významných korelačních koeficientů se nejvyšší závislost potvrdila u procentuálního průměru koruny $r = 0,32$ a u výšky $r = - 0,28$. Ostatní závislosti jsou nevýrazné a statisticky nevýznamné korelační koeficienty byly opět zjištěny pro úhel větvení, pěstební kvalitu a počet jedinců na hektar.

4.4 Vliv konkurence mateřského porostu

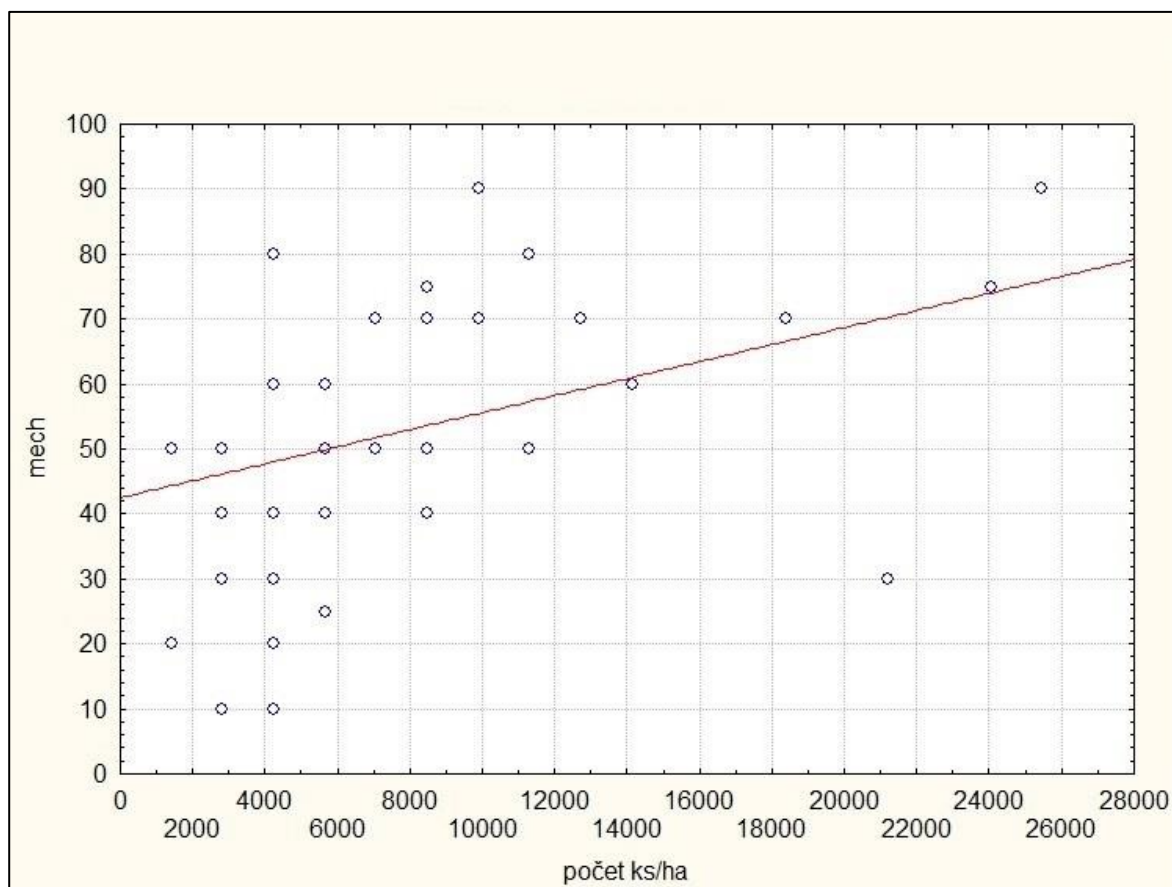
Konkurence mateřského porostu je tu charakterizována vzdáleností k nejbližšímu stromu mateřského porostu (tj. v podstatě hustotou porostu) a celkovou kruhovou základnou mateřského porostu.

Zatímco vztah mezi vzdáleností k mateřskému porostu a počtem jedinců obnovy nebyl tedy prokázán, pak vliv celkové kruhové základny byl statisticky významný pro všechny zjišťované charakteristiky kromě počtu jedinců obnovy na hektar.

