

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



Produkční potenciál, struktura a vývoj porostů na stanovištích přirozených borů v oblasti Třebechovické tabule

Diplomová práce

Autor: Bc. Jakub Forman

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Forman

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Produkční potenciál, struktura a vývoj porostů na stanovištích přirozených borů v oblasti Třebechovické tabule

Název anglicky

Production Potential, Structure and Dynamics of Forest Stands in Natural Pine Habitats in Area of Třebechovice Board

Cíle práce

Získat poznatky o produkci, struktuře a vývoji přirozených borů ve východních Čechách jako podkladu pro tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech.

Metodika

- Rozbor problematiky produkce, struktury a vývoje borových porostů v Evropě se zaměřením na přirozené bory v České republice a zejména ve východních Čechách (termín říjen 2020).
- Charakteristika zájmové oblasti východních Čech a obzvláště pak stanovištních a porostních poměrů v oblasti Třebechovické tabule (termín listopad 2020).
- Výběr a charakteristika 4 výzkumných ploch v přirozených borech v oblasti Třebechovické tabule (termín prosinec 2020).
- Standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra na výzkumných plochách o velikosti 50×50 m a zajištění přirozené obnovy (termín leden 2021).
- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod (termín únor 2021).
- Vyhodnocení produkce, struktury a vývoje porostů na vybraných výzkumných plochách v přirozených borech v oblasti Třebechovické tabule jako podkladu pro tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech (termín březen 2021).

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 stran textu.

Klíčová slova

borovice lesní, přirozená borová stanoviště, struktura porostů, dynamika lesa, přirozená obnova, východní Čechy

Doporučené zdroje informací

- Bílek, L., Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Král, J., Bulušek, D., Galo, J. (2016): How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science*, 62: 1: 24-34.
- Bílek, L., Vacek, Z., Vacek, S., Bulušek, D., Linda, R., Král, J. (2018): Are clearcut borders an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration? *Forest systems*, 27: 2: e010.
- Edwards, C., Mason, W.L. (2006): Stand structure and dynamics of four native Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) woodlands in northern Scotland. *Forestry*, 79: 3: 261-277.
- Mikeska, M., Vacek, S. et al. (2008): Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 450 s.
- Poleno, Z., Vacek, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 952 s.
- Pretzsch, H., Steckel, M., Heym, M., Biber, P., Ammer, C., Ehbrecht, M. et al. (2019): Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 139: 349-367.
- Sharma, R.P., Bílek, L., Vacek, Z., Vacek, S. (2017): Modelling crown width-diameter relationship for Scots pine in the Central Europe. *Trees – Structure and Function*, 31: 1875-1889.
- Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Remeš, J., Hůnová, I., Bulušek, D., Král, J., Brichta, J. (2019): Stand dynamics in natural Scots pine forests as a model for adaptation management? *Dendrobiology*, 82: 24-42
- Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., Král, J., Putalová, T., Mikeska, M. (2016): Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50: 4: id 1564.
- Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Bílek, L., Hůnová, I., Bulušek, D., Putalová, T., Král, J., Simon, J. (2017): Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. *Trees – Structure and Function*, 31: 1599-1617.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

doc. Ing. Miroslav Mikeska, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2020

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 16. 02. 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Produkční potenciál, struktura a vývoj porostů na stanovištích přirozených borů v oblasti Třebechovické tabule vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Vacka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne.....

.....

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své práce Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. za obětavou pomoc, přínosné rady a informace při zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a blízkým za jejich podporu a pochopení při vypracovávání závěrečné práce.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá produkčním potenciálem, strukturou a vývojem lesních porostů na stanovištích přirozených borů v oblasti Třebechovické tabule. Cílem diplomové práce bylo popsat a zhodnotit strukturu, vývoj a management porostů borovice lesní v podmínkách na přirozených borových stanovištích.

Výzkum byl proveden na 4 trvalých výzkumných plochách (TVP) o velikosti 50×50 m, tedy 2 500 m². Dominantní dřevinou na TVP je borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) a vtroušeně se na TVP vyskytuje dub zimní (*Quercus petraea* /Matt./ Liebl.), smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.) a bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.).

V rámci práce byly porovnány základní strukturální parametry. Růstové a strukturální ukazatele byly sledovány mezi lety 2005-2020. Průměrný počet stromů v roce 2005 činil 604 ks.ha⁻¹ a v roce 2020 542 ks.ha⁻¹. V zájmových porostech ve sledovaném období došlo k výraznějšímu posunu stromů do vyšších tloušťkových tříd. Průměrná výška stromů na jednotlivých TVP se pak změnila pouze minimálně. Zároveň však došlo k výraznému odrůstání přirozené obnovy. Zastoupení různých druhů dřevin přirozené obnovy bylo velice podobné se zastoupením dřevin v mateřském porostu. Průměrná zásoba činila na počátku sledování 340,7 m³.ha⁻¹, v roce 2020 pak 369,5 m³.ha⁻¹. Zkoumána byla také biodiverzita a horizontální struktura porostu. Rozmístění jedinců stromového patra na TVP v rámci horizontální struktury bylo hodnoceno pomocí strukturálních indexů, které poukazyvaly na převážně pravidelné rozmístění mateřských jedinců v porostu. Biodiverzita na všech zkoumaných plochách vykazovala výraznější variabilitu než v předešlých letech.

Tato práce také odhalila, že velmi významným faktorem pro existenci a odrůstání přirozené obnovy byl tlak lesní zvěře. Zvýšená koncentrace zvěře na zkusných plochách byla posouzena na základě pozorování pobytových znaků a evidentních škod okusem přirozené obnovy. Okusem terminálního výhonu byli nejčastěji poškozeni jedinci dubu (až 70 % z celkového počtu rostlin na ploše). Z výsledků této studie prakticky vyplývá, že i vysloveně světlomilnou dřevinu, jakou je borovice lesní, lze v podmínkách přirozených borových stanovišť pěstovat dle zásad přírodě blízkého hospodaření.

Klíčová slova: borovice lesní, přirozená borová stanoviště, struktura porostů, dynamika lesa, přirozená obnova, východní Čechy

Abstract

The diploma thesis deals with the production potential, structure and development of forest stands in the habitats of natural pine forests in the area of the Třebechovice board. The aim of the diploma thesis was to describe and evaluate the structure, development and management of Scots pine forests in conditions in natural pine habitats.

The research was carried out on 4 permanent research areas (PRP) with a size of 50×50 m, ie $2,500 \text{ m}^2$. The dominant woody species on the PRP is Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with admixing of sessile oak (*Quercus petraea* /Matt./ Liebl.), Norway spruce (*Picea abies* /L./ Karst.) and white birch (*Betula pendula* Roth.).

The basic structural parameters were compared in the thesis. Growth and structural indicators were monitored between 2005-2020. The average number of trees in 2005 was $604 \text{ trees.ha}^{-1}$ and in 2020 $542 \text{ trees.ha}^{-1}$. In the stands of interest in the monitored period, there was a more significant shift of trees to higher thickness classes. The average height of trees on individual PRPs changed only minimally. At the same time, however, there has been a significant dynamic in natural regeneration. The representation of different tree species of natural regeneration was very similar to the representation of tree species in the mature stand. At the beginning of the monitoring, the average stand volume was $340.7 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, in 2020 it was $369.5 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Biodiversity and the horizontal structure of the stand were also examined. The distribution of tree layer individuals on the PRPS within the horizontal structure was evaluated using structural indices that showed a prevailing regular distribution of tree layer in the forest stands. Biodiversity in all studied areas showed more significant variability than in previous years.

This research also revealed that a very important factor for the abundance and growth of natural regeneration was the pressure of wildlife. The increased concentration of game in the research plots was assessed on the basis of observations of residential signs and obvious damage due to the browsing of natural regeneration. Individuals of oak were most often damaged by the browsing of the terminal shoot (up to 70% of the total numbers in the area). The results of this study practically show that even an explicitly salt-loving tree, such as Scots pine, can be grown in the conditions of natural pine habitats according to the principles of close-to-nature silviculture.

Key words: Scots pine, natural pine habitats, stand structure, forest dynamics, natural regeneration, eastern Bohemia

Obsah

1	Úvod	15
2	Cíl práce	16
3	Rozbor problematiky	17
3.1	Dynamika přírodních lesů	17
3.2	Biodiverzita	18
3.3	Struktura porostu	18
3.3.1	Druhová (dřevinná) skladba	19
3.3.2	Věková skladba	19
3.3.3	Prostorová skladba	20
3.4	Přirozená obnova lesa	21
3.5	Dřeviny vyskytující se na zájmovém území	24
3.5.1	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	24
3.5.2	Dub zimní (<i>Quercus petraea</i> /Matt./ Liebl.)	25
3.5.3	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> /L./ Karst.)	26
3.5.4	Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i> Roth.)	26
3.6	Přirozená borová stanoviště	27
3.6.1	Rozšíření borů	27
3.6.2	Fytocenologické pojetí borů	27
3.6.3	Lesnicko-typologické vymezení borů v ČR	28
3.6.4	Klasifikace a rozšíření borů	28
4	Materiál a metodika	30
4.1	Charakteristika zájmového území	30
4.1.1	Východní Čechy	30
4.1.2	Třebechovická tabule	31
4.1.3	Trvalé výzkumné plochy	33
4.2	Sběr dat	37

4.3	Analýza dat	38
5	Výsledky.....	40
5.1	Vývoj a struktura stromového patra	40
5.2	Biodiverzita stromového patra.....	46
5.3	Stav přirozené obnovy	47
5.4	Modelový vývoj porostů.....	51
6	Diskuze.....	55
7	Závěr.....	58
8	Seznam použité literatury	59

Seznam zkratk

ČR	Česká republika
CHKO	Chráněná krajinná oblast
LVS	lesní vegetační stupeň
NP	Národní park
PUPFL	pozemek určený k plnění funkce lesa
TVP	trvalá výzkumná plocha
ÚHÚL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Holosečný způsob přirozené obnovy</i>	23
<i>Obrázek 2: Podrostní způsob přirozené obnovy</i>	24
<i>Obrázek 3: Zastoupení borů (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR</i>	29
<i>Obrázek 4: Území Východních Čech</i>	30
<i>Obrázek 5: Lokalizace TVP v oblasti Třebechovické tabule</i>	34
<i>Obrázek 6: Půdní sonda TVP 1</i>	35
<i>Obrázek 7: Pohled do porostu TVP 1</i>	35
<i>Obrázek 8: Půdní sonda TVP 2</i>	35
<i>Obrázek 9: Pohled do porostu TVP 2</i>	35
<i>Obrázek 10: Půdní sonda TVP 3</i>	36
<i>Obrázek 11: Pohled do porostu TVP 3</i>	36
<i>Obrázek 12: Půdní sonda TVP 4</i>	37
<i>Obrázek 13: Pohled do porostu TVP 4</i>	37
<i>Obrázek 14: Měření šířky koruny</i>	38
<i>Obrázek 15: Histogram tloušťkové struktury stromového patra na TVP 1–5 v přepočtu na 1 ha v r. 2005 a 2015</i>	42
<i>Obrázek 16: Histogram tloušťkové struktury stromového patra na TVP 1–4 v přepočtu na 1 ha v r. 2020</i>	42
<i>Obrázek 17: Závislost výšky stromů na jejich výčetní tloušťce na TVP 1–5 v letech 2005, 2015 a 2020; R^2 znázorňuje koeficient determinace</i>	43
<i>Obrázek 18: Horizontální struktura horní etáže sdruženého porostu na jednotlivých TVP (L-funkce)</i>	45
<i>Obrázek 19: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 1, rozdělen dle druhů dřevin</i>	48
<i>Obrázek 20: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 1</i>	48
<i>Obrázek 21: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 2, rozdělen dle druhů dřevin</i>	49
<i>Obrázek 22: Škody okusem dle výškových tříd na TVP 2</i>	49
<i>Obrázek 23: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 3, rozdělen dle druhů dřevin</i>	50
<i>Obrázek 24: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 3</i>	50

<i>Obrázek 25: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 4, rozdělen dle druhů dřevin.</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 26: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 4</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 27: Modelový vývoj porostu na TVP 1.</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 28: Modelový vývoj porostu na TVP 2.</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 29: Modelový vývoj porostu na TVP 3.</i>	<i>53</i>
<i>Obrázek 30: Modelový vývoj porostu na TVP 4.</i>	<i>54</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Geomorfologické členění Orlické tabule.</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 3: Kritéria indexů popisující strukturu porostu a jejich interpretace.</i>	<i>39</i>
<i>Tabulka 4: Strukturální charakteristiky stromového patra na jednotlivých TVP v r. 2005, 2015 a 2020.</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 5: Počty jedinců stromového patra v přepočtu na hektar a procentuální zastoupení diferencovaně podle dřevin na jednotlivých TVP v roce 2005, 2015 a 2020.</i>	<i>41</i>
<i>Tabulka 6: Indexy popisující horizontální strukturu stromové vrstvy na PRP v letech 2005 a 2020.</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 7: Strukturální indexy stromového patra na jednotlivých TVP za r. 2005, 2015 a 2020.</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 8: Počty jedinců přirozené obnovy v přepočtu na hektar a jejich procentuální zastoupení diferencovaně podle dřevin na jednotlivých TVP.</i>	<i>47</i>

1 Úvod

Bory jsou přírodní azonální společenstva, která se u nás vyvíjí již od doby preboreálu. Tato společenstva se přirozeně vyskytují právě na extrémních stanovištích, kde se obecně nenachází vhodné podmínky pro výskyt celé řady listnatých dřevin (Kučera 1999; Mikeska 2006).

Na území nížin střední Evropy jsou pro přirozená borová stanoviště charakteristické vysušené a chudé půdy. V rámci vegetačního období na těchto stanovištích obecně dochází k výraznému úbytku vody v půdě, zároveň také k velmi vysokým teplotám (Briffa et al. 2009; Dubrovský et al. 2009). Lesy jsou ekosystémy, jejichž biofyzikální struktura je důležitá ve fungování a rozmanitosti lesního ekosystému. Mezi hlavní faktory struktury lesních porostů patří jejich druhová rozmanitost a variabilita dimenzí stromů (Pommerening 2002). Mezi další faktory, ovlivňující strukturu lesa, patří také heterogenita prostorového uspořádání stromových jedinců (Puettmann et al. 2008). Analýza prostorového uspořádání nám může poskytnout celou řadu cenných informací, týkajících se základních procesů probíhajících v lesních ekosystémech, jako jsou vnitrodruhové či mezidruhové interakce nebo specifické reakce druhů na různorodé podmínky životního prostředí (Nicotra et al. 1999; Keitt et al. 2002). Heterogenní prostorová struktura také může sloužit k objasnění mikroklimatických změn, pomoci predikovat produkci dřeva či objasňovat vznik přirozené obnovy a dynamiku mezer v zápoji (Zenner, et al. 2000). Variabilita v prostorovém uspořádání porostu je pak výsledkem komplexu působících biotických a abiotických ekologických procesů (Franklin, Van Pelt 2004; Tuten et al. 2015), zejména pak je do značné míry determinována vztahy mezi sousedními stromy a jejich skupinami (Hui et al. 2011). Zároveň má prostorová různorodost vliv nejen na budoucí vliv a vývoj stromů, ale je také důležitá pro rozvoj ekosystémových společenstev v podrostu (Fahey, Puettmann 2008; Vacek et al. 2016).

Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) se přirozeně nejčastěji vyskytuje právě na stanovištích borů. Jedná se o dřevinu s velmi širokou ekologickou valencí, preferuje však osluněná stanoviště. S ohledem na to, že je borovice adaptována na vysoký přísun světla a zároveň chudé půdy, na bohatých stanovištích či v zástínu je vytlačována jinými dřevinami (Kučera 1999; Mikeska 2006).

2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce bylo získat poznatky o produkci, struktuře a vývoji porostů přirozených borů ve východních Čechách v oblasti Třebechovické tabule.

V první části práce byla cílem literární rešerše zabývající se dynamikou přírodních lesů, biodiverzitou, strukturou porostu, přirozenou obnovou lesa a jejími výhodami a nevýhodami, ekologickými nároky dřevin vyskytujících se na zájmovém území, a nakonec přirozenými borovými stanovišti. Dílčím cílem práce pak byla charakteristika zájmového území se zaměřením na Východní Čechy, Třebechovickou tabuli a 4 trvale výzkumné plochy o velikosti 50×50 m, které se nachází na stanovištích přirozených borů, kde dominantní dřevinou je borovice lesní.

Hlavním cílem práce byl sběr základních biometrických dat stromového patra a přirozené obnovy a zpracovaných výsledků s akcentem na porovnání změn ve vývoji a struktuře stromového patra, biodiverzitě a stavu přirozené obnovy oproti minulým měřením. S tím souvisí i předposlední cíl práce, resp. porovnání získaných výsledků s pracemi a odbornými články, které byly publikovány v domácí a zahraniční literatuře.

Celkovým cílem práce pak bylo zpracování doporučení pro tvorbu přírodě blízkého managementu na obdobných stanovištích a pěstování lesa v podobných přírodních a porostních poměrech.

3 Rozbor problematiky

3.1 Dynamika přírodních lesů

Dynamika vývoje lesa zahrnuje přírodní disturbance a patří v ochraně přírody k všeobecně respektovaným principům, na nichž je založena ochrana podstatné části lesních ekosystémů. Rozdíl ekologické stability lesních ekosystémů se projevuje nejen v rámci různých lesních stanovišť a porostních stadií, ale i v rámci biotů na jednotlivých kontinentech světa, odpovídající určitým typům klimatu (Poleno, et al. 2011).

3.1.1.1 *Dynamika přírodního lesa boreální zóny (jehličnaté tajgy)*

Je často řízena právě katastrofickým rozpadem porostů (např. požár). Stabilita tajgy je cyklická v rámci vývojového cyklu (les přípravný – přechodný – závěrečný). V rámci lesa závěrečného (klimaxu) se může vyskytnout malý vývojový cyklus (stadium dorůstání – optima – rozpadu), který se jen zřídka opakuje po více generací. Dříve nebo později dojde opět k rozpadu (např. požár) a velký vývojový cyklus začíná znovu (Poleno, et al. 2011). Při nízkých teplotách a krátké vegetační době se v porostech hromadí více opadu a surového humusu než stačí půdní organizmy rozložit.

