

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů

**Struktura a vývoj porostů s bukem lesním při
horní hranici jeho rozšíření v západních
Krkonoších**

Diplomová práce

Autor: Bc. Leoš Jebavý

Vedoucí práce: prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

2018

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Leoš Jebavý

Lesní inženýrství

Název práce

Struktura a vývoj porostů s bukem lesním při horní hranici jeho rozšíření v západních Krkonoších.

Název anglicky

Structure and development of beech stands at the upper limits of its expansion in the western Krkonoše Mts.

Cíle práce

Získat poznatky o struktuře a vývoji porostů s dominantním bukem lesním při horní hranici jeho rozšíření v západních Krkonoších.

Metodika

- Rozbor problematiky struktury a vývoje buku lesního při horní hranici jeho rozšíření v Evropě se zaměřením na nejvýše položené porosty acidofilních horských bučin i skupin buku v ekotonu hranice lesa v západních v Krkonoších.
- Charakteristika zájmové oblasti Krkonošského národního parku a zejména pak stanovištních a porostních poměrů lesních porostů acidofilních horských bučin západních Krkonoších.
- Charakteristika 3–4 výzkumných ploch o velikosti 50×50 m v porostech acidofilních horských bučin a skupin buku lesního v ekotonu horní hranice lesa v západních Krkonoších.
- Standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra na TVP
- Aplikace standardních biometrických a matematickostatistických metod.
- Vyhodnocení struktury a vývoje porostů na 3–4 TVP ve vybraných porostech v západních Krkonoších.
- Využití získaných poznatků o struktuře a vývoji porostů s dominantním bukem lesním při horní hranici jeho rozšíření v západních Krkonoších pro tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech.

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 stran textu.

Klíčová slova

struktura a vývoj porostů, buk lesní, acidofilní horské bučiny, horní hranice lesa, západní Krkonoše

Doporučené zdroje informací

- 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.
- 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.
- Vacek S., Hejzman, M. (2012): Natural layering, foliation, fertility and plant species composition of a *Fagus sylvatica* stand above the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, 131:799–810.
- Vacek S., Moucha P. et al. (2012): Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 896 s.
- Vacek S., Nosková I., Bílek L., Vacek Z., Schwarz O. (2010): Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts.. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 541–554.
- Vacek S., Simon J., Remeš, J. et al. (2007): Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2007, 447 s.
- Vacek S., Vacek Z., Bílek L., Nosková I., Schwarz O. (2010): Structure and development of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 518–530.
- Vacek S., Vacek Z., Schwarz O. et al. (2009): Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. *Folia forestalia Bohemica*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., č. 11, 288 s.
- Vacek S., Vacek Z., Schwarz O. et al. (2010): Struktura a vývoj lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 567 s.
- Vacek Z., Vacek S., Bílek L., Remeš J., Štefančík I. (2015): Changes in horizontal structure of natural beech forests on an altitudinal gradient in the Sudetes. *Dendrobiology*, 73: 333–45.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Otakar Schwarz, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2017

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 02. 2018

Čestné prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Struktura a vývoj porostů s bukem lesním při horní hranici jeho rozšíření v západních Krkonoších“ vypracoval samostatně pod vedením Prof. RNDr. Stanislava Vacka, DrSc. a použil pouze prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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

.....

Poděkování

Zvláště chci poděkovat vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Stanislavu Vackovi, DrSc. za čas, který mi věnoval, umožnění vypracování tématu v místě, kde jsem vyrůstal, zahrnutím rad a materiálů. Rovněž děkuji své rodině a přátelům, kteří mi byli oporou a vždy pro mě měli dobrou radu.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá strukturou, vývojem a rozšířením bukových porostů při horní hranici lesa v České republice a klade důraz na západní část Krkonoš. Oblast studie se vyskytuje v Krkonošském národním parku na jihozápadním svahu Zlatého návrší (1411 m n. m.) v počtu čtyř trvalých výzkumných ploch (TVP) o velikosti 50×50 m. Na TVP došlo k provedení metodických postupů pro zhodnocení struktury a vývoje porostů s dominantním bukem lesním (*Fagus sylvatica*).