Pro výšku obnovy byl korelační koeficient nejvyšší $r = 0,48$, pro procentuální přírůst obnovy je korelační koeficient stále vysoký $r = 0,38$. Pro absolutní přírůst to byl koeficient $r = - 0,38$. Relativní a absolutní přírůst v tomto případě působí v závislosti na kruhové základně proti sobě.

4.5 Vliv konkurence přízemní vegetace

Význam přízemní vegetace byl zjišťován pro všechny kategorie, tj. bylinné i keříčkové patro. Těsná závislost však byla zjištěna pouze mezi počtem jedinců obnovy na hektar a pokryvností mechem. Pearsonův korelační koeficient $r = 0,53$ je statisticky významný na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, což značí velmi silnou závislost.



Obr. 15: Vztah mezi počtem jedinců obnovy a pokryvností mechem

Regresní vztah je graficky znázorněn v grafu na Obr. 15. Lineární regrese je charakterizována rovnicí: $\text{mech} = 42,4982 + 0,0013 \cdot \text{počet ks/ha}$. Výsledkem tedy je zjištění, že se vzrůstající pokryvností mechem roste i počet jedinců obnovy. Teoretická počáteční hodnota příznivá pro výskyt obnovy je kolem 40 %.

Významným faktorem byla také prokázána hustota obnovy samotné. Ta byla charakterizována hodnotami vzdáleností k nejbližšímu jedinci obnovy a k druhému nejbližšímu jedinci obnovy. Tyto hodnoty měly vliv jen na přítomnosti jedinců na ploše. Vzdálenost prvního konkurenta měla korelační koeficient $r = -0,44$ a vzdálenost druhého konkurenta opačně $r = 0,17$.

5 Diskuse

Pro optimální vývoj nového porostu jsou v metodikách doporučovány optimální a minimální počty jedinců obnovy. Pro jedince umělé obnovy borovice jsou doporučené počty sazenic okolo 9 000 ks/ha nebo dokonce až 10 000 ks/ha (Slodičák a kol., 2017). V porovnání s tím bylo na sledovaných plochách zjištěno v průměru 12 000 ks/ha, což na většině obnovovaných ploch splňuje uvedené počty bohatě, stačily by i nižší hektarové počty obnovy. Další navýšení jedinců obnovy s ohledem na další výchovu a stabilitu porostu není žádoucí. Je tedy z hlediska nastavených minimálních počtů zajištěna kompletní obnova na vybraných plochách.

Obnova pod porostem se svým charakterem významně liší od obnovy vznikající na volné ploše. Relativní přírůst je pod porostem nižší než u obnovy na volné ploše a pohybuje se v rozsahu 5 – 25 % (Ulbrichová, 2018). To se na zkusných plochách potvrdilo: extrémní hodnoty byly až 30 % přírůst ale průměrná hodnota přírůstu se pohybovala kolem 7 %.

Světelné nároky borovice jsou zásadní pro její růst. Zatímco někteří autoři tvrdí, že přirozená obnova borovice pod porostem je velmi obtížná, ne-li nemožná (Úradníček, Maděra, 2001; Chroust, 1997; Pop, 2014), další autoři už mají zajímavé výsledky ze sledování přirozené obnovy pod porostem (Ulbrichová, 2018; Bílek, 2018). Chroust uvádí, že požadavky borovice jsou 25 % záření na volné ploše. Na našich plochách tato hodnota byla v průměru 9 % a ukázalo se, že tyto hodnoty pro vývoj obnovy plně dostačují. Na sledovaných plochách se potvrdilo, že pod porostem se zmlazuje borovice také dobře, za správného rozvolnění mateřského porostu s otevřeností zápoje od 11 % do 19 %. V lesnictví se více používá převrácených hodnot, tedy zápoje. Na všech sledovaných plochách došlo k obnově při zápoji od 81 % do 89 %. Je možné, že v prosazování přirozené obnovy borovice má svou roli změna klimatu (Bílek, 2018), kdy svou roli zřejmě hraje nejen úroveň slunečního záření, ale především teplota.