Klimaxová teorie o nekonečně se opakujícím malém vývojovém cyklu je v podmínkách boreální zóny neudržitelná. Autonomní vývoj lesa zde nabývá regresivních znaků, tj. úplný rozpad lesa je ve vysokých severních šířkách podmínkou (Poleno, et al. 2011).

3.1.1.2 *Dynamika přírodního lesa mírné zóny (středoevropské smíšené lesy opadavých listnáčů)*

V mírném klimatu v přípravných lesích převažují pionýrské dřeviny (bříza, osika, jívy apod.). Tyto dřeviny jsou rychle nahrazovány dřevinami odpovídajícími místnímu klimaxu. Podobu závěrečného lesa určuje schopnost převažujících dřevin. O klimaxu lze uvažovat na začátku přirozené obnovy klimaxových dřevin druhé generace a při nahromadění dřevních zásob, odpovídající danému stanovišti (Poleno et al. 2011).

3.1.1.3 Dynamika přírodního lesa na extrémních stanovištích (sutě, rašeliny, subalpínské polohy)

Stromy na extrémních stanovištích obecně dorůstají velmi omezených dimenzí, rovněž je zde pravidlem struktura nezapojeného lesa. Při volném zápoji mají spádné kmeny a hluboké koruny (Vacek 1983).

Vrstevnatá struktura se může udržet pouze na stanovištích, která neumožňují vznik horizontálně zapojených porostů stadia optima (Vacek 1986). Takové porosty jsou stále ve stádiu rozpadu i bez lidských zásahů. Tato situace byla přírodním vývojem ustálena v Evropě zonálně na „průměrných“ stanovištích pouze v části horské tajgy s mezernatými zonálními smrčínami. I zde ovšem díky extrémním klimatickým podmínkám vzniká situace, kdy přírodní les závěrečného typu uvolňuje svým rozpadem místo pro sekundární sukcesi. Pravděpodobnost katastrofického rozkladu je minimální než při náhlém rozpadu (Poleno et al. 2011).

3.2 Biodiverzita

Biologická diverzita nebo také biologická rozmanitost, je chápána jako rozmanitost všech živých organismů a ekosystémů. Každý druh, ať již živočišný či rostlinný, má v celém ekosystému své nenahraditelné místo. Všechny druhy tvoří dohromady provázaný celek (Vacek et al. 2020).

Zachování biologické rozmanitosti je nezbytné, neboť udržuje stabilitu ekosystémů. Také organismy, jejichž vliv na fungování ekosystému byl doposud nepatrný, mohou odvrátit například přírodní krize. K proměnám v zastoupení a složení druhů dochází přirozenou cestou, v současné době však nejvýznamnější změny způsobuje člověk svou činností. Biologická rozmanitost má zásadní význam pro celou řadu lidských činností. Produkce potravin je z velké části možná pouze díky přírodním podmínkám, které tak reprezentuje úrodnost půdy, čistota vodních zdrojů či populace včel, které hospodářské rostliny opylují. Rostliny čistí ovzduší tím, že uvolňují kyslík a absorbují škodlivé znečišťující látky (Vacek et al. 2012).

3.3 Struktura porostu

Struktura (skladba, složení) lesního porostu označuje souhrn všech vnitřních a vnějších znaků, které charakterizují celé jeho vnitřní uspořádání, tzn. stav porostu

zaznamenaný v určitém okamžiku (Čabart 1960). Skladba porostu je dána jeho druhovým složením, původem, věkovým členěním a prostorovým uspořádáním (Pretzsch 2019).

3.3.1 Druhov^á (dřevinná) skladba

Druhov^á skladba zaznamenává zastoupení druhů dřevin v porostu. Základním dělením jsou 2 druhy porostů. Porosty jehličnaté a porosty listnaté (Poleno et al. 2007). Zastoupení druhů dřevin ve skladbě porostu se stanoví jako plošný podíl jednotlivých dřevin v porostu. Vyjadřuje se jednak v jednotkách absolutních (biomasa v m³, kruhová základna v m²), ale i v jednotkách relativních (%). Hlavní (základní) dřeviny mají zastoupení větší než 30 %, přimíšené 10 - 30 % a vtroušené do 10 % (Kuželka et al. 2015). Druhov^á struktura je posuzována ze tří základní úrovní na druhová bohatost, druhová vyrovnanost a druhová heterogenita (Fabrika, Pretzsch 2011).

3.3.1.1 Nesmíšený porost

Jedná se o porost, který je tvořený jednou cílovou dřevinou, která je preferující z hlediska produkce a zásad obhospodařování. Zastoupení vtroušených dřevin v tomto typu porostu pak činí maximálně 10 %. Tyto jednoduché porosty vznikají většinou umělou obnovou v hospodářských lesích (Poleno et al. 2007).

3.3.1.2 Smíšený porost

Porost tvořený ze dvou a více dřevin, které jsou zastoupeny v určitém poměru, přičemž zastoupení žádné z nich nedosahuje 90 %. Podle rozmístění dřevin na ploše může být smíšení náhodné až shlukovité. To se nejčastěji vyskytuje u porostů, které vznikly přirozenou obnovou (Poleno et al. 2007). Pravidelné smíšení vzniká v porostech, které byly založeny umělou výsadbou. Smíšení porostu je trvalým nebo dočasným znakem, který je ovlivňován přirozeným a pěstebním výběrem (Poleno et al. 2007).

3.3.2 Věková skladba

Věková skladba je charakterizovaná věkovým členěním, resp. rozdíly věku stromů jednoho nebo více druhů dřevin, které tvoří lesní porost. Věková struktura se vyjadřuje ve věkových třídách nebo věkových stupních (věkové rozpětí 10 nebo 20 let). Podle věkového členění dělíme porosty na stejnověké a různověké (Vacek et al. 2020). Věkové členění odráží

současné produkční a reprodukční možnosti a ukazuje produkční potenciál porostu v budoucnu. V důsledku věkových a růstových rozdílů a vlastností jednotlivých dřevin, dochází v průběhu růstu k výškové a tloušťkové diferenciaci (Poleno, et al. 2007).

3.3.2.1 Stejnověký porost

Porost, ve kterém jedinci mají přibližně stejný věk. Věkový rozdíl ve stadiu mladosti nepřevyšuje 5 let a ve stadiu dospělosti 10 let. Tyto porosty vznikají převážně umělou obnovou lesa, v důsledku činností člověka v hospodářských lesích (Poleno et al. 2007).

3.3.2.2 Různověký porost

Tyto porosty mají výrazně rozlišenou věkovou skladbu. Stálé různověké porosty si v průběhu celého vývoje zachovávají věkové členění a tím i různorodou prostorovou skladbu. Tyto porosty vznikají převážně přirozenou obnovou (např. přírodní lesy a lesy obhospodařované výběrným způsobem) - (Poleno, et al. 2007).

3.3.3 Prostorová skladba

Skladba porostu se posuzuje v horizontálním (vodorovném) a vertikálním (svislém) směru. Z hlediska horizontálního rozmístění se sleduje hustota porostu, zakmenění a zápoj (Vacek et al. 2015). Na horizontální rozmístění stromů má vliv způsob a postup vzniku porostu a způsob redukce počtu stromů přirozeným vylučováním nebo cílevědomým zásahem lesního hospodáře (Poleno et al. 2007). Z hlediska distribuce stromového patra pak můžeme rozlišovat horizontální strukturu na agregovanou, pravidelnou nebo náhodnou (Bulušek et al. 2016).

Vertikální rozmístění (vertikální struktura) je tvorba jednoho nebo více porostních pater a v jejich rámci porostních vrstev. Na vertikální rozvrstvení porostu má největší vliv věk stromů, dále pak různá růstová rychlost jednotlivých druhů stromů (Poleno et al. 2007).

3.3.3.1 Porostní patro

Soubor rostlin v porostu, které dosahují podobného nebo stejného výškového vzrůstu. Porostní patro je vymezeno výškou nad zemí, ve které je soustředěna hlavní biomasa asimilačních orgánů rostlin, ale i pod zemí, kde se stanovuje hloubka uložení kořenových systémů.

Nadzemní část lesního porostu se dělí: přízemní (mechové a lišejníkové) patro, bylinné patro (rostliny do výšky 1 m), keřové patro (rostliny a keře výšky 1-3 m), stromové patro (rostliny vyšší než 3 m nad zemí). V půdním prostoru rozlišujeme: svrchní kořenové patro (kořeny v hloubce 0-0,2 m pod povrchem), střední kořenové patro (v hloubce 0,2-1 m) a spodní kořenové patro (v hloubce větší než 1 m) - (Poleno, et al. 2007).

3.3.3.2 Porostní vrstva

Porostní vrstva je část porostního patra, která je výškově výrazně rozlišitelná na 2 a více výškových úrovní. Vytvoření porostní vrstvy je výsledkem procesu kompetice a přirozené selekce jedinců v porostu. Rozmístění stromů v porostu je proměnlivé vzhledem k jeho vertikální struktuře, jsou zde stromy podúrovňové, úrovňové, a také stromy v nadúrovni. K nejvýraznějším změnám pak v tomto kontextu dochází především v mladém věku jedinců (Poleno, et al. 2007).

3.4 Přirozená obnova lesa

Přirozená obnova je způsob vytváření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu. V přirozených lesích probíhá samovolně, v hospodářských lesích je výsledkem cílevědomé činnosti lesního hospodáře (Schwarz 1997). Celkový průběh přirozené obnovy trvá zpravidla déle než při obnově uměle. Obnova začíná vhodně načasovanou fruktifikací semenných stromů a končí dosažením fáze mlaziny (Vacek et al. 1995).

Přirozená obnova má několik kladných, ale i stinných stránek. Mezi nejvýznamnější výhody přirozené obnovy patří: snížení ekonomických nákladů na zakládání a udržování nových porostů, přenos genetického materiálu z mateřského porostu, vyšší hustota obnovy lépe odolává poškozování lesní zvěří, je možnost získávání náletových semenáčků, ať již k přímé výsadbě do mezernatých částí porostu (možno vyzvedávat semenáčky i s balem půdy), nebo jednoleté semenáčky k zaškolkování ve školce či v semeništi (Fischer 2012). Mezi záporné vlastnosti přirozené obnovy řadíme: nerovnoměrnost hustoty přirozených náletů, špatná kvalita mateřských (okolních porostů), závislost na fruktifikaci stromů tzv. semenné roky, závislost na klimatických podmínkách (Vacek et al. 2018).

Velice velký význam na úspěšnost přirozené obnovy mají vliv semenné úrody. U všech dřevin probíhá v každém roce uvolnění semen a tím si zajišťují vznik nové generace. Jednou za určité období nastávají tzv. semenné roky. Semenný rok je rok, kdy dřevina vyprodukuje mnohem vícekrát semen než v roce, kdy semenný rok neprobíhá. Roky

se opakují v pravidelných periodách a u každé dřeviny se rozpětí mezi periodami liší (Vacek et al. 2018).

Neopomenutelným faktorem je stav půdního povrchu, který se v častých případech upravuje do optimálního stavu (kypření, naorávání). Nedílnou součástí úspěchu přirozené obnovy jsou klimatické podmínky pro správný vývoj opadaných semen a růstu náletu (Karlsson 2001). Přirozená obnova lesa se dělí na základní 3 způsoby, kterými jsou nejrozšířenější holosečný a podrostní, v malém zastoupení pak výběrný způsob obnovy lesních porostů (Vacek et al. 2020).

3.4.1.1 Přirozená obnova lesa na holé seči

Holosečný způsob obnovy je takový, kdy obnova lesních porostů probíhá na souvislé vytěžené ploše. Podmínkou přirozené obnovy na holinách je přítomnost dřevin (v sousedních porostech) s lehkými a okřídlenými semeny, která snadno roznáší vítr do větších vzdáleností (Peřina et al. 1964).

Holosečnou obnovu rozdělujeme na dvě základní formy, a to maloplošnou a velkoplošnou. Kritériem pro rozdělení těchto dvou forem jsou ekologická hlediska. Vacek et al. 2018 uvádějí, že maloplošná holoseč by neměla být větší, než kam sahá významný boční vliv obnovovaného porostu. Tomuto požadavku odpovídá i znění lesního zákona (289/1995 Sb.) o maximální velikosti holoseče. Kromě plošného kritéria (1 ha) je zde uplatněno i zmíněné ekologické hledisko na maximální šířku holoseče. Na exponovaných stanovištích na průměrnou výšku obnovovaného porostu a na ostatních stanovištích na dvojnásobek průměrné výšky. Taková to holoseč je považována za maloplošnou. Ostatní větší holoseče (výjimka ze zákona) jsou považovány za velkoplošné holoseče (Vacek et al. 2018).

Přirozená obnova probíhá náletem ze sousedního porostu nebo ze stromů, které byly při těžbě na holině ponechány tzv. výstavky (Obr. 1), které byly na holině ponechány za účelem opadu semen. Tito jedinci by měli vykazovat kvalitní produkční a genetické vlastnosti, které budou zachovány v nově vzniklém porostu. Na holinách většinou probíhá příprava půdy a to pomocí půdní frézy k odstranění potěžebních zbytků a následné naorání půdy pro lepší zachycení a klíčivost opadaných semen (Vacek et al. 2018).



Obrázek 1: Holosečný způsob přirozené obnovy (foto J. Forman).

3.4.1.2 Přirozená obnova pod mateřským porostem

Podrostní způsob obnovy znamená, že obnova porostu probíhá pod mateřským porostem, který je postupně smýcen. Obnova podrostním způsobem je náročnější, protože neexistuje jednotný postup a každý porost reaguje na provedené kroky jinak. Tento způsob obnovy trvá několik desítek let a má několik fází přípravy porostu (Vrška 2006).

První fází je přípravná seč. Přípravná seč se zaměřuje především na péči o koruny stromů, odstraňování méně kvalitních stromů, podporu semenění a přípravu půdy pro nálet. Druhou fází je seč semenná. Tato seč se provádí v semenném roce po opadu semen, rovnoměrným prosvětlením porostu na zakmenění 0,6 - 0,7 (Vacek et al. 2018). Třetí následuje uvolňovací (prosvětlovací) seč. Tato seč se provádí nejdříve za dva roky po semenné seči a sleduje podporu růstu náletu. Někdy je možná tuto seč provést na dvakrát v období cca 10 - ti let (Vacek et al. 2018). Čtvrtou a poslední je domýtná seč. Ta se provede v době, kdy nárost již nepotřebuje ochranu mateřského porostu (t.j. zpravidla při výšce 0,5 až 1,0 m) a znamená domýcení a vyklizení posledních zbytků původního mateřského porostu. Uskuteční-li se domýtná seč opožděně, až ve fázi mlazin, výrazně se zvyšuje nebezpečí jejich poškození, příp. i zničení (Obr. 2) - (Poleno et al. 2007).



Obrázek 2: Podrostní způsob přirozené obnovy (foto J. Forman).

3.5 Dřeviny vyskytující se na zájmovém území

3.5.1 Borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.)

Aktuální zastoupení borovice lesní na pozemcích určených k plnění funkce lesa (PUPFL) v České republice je 16,1 %. V přirozené skladbě lesa je borovice zastoupena pouze 3,4 %. Doporučené procento zastoupení je 16,8 % (MZe 2020).

Borovice lesní je dřevina patřící do skupiny stromů středních rozměrů. Maximální průměr kmene je 1-1,5 metru, dorůstá výšky až 40 metrů a dožívá se i 300 let. Borovice má šedozelené jehlice, které dorůstají délky 6-8 cm a jsou umístěny ve svazečcích po dvou v brachyblastech. (Svoboda 1953). Tato dřevina je náchylná na vrcholkové zlomy, kdy kmen nevydrží poryvy větrů, váhu námrazy nebo tíhu mokrého sněhu. Nejčastějšími biotickými škůdci jsou lýkohub vrcholkový (*Ips acuminatus*) a sosnokaz borový (*Tomicus piniperda*) - (Pešková et al. 2016).

Rozšíření borovice lesní je téměř po celé Evropě a velkou část lesů tvoří i v Asii. Borovice úspěšně roste v rozdílných edafických a klimatických podmínkách. Vyskytuje se na chudých, suchých, písčových stanovištích až po podmáčené půdy a rašeliny, od nejnižších poloh doubrav 1. vegetačního stupně až po bukové smrčiny v 7. lesním vegetačním stupni

(LVS). Tyto vlastnosti dávají borovici široké uplatnění v lesním hospodářství (Poleno et al. 2009).

Výrazná ekologická amplituda tvoří borovici velkou toleranci k teple, suchu a nízkým teplotám. Semena borovice nejlépe klíčí na slunném nebo polozastíněném místě. V mládí roste velmi rychle a roční přírůst dosahuje až 80 centimetrů (Nárovec 2000).

Typický pro borovici je kulový kořenový systém s bohatým větvením, který sahá do hloubky 1,5-3 metrů. Tento ideální typ kořene, který ji chrání proti vyvrácení, tvoří borovice na hlinitopísčitéch až písčítých, kyprých, vodou středně zásobených půdách. Na takovýchto ideálních stanovištích má borovice přijatelnou výšku, rovné kmeny a jehlanovitou nebo válcovitou korunu (Bílek et al. 2016).

Původní rozšíření borovice v Evropě dnes těžko určit, protože rozsáhlá kultura hospodaření obměnila ráz evropských lesů a to zejména v nižších polohách. Borovice se šířila přirozenou obnovou na místa, kde byl les zničen a borovice zde neměla velkou konkurenci. Již od 18. století probíhalo šíření pomocí umělé obnovy (Businský, et al. 2011). Hospodaření v borových porostech je tradičně spojováno zejména s holou sečí, nicméně se v podmínkách ČR, v rámci posledních decenií ukazuje, že lze v tomto ohledu využít také kryt mateřského porostu (Brichta, et al. 2020).

3.5.2 Dub zimní (*Quercus petraea* /Matt./ Liebl.)

Aktuální zastoupení dubu zimního na pozemcích (PUPFL) v České republice je 7,4 %. V přirozené skladbě lesa je dub zastoupen 19,4 %. Doporučené procento zastoupení je 9 % (MZe 2020).