Z výsledků vyplývá, že struktury porostů se od sebe výrazně odlišují. V rozmezí pouhých 120 výškových metrů dochází k rozdílné průměrné výšce, výčetní tloušťce, kruhové základně, porostní zásobě, běžnému přírůstu a plochy korunových projekcí. Obdobně dochází i k nárůstu parametrů biodiverzity a porostní proměnlivosti.

Klíčová slova: struktura a vývoj porostů, buk lesní, acidofilní horské bučiny, horní hranice lesa, západní Krkonoše.

Abstract

This master thesis is aimed at the structure, development and distribution of beech growth, at the top of forest boundary of Czech Republic. It focusses on the western part of the Krkonoše mountains. The study area is located in the Krkonoše national park on the southwest slope of the Zlaté návrší (1411 m a. s. l.). There are four permanent plots (PP), which measure 50 x 50 m. On PP I implemented methodological procedures for evaluation of the structure and development of growths, with European beech as a dominant species (*Fagus sylvatica*).

The results show differences between individual plots. Within 120 meter altitude, there are variances in average heights, altitude, circular base, stand stock, normal increment, and crown projection area. Similarly, there is enhancement in the parameters of biodiversity and vegetation variability.

Key words: structure and development of forests, European beech, acidophilic beech forests, upper forest boundary, western Krkonoše.

Obsah

1	Obecná charakteristika Krkonoš.....	15
1.1	Historie Krkonoš	16
1.2	Správa KRNAP	19
1.3	Charakteristika Krkonoš.....	21
1.3.1	Lesní vegetační stupně a vegetační stupňovitost	21
1.3.2	Geologické poměry	23
1.3.3	Pedologie.....	24
1.3.4	Specifická poškození porostů v horských oblastech.....	25
1.4	Fytocenóza.....	29
1.5	Zoocenóza	31
2	Obecná charakteristika sledovaného území	33
2.1	Stanovištní poměry trvale výzkumných ploch	33
2.2	Dřeviny zájmového území.....	35
3	Metodika	39
3.1	Charakteristika výzkumných ploch	39
3.2	Standardní biometrická měření na TVP	41
3.3	Zpracování dat.....	43
4	Výsledky	46
4.1	Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 1.	46
4.2	Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 2.	58
4.3	Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 3.	74
4.4	Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 4.	90
5	Diskuze	100
6	Závěr.....	103
8	Literatura.....	104

Seznam tabulek

Tab. 1: Údaje lesních veg. stupňů (data Haniš <i>et al.</i> 1982; Průša 1990).....	21
Tab. 2: GPS souřadnice jednotlivých TVP 1-4.....	33
Tab. 3: Přehled základních údajů o trvalých výzkumných plochách 1-4.....	34
Tab. 4: Stupně defoliace a jejich charakteristika.....	42
Tab. 5: Kritéria indexů horizontální struktury.....	43
Tab. 6: Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.....	45
Tab. 7: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 1 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	49
Tab. 8: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 1 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	49
Tab. 9: Tabulka 9: Vývoj zápoje a denzit bukového porostu na TVP 1 po 10 letech.....	49
Tab. 10: Indexy popisující horizontální strukturu bukového porostu.....	50
Tab. 11: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 2 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	65
Tab. 12: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 2 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	65
Tab. 13: Vývoj zápoje a denzit bukového porostu na TVP 2 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	65
Tab. 14: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 2.....	66
Tab. 15: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	81
Tab. 16: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	81
Tab. 17: Vývoj zápoje a denzit bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	81
Tab. 18: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 3.....	82

Tab. 19: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	92
Tab. 20: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	92
Tab. 21: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).....	92
Tab. 22: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 4.....	93