Konkurence mateřského porostu je klíčovým faktorem, který ovlivňuje světelné podmínky limitující obnovu pod porostem, ale i dostupnost vody a živin v kořenové vrstvě (Chroust, 1997; Pop, 2014). Ulbrichová (2018) uvádí, že optimální relativní přírůst je očekáván

v porostech s celkovou kruhovou výčetní základnou mezi 18 - 24 m² a při větší výčetní kruhové základně rapidně klesá přírůst. Na sledovaných plochách byl zaznamenán vliv výčetní základny mateřského porostu na výšku obnovy ($r = 0,48$) a na procentuální výškový přírůst ($r = 0,38$), ale ne vzdálenost k mateřskému stromu. Převážná většina zkusných ploch byla pod mateřským porostem do 24 m² s výjimkou čtverce 4, kde na některých plochách byla zjištěna kruhová základna až 32 m². Kruhová základna oproti plnému zakmenění je na uvedených plochách 80 - 100 % (viz Tab. 1). Není tedy rapidně snížena, ale charakterizuje normální stav kmenoviny v dané lokalitě, přesto pod porostem vyrostla plnohodnotná obnova.

S kruhovou základnou úzce souvisí i výsledek, kdy procentuální výškový přírůst se vrůstající kruhovou základnou roste ($r = 0,48$) a pohyboval se kolem 11 %, zatímco přírůst v absolutních hodnotách se vzrůstající kruhovou základnou klesá ($r = - 0,38$). To může být způsobeno vyšším přírůstem mladých jedinců v hustějších porostech, kde se přírůst vztahuje k nižším výškám jedinců, je tedy relativně vysoký, ale v absolutních číslech malý. Dále může být vysoký relativní přírůst v porostech s vyšší celkovou kruhovou základnou zapříčiněn snahou jedinců dostat se k vyšší úrovni záření, tzv. „táhnou za světlem“.

Pro světlomilnou dřevinu, jako je borovice, je limitující nejen vliv mateřského porostu, ale také konkurence jedinců obnovy (Chroust, 1997). Hustota obnovovaného porostu ovlivňuje záření uvnitř kultury či mlaziny. Vyšší jedinci zvyšují zástin menších konkurentů, ale také jejich snahu, dosáhnout optimálních světelných poměrů. To se projevilo i na měřených plochách, kde vztah mezi počtem jedinců obnovy a vzdáleností k nejbližšímu konkurenčnímu jedinci obnovy vykázal statisticky významný korelační koeficient ($r = - 0,44$). Logicky, čím blíže je první konkurent, tím více je jedinců obnovy. Vzdálenost druhého konkurenta obnovy naopak nemá takový vliv na počty obnovy ($r = 0,17$), i když je statisticky významný, tj. čím dále je druhý konkurent od měřeného jedince, tím více je jedinců obnovy. Pro přesnější vyhodnocení by bylo třeba doplnit podrobnější šetření s tím, že by byly sebrány i údaje, o kolik jsou nejbližší jedinci větší nebo menší než jedinec měřený. Jiné závislosti uvnitř obnovy nebyly zjištěny, respektive byly statisticky nevýznamné.

Konkurence přízemní vegetace je limitním faktorem především v době odrůstání těchto vrstev (Businský, 2011). Borovice dává přednost osidlování ploch bez vegetace jako pionýrská dřevina po těžbě, požárech apod. (Úradníček, Maděra, 2001; Businský, 2011). Z tohoto hlediska je výhodné obnovovat borovici pod porostem, protože je snížen výskyt přízemní vegetace oproti obnově na volné ploše, kde často dochází k zabuřnění. Negativní vliv bylinného a především pak keřového patra (borůvčí), uvádí řada autorů (Úradníček, Maděra, 2001; Businský, 2011; Chroust, 1997; Ulbrichová, 2018). Bylinné a keříčkové patro zastiňuje jedince obnovy, ale hlavně připravuje semenáčky o vodu a živiny. Ze zjišťovaných charakteristik byla statisticky potvrzena poměrně významná závislost počtu obnovy na pokryvnosti mechů (Pearsonův korelační koeficient $r = 0,53$). Tedy čím více pokryvnosti mechů, tím více jedinců obnovy. Toto zjištění nejspíše souvisí se třemi aspekty. Za prvé při vysoké pokryvnosti mechů se nevyskytuje bylinné a keříčkové patro, za druhé mech je velmi nenáročný na vodu a živiny a za třetí mech zabraňuje vysoušení půdy. Mechové patro tedy není konkurent obnovovaných jedinců, jako spíše jejich podporou. Tento výsledek potvrzuje i výsledek z dalších šetření v České republice (Ulbrichová, 2018). Ve stejném článku je uveden jako limitující faktor pro obnovu výskyt keříčků, především *Vaccinium myrtillus*. Na měřených plochách byla ale pokryvnost borůvčím minimální. Vliv na růst obnovy nebyl prokázán.