Dub je strom středních rozměrů s poněkud zprohýbaným kmenem a protáhlou, nepravidelně utvářenou korunou. V příhodných podmínkách dosahuje až 30 m výšky a průměru kmene 1 m. Dosahuje stáří několika set let. Kmen bývá zakřivený s hrubě rozbrázděnou borkou. Kořenová soustava je všestranně rozvinutá, bez výrazného kulového kořene (Úradníček et al. 2009). Vyskot (1958) uvádí, že dub neplodí každoročně a plná úroda žaludů se objevuje v jednotlivých oblastech ve více méně pravidelných obdobích. Periodicita plodnosti u dubu závisí hlavně na vnějších činitelích v době od založení pupenů do opadu žaludů. Nejdůležitější faktorem je počasí v době květu a opylení i působení škůdců. Dub zimní je dřevina světlomilná. Roste v podmínkách značného nedostatku vláhy a vydrží na podkladech, které v létě silně vysychají. Jsou to výrazně suchá stanoviště lesostepní na spraších nebo skalnatých podkladech. Nesnáší stoupnutí hladiny spodní vody na půdní povrch a nevyskytuje se proto v záplavových oblastech (Úradníček et al. 2009). Dub zimní

se nevyskytuje ve východní části Evropy, ve střední a jižní Evropě. Je běžný po 61. stupeň severní šířky. Vystupuje do výšky asi 700 m. n. m. Na území ČR je rozšířen na většině území (Koblížek 1990).

3.5.3 Smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.)

Aktuální zastoupení smrku ztepilého na pozemcích (PUPFL) v České republice je 49,54 %. V přirozené skladbě lesa je smrk zastoupen pouze 11,2 %. Doporučené procento zastoupení je 36,5 % (MZe 2020).

Smrk ztepilý je mohutný strom, který dorůstá do výšky až 50 m a obvod kmene dosahuje 1,5 m (Musil et al. 2007). Je náročný na světlo a vlhkost. Je méně náročný na teplotu, která souvisí s délkou vegetačního období, proto je smrk schopný růst ve vysokých nadmořských výškách (Žárník et al. 2007). Dožívá se věku 200-300 let, v hospodářských porostech přibližně 160 let (Křivánek 2009). Kořenový systém je plochý a postrádá hlavní kořen (Skalický et al. 1997). Je málo zakotvený, proto velmi snadno podléhá vývratu při silném větru. Smrky koření v hloubce 10-30 cm. Smrk ze začátku roste pozvolně, pak se růst zrychluje a kulminuje kolem 40. roku života, končí ve věku 100 let (Musil et al. 2007). V Evropě je dnes smrk rozšířen na severu, východě a jihovýchodě až k pohoří Ural. Přirozeným výskytem smrku jsou polohy od 700 do 1000 mn. m. (Musil et al. 2007). V současnosti v důsledku klimatické změny, dlouhodobých period sucha a sekundárnímu napadení kůrovci dochází v České republice k velkoplošnému rozpadu smrkových porostů (Šimůnek et al. 2020; Toth et al. 2020).

3.5.4 Bříza bělokorá (*Betula pendula* Roth.)

Aktuální zastoupení břízy bělokoré na pozemcích (PUPFL) v České republice je 2,8 %. V přirozené skladbě lesa je bříza zastoupena 0,8 %. Doporučené procento zastoupení je 0,8 % (MZe 2020).

Listnatý strom s nepravidelně utvářenou korunou, který dosahuje výšky až 30 metrů. Kmen břízy bělokoré může dosáhnout průměru až 75 centimetrů. Větve nižších řádů jsou velmi jemné a tedy převislé, tvoří velké množství výmladků. Snadno rozpoznatelná je dle bílého kmenu, na jehož bázi se ve starším věku vytváří silně rozpukaná černá borka (Úředníček et al 2009). Na kvalitu stanoviště se jedná o dřevinu velice nenáročnou. Bez větších problémů snáší přímé oslunění i velmi nízké teploty. Díky své odolnosti efektivně

obsazuje nová stanoviště (Pokorný 1990). Na druhou stranu je vhodnou dřevinou pro lesnické rekultivace, např. zalesňování výsypek (Vacek et al. 2018b).

3.6 Přirozená borová stanoviště

3.6.1 Rozšíření borů

Nejčastější zastoupení borů se nachází v kontinentální Euroasii. V rámci celosvětového měřítko jsou bory azonální mozaikou klimaticko-edafického klimaxu na edaficky podmíněných stanovištích – na suchých, chudých, písčitých, skeletnatých nebo naopak na stanovištích chudých rašelinišť (Mikeska 2006).

V Evropě se bory prakticky nachází na všech skalních výstupech na celém evropském území. Podle převažující nadmořské výšky a oblasti výskytu jsou tvořeny borovicí pyrenejskou (*Pinus uncinata*, západní Evropa, v Pyrenejích), borovicí limbou (*P. cembra* horské oblasti., např. Alpy), borovicí černou (*P. nigra* Středomoří), borovicí kleč (*P. mugo*, minerální horniny nad hranicí lesa všech středoevropských pohoří) a borovicí lesní (severní, střední a východní Evropa), na Balkáně borovicí Heldreichovou (*P. heldreichii*) a borovicí rumelskou (*P. peuce*) - (Kučera 1999; Mikeska 2006).

3.6.2 Fytocenologické pojetí borů

Ve střední Evropě se předpokládá potenciální zastoupení borů pouze na edaficky extrémních stanovištích. Nejčastější zastoupení mají ve skupině reliktních borů bory na silikátových podkladech. Jsou to porosty s jednoduchou strukturou. Stromové patro je tvořeno nekvalitními porosty borovice lesní, které dosahují značného stáří. V pionýrských stádiích je hojně zastoupena bříza bělokorá (*Betula pendula*) – (Husová 1999).

Druhově nejchudší jsou lišejníkové bory. Lišejníkové bory se vyznačují téměř redukovaným bylinným patrem. Ojedinele jsou zastoupeny trávy s úzkými, štětinovitými listy. Borůvkové a brusinkové bory se vyskytují na skalnatých a písčitých terasách, kde je charakteristický výskyt keříku brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a brusnice brusinky (*V. vitis-idaea*). Další variantou keříčkových borů jsou vřesovcové bory. Na těchto stanovištích se typicky vyskytuje vřesovec pleťový (*Erica herbacea*) - (Mikeska 2007).

Teplomilné bory jsou druhově bohatší, na minerálně středně silných silikátových skalních podkladech jsou zastoupeny dvěma skupinami *Hieracio pallidi-Pinetum* a *Cardaminopsio petraeae-Pinetum*. V bylinném patře typicky rostou např. hvozdík kartouzek

(*Dianthus carthusianorum*) a jeřábík bledý (*Hieracium pallidum*). „Hercynský“ bor s břízou karpatskou, rozšířený ve vyšších nadmořských výškách, má ve stromovém patře zastoupenou borovici lesní, břízu karpatskou (*Betula carpatica*), jedli bělokorou (*Abies alba*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). V bylinném patře se vyskytují acidofilní druhy a starší sukcesní stadia borůvky, vřesu a brusinky (Husová 1999).

3.6.3 Lesnicko-typologické vymezení borů v ČR

Borovice lesní si zachovala dominanci v přírodních podmínkách pouze na podloží písčinců a písčitéch sedimentů. V extrémních podmínkách i na podloží vápenců, rašelin a skalních výhozů. Převážně na suchých písčích vznikaly požáry, které pomáhaly k rozšiřování populace borovice. Tato půdně exponovaná stanoviště byla v lesnické typologii shrnuta mimo rámec klimatické stupňovitosti do stupně 0. Většina těchto stanovišť se nachází v rozpětí klimatu 3. – 4. lesního vegetačního stupně (LVS). Do 2. LVS zasahují bory na přechodu do borové doubravy (Plíva 1971).

Lesnicko-typologická klasifikace Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů (ÚHÚL) rozlišuje 13 souborů lesních typů, které jsou zařazeny do lesního vegetačního stupně 0 - bory. Borovice lesní má kromě dominantního postavení v souborech borů stupně 0 i přirozený výskyt v některých kyselých souborech 1. LVS, a to převážně borové doubravě (1M), březové doubravě (1Q) popřípadě kyselé doubravě (1K, 1I, 1S) - (Plíva 1971; Mikeska 2006).

3.6.4 Klasifikace a rozšíření borů

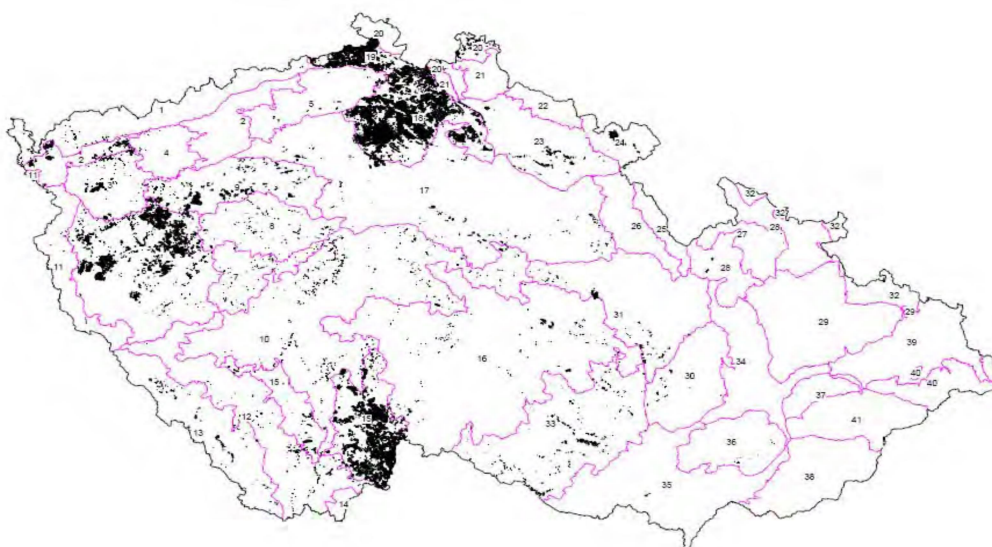
Největší zastoupení borů s borovicí lesní leží v kontinentální Euroasii na jižním okraji boreálních lesů severní polokoule, především na přechodu lesů v suchých oblastech nebo na přechodu smíšených opadavých lesů mírného pásma. Zastoupení borů v ČR je zobrazeno na Obr. 3. Bory jsou především azonální mozaikou klimaticko-edafického klimaxu na edaficky podmíněných stanovištích, a to na suchých, chudých, písčitéch, skeletnatých nebo naopak na stanovištích chudých rašelinišť (Poleno 1990).

Bory na skalních výstupech nacházíme po celé Evropě. Podle nadmořské výšky v dané oblasti jsou tvořeny borovicí pyrenejskou (*Pinus uncinata*), borovicí černou (*P. nigra*), borovicí limbou, (*P. cembra*) borovicí lesní (*P. sylvestris*) borovicí kleč (*P. mugo*), borovicí rumelskou (*P. peuce*) - (Kučera 1999). Ve střední Evropě rozlišujeme tři skupiny borů.

(1) Kontinentální východoevropské až jihosibiřské bory rostoucí v kontaktu se subxerofilními doubravami na štěrkopísčitéch terasách větších řek. Mají i okrajové rozšíření v Alpách, kde se vážou na srážkový stín vnitroalpských údolí.

(2) Oligotrofní bory, které náleží k boreálním jehličnatým lesům, kde tvoří skupinu zahrnující primární reliktní bory písčitéch půd, silikátových skal a rašelinné bory.

(3) Reliktní bory se vyskytují na opukových, dolomitových a vápencových horninách. Rozšíření reliktních borů zasahuje z Balkánu přes Alpy až do střední Evropy. Zatím co první a třetí skupina borů se na území České republiky vyskytuje okrajově, zato oligotrofní bory mají u nás běžné zastoupení (Kučera 1999, Mikeska 2006).



Obrázek 3: Zastoupení borů (lesní vegetační stupeň 0 – bory) v ČR (GIS – ÚHÚL Brandýs n. L. 2005).

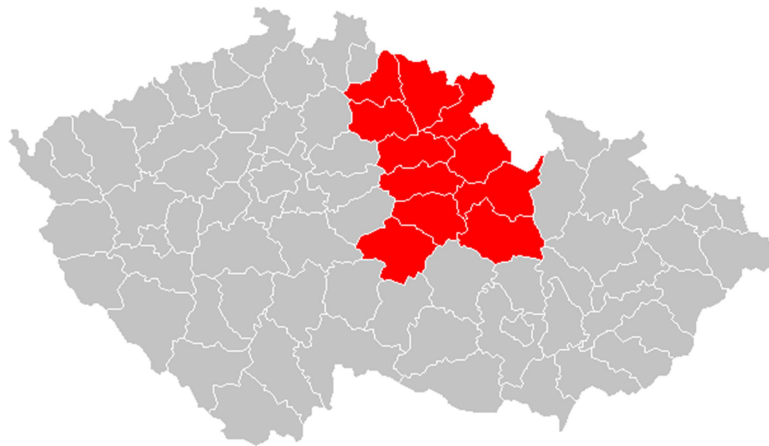
4 Materiál a metodika

4.1 Charakteristika zájmového území

4.1.1 Východní Čechy

Východní Čechy se rozkládají na území Pardubického a Královehradeckého kraje (Obr. 4). Přibližná rozloha tohoto území je 11 200 km² a počet žijících obyvatel je 1 239 951 (rok 2019). Největším městem dle rozlohy a počtu obyvatel je Hradec Králové, následují Pardubice.

Geomorfologické členění Východních Čech náleží do Hercynského systému jako většina území České republiky. V rámci provincie Česká vysočina, která pokrývá téměř celé území Čech, do regionu zasahují tři její dílčí subprovincie (Krkonoško-jesenická, Česko-moravská a Česká tabule). Vertikální členitost reliéfu regionu Východních Čech je poměrně pestrá, od rovin (např. Východolabská a Orlická tabule) přes pahorkatiny a vrchoviny až po hornatiny (Orlické hory, Krkonoše). Nejnižší bod se nachází při západní hranici regionu na hladině Labe s výškou 202 m. n. m. a nejvyšším bodem regionu je svými 1603 m. n. m hora Sněžka, která se nachází v severní části regionu (Muchka et al. 1990), (Balatka et al. 2006).



Obrázek 4: Území Východních Čech (zdroj mapy.geodezieonline.cz).

Východočeský region leží v klimaticky mírném pásmu, kde se projevuje působení vertikální zonálnosti podnebí. Hřebeny hor zabraňují proudění vlhkého a chladného oceánského vzduchu dále do vnitrozemí, a tudíž musí čelit četnějším srážkám. To znamená, že horská území pak mají více srážek a nižší průměrné teploty než níže položené oblasti, které

mají klima méně drsné. S uvedenými skutečnostmi souvisí rozdílně dlouhá vegetační doba v jednotlivých částech regionu (Balatka et al. 2006).

Většina oblasti patří k úmoří Severního moře. Nejvýznamnějším vodním tokem je řeka Labe, která protéká územím měst Dvůr Králové nad Labem, Jaroměř, Hradec Králové, Pardubice a Přelouč. Důležitými přítoky Labe jsou řeky Úpa, Metuje, Orlice, Loučná a Chrudimka. Pro řeky Morava, Moravská Sázava, Třebůvka, Svitava a Svatka je úmořím Černé moře. Tyto vodní toky se nacházejí ve východní až jihovýchodní části Východních Čech.

Z existujících typů velkoplošných chráněných území se v regionu nacházejí národní park (NP) a chráněné krajinné oblasti (CHKO). Mezi nevýznamnější lokality patří: Krkonošský národní park, CHKO Broumovsko, CHKO Orlické hory, CHKO Železné hory a CHKO Žďárské vrchy (Muchka et al. 1990).

4.1.2 Třebechovická tabule

Zájmové území se nachází v severovýchodní části České republiky. Oblast Třebechovické tabule se rozkládá v okresech Pardubice a Ústí nad Orlicí v Pardubickém kraji a v okresech Náchod, Hradec králové a Rychnov nad Kněžnou v kraji Královehradeckém. Třebechovická tabule je geomorfologický podcelek Orlické tabule. Území podcelku se rozkládá mezi sídly Předměřice nad Labem (na severozápadě), Nové Město nad Metují (na severu), Kvasiny (na východě), Vysoké Mýto (na jihu), Holice (na jihozápadě) a Opatovice nad Labem (na západě).

Třebechovická tabule se vyznačuje rovinatým a plochým terénem převážně v povodí Orlice. Podloží je zde tvořeno z jílovců, slínovců a vápnitých jílovců z období svrchní křídly s pleistocenními říčními a eolickými (větrnými) sedimenty. Jsou zde slabě rozčleněny akumulacími reliéfy pleistocenních říčních teras a údolních niv Orlice a přítoků, místy se sprašovými pokryvy a závějemi, pokryvy a přesypy vátých písků, erozně denudační povrch strukturně denudačních plošin a plochých hřbetů v oblasti křídových antiklinál a synklinál. Nejvyšším bodem Třebechovické tabule, respektive celé Orlické tabule, je vrch U Rozhledny (451 m n. m.) - (Schwarzová 2014).

Tabulka 1: Geomorfologické členění Orlické tabule (zdroj Demek, et al. 2006).

Třebechovická tabule	
Nejvyšší bod	U Rozhledny (451 m n. m.)
Rozloha	795,2 km ²
Střední výška	292,1 m n. m.
Nadřazená jednotka	Orlická tabule
Sousední jednotky	Úpsko-metujská tabule Východolabská tabule Svitavská pahorkatina Podorlická pahorkatina
Podřazené jednotky	Opočenský hřbet Rychnovský úval Českomeziříčská kotlina Černilovská tabule Brodecká plošina Vysokochvojenská plošina Bědovická plošina Orlické nivy
Stát	Česko
Horniny	slínovec jílovec, sedimenty, spraš, váte písky
Povodí	Labe
Souřadnice	50°12'35" s. š., 16°2'47" v. d

Tabulka 2: Identifikační a popisné údaje Třebechovické tabule (zdroj Demek, et al. 2006).