Seznam obrázků

Obr. 1: Změna druhové skladby na 100 % zastoupení smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>).....	17
Obr. 2: Lesní vegetační stupně v Krkonoších (data (Haniš <i>et al.</i> 1982).....	21
Obr. 3: Výškové vegetační stupně v Krkonoších (Štursa & Dvořák 2009).....	22
Obr. 4: Geologická mapa Krkonoš (Chaloupský 1989) převzato, pro zřehlednění upraveno).....	23
Obr. 5: Pedologická mapa Krkonoš (obr. převzat z Vacek <i>et al.</i> 2012, data ČHMÚ Praha, pro zřehlednění upraveno).....	24
Obr. 6: Působení těžkého sněhu.....	25
Obr. 7: Vznik námrazy.....	25
Obr. 8: Vývrat buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i>).....	26
Obr. 9: Vrcholový zlom smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>).....	26
Obr. 10: Průměrné roční koncentrace SO ₂ v ovzduší z Jizerských a Krkonošských stanic (Vacek <i>et al.</i> 2012, data ČHMÚ Praha).....	28
Obr. 11: Mapa potenciální vegetace na území Krkonoš. (Vacek <i>et al.</i> 2012, data Brandýs nad L. a FLD ČZU v Praze).....	30
Obr. 12: Pastva ovcí v horských oblastech.....	32
Obr. 13: Pastva krav v podhorských oblastech.....	32
Obr. 14: : Lokalizace TVP 1-4 v Krkonošském národním parku.....	33
Obr. 15: List buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i>).....	36
Obr. 16: Bukvice buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i>).....	36
Obr. 17: Letorost Smrku ztepilého (<i>Picea abies</i>).....	37
Obr. 18: Lokality TVP 1-4, zobrazení porostu s dominantním bukem lesním v podzimním období (obrázek převzat z Mapy seznam, upraven).....	39
Obr. 19: Rozložení trvalých výzkumných ploch.....	40
Obr. 20: TVP 1 – (pohled na spodní část s přiléhající pěšinou).....	46
Obr. 21: Vizualizace současného stavu porostu na TVP 1 v roce 2016.....	47
Obr. 22: Vizualizace současného stavu porostu na TVP 1 v roce 2066.....	48

Obr. 23: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 1 vyjádřená L-funkcí.....	50
Obr. 24: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 1.....	50
Obr. 25: Horizontální struktura porostu na TVP 1 - Nad Benzínou 1 v roce 2016.....	51
Obr. 26: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.....	53
Obr. 27: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.	53
Obr. 28: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.	54
Obr. 29: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diferenciace bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.	54
Obr. 30: Vývoj hodnot indexu výškové diferenciace bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.	55
Obr. 31: Vývoj hodnot indexu korunové diferenciace bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.....	55
Obr. 32: Vývoj počtu jedinců v ks. ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 1.....	56
Obr. 33: Vývoj zásoby m ³ ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 1.....	56
Obr. 34: Dynamika průměrného olistění (stromů živých a všech)..... a podíl stupňů odlistění stromů buku na TVP 1.	57
Obr. 35: TVP 2 (pohled z levé části).....	58
Obr. 36: TVP 2 (pohled do korunové projekce).....	58
Obr. 37: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2016.....	59
Obr. 38: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2026.....	60
Obr. 39: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2036.....	61
Obr. 40: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2046.....	62
Obr. 41: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2056.....	63
Obr. 42: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2066.....	64

Obr. 43: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 2 vyjádřená L-funkcí.....	66
Obr. 44: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 2.....	66
Obr. 45: Horizontální struktura porostu na TVP 2 - Nad Benzínou 2 v roce 2016.....	68
Obr. 46: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.....	69
Obr. 47: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.....	69
Obr. 48: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.....	70
Obr. 49: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diferenciace bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.....	70
Obr. 50: Vývoj hodnot indexu výškové diferenciace bukového porostu na TVP 2.....	71
Obr. 51: Vývoj hodnot indexu korunové diferenciace bukového porostu na TVP 2.....	71
Obr. 52: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti na TVP 2.....	72
Obr. 53: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti na TVP 2.....	72
Obr. 54: Vývoj počtu jedinců v ks. ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 2.....	73
Obr. 55: Vývoj zásoby m ³ ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 2.....	73
Obr. 56: TVP 3 (pohled z horní části do porostu).....	74
Obr. 57: Vizualizace současného stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2016.....	75
Obr. 58: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2026.....	76
Obr. 59: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2036.....	77
Obr. 60: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2046.....	78
Obr. 61: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2056.....	79
Obr. 62: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2064.....	80