6 Závěr

Obnova porostů borovice pod porostem je aktuálním tématem vzhledem k rostoucím teplotám a zvýšeným hodnotám radiace zejména v letních měsících, kdy může nastat situace, že i světlomilná borovice nevydrží extrémní podmínky na volné ploše.

Na zkušných plochách bylo zjišťováno, jak dosáhnout optimálních podmínek pro přirozené zmlazení mateřských porostů borovice úpravou světelných poměrů uvnitř mateřského porostu. Mateřský porost byl pak pro účely práce charakterizován jak světelnými podmínkami, tak taxačními veličinami, s kterými pracuje lesní personál. Kvalita obnovy byla mimo jiné charakterizována počtem jedinců obnovy na hektar, výškou obnovy, procentuálním přírůstem výšky obnovy a procentuálním poškozením jedinců obnovy.

Na počet jedinců přirozené obnovy borovice pod porostem měl statisticky významný vliv mechový pokryv půdy ($r = 0,52$), mocnost humusu ($r = 0,19$) a rozvolněnost zápoje už pouze omezeně ($r = 0,16$). Počet jedinců se pohyboval okolo 11 000 ks/ha.

Na výšku obnovy měla statisticky významný vliv nejvíce celková kruhová základna mateřského porostu ($r = - 0,49$), dále pak otevřenost zápoje ($r = - 0,45$), difúzní sluneční záření ($r = - 0,39$) a přímé sluneční záření ($r = 0,29$).

Na procentuální přírůst výšky obnovy měla statisticky významný vliv otevřenost zápoje ($r = 0,43$), dále pak celková kruhová základna mateřského porostu ($r = 0,38$) a difúzní sluneční záření ($r = 0,38$).

Na procentuální poškození obnovy měla statisticky významný vliv otevřenost zápoje ($r = 0,36$) a celková kruhová základna mateřského porostu ($r = 0,35$) a s nimi související difúzní sluneční záření ($r = 0,39$).

Z uvedených výsledků lze jednoznačně potvrdit, že na množství a především kvalitu obnovy, měly jednoznačný vliv světelné poměry, které lze prakticky regulovat těžebními zásahy v mateřském porostu. Se vzrůstající rozvolněností zápoje a rostoucím difúzním světlem pak stoupá nejen počet jedinců obnovy a přírůst, ale také poškození obnovy.

7 Přehled použité literatury

ADOLT R., KOHN I., KUČERA M., KRATĚNA L., FEJFAR J., ZÁVODSKÝ J., PIŠKYTLOVÁ K., ČECH Z. (2016): Výstupy Národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011-2015: 2. Zásoba dříví. Lesnická práce. 95(2), 1-8. Dostupné online: <http://nil.uhul.cz/ke-stazeni>

BÍLEK L. (2017): Ekologicky orientované pěstování borových porostů v podmínkách nižších až středních poloh. Certifikovaná metoda. Strnady, VÚLHM, 48 s., Lesnický průvodce 9/2017.

BÍLEK L., ZEIDLER A., PULKRAB K., et al., 2018. Pěstební a ekonomické aspekty clonné obnovy borovice lesní: certifikovaná metodika. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce.4/2018, ISBN 978-80-7417-169-7.

BITNER L. R., (2012): Jehličnany: Kapesní atlas. - Euromedia Group, k. s., Praha, 223 s., ISBN 978-80-242-3139-6

BUSINSKÝ R., VELEBIL J., (2011): Borovice v České republice: výsledky dlouhodobého hodnocení rodu *Pinus L.* v kultuře v České republice = Pines in the Czech Republic : results from the long-term evaluation of the genus *Pinus L.* cultivated in the Czech Republic. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. ISBN 978-80-85116-90-8.

HOUSTON DURRANT, T., DE RIGO, D., CAUDULLO, G. (2016): *Pinus sylvestris* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e016b94+

CHROUST L. (1997): Ekologie výchovy lesních porostů: smrk obecný-borovice lesní-dub letní, porostní prostředí-růst stromů-produkce porostu. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. ISBN 80-238-0889-3.