Geomorfologické členění Orlické tabule		
ČESKÁ VYSOČINA • Česká tabule • Východočeská tabule		
ÚPSKO-METUJSKÁ TABULE	Českoskalická plošina	
	Úpská niva	
	Rychnovecká tabule	
	Novoměstská tabule	
	Metujská niva	
	Bohuslavická tabule	
TŘEBECHOVICKÁ TABULE	Opočenský hřbet	U Rozhledny (451 m)
	Rychnovský úval	
	Českomeziříčská kotlina	
	Černilovská tabule	
	Brodecká plošina	
	Vysokochvojenská plošina	
	Bědovická plošina	
	Orlické nivy	
PROVINCIE • Subprovincie • Oblast / Celek / PODCELEK • Okrsek • Vrchol		

Třebechovická tabule je geologicko-geomorfologický útvar tvořený z hlediska stáří a výšky třemi pleistocénními šterkopískovými terasami a dunami v nadmořských výškách 240-310 m n. m. Již dříve zde prováděl výzkumy Konias (1950) a Peřina (1960). Výsledky jejich výzkumu ukázaly, že úpravy dřevinné skladby na nejchudších píscích (typologicky na souboru lesních typů 1M) ve prospěch listnatých dřevin mají své výrazné hranice. Vlastní bory (0K, 0M, 0G, 0O, 0T) mají v Třebechovické tabuli nepatrné zastoupení (Mikeska 2007, Forman 2019).

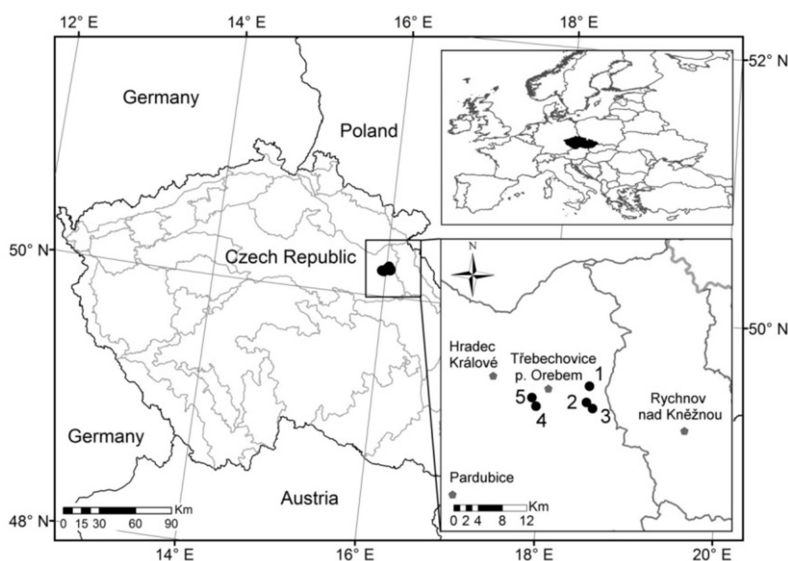
Podle Quitta (1976) se jedná o klimatickou oblast MT11 – dlouhé léto, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima je zde krátká, velmi suchá a mírně teplá s krátkým intervalem sněhové pokrývky. Průměrná roční teplota je +8°C a průměrný roční úhrn srážek 600 mm. Délka vegetační doby se zde pohybuje okolo 160 dní.

4.1.3 Trvalé výzkumné plochy

Terénní data a podklady pro diplomovou práci byla měřena v podmínkách přirozených borů a borových doubrav ve východních Čechách v oblasti Třebechovické tabule. Výzkumné plochy se nacházejí v 2. – bukodubovém lesním vegetačním stupni. Nachází se zde ekotyp

týnišťské borovice. Plochy lze rekonstruovat převážně jako borové doubravy s bukem a v maličkých ostrůvcích i jako písčité bory (Mikeska 2007).

Sledované porosty se nacházejí v nadmořské výšce okolo 260 m. Všechny trvalé výzkumné plochy (TVP) mají rozměry 50 × 50 m (2 500 m²). Měření a sběr dat proběhl v měsících říjen a listopad roku 2020 na 4 TVP přirozených borů a borových doubrav v oblasti okolí města Třebechovice pod Orebem v okrese Hradec Králové (Obr. 5). Vesměs se jedná o půdy kyselé, sorpčně nenasycené a minerálně relativně chudé (Mikeska 2007).



Obrázek 5: Lokalizace TVP v oblasti Třebechovické tabule (Vacek et al. 2016).

4.1.3.1 Trvalá výzkumná plocha 1

Plocha se nachází asi 10 km východně od města Třebechovice p. Orebem v nadmořské výšce 264 m. Přesná poloha sledované plochy je 50.2022453N a 16.0598017E. Typologické zařazení je 1M7 - Borová doubrava. Půdním typem je kambizem arenická dystrická podzolovaná (Obr. 6). Na ploše se nachází 85 let starý porost se zastoupením borovice lesní, smrku ztepilého, břízy bělokoré a dubu zimního. Na této ploše se nachází porost s různorodou kmenovinou s převahou borovice lesní (Obr. 7). Dále se zde nachází dub a vtroušeně smrk ztepilý a bříza bělokorá. Půdním pokryvem je zde převážně hrabanka, místy jsou zde nárosty brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*).



Obrázek 6: Půdní sonda TVP 1 (foto S. Vacek). Obrázek 7: Pohled do porostu TVP 1 (foto J. Forman).

4.1.3.2 Trvalá výzkumná plocha 2

Plocha je umístěna cca 15 km jihovýchodně od města Třebechovice p. Orebem v nadmořské výšce 266 m. Půdním typem je kambizem arenická dystrická podzolovaná (Obr. 8). Typologické zařazení je 0K1 - Kyselý dubový bor. Stromové patro je zastoupeno borovicí lesní, smrkem ztepilým a břízou bělokorou a je 75 let staré. GPS souřadnice sledované plochy jsou 50.1966275N a 16.0563469E. Na této ploše v mateřském porostu převažuje borovice lesní s různorodou kmenovinou a vtroušenými jedinci dubu a smrku (Obr. 9).



Obrázek 8: Půdní sonda TVP 2 (foto S. Vacek). Obrázek 9: Pohled do porostu TVP 2 (foto J. Forman).

4.1.3.3 Trvalá výzkumná plocha 3

TVP se vyskytuje v sousedství TVP 3. Přesná poloha je 50.1963803N a 16.0567975E. Nadmořská výška je 266 m. Typologické zařazení je 0K1 - Kyselý dubový bor a půdním typem je zde podzol arenický (Obr. 10). Na trvalé výzkumné ploše roste 75 let staré stromové patro, kde se vyskytuje borovice lesní a smrk ztepilý (Obr. 11). Na této TVP, se v mateřském porostu nejčastěji vyskytuje borovice lesní s různorodou kmenovinou a dále v malých počtech smrk ztepilý. Oproti předchozím TVP se zde nenachází dub ani bříza.



Obrázek 10: Půdní sonda TVP 3 (foto S. Vacek). Obrázek 11: Pohled do porostu TVP 3 (foto J. Forman).

4.1.3.4 Trvalá výzkumná plocha 4

Tato plocha leží jihozápadně od města Třebechovice p. Orebem ve vzdálenosti cca 7 km v nadmořské výšce 245 m. Půdním typem je zde podzol arenický (Obr. 12). Plocha je typologicky zařazena jako 0M2 - Chudý dubový bor. Plochu pokrývá vzrostlý les cca 135 let starý. Zastoupení dřevin je borovice lesní, smrk ztepilý a bříza bělokorá (Obr. 13). GPS souřadnice plochy jsou 50.1926231N a 15.9635747E.



Obrázek 12: Půdní sonda TVP 4 (foto S. Vacek). Obrázek 13: Pohled do porostu TVP 4 (foto J. Forman).

4.2 Sběr dat

Sběr dat byl proveden na trvale výzkumných plochách, které byly založeny a zaměřeny v roce 2005 pomocí geodetického teodolitu. V roce 2015 byla použita technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd), pro měření struktury stromového patra a přirozené obnovy porostu.

Na vybraných TVP o velikosti 50×50 m bylo provedeno biometrické měření stromového patra. U všech jedinců na vybrané ploše byl určen druh a byl změřen průměr kmene, výška jedince a nasazení koruny. U borovice lesní byl navíc změřen a zaznamenán průměr zelené koruny.

Výčetní tloušťky (průměry) stromového patra byly měřeny kovovou průměrkou (Häglof, Sweden) ve dvou na sebe kolmých směrech s přesností na 1 mm ve výšce kmene 120 cm. Z těchto hodnot byl vypočten průměr kmene. Zaznamenávání byli jedinci o průměru větším jak 7 cm. Výška jednotlivých stromů a výšky nasazení zelené koruny byly naměřeny pomocí laserového výškoměru (Nikon Forestry Pro) s přesností na 0,1 m.

U všech jedinců borovice lesní byl změřen a zaznamenán průměr zelené koruny. Šíře korun byly změřeny ve dvou na sebe kolmých směrech. Na okraje koruny byly umístěny vytyčovací kolíky a metrem změřena jejich vzdálenost. Z těchto dvou naměřených hodnot byl vypočten jejich průměr s přesností na 0,1 m (Obr 14).

V roce 2018 byla změřena na všech TVP přirozená obnova do výšky 1,3 m. Byly zde na celé TVP zjišťovány počty a výšky jedinců jednotlivých druhů dřevin a jejich stupeň poškození lesní zvěří.



Obrázek 14: Měření šířky koruny (foto J. Forman).

4.3 Analýza dat

U všech jedinců stromového patra byly na jednotlivých výzkumných plochách zhodnoceny tyto parametry: kvantita a kvalita produkce, strukturální a růstové parametry, horizontální a vertikální struktura a biodiverzita.

Objem živých stojících stromů byl kalkulovaný podle objemových rovnic, publikovaných v práci Petráše et al. (1991). Z ukazatelů hustoty porostu byly vyjádřeny následující: projekční plocha korun, stupeň zápoje (Crookston, Stage 1999), zakmenění dle růstových tabulek (Halaj et al. 1987) a index hustoty porostu (Reineke 1933).

Z hlediska prostorového rozmístění byly spočítány Hopkins-Skellamův index (Hopkins, et al. 1954), Pielou-Mountfordův index (Pielou 1959; Mountford 1961), Clark-Evansův index (Clark, Evans 1954) a Ripleyova L- funkce (Ripley 1981).

Střední hodnoty L- funkce byly odhadnuty jako aritmetické průměry z L- funkcí spočítaných pro 1999 náhodně vygenerovaných bodových struktur. Příslušné hodnoty těchto indexů byly spočítány pomocí numerických simulací. Strukturální a produkční charakteristiky byly spočítány pomocí růstového simulátoru Sibyla (Fabrika 2005).

V rámci hodnocení biodiverzity byly vypočteny: index tloušťkové diferenciace (TMD) výškové diferenciace (TMh, hodnoty indexů 0–1) - (Füldner, 1995), index druhové různorodosti (Shannon 1948), index druhové vyrovnanosti (Pielou 1975), Arten profil index

(A, hodnoty indexů 0–1) - (Pretzsch 2006) a index celkové diverzity ($B < 4$ – monotónní výstavba a $B \geq 9$ – výrazně strukturované porosty) – (Jaehne, Dohrenbusch 1997) – (Tab. 3).

Tabulka 3: Kritéria indexů popisující strukturu porostu a jejich interpretace.

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Vertikální diverzita	Arten-profil index	Ap (Pri)	Pretzsch 2006	rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$
Strukturální diference	Tloušťková diference	TM _d (Fi)	Füldner 1995	rozpětí 0-1; nízká TM $< 0,3$, střední TM = 0,3-0,5, vysoká TM = 0,5-0,7, velmi vysoká diference TM $> 0,7$
	Výšková diference	TM _h (Fi)	Füldner 1995	
Horizontální struktura	Index nenáhodnosti	α (P&Mi)	Pielou 1959; Mountford 1961	střední hodnota $\alpha = 1$, shlukovitost $\alpha > 1$, pravidelnost $\alpha < 1$
	Index shluku	A (H&Si)	Hopkins, Skellam 1954	střední hodnota $A = 0,5$, shlukovitost $A > 0,5$, pravidelnost $A < 0,5$
	Agregační index	R (C&Ei)	Clark, Evans 1954	střední hodnota $R = 1$, shlukovitost $R < 1$, pravidelnost $R > 1$
	Index velikosti klastru	ICS (D&Mi)	David, Moore 1954	střední hodnota ICS = 0, shlukovitost ICS > 0 , pravidelnost ICS < 0
Druhovú diverzita	Druhovú bohatost	D (Mai)	Marfalef 1958	minimum D = 0, vyšší D = vyšší hodnota
	Druhovú heterogenita	H' (Si)	Shannon 1948	rozpětí 0-1; minimum H' = 0, maximum H' = 1 – pro 10 dřevin (<i>Hertleyova míra</i>)
	Druhovú vyrovnanost	E (Pii)	Pielou 1975	rozpětí 0-1; minimum E = 0, maximum E = 1
Komplexní diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch 1997	monotónní struktura $B < 4$, rovnoměrná struktura $B = 4-6$, nerovnoměrná struktura $B = 6-8$, různorodá struktura $B = 8-9$, velmi různorodá struktura $B > 9$

5 Výsledky

5.1 Vývoj a struktura stromového patra

Počet živých stromů s výčetní tloušťkou ≥ 7 cm se v r. 2020 pohyboval mezi 480–592 ks.ha⁻¹. Na všech zkoumaných plochách mezi roky 2015-2020 došlo k poklesu živých stromů na ploše (Tab. 4). Na TVP 2-4 byl zaznamenán mírný pokles jedinců (-4,2-5,5 %). Tyto hodnoty odpovídají přirozenému vývoji porostů. Významný pokles byl zaznamenán na TVP 1. Počet jedinců se zde oproti roku 2015 snížil o 21,8 % (-114 ks.ha⁻¹). Takto výrazný pokles byl způsoben napadením jedinců smrku kůrovcem smrkovým (*Ips typographus*). Napadené stromy byly z plochy vytěženy v rámci nahodilé těžby pro zamezení dalšího šíření škůdce.

Tabulka 4: Strukturální charakteristiky stromového patra na jednotlivých TVP v r. 2005, 2015 a 2020.

TVP	Rok	Věk	dbh _{1.3} (cm)	h (m)	v (m ³)	N (ks/ha)	G (m ² .ha ⁻¹)	V (m ³ .ha ⁻¹)	CPP	CC	SDI
1	2005	68	25.8	19.90	0.536	644	33.5	345	4.42	80.2	0.66
	2015	80	27.1	21.44	0.627	660	38.1	414	5.18	77.1	0.73
	2020	85	30.1	22,37	0,772	516	37,4	359	4,65	53,3	0,71
2	2005	59	26.3	21.33	0.531	644	35.1	342	4.96	80.2	0.70
	2015	70	27.3	23.5	0.621	620	36.4	385	5.50	72.7	0.72
	2020	75	28.1	22.1	0,65	592	37,5	385	4,94	50,5	0,73
3	2005	59	24.7	19.76	0.455	656	31.5	299	4.33	80.2	0.65
	2015	70	26.0	20.60	0.523	612	32.5	320	4.57	69.3	0.65
	2020	75	26,8	20,98	0,554	580	32,7	322	4,35	59,2	0,65
4	2005	120	31.2	22.63	0.798	472	36.2	377	2.90	76.2	0.68
	2015	130	30.5	22.42	0.791	508	37.2	402	3,08	74,8	0,70
	2020	135	31.1	22,73	0,858	480	38,1	412	3,9	53,3	0,71

Vysvětlivky: dbh – průměrná kvadratická výčetní tloušťka, h – průměrná výška, v – objem středního kmene, N – počet kusů, G – kruhová základna, V – zásoba porostu, CPP – celkový průměrný přírůst, CC – zápoj, SDI – index hustoty porostu

Index hustoty porostu (SDI) se v roce 2020 pohyboval mezi hodnotami 0,65-0,73 %. K výrazným změnám oproti minulým měřením zde nedošlo. Průměrná kruhová základna byla v roce 2020 naměřena mezi hodnotami 32,7–38,1 m².ha⁻¹, čemuž odpovídá na TVP 1-2 mírný pokles v důsledku nahodilé těžby o 1,8-2,9 %. Na TVP 3-4 se kruhová základna zvýšila 0,6-2,9 %.

Zásoba hroubí sruženého porostu se v r. 2020 pohybovala mezi 322 - 412 m³.ha⁻¹, což na TVP 2 - 4 ukazuje nárůst o 0,62 - 2,98% za dobu předchozích 5 let. Největší zásobu hroubí (402 a 412 m³.ha⁻¹) konstatujeme na TVP 4. Naopak nejmenší zásoba hroubí (320 a 322 m³.ha⁻¹) byla zaznamenána na TVP 3. Na TVP 1 byl zaznamenán výrazný úbytek

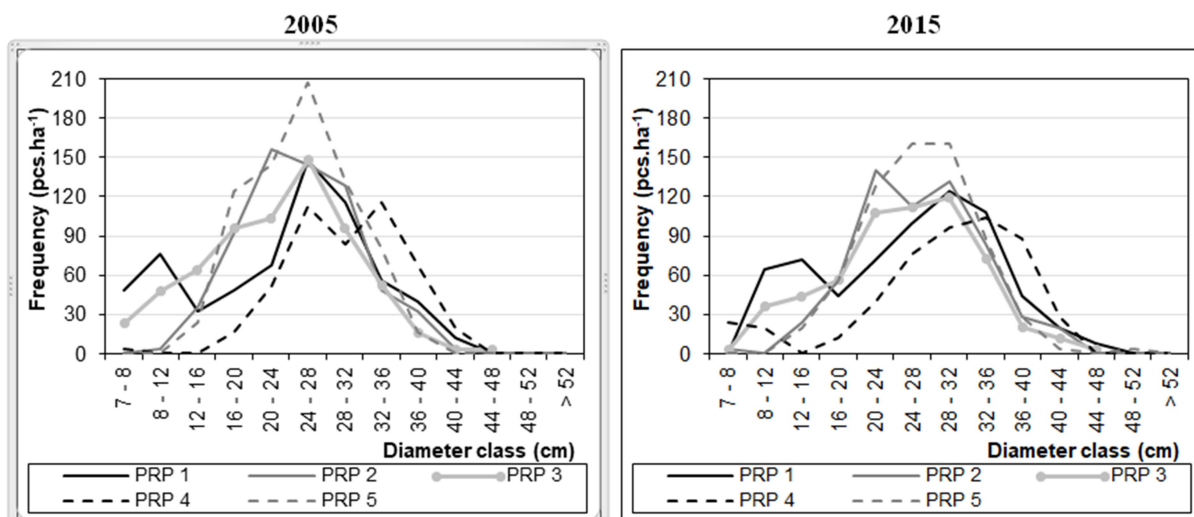
zásoby dřevní hmoty. V roce 2015 byla naměřena zásoba 414 m³.ha⁻¹ a v roce 2020 pak 359 m³.ha⁻¹. Zásoba zde tedy poklesla o 13,2 % (55 m³.ha⁻¹). Tento pokles byl rovněž způsoben provedením nahodilé těžby kůrovcových stromů. Celkový průměrný přírůst (CPP) kolísal v r. 2020 (3,9 - 4,94 m³.ha⁻¹.rok⁻¹), což ukázalo pokles za posledních 5 let o 4,8 - 10,2 %, pouze na TVP 4 byl zaznamenán vyšší CPP (+ 26,6 %).