Obr. 63: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 3 vyjádřená L-funkcí.....	82
Obr. 64: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 3.....	82
Obr. 65: Horizontální struktura porostu na TVP 3 - Nad Benzínou 3 v roce 2016.....	84
Obr. 66: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.....	85
Obr. 67: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.....	85
Obr. 68: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.....	86
Obr. 69: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diferenciace bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.....	86
Obr. 70: Vývoj hodnot indexu výškové diferenciace bukového porostu na TVP 3.....	87
Obr. 71: Vývoj hodnot indexu korunové diferenciace bukového porostu na TVP 3.....	87
Obr. 72: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti na TVP 3.....	88
Obr. 73: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti na TVP 3.....	88
Obr. 74: Vývoj počtu jedinců v ks. ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 3.....	89
Obr. 75: Vývoj zásoby m ³ ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 3.....	89
Obr. 76: Klonální růst buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i>) nad horní hranicí lesa v Krkonoších.....	90
Obr. 77: Klonální růst buku lesního (<i>Fagus sylvatica</i>) nad horní hranicí lesa v Krkonoších.....	90
Obr. 78: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 4 v roce 2016.....	91
Obr. 79: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 4 vyjádřená L-funkcí.....	93
Obr. 80: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 4.....	93

Obr. 81: Horizontální struktura stromového patra na TVP 4 Nad Benzínou 3 v roce 2016.....	95
Obr. 82: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.....	96
Obr. 83: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.....	96
Obr. 84: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.....	97
Obr. 85: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diferenciacie bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.....	97
Obr. 86: Vývoj hodnot indexu výškové diferenciacie bukového porostu na TVP 4.....	98
Obr. 87: Vývoj hodnot indexu korunové diferenciacie bukového porostu na TVP 4.....	98
Obr. 88: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti porostu na TVP 4.....	99
Obr. 89: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti porostu na TVP 4.....	99
Obr. 90: Vývoj počtu jedinců v ks. ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 4.....	100
Obr. 91: Vývoj zásoby m ³ ha ⁻¹ bukového porostu na TVP 4.....	100
Obr. 92: Dynamika průměrného olistění a podíl stupňů odlistění jedinců buku na TVP 4. Poznámka: v průběhu sledování neodumřeli žádní jedinci buku, z toho důvodu nedochází k změně průměrného olistění všech a živých jedinců.....	101

*V práci jsou použity mé vlastní fotografie, pokud není uveden cizí zdroj.

Úvod

S příchodem člověka do dnešní krajiny České republiky je spjaté rozpínání a rozvoj společnosti (Vacek *et al.* 2007b). To má za následek přímé i nepřímé ovlivňování zoocenózy (Teren 1980; Anděra & Zadražil 1999; Skálová & Krahulec 2013) a fytoocenózy (Vacek *et al.* 2003; Hrabák & Poruba 2005; Zimmermann *et al.* 2015). Rozvoj průmyslu způsoboval stále navyšování vnášeného množství emisí do atmosféry (Kurfürst *et al.* 1991; Poleno 1997) a imisí do naší krajiny (Hruška *et al.* 2001) a hor (Podrázský *et al.* 2010). Z těch byly nejvíce zasaženy Orlických horů, Šumava a především Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše (Vacek *et al.* 2015a). Horské oblasti se vyznačovaly posledními místy (Staněk 1985), kam člověk zamířil až v pozdější době (Jeník 1986), kdy se populace uchylovala k pohraničním oblastem dnešního státu (Vacek *et al.* 2007b). I zde docházelo a dochází k postupnému upravování lesů a půd dle potřeb a zájmu člověka (Skálová & Krahulec 2013). To vše vedlo k odlesňování (Hrabák & Poruba 2005), pozměňování půd (Šály 1978; Fanta & Sevink 1994) a devastaci lesních společenstev do této doby přirozeně vzniklých (Vacek *et al.* 1994). Vše ve střední Evropě eskalovalo do rozsáhlého odumírání porostů (Aas & Riemiller 1997) a již tak oslabené porosty se staly snadným cílem pro hmyzí škůdce (Hruška *et al.* 