CHROUST L.(1993): Světelný režim porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a její asimilační biomasa. *Lestnictví*, 39, č. 7. s.265-272

JORDAN M., (2013): *Krása stromů*. - Euromedia Group, k. s., Praha, 224 s., ISBN 978-80-242-3796-1

KAŇÁK K. (2011): *Návrh šlechtitelských postupů pro borovici lesní v západních a jižních Čechách*. Disertační práce. Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze, 132 s. + příloha.

KUČERA, M., ADOLT, R., KOHN, I., PIŠKYTLOVÁ, K., KRATĚNA, L., FEJFAR, J., ZÁVODSKÝ, J., ČECH, Z. (2016): Výstupy Národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011–2015, 9. Obnova lesa. *Lesnická práce* 95 (9). Dostupné online: <http://nil.uhul.cz/ke-stazeni>

KUČERA, M., ADOLT, R., KOHN, I., PIŠKYTLOVÁ, K., KRATĚNA, L., FEJFAR, J., ZÁVODSKÝ, J., ČECH, Z. (2016): Výstupy Národní inventarizace lesů uskutečněné v letech 2011–2015, 7. Zastoupení dřevin. *Lesnická práce* 95 (6). Dostupné online: <http://nil.uhul.cz/ke-stazeni>

KUPKA, I. (2004): *Přírozená a umělá obnova, jejich přednosti, omezení a nevýhody*. In: *Přírozená a umělá obnova. Přednosti, nevýhody a omezení*. Kostelec nad Černými Lesy: ČZU Praha. ISBN 80-213-1147-9.

MADĚRA P., ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., A KOL. (2001): *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická. ISBN 80-862-7109-9.

MÁTYÁS C., ACKZELL, L., SAMUEL C.J.A. (2003): Scots pine (*Pinus sylvestris*). *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use* 6 p. ISBN: 978-92-9043-661-4, ISBN: 92-9043-661-1

MUSIL I., HAMERNÍK J., LEUGNEROVÁ G. (2002): *Lesnická dendrologie 1: jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných (i výtrusných) dřevin*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0992-X.

NÁROVCOVÁ J., NÁROVEC V. (2013): Pěstební opatření k udržení kvality borových mlazin. Certifikovaná metoda. Strnady, VÚLHM, 33 s., Lesnický průvodce 7/2013.

NOVÁK J., DUŠEK D., KACÁLEK D., SLODIČÁK M., SOUČEK J (2017): Pěstební postupy pro borové porosty 1. a 2. lesního vegetačního stupně. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-150-5. Dostupné online: <https://www.VULHM.cz/aktivity/vydavatelstva-cinnost/lesnicky-pruvodce/lesnicky-pruvodce-archiv-metodik/>

PEŘINA V., KADLUS Z., JIRKOVSKÝ V. (1964): Přirozená obnova lesních porostů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství.

PIKULA, J. (2003): Stromové a keřové dřeviny lesů a volné krajiny České republiky. Brno: CERM. ISBN 80-720-4280-7.

PLÍVA, K. (2000): Trvale udržitelné obhospodařování lesů podle SLT. Brandýs nad Labem, ÚHÚL, 34 s.

PODRÁZSKÝ V., ŠRÁMEK V., BALÁŠ M., BÍLEK L., 2015. Výživa a hnojení lesních porostů. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská. ISBN 978-80-213-2597-5.

POLENO Z., VACEK S., PODRÁZSKÝ V. (2007): Pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-07-6.

POLENO Z., VACEK S. a kol. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 978-80-87154-34-2

POP, M. (2004): Přirozená obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na holých sečích ve stanovištních podmínkách HS č. 13. In: Přirozená a umělá obnova. Přednosti, nevýhody a omezení. Kostelec nad Černými lesy: ČZU Praha. ISBN 80-213-1147-9.

PROCHÁZKA S., MACHÁČKOVÁ I., KREKULE J., ŠEBÁNEK A KOL., (2003): Fyziologie rostlin. - AV ČR, Praha, 484 s.

ROŽNOVSKÝ, J., HAVLÍČEK, V. (1999): Bioklimatologie. Brno, MZLU. 155.

SLÁVIK M., BAŽANT V. (2016): Dřevařská dendrologie I. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2622-4.