Zastoupení dřevin v roce 2005, 2015 a 2020 na jednotlivých TVP (Tab. 5). V roce 2020 na všech zkusných plochách převládá borovice lesní, se zastoupením od 88 - 99 %, což lze přisuzovat historickému vývoji, kdy se v těchto oblastech borovice vyskytovala přirozeně, jako vhodná dřevina s optimálními podmínkami pro život. Dále se na plochách vyskytují vtroušeně dřeviny (zastoupení <10 %) smrk ztepilý, bříza bělokorá, dub letní a dub zimní.

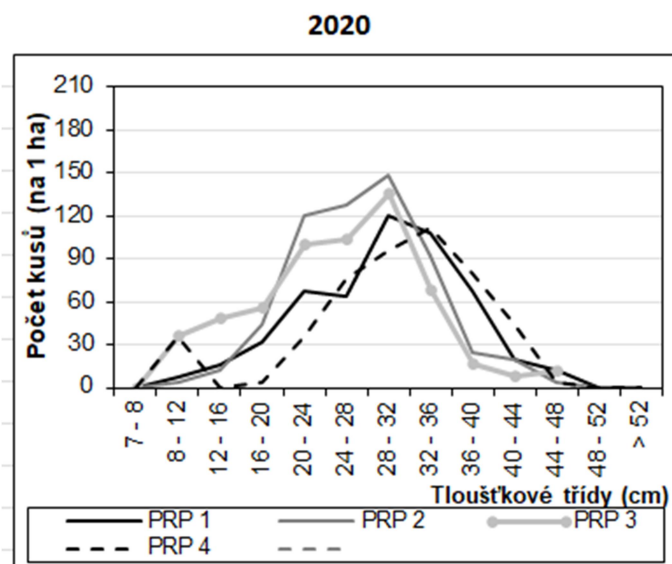
Tabulka 5: Počty jedinců stromového patra v přepočtu na hektar a procentuální zastoupení diferencovaně podle dřevin na jednotlivých TVP v roce 2005, 2015 a 2020.

Druh	Rok	TVP							
		1		2		3		4	
		ks/ha	%	ks/ha	%	ks/ha	%	ks/ha	%
<i>Pinus sylvestris</i>	2005	456	71	624	97	576	88	468	99
	2015	476	72	600	97	528	86	484	95
	2020	460	89	576	97	512	88	460	94
<i>Picea abies</i>	2005	116	18	0	0	8	1	4	1
	2015	128	19	4	1	16	3	12	2
	2020	0	0	4	1	12	2	16	3
<i>Betula pendula</i>	2005	68	11	20	3	68	10	0	0
	2015	52	8	16	3	64	10	12	2
	2020	52	10	16	3	12	2	12	2
<i>Quercus spp.</i>	2005	4	1	0	0	4	1	0	0
	2015	4	1	0	0	4	1	0	0
	2020	4	1	0	0	4	1	0	0

Tloušťkové četnosti stromového patra z let 2005 a 2015 (Obr. 15) a tloušťkové četnosti z roku 2020 (Obr. 16). Na všech TVP došlo k výraznému posunu stromů do vyšších tloušťkových tříd a zejména pak na TVP 1 a 4 byl zaznamenán výraznější nárůst jedinců v nejslabších tloušťkových třídách.

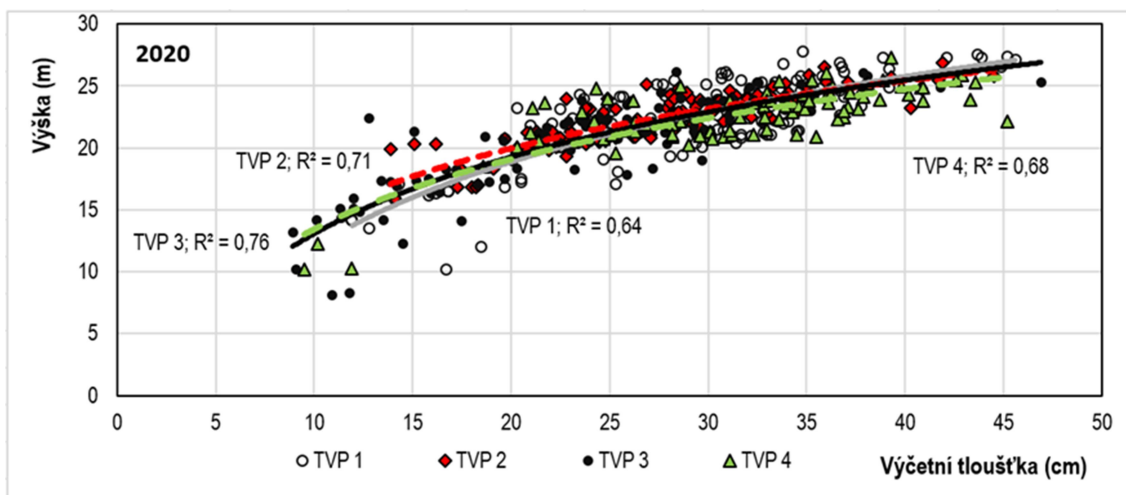
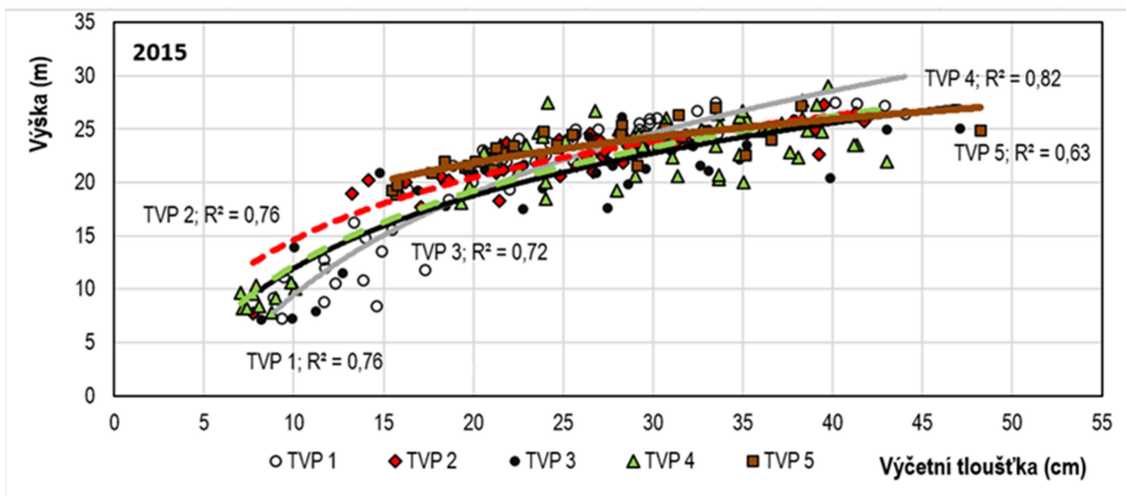
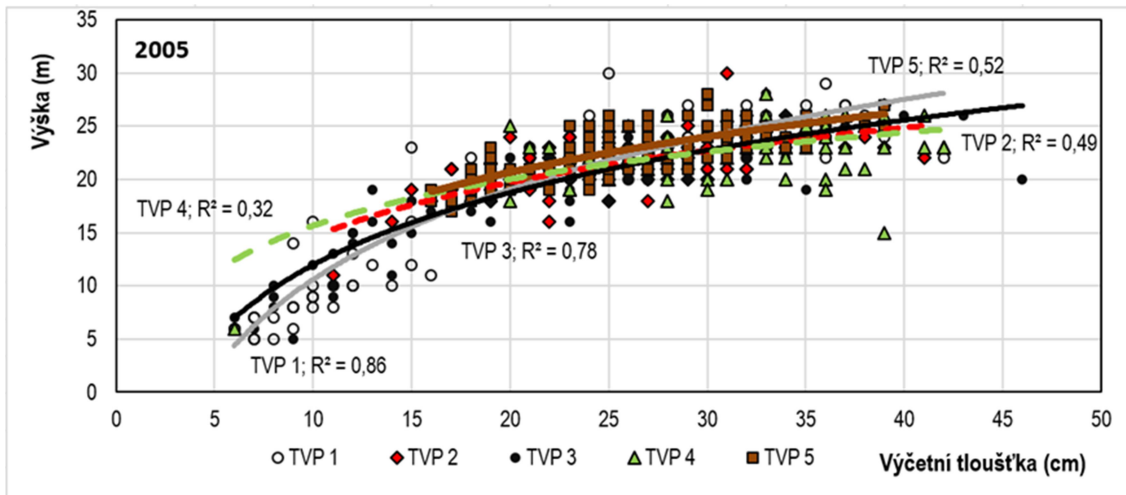


Obrázek 15: Histogram tloušťkové struktury stromového patra na TVP 1–5 v přepočtu na 1 ha v r. 2005 a 2015.



Obrázek 16: Histogram tloušťkové struktury stromového patra na TVP 1–4 v přepočtu na 1 ha v r. 2020.

Vztah výčetní tloušťky k výšce stromů dřevin (Obr. 17), z něhož je patrná na bory značná porostní diferenciacce zejména v porostech (TVP 2-3). V porostech na TVP 1 a 4 došlo oproti roku 2015 ke snížení indexu determinace. Důvodem může být dorůstání nižších jedinců zpod úrovně do úrovně hlavního porostu. Průměrná porostní výška na jednotlivých trvale výzkumných plochách se v období 2015–2020 změnila zanedbatelně.

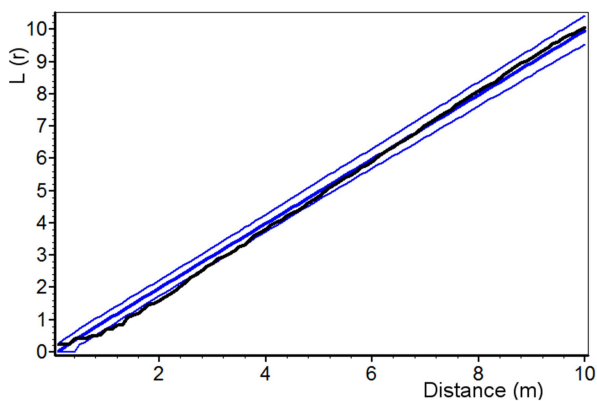


Obrázek 17: Závislost výšky stromů na jejich výčetní tloušťce na TVP 1–5 v letech 2005, 2015 a 2020; R^2 znázorňuje koeficient determinace.

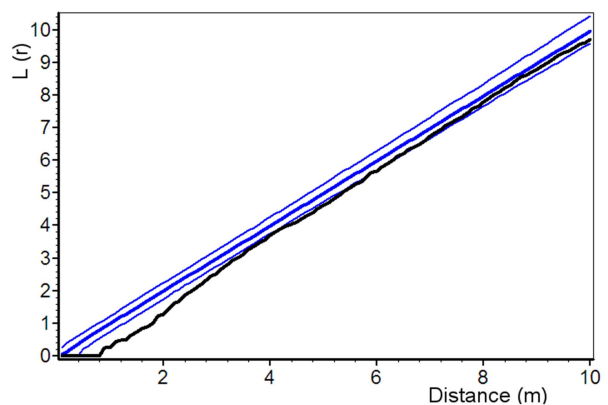
Horizontální struktura je stromového patra v roce 2005 a 2020 je vyobrazena pomocí strukturálních indexů v Tab. 5 a graficky zachycena L-funkcí na Obr. 18. Jedinci stromového patra jsou dle strukturálních indexů na TVP (2-4) rozmístěny pravidelně. Na TVP 1 v roce

2005 dle Pielou-Mountfordova indexu jsou jedinci rozmístěni mírně shlukovitě. Na vypracovaných grafech černá linie zachycuje L-funkci pro reálné vzdálenosti jedinců na TVP, silná modrá čára znázorňuje střední průběh pro náhodné rozdělení stromků v prostoru a další dvě slabší středové křivky prezentují 95% interval spolehlivosti. Pokud se nachází černá linie rozdělení stromů na TVP pod tímto intervalem, tak indikuje tendenci jedinců k pravidelnému rozmístění. Jestliže se linie nachází nad tímto intervalem, tak indikuje tendenci ke shlukovitosti jedinců. Výsledek L-funkce udává, že na TVP 1 jsou stromy s rozestupy 3–6 m rozmístěny pravidelně a na ostatních TVP náhodně. V průběhu sledovaných let došlo v horizontální struktuře jen k minimálním změnám.

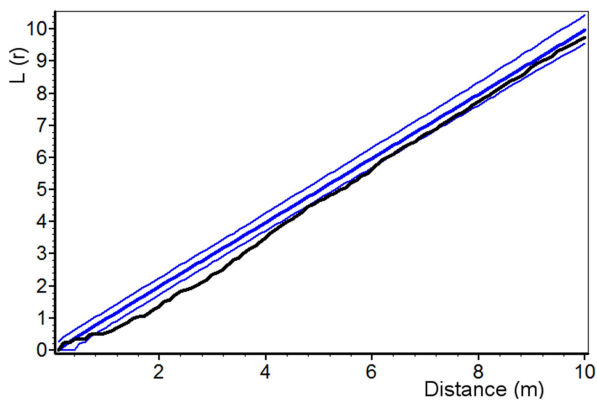
PRP 1 (2005)



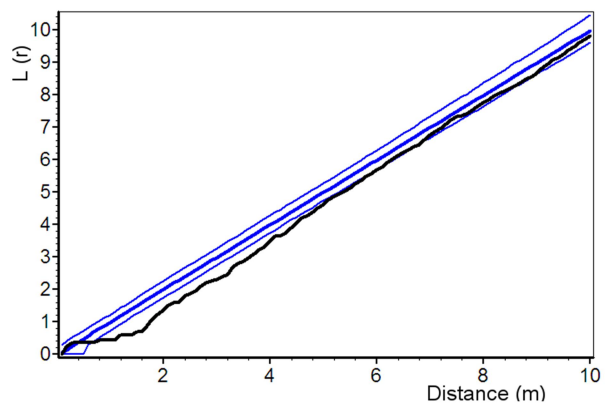
PRP 1 (2020)



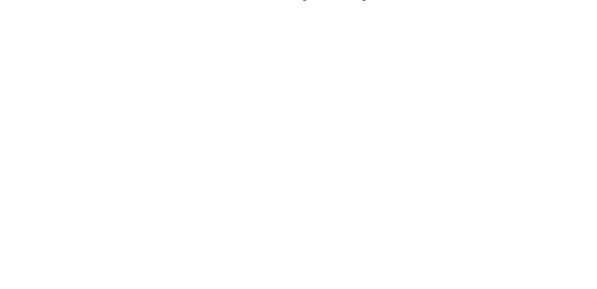
PRP 2 (2005)



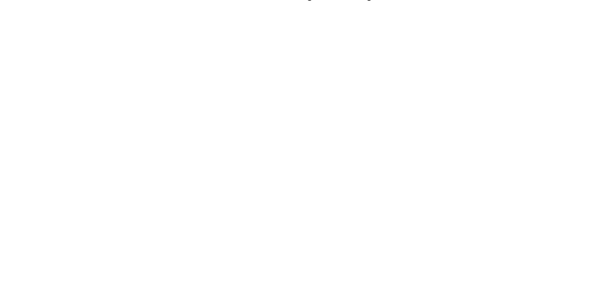
PRP 2 (2020)

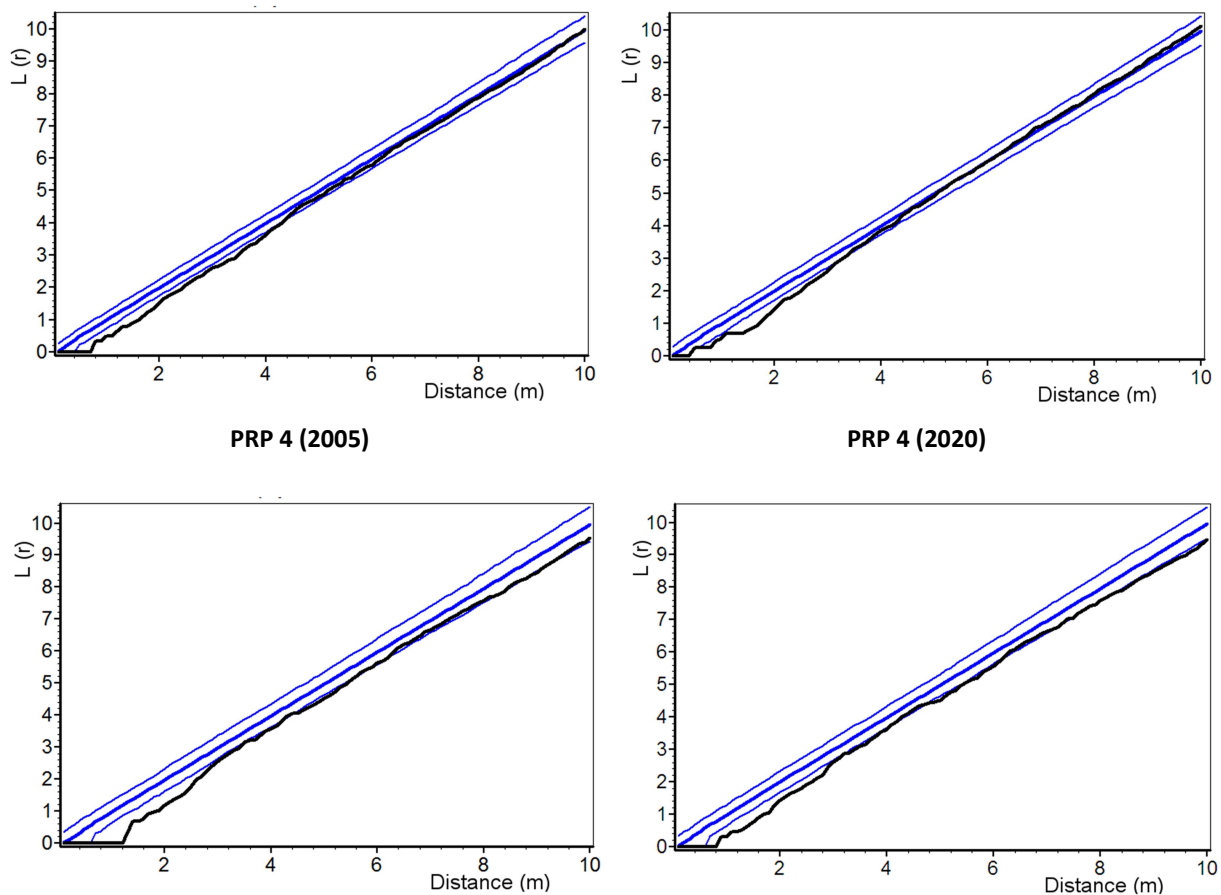


PRP 3 (2005)



PRP 3 (2020)





Obrázek 18: Horizontální struktura horní etáže sduženého porostu na jednotlivých TVP (L -funkce).