SLODIČÁK M., NOVÁK J. (2007): Výchova lesních porostů hlavních hospodářských dřevin. Recenzovaná metodika. Strnady. VÚLHM: 23 s. Lesnický průvodce 4/2007

SLODIČÁK M. a kol. (2017): Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin v CHS borového a smrkového hospodářství. Certifikovaná metodika. Strnady, VÚLHM, 44 s. Lesnický průvodce 7/2017

SLOUP M., LEHNEROVÁ L. (2016): Vliv prvních výchovných zásahů na růst a vývoj borové mlaziny z přirozené obnovy. Zprávy lesnického výzkumu. 61, č. 3, s. 213-222

TOMÁŠKOVÁ I., KUBÁSEK J. (2017): Fyziologie lesních dřevin II.: růst, vývoj a rozmnožování. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. ISBN 978-80-213-2800-6.

ŽALUD, Z. (2014): Bioklimatologie. Brno, MZLU. 130.

UHÚL. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2018. Dostupné online: http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/zelenazprava/ZZ_2018.pdf

ULBRICHOVÁ I., JANEČEK V., VÍTAMVÁS J., ČERNÝ T., BÍLEK L. (2018): Clonná obnova borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) ve vztahu k stanovištním a porostním podmínkám, Zprávy lesnického výzkumu. 63, č. 3, s.153-164

Vyhláška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů

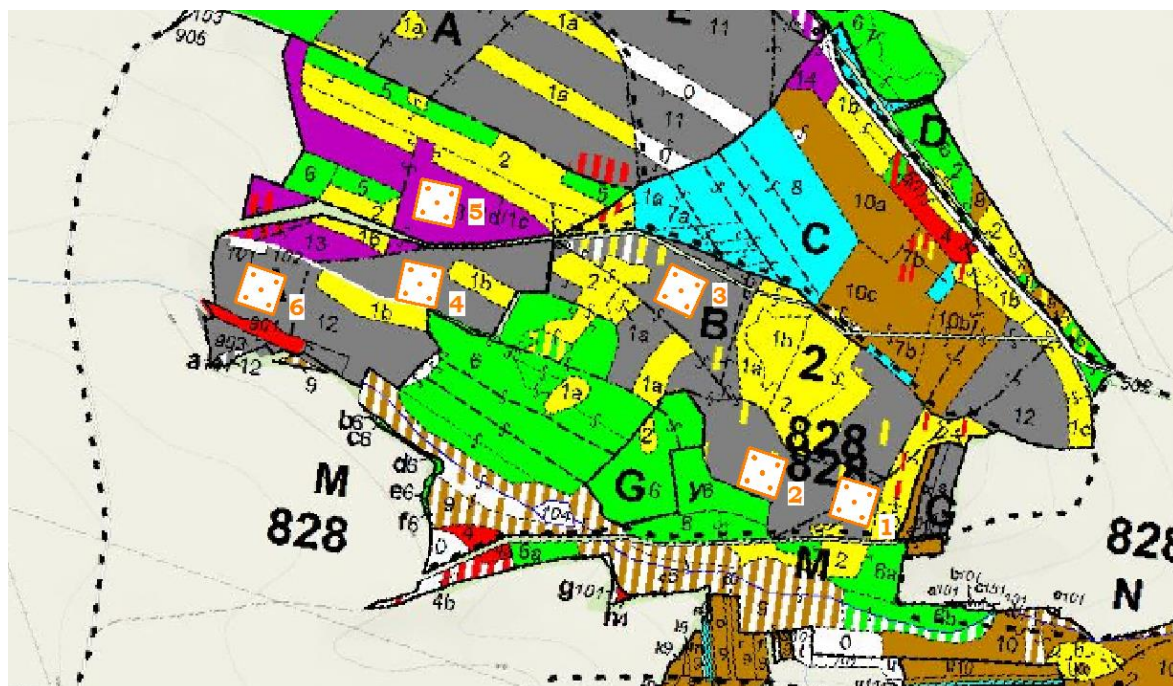
Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změnách a doplnění některých zákonů (lesní zákon)

ZEIDLER A., BORŮVKA V. (2016): Stavba a vlastnosti dřeva hospodářsky významných dřevin - podklady pro cvičení. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2674-3.

POLENO Z. a kol. 1994: Lesnický naučný slovník 1. díl. Ministerstvo zemědělství. ISBN 80-7084-111-7

8 Přílohy

Příloha 1: Porostní mapa a umístění čtverců 1-6



Příloha 2: Porostní mapa a umístění čtverců 7 a 8