Tabulka 6: Indexy popisující horizontální strukturu stromové vrstvy na PRP v letech 2005 a 2020.

Index	Rok	TVP 1	TVP 2	TVP 3	TVP 4
Hopkins–Skellam	2005	0.496	0.366*	0.403*	0.373*
	2020	0.402*	0.350*	0.427	0.419*
Pielou–Mountford	2005	1.114	0.823*	0.862*	0.772*
	2020	0.878*	0.775*	0.975	0.919
Clark–Evans	2005	1.105	1.248*	1.198*	1.225*
	2020	1.230*	1.264*	1.216*	1.205*
David–Moore	2005	-0.048	-0.399*	-0.378*	-0.429*
	2020	-0.469*	-0.604*	-0.268	-0.271

*significant ($p > 0.05$)

5.2 Biodiverzita stromového patra

Indexy, které charakterizují diverzitu (rozmanitost, variabilitu) stromového patra na TVP 1–4 jsou popsány v Tab. 7. Vertikální struktura hodnocena pomocí Arten-profil indexu je v rámci všech TVP poměrně variabilní (v roce 2005 $A = 0,333–0,407$, v roce 2015 $A = 0,214–0,375$ a v roce 2020 $A = 0,306–0,381$), pohybuje se od nízké až po vysokou rozrůzněnost. V roce 2020 byl Arten-profil index nejméně variabilní a naznačuje vyrovnávání vertikální struktury porostů.

Z hlediska porostní proměnlivosti (komplexní míra diverzity - B) se jedná o plochy s rovnoměrnou až nerovnoměrnou výstavbou ($B = 4,500–7,011$, TVP 2 – 4) a nerovnoměrnou až různorodou výstavbou ($B = 5,142–8,022$, TVP 1). V průběhu sledovaných let se celková diverzita na TVP 1 a 4 mírně snižovala a na TVP 2 a 3 zvyšovala nebo zůstala stejná.

Nízká až střední korunová diference ($K = 0,579–2,809$) v průběhu sledovaných let na TVP 1 a 4 klesala. Na TVP 2-3 mezi roky 2005-2015 korunová diference stoupala, naopak v roce 2020 mírně poklesla.

Index druhové různorodosti stromového patra (entropie H') byl na TVP 1–3 nízký ($H' = 0,062–0,174$) a na TVP 4 minimální ($H' = 0,001–0,17$). Druhová vyrovnanost stromového patra (E index), též ukazuje na nízkou biodiverzitu na TVP 1–3 ($E = 0,130–0,274$) a na minimální na TVP 4 ($E = 0,003–0,036$).

Tabulka 7: Strukturální indexy stromového patra na jednotlivých TVP za r. 2005, 2015 a 2020.

TVP	Rok	Indexy							H' (Si)	E (Pii)
		R(C&Ei)	A(Pri)	B(J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K(J&Di)			
1	2005	1.041	0.400	8.022	0.349	0.304	2.809	0.163	0.271	
	2015	1.161	0.241	6.694	0.328	0.273	1.718	0.174	0.289	
	2020	1,164	0,381	5,142	0,221	0,132	1,396	0,092	0,193	
2	2005	1.176	0.333	4.500	0.219	0.107	1.034	0.081	0.269	
	2015	1.189	0.269	6.469	0.229	0.099	2.310	0.062	0.130	
	2020	1,159	0,319	6,139	0,226	0,226	2,085	0,065	0,136	
3	2005	1.130	0.407	6.211	0.289	0.191	1.486	0.145	0.241	
	2015	1.143	0.375	7.011	0.305	0.195	2.485	0.165	0.274	
	2020	1,138	0,322	6,213	0,292	0,292	1,814	0,159	0,264	
4	2005	1.138	0.360	6.454	0.204	0.091	2.692	0.001	0.003	
	2015	1.123	0.322	5.791	0.307	0.187	1.706	0.012	0.025	
	2020	1,121	0,306	5,416	0,269	0,269	1,438	0,017	0,036	

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM_d – index tloušťkové diference, TM_h – index výškové diference, K – index korunové diference, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti

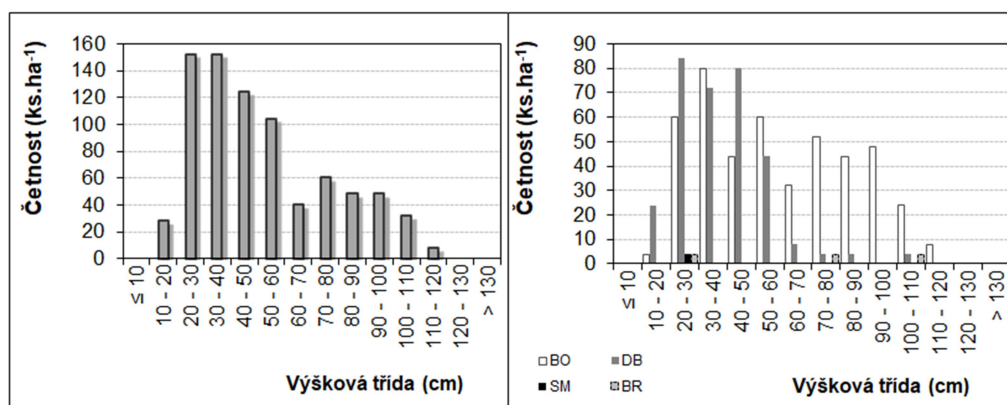
5.3 Stav přirozené obnovy

Stav přirozené obnovy na jednotlivých TVP v r. 2005, 2015 a 2018 je uveden v Tab. 8. Na počátku sledování byly počty jedinců přirozené obnovy relativně nízké (64–1492 ks.ha⁻¹) k úměrné růstové fázi či vývojovému stadiu porostu i zápoji porostu. Do r. 2015 došlo ke značnému nárůstu počtu jedinců přirozené obnovy (344–4940 ks.ha⁻¹).

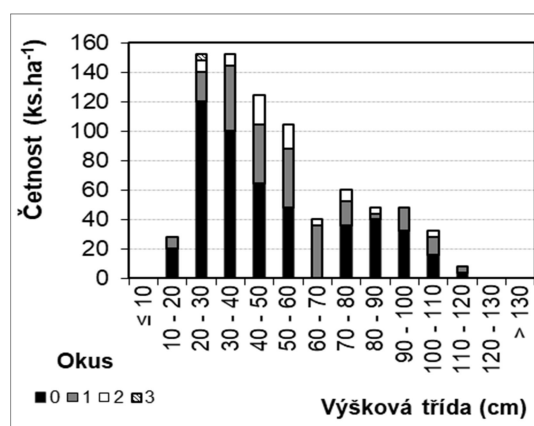
Tabulka 8: Počty jedinců přirozené obnovy v přepočtu na hektar a jejich procentuální zastoupení diferencovaně podle dřevin na jednotlivých TVP.

Druh	Rok	TVP							
		1		2		3		4	
		ks/ha	%	ks/ha	%	ks/ha	%	ks/ha	%
<i>Pinus sylvestris</i>	2005	44	69	116	94	1284	99	1448	97
	2015	304	89	724	98	4080	99	4732	96
	2018	456	57	400	89	516	98	212	95
<i>Picea abies</i>	2005	12	19	8	6	12	1	16	1
	2015	36	10	12	2	40	1	32	1
	2018	4	1	16	4	12	2	4	2
<i>Betula pendula</i>	2005	0	0	0	0	4	0	24	2
	2015	0	0	0	0	4	0	176	3
	2018	12	4	0	0	0	0	8	4
<i>Quercus petraea</i>	2005	4	6	0	0	0	0	0	0
	2015	4	1	0	0	0	0	0	0
	2018	324	41	32	7	0	0	0	0
Σ	2005	60	100	124	100	1296	100	1492	100
	2015	344	100	736	100	4124	100	4940	100
	2018	796	100	448	100	528	100	224	100

TVP 1 - na této ploše byl zaznamenán mezi roky 2015 a 2018 nárůst počtu kusů přirozeného zmlazení a to z 344 ks na 796 ks.ha⁻¹. Zastoupení druhů v přirozeném zmlazení zde v r. 2018 bylo následující: 57 % borovice, 41 % dubu, 4 % břízy a 1 % smrku. Obr. 19 je jasně patrná diferencovaná výšková struktura porostu. Z obrázku vidíme, že výšková struktura je různá. Nejvíce jedinců se nachází ve výškové třídě 20 – 30 a 30 – 40 cm. Při rozdělení dle dřevin je nejvíce jedinců dubu ve výškové třídě 20 – 30 a ve výškové třídě 40 – 50 cm. Naopak u ostatních výškových tříd jednoznačně převládá borovice. Z obrázku je patrné, že nálet dubu se nejvíce vyskytuje ve výškové třídě 20 – 60 cm a to z důvodu, že došlo mezi lety 2015 – 2018 k prosvětlení porostu a k vyklíčení nových semenáčků. Poškození náletu okusem zvěře je zobrazen na Obr. 20. Nejvíce poškození bylo zaznamenáno v nižších výškových třídách a u náletu dubu.

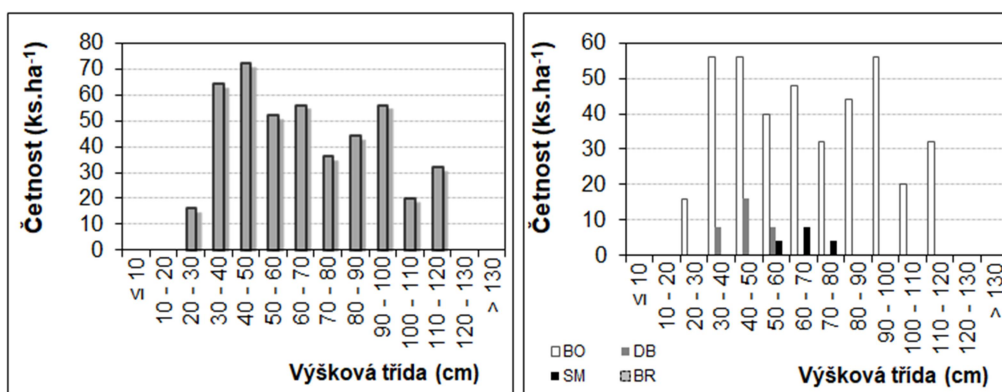


Obrázek 19: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 1, rozdělen dle druhů dřevin.

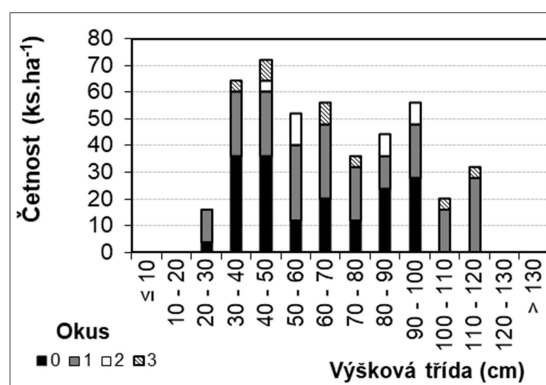


Obrázek 20: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 1.

TVP 2 - měření na TVP 2 odhalilo, že mezi lety 2015 – 2018 došlo k poklesu počtu jedinců přirozené obnovy a to z 736 na 448 ks.ha⁻¹. Zastoupení druhů v přirozeném zmlazení zde bylo v r. 2018: 89 % borovice, 7 % dubu, 0 % břízy a 4 % smrku. Na Obr. 21 je zřetelná větší rozmanitost rozložení přirozené obnovy do výškových tříd než u TVP 1. Zde se nenachází žádní jedinci ve výškové třídě 0 – 10 a 10 – 20 cm, naopak nejvíce jedinců je zastoupeno ve třídě 40 – 50 cm. Pokles kusů oproti roku 2015 je zde způsoben odrůstáním přirozeného zmlazení, protože o přirozený nálet se jedná do výše 130 cm jedince. V rozdělení četnosti dle druhů převládá nálet borovice lesní s vtroušenými jedinci dubu a smrku ve středních výškových třídách. Na Obr. 22 je patrné, že okus je častější než u TVP 1. Okusem byli zasaženi jedinci ve všech výškových třídách. Poškození náletu na hranici životnosti bylo zaznamenáno skoro u všech výškových tříd.

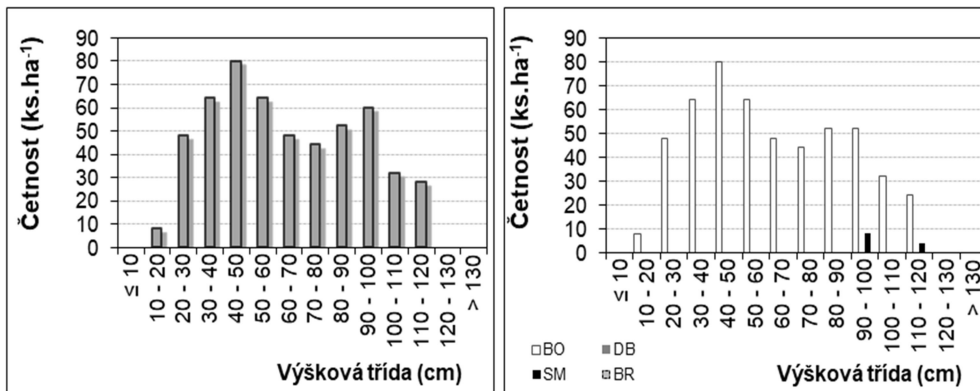


Obrázek 21: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 2, rozdělen dle druhů dřevin.

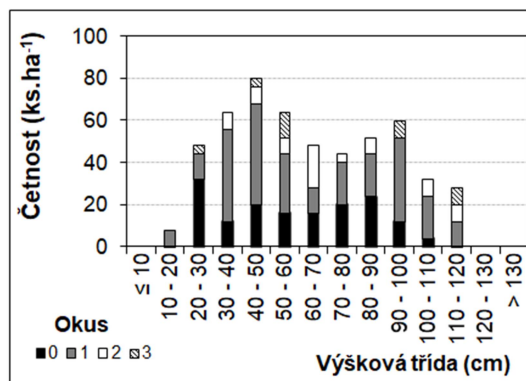


Obrázek 22: Škody okusem dle výškových tříd na TVP 2.

TVP 3 – sledováním plochy mezi roky 2015 – 2018 byl zaznamenán výrazný pokles jedinců přirozené obnovy v. roce 2015 4124 ks.ha⁻¹ a v roce 2018 528 ks.ha⁻¹. Zastoupení druhů v přirozeném zmlazení zde bylo v r. 2018 následující: 98 % borovice, 2 % smrku, 0 % dubu a 0 % břízy. Z Obr. 23 je patrné, že největší počet jedinců se nachází ve výškové třídě 40 – 50cm. V ostatních výškových třídách jsou počty jedinců poměrně vyrovnané. Ve výškových třídách 90 – 100 cm a 110 – 120 cm se v malých počtech vyskytuje zmlazení smrku ztepilého. Pokles jedinců přirozené obnovy oproti roku 2015 je zde způsoben přírůstem jedinců. Jejich výška je vyšší jak 130 cm a do měření nebyli zahrnuti. Na této ploše bylo poškození zvěří nejvíce viditelné a velmi ovlivňuje kvalitní vývoj a růst stromečků. Na Obr. 24 je zřetelné, že poškozena byla téměř většina náletu. U některých jedinců bylo poškození na hraně životnosti. Na této ploše je tlak zvěře velice silný a přirozený nálet má velmi malou šanci na zdatný vývoj.

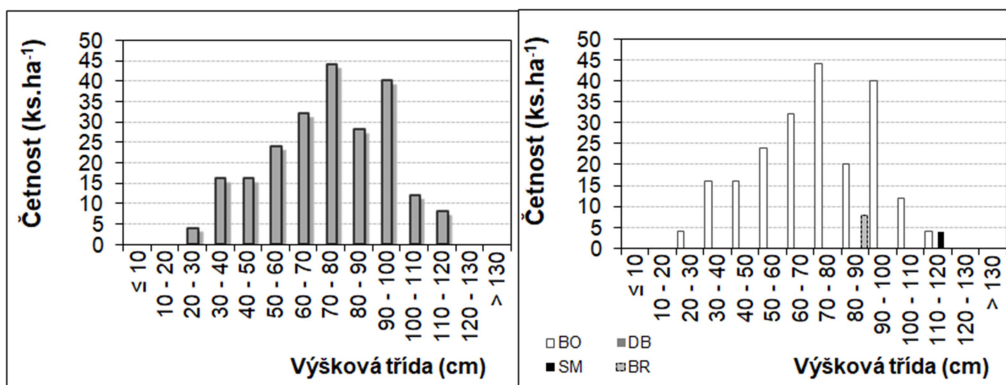


Obrázek 23: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 3, rozdělen dle druhů dřevin.

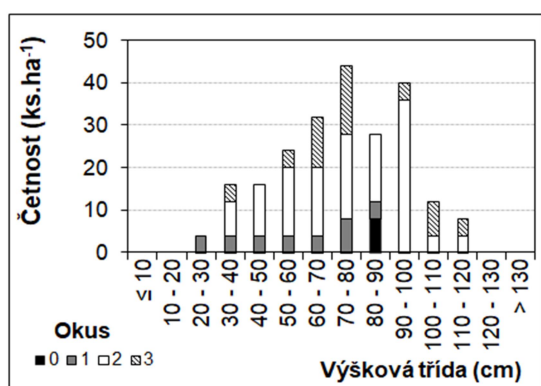


Obrázek 24: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 3.

TVP 4 – měření na TVP 4 mezi lety 2015 – 2018 odhalilo nejvýraznější pokles jedinců přirozené obnovy ze všech sledovaných TVP. V roce 2015 4940 ks.ha⁻¹ a v roce 2018 224 ks.ha⁻¹. Zastoupení druhů přirozeného zmlazení v r. 2018 bylo následující: 95 % borovice, 4 % břízy, 2 % smrku a 0 % dubu. Z Obr. 25 je patrné, že nejvíce jedinců se vyskytuje ve výškové třídě 70 – 80 cm. V ostatních třídách jsou počty nevyrovnané. Jedinců s výškou vyšší jak 1 metr je zde velmi málo. Tento nejvýraznější pokles kusů jedinců ze všech TVP je způsoben tím, že je na této ploše výrazný výškový přírůst obnovy, která zde byla změřena v roce 2015. Jedinci menšího vzrůstu nemají z důvodu zastínění ideální podmínky pro růst a jejich vývoj je zde značně omezen. Nálet břízy a smrku se vyskytuje pouze ve vyšších výškových třídách. Na Obr. 26 jsou znázorněny škody okusem dle výškových tříd, způsobené převážně dančí a srncí zvěří. Na této ploše bylo poškození zvěří patrné na 95 % jedinců. Takto vysoký stupeň poškození je způsoben jednak vysokým stavem spárkaté zvěře a také nízkým počtem kusů přirozené obnovy.



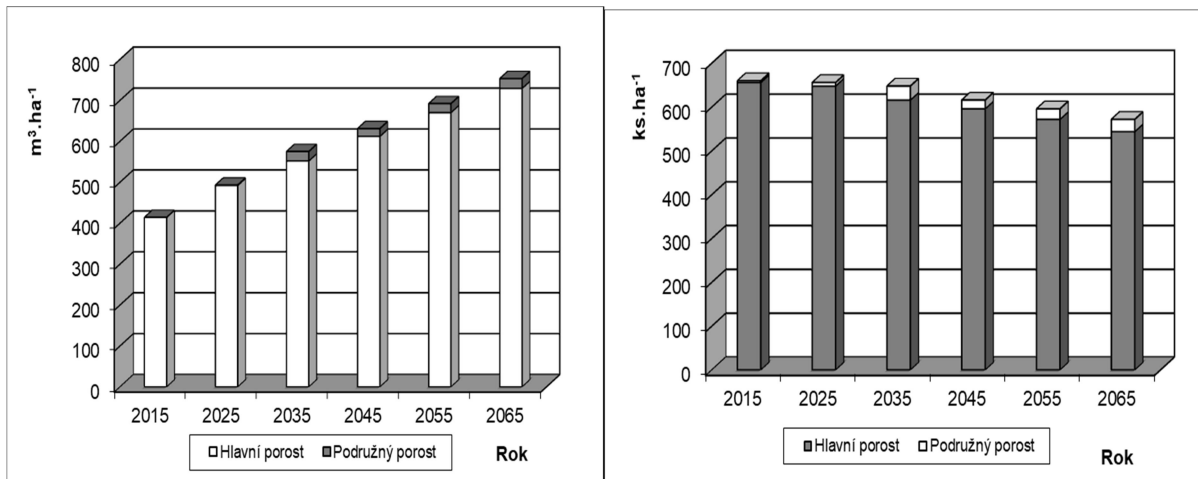
Obrázek 25: Histogram výškové struktury přirozené obnovy na TVP 4, rozdělen dle druhů dřevin.



Obrázek 26: Škody okusem ve výškových třídách na TVP 4.

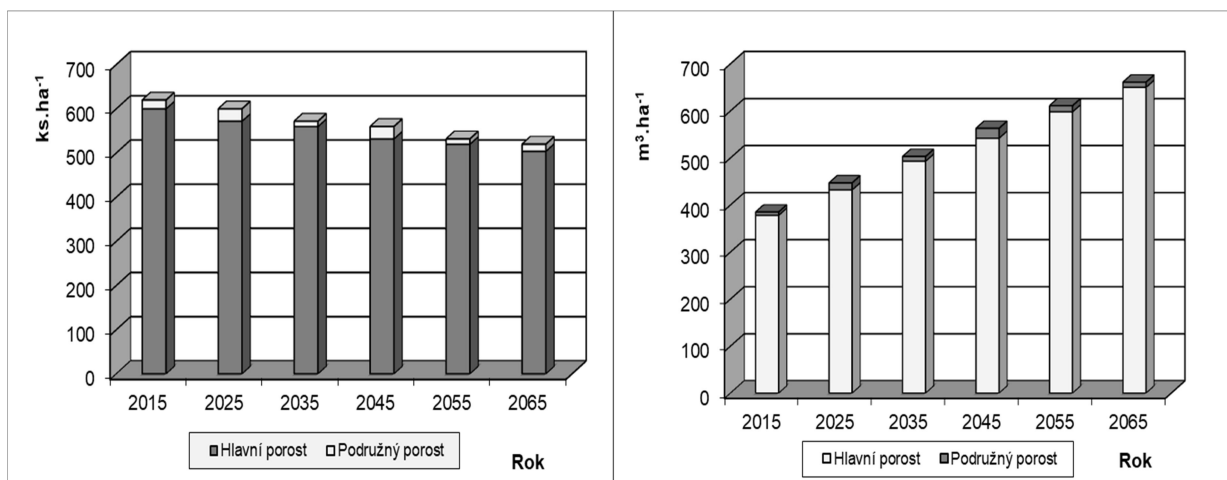
5.4 Modelový vývoj porostů

TVP 1 – porost na TVP 1 je strukturně, věkově i texturně značně diferencovaný tříetážový porost v růstové fázi nastávající kmenoviny (SDI 0.66 v r. 2005, 0.73 v r. 2015 a 0,71 v r. 2020). Vedle dominantní borovice v úrovni (v. r 2005 71 %, v. r. 2015 72 % a v. r. 2020 89 %) se na struktuře porostu podílí vertikálně diferencovaná bříza (v. r 2005 11 %, v. r. 2015 8 % a v. r. 2020 10 %) a několik jedinců dubu zimního (v. r 2005 1 %, v. r. 2015 1 % a v. r. 2020 1 %), které tvoří střední patro. V následujících letech (2025-2065) se dle modelové predikce (Obr. 27) předpokládá minimální pokles celkové diverzity, mírný nárůst vertikální diferenciace, pravidelnější horizontální struktury, druhové různorodosti i vyrovnanosti, hustoty porostu i zásoby.



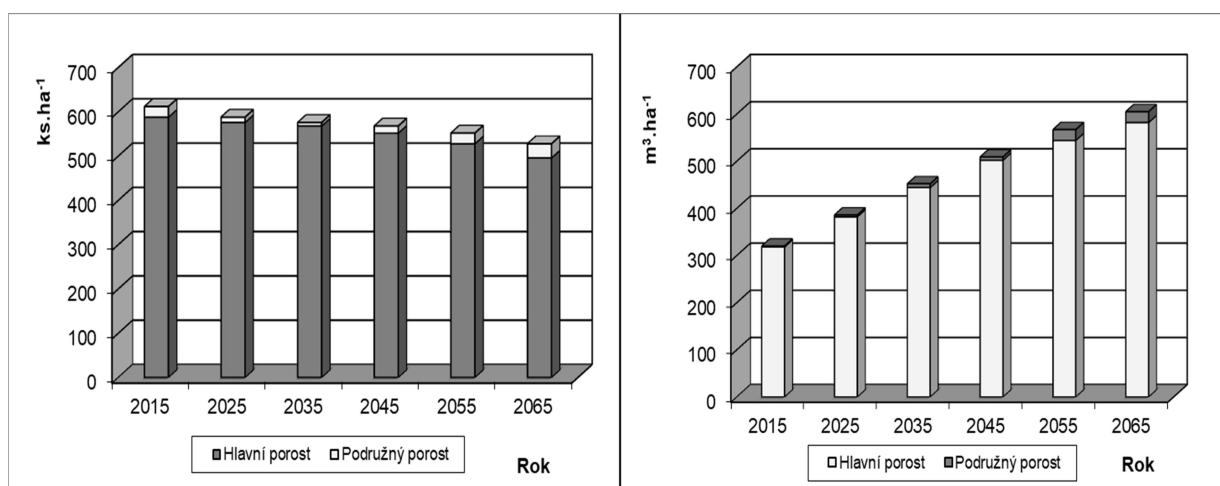
Obrázek 27: Modelový vývoj porostu na TVP 1.

TVP 2 – na TVP2 byl změřen porost, který je texturně, strukturálně a věkově diferencovaný na dvě etáže s růstovou fází nastávající kmenoviny (SDI 0.70 v r. 2005, 0.72 v r. 2015 a 0,73 v r. 2020). Na této ploše je dominantní borovice v úrovni se zastoupením (v. r 2005 97 %, v. r. 2015 97 % a v. r. 2020 97 %) Na struktuře porostu se podílí vtroušená vertikálně diferencovaná bříza v zastoupení (v. r 2005 3 %, v. r. 2015 3 % a v. r. 2020 3 %). I v následujících letech (2025-2065) se dle modelové predikce předpokládá mírný nárůst celkové diverzity, výškové i tloušťkové diferenciace, vertikální diferenciace, pravidelnější horizontální struktury, hustoty porostu a objemu zásoby (Obr. 28)



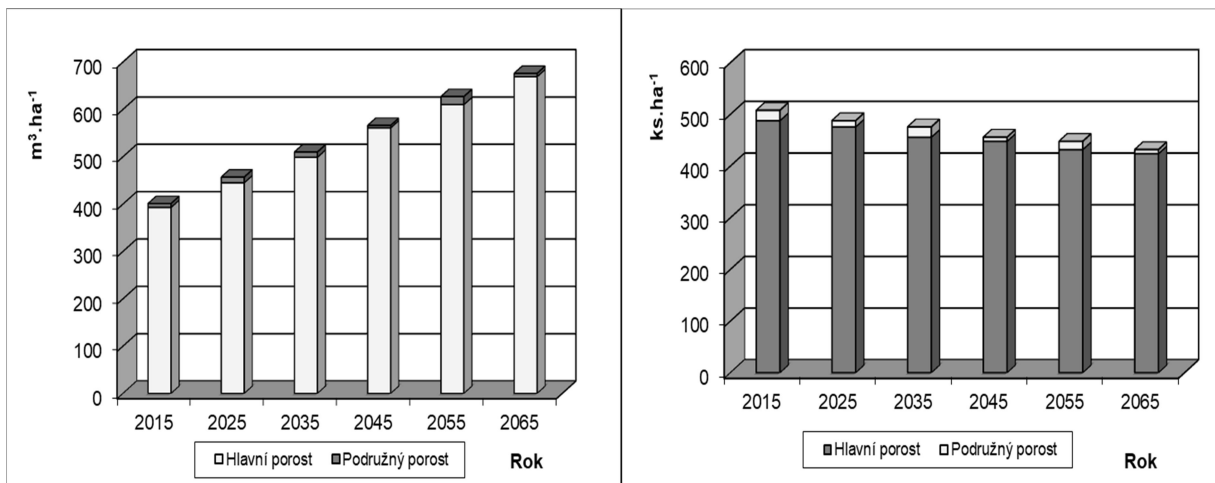
Obrázek 28: Modelový vývoj porostu na TVP 2.

TVP 3 – porost na TVP 3 je věkově, strukturně i texturně diferencovaný porost. Tento porost je diferencován na 2 etáže v růstové fázi nastávající kmenoviny (SDI 0.65 v r. 2005, 0.65 v r. 2015 a 0,65 v. r. 2020). Zde je v dominanci borovice v úrovni se zastoupením (v. r 2005 86 %, v. r. 2015 88 % a v. r. 2020 86 %). Na struktuře porostu se podílí přimíšená vertikálně diferencovaná bříza (v. r 2005 10 %, v. r. 2015 10 % a v. r. 2020 2 %), vtroušený podúrovňový smrk (v. r 2005 1 %, v. r. 2015 3 % a v. r. 2020 2 %) a dub (v. r 2005 1 %, v. r. 2015 1 % a v. r. 2020 1 %). V následujících letech (2025-2065) se dle modelové predikce (Obr. 29) předpokládá mírný pokles celkové diverzity, mírný nárůst vertikální diferenciace, tloušťkové diferenciace, pravidelnější horizontální struktury, druhové různorodosti i vyrovnanosti, hustoty porostu i zásoby.



Obrázek 29: Modelový vývoj porostu na TVP 3.

TVP 4 – porost na TVP 4 je výrazně texturně, strukturně a věkově diferencovaný na tři etáže (na počátku sledování 2 etáže). Porost je v růstové fázi vyspělé kmenoviny (SDI 0.68 v r. 2005, 0.70 v r. 2015 0,71 v. r. 2020). V horní etáži se vyskytuje pouze borovice (při všech měřeních zastoupení 100 %) a ve střední etáži o výšce stromů 7-11 m jsou relativně rovnoměrně zastoupeny borovice, smrk a bříza. V následujících letech (2025-2065) se předpokládá dle modelové predikce (Obr. 30) mírný pokles celkové diverzity, vertikální diferenciace, výškové i tloušťkové diferenciace a mírný nárůst pravidelnější horizontální struktury, druhové různorodosti i vyrovnanosti, objemu zásoby a hustoty porostu.



Obrázek 30: Modelový vývoj porostu na TVP 4.

6 Diskuze

Strukturou a popisem autochtonních borových porostů je v podmínkách střední Evropy několik různých studií (Vacek, et al. 2018; Bílek 2016; Bielak et al. 2014; Spathelf et al. 2015; Drössler et al. 2017). Z výsledků z oblasti Třebechovcké tabule vyplývá, že počet živých stromů s výčetní tloušťkou ≥ 7 cm na trvalých výzkumných plochách 1-4 se v r. 2020 pohyboval v rozmezí 488–596 ks.ha⁻¹. Během sledovaného období došlo v závislosti na různé TVP pokaždé k mírnému poklesu počtu stromů. Při porovnání hustoty jedinců s prací Sullivan et al. (2009) byla největší podobnost zaznamenána s porosty pralesovitého charakteru (830 ks.ha⁻¹). V ostatních zájmových porostech ve zmíněné práci Sullivana et al. (2009) hustota jedinců přesahuje 1000 ks.ha⁻¹. K obdobným výsledkům, resp. vyšší hustotě jedinců v podmínkách přirozených borových stanovišť, dospěly výsledky z práce Marcos et al. (2007). Kruhová základna na sledovaných TVP dosahovala hodnot mezi 32,7-38,1 m².ha⁻¹ a výrazně tak přesahovala hodnotu 30,6 m².ha⁻¹. Tuto hodnotu z borových porostů prezentuje Mellander et al. (2007). Kruhová základna se snížila na TVP 1 a 2 z důvodu nahodilé těžby, naopak na TVP 3 a 4 se kruhová základna zvýšila. V budoucnu se předpokládá přibližování k hodnotě 41,2 m².ha⁻¹, ke které se přiblížila například studie z oblasti Valsain v centrálním Španělsku (Montes et al. 2008).

Z hlediska druhové skladby, na všech zkoumaných TVP dominuje borovice lesní. Dále se vtroušeně v úrovni a podúrovni vyskytuje smrk ztepilý, bříza bělokorá a dub letní a zimní. Dle práce Vacka et al. (2018) je toto zastoupení takřka shodné s výsledky, které byly vyhodnoceny na jiných borových stanovištích. V této diplomové práci byla šetřena také biodiverzita porostů, a to celou řadou různých indexů. Na základě jejich kompletního vyhodnocení lze usuzovat výraznou variabilitu jak mezi jednotlivými TVP, tak rovněž z hlediska času. Zjištěné výsledky jsou obdobné s prací Gao et al. (2014), která uvádí, že dospělé porosty s více etážovou strukturou mívají větší druhovou rozmanitost, především v situacích, kdy se jedná o lesy smíšené, které mají narušený zápoj. Práce Gao et al. (2014) také prezentuje nízkou druhovou rozmanitost u mladých jednovrstevných porostů, jež jsou jehličnaté nebo mají uzavřený zápoj. K podobnému závěr také došel Gallo et al. (2020), který navíc prezentuje výrazný vliv hospodaření na diverzitu a strukturu borových porostů v ČR a ve Španělsku. Práce Barbier et al. (2008) či Chávez, MacDonald (2012), které se také zabývaly biodiverzitou, připisují druhovou rozmanitost za výsledek kombinovaných účinků mnoha faktorů, mezi které patří zejména vliv zápoje, věku a druhového složení porostů. Druhová rozmanitost se může měnit i během vývoje jednotlivých porostů. Přeměna druhové

skladby pak velice úzce souvisí s rozdíly ve světelných podmínkách v porostu, vývojových stádiích a porostním dřevinném složení (Smith et al. 2008; Coote et al. 2013). Větší variability dosahuje v listnatých lesích (Alexander et al. 2006). Velice významný vliv na biodiverzitu porostů má způsob lesního hospodaření (Zobel et al. 1993).

Velice důležitou složkou při obnově borových porostů je přirozená obnova (González-Martínez, Bravo 2001; Aleksandrowicz-Trzcińska et al. 2018; Bílek et al. 2018). Na základě získaných výsledků můžeme konstatovat poměrně značný výškový nárůst jedinců přirozené obnovy. Na počátku sledování byly počty jedinců relativně nízké, i když byly úměrné růstové fázi či vývojovému stadiu porostu a zápoji porostu. Do r. 2015 pak došlo k poměrně značnému nárůstu počtu jedinců přirozené obnovy. Při měření v roce 2018 došlo na TVP (2-4) ke značnému poklesu počtů jedinců. Tento pokles byl způsoben výškovým odrůstáním jedinců, kteří v roce 2015 spadali výškou do náletu a v roce 2018 už nikoli. Při srovnání těchto výsledků s prací (Martín-Alcón et al. 2015) ovšem dostáváme opačný trend, neboť tato práce naznačuje snižující se počet jedinců. Práce (Martín-Alcón et al. 2015) snižující se počet jedinců v přirozené obnově zdůvodňuje zhoršenou dostupností světla v porostech. Další práce pak uvádějí negativní vliv konkurence bylinné vegetace (Lucas-Borja et al. 2011; Prévosto et al. 2012). Zásadní vliv může hrát u přirozené obnovy i mikrorelief (stanoviště), jak uvádí (Vacek, et al. 2018). Také změny v hospodaření během několika posledních desetiletí ovlivnily strukturu borových porostů (Montes et al. 2005) a mohly tak ovlivnit i podmínky pro přirozenou obnovu.

Dalším cílem práce bylo vyhodnocení horizontální struktury stromového patra pomocí strukturálních indexů a L-funkcí. Výsledky ukázali, že jedinci stromového patra dle strukturálních indexů, jsou rozmístěni na TVP převážně pravidelně. Velice podobné je to i dle L-funkce. Stromy o rozestupu do 3 – 6 m jsou rozmístěny pravidelně a v ostatních případech náhodně. V průběhu sledovaných let (2005, 2015 a 2020) došlo v horizontální struktuře jen k minimálním změnám. Při porovnání výsledků s jinými pracemi byly zjištěny odlišné hodnoty. Práce Tuten et al. (2015) prezentuje vysoký stupeň agregace do vzdálenosti jedinců <10 m. Podobné výsledky z borových porostů prezentuje práce Sánchez Meador et al. (2011), ve které je uváděno statisticky významné agregované uspořádání jedinců do vzdálenosti menší než 40 m, s vrcholem agregace ve vzdálenosti 6 – 8 m. Jiná práce Lydersen et al. (2013) prezentuje agregovanou strukturu do vzdálenosti až 20 m, přičemž pak dochází k přechodu na náhodné uspořádání.

Přírodní bory jsou velice odolné díky své relativně členité výstavbě s překryvem dvou generací životaschopných jedinců, kteří vytvářejí převážně horní a dolní etáž (Poleno 1990).

Pokud není překročena maximální časová hranice druhové snášenlivosti zástinu borovice, přežijí právě pod touto clonou autoredukci nejodolnější jedinci (Mikeska et al. 2008). K vysloveně morfologicky nekvalitnímu vývoji dochází jen v extrémně dlouho cloněných porostech (Mikeska et al. 2008).

7 Závěr

Přírodě blízké hospodaření v hospodářských lesích je v současnosti velmi aktuálním tématem, ať už z důvodu zvyšující se poptávky společnosti po polyfunkčnosti lesního hospodářství, tak s ohledem na probíhající klimatickou změnu a extrémní výkyvy počasí (dlouhodobé periody sucha, oteplování, nerovnoměrný úhrn srážek, vichřice atd.). Racionálním využitím přírodních procesů v lesních porostech a jejich přirozené dynamiky tak lze dosáhnout jak stanovených hospodářských cílů, tak právě kompromisu mezi těmito cíli a ekologickou podstatou hospodaření s přírodními zdroji. Z hlediska managementu je žádoucí výchovnými zásahy vytvářet porosty směřující k bohaté struktuře, které jsou pak více odolné vůči nepříznivým vlivům abiotických faktorů. V borových porostech je také důležité v co největší možné míře podporovat ostatní přimíšené druhy pro zvýšení produkčního potenciálu porostu a jeho resistenci v kontextu dlouhodobé trvalosti a udržitelnosti produkce.

Výsledky této práce mohou přispět ke zlepšení informovanosti lesnické, ale také laické komunity v rámci chápání procesů v přirozených borových porostech ČR, respektive střední Evropy. Závěry diplomové práce mohou rovněž napomoci konkrétním lesním hospodářům v rozvoji procesů pěstování přírodě blízkých porostů tak, aby zvýšili jejich heterogenitu a stabilitu. Navíc z výsledků vyplývá, že studované borové porosty mají dostatečný potenciál přirozené obnovy a v případě její využívání lze v mnohých případech ušetřit významnou část ekonomických vkladů.

8 Seznam použité literatury

- ALEKSANDROWICZ-TRZCIŃSKA, M., DROZDOWSKI, S., STUDNICKI, M., ŽYBURA, H. (2018). Effects of site preparation methods on the establishment and natural-regeneration traits of scots pines (*Pinus sylvestris* L.) in northeastern Poland. *Forests*, 9(11): 717.
- BALATKA, B., KALVODA, J., (2006). Geomorphological regionalization of the relief of Bohemia. – Kartografie Praha a.s., 79 p.
- BÍLEK, L., VACEK, S., VACEK, Z., REMEŠ, J., KRÁL, J., BULUŠEK, D., GALO, J., (2016). How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science*, 62: 1: 24-34.
- BÍLEK, L., VACEK, S., VACEK, Z., REMEŠ, J., KRÁL, J., BULUŠEK, D., & GALLO, J. (2016). How close to nature is close-to-nature pine silviculture?. *Journal of Forest Science*, 62(1), 24-34.
- BÍLEK, L., VACEK, Z., VACEK, S., BULUŠEK, D., LINDA, R., & KRÁL, J. (2018). Are clearcut borders an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration?. *Forest systems*, 27(2), 6.
- BRIFFA K. R., VAN DER SCHRIER G., JONES P.D., (2009). Wet and dry summers in Europe since 1750: evidence of increasing drought. *International Journal of Climatology* 29, 1894–1905.
- BRICHTA, J., BÍLEK, L., ROSTISLAV, L., & VÍTÁMVÁS, J. (2020). Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?. *Lesnický Casopis*, 66(2), 104-115.).
- BULUŠEK, D., VACEK, Z., VACEK, S., KRÁL, J., BÍLEK, L., KRÁLÍČEK, I. (2016). Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. *Journal of Forest Science*, 62(7): 293-305.
- CLARK P. J., EVANS F. C., (1954). Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationship in populations. *Ecology*, 35: 445–453.
- CROOKSTON N. L., STAGE A. R. (1999). Percent canopy cover and stand structure statistics from the Forest Vegetation Simulator. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-24. Ogden, UT. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 11 p.

- ČABART J., (1960). Naučný slovník lesnický. Praha: Státní zemědělské nakladatelství Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství).
- DEMEK, J., MACOVČIN, P. EDS. (2006). Zeměpisný lexikon ČR. Hory a nížiny. Brno: AOPK ČR, 580 s. ISBN 80-86064-99-9
- DUBROVSKY M., SVOBODA M. D., TRNKA M., HAYES, M. J., WILHITE D. A., ZALUD Z., HLAVINKA P., (2009). Application of relative drought indices in assessing climate change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology* 96, 155–171.
- EVROPSKÁ KOMISE. Základní informace - Co je to biodiverzita?. European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache [online]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/biodiversity/index_cs.htm
- FABRIKA M., ĎURSKÝ J., (2005). Stromové růstové simulátory. Zvolen, EFRA, 112.
- FABRIKA, M., PRETZSCH, H., (2011). Analýza a modelovanie lesných ekosystémov. Technická Univerzita, Zvolen.
- FAHEY R. T., PUETMANN K. J., (2008). Patterns in spatial extent of gap influence on understory plant communities. *For. Ecol. Manage.* 255, 2801–2810.
- FISCHER A., FISCHER H. S., (2012). Individual-based analysis of tree establishment and forest stand development within 25 years after wind throw. *European Journal of Forest Research*, 131: 493–501
- FORMAN, J., (2019). Přirozená obnova na přirozených borových stanovištích ve východních Čechách, V Praze. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská. Vedoucí práce prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.
- FRANKLIN J. F., VAN PELT R., (2004). Spatial aspects of structural complexity in old growth forests. *J. Forest.* 102, 22–28.
- FÜLDNER, K., (1995). Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv*, 66, 235–606
- GALLO, J., BÍLEK, L., ŠIMŮNEK, V., ROIG, S., FERNÁNDEZ, J. A. B., (2020). Uneven-aged silviculture of Scots pine in Bohemia and Central Spain: comparison study of stand reaction to transition and long-term selection management. *Journal of Forest Science*, 66(1): 22-35.
- GAO, T., HEDBLUM, M., EMILSSON, T., NIELSEN, A. B., (2014). The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *For. Ecol. Manage.* 330, 82–93.

- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S. C., BRAVO, F., (2001). Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain). *Annals of Forest Science*, 58(3): 277-288.
- HALAJ J., (1987). Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. *Príroda Bratislava*, 361 s.
- HOPKINS B., SKELLAM J. G., (1954). A new method for determining the type of distribution of plant individuals. *Annals of Botany*, 18, 213–227.
- HUI G. Y., ZHAO X. H., ZHAO Z. H., GADOW K. V., (2011). Evaluating tree species diversity based on neighborhood relationships. *Forest Science* 57, 292–300.
- HUSOVÁ, M., MÍCHAL, I., - PETŘÍČEK V., (1999). Péče o chráněná území II. – lesní společenstva, AOPK ČR, Praha, s. 383.
- JAEHNE S., DOHRENBUSCH A., (1997). Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversitat. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 116, 333–345.
- JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P., PRACH K., (2019). Ecological restoration in the Czech Republic II. Prague: Nature Conservation Agency of the Czech Republic,. ISBN 978-80-7620-040-1.
- KARLSSON, M., (2001). Natural regeneration of broadleaved tree species in southern Sweden. Effects of silvicultural treatments and seed dispersal from surrounding stands. Alnarp, Swedish University of Agricultural Sciences: 44 s. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria*, 196.
- KEITT T. H., BJØRNSTAD O. N., DIXON P. M., CITRON-POUSTY S., (2002). Accounting for spatial pattern when modelling organism–environment interaction. *Ecography* 25, 616–625.
- KOBLÍTEK, J., (1990). Fagaceae In: Hejný, S., Slavík, B. (eds): *Květena České republiky* 2. Academia, s21 –35.
- KORPEL, Š., (1989). *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda – Slovenská akadémia vied, . 328 s.
- KUČERA, T., (1999). Reliktní bory, suťové a roklínové lesy. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 1999. 27 s., [4] s. barev. obr. příl. ISBN 80-86064-32-8.
- KUŽELKA, K., MARUŠÁK, R., URBÁNEK, V., (2015). *Dendrometrie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-2600-2.
- MIKESKA, M., (2007). Posouzení lesnicko-typologického vymezení stanovišť borů v severovýchodních Čechách. Praha, 230 s. *Disertace*. Česká zemědělská univerzita v Praze.

- MIKESKA, M., VACEK, S. et al. (2006). Stanovištní poměry, struktura a vývoj modelových porostů borů a borových doubrav na šterkopískových terasách na Třebechovicku. Sborník semináře in Vacek, S. (ed): Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany. Kostelec nad Černými lesy: LDF MZLU Brno a FLE ČZU Praha. 163 s.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ (2020). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky: Report on the state of forests and forestry in the Czech Republic [online]. Praha: v nakladatelství Lesnická práce, 2020. str. 128 ISBN: 978-80-7434-571-5.
- MUCHKA, I., PETŘÍČEK, V., TOMÁŠEK R. (1990). Východní Čechy: historie, krajina, umělecké památky. 1. vyd. Ilustrace Ladislav Neubert. Praha: Panorama, 423 s. ISBN 80-703-8038-1
- NÁROVEC, V., (2000). Dicyklický růst výhonů u borovice a nápravná pěstební opatření v nejmladších kulturách. Vyd. 1. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 31 s. ISBN 80-86386-07-4.
- NICOTRA A. B., CHAZDON R. L., IRIARTE S. V. B., (1999). Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology* 80, 1908–1926.
- PEŘINA V., KADLUS Z., JIRKOVSKY V. (1964). Přirozená obnova lesních porostů. Praha.
- PEŠKOVÁ V., SOUKUP F. KNÍŽEK M. (2016). Biotičtí škodliví činitelé na borovici a sucho. *Lesnická práce*, příloha 96
- PETRÁŠ R., PAJTÍK, J. (1991). Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. *Lesnícky časopis*, 37 (1): 49–56
- PIELOU E. C. (1975). *Ecological diversity*. New York: Wiley, USA, pp. 165.
- PIELOU E. C., (1959). The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations. *Journal of Ecology*, 47: 607–613.
- PLÍVA K., (1971). Typologie lesů – Metodika a pracovní postupy. Manuscript. Depon in: ÚHÚL, Brandýs nad Labem.
- POKORNÝ J., (1990). *Stromy*. Praha: Aventinum,. ISBN 80-7151-147-1.
- POLENO Z., VACEK S. et al. (2007). Pěstování lesů II. : Teoretická východiska pěstování lesů 1. vyd., Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 464 s. ISBN 978-80-87154-09-0
- POLENO Z., VACEK S. et al. (2009). Pěstování lesů III. : Praktické postupy pěstování lesů. 1. vyd., Zlín, Lesnická práce, s.r.o., 2009. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2
- POLENO Z., VACEK S. et al. (2011). Pěstování lesů I. : Ekologické základy pěstování lesů 2. vyd., Zlín, Lesnická práce, s.r.o., 2011. 951 s. ISBN 978-80-87154-99-1

- POMMERENING A., (2002). Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75, 305–324.
- PRETZSCH H., (2006). Wissen nutzbar machen für das Management von Waldökosystemen. *Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald* 61, 1158–1159.
- PRETZSCH H., STECKEL M., HEYM M., BIBER P., AMMER C., EHBRECHT M. et al. (2019). Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 139: 349–367.
- PUETTMANN K. J., COATES K. D., MESSIER C. C., (2008). *A Critique of Silviculture: Managing for Complexity*. Island Press.
- QUITT E., (1976). Klimatické oblasti Československa. *Stud. Geogr., Brno*, 16. 1–73.
- REINEKE L. H., (1933). Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46 (7): 627–638.
- RIPLEY B. D., (1981). *Spatial statistics*. 1st Ed. New York, John Wiley & Sons, 252 p
- SHANNON C. E., (1948). A mathematical theory of communications. *Bell System Technical Journal* 27, 379–423.
- SCHWARZ, O. (1997). *Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš*. Správa KRNAP, 1997, 174 s
- SVOBODA P., (1953). *Lesní dřeviny a jejich porosty I. díl*. Praha, SZN, 411 s.
- ŠIMŮNEK, V., VACEK, Z., VACEK, S., (2020). Solar Cycles in Salvage Logging: National Data from the Czech Republic Confirm Significant Correlation. *Forests*, 11(9), 973.
- TOTH, D., MAITAH, M., MAITAH, K., JAROLÍNOVÁ, V., (2020). The impacts of calamity logging on the development of spruce wood prices in czech forestry. *Forests*, 11(3): 283.
- TUTEN M. C., SÁNCHEZ MEADOR, A., FULÉ, P. Z., (2015). Ecological restoration and fine-scale forest structure regulativ in southwestern ponderosa pine forests. *Ecol. Manage.* 348, 57–67.
- ULBRICHOVÁ I., PODRÁZSKÝ V., (2000). Přirozené zmlazení lesních porostů v NP Šumava. In: *Monitoring, výzkum a management ekosystémů Národního parku Šumava. /Sborník referátů z konference 1. a 2. 12. 1999/*. - ČZU v Praze, Kostelec nad Černými lesy, pp

- ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P., TICHÁ S., KOBLÍTEK J., (2009). Dřeviny České republiky. 2. přeprac. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 367 s. ISBN 978-80-87154-62-5.
- VACEK S., LOKVENC T., SOUČEK, J. (1995). Přírozená obnova lesních porostů. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. MZe ČR, Praha, 20, 46 s.
- VACEK S., MOUCHA P. et al. (2012). Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR. 1. vyd., Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2012. 896 s. ISBN 978-80-7212-588-3
- VACEK S., REMEŠ J. et al. (2018). Pěstování lesů, Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. ISBN 978-80-213-2891-4.
- VACEK S., VACEK Z., BÍLEK L., SIMON J., REMEŠ J., HŮNOVÁ I., KRÁL J., PUTALOVÁ T., MIKESKA M., (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica* vol. 50 no. 4 article id 1564. 21 p.
- VACEK S., VACEK Z., BÍLEK L., SIMON J., REMEŠ J., HŮNOVÁ I., MIKESKA M., (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva fennica*, 50(4), 1564.
- VACEK Z., BULUŠEK D., VACEK S., HEJCMANOVÁ P., REMEŠ J., BÍLEK L., ŠTEFANČÍK I., (2017). Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134(1), 75-96.
- VACEK, Z., CUKOR, J., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., ROSTISLAV, L., KOVAŘÍK, J., (2018b): Forest biodiversity and production potential of post-mining landscape: opting for afforestation or leaving it to spontaneous development?. *Lesnický Casopis*, 64(2): 116-126.
- VACEK, Z., VACEK, S., BÍLEK, L., REMEŠ, J., ŠTEFANÍK, I., (2015). Changes in horizontal structure of natural beech forests on an altitudinal gradient in the Sudetes. *Dendrobiology*, 73: 33-45.
- VACEK, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., BALÁŠ, M., (2020). Lesní ekosystémy a jejich management. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, FLD, 200 s.
- VRŠKA T., (2006). Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice III. - Přírozené lesy Šumavy a Českého lesa /Rezervace Boubínský prales, Rezervace Diana, Milešický prales, Stožec - Medvědice/, Academia Praha, 300
- VYSKOT M., (1958). Pěstění dubu. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 284 s

ZENNER E. K., HIBBS D. E., (2000). A new method for modeling the heterogeneity of forest structure. *Forest Ecology and Management* 129, 75–87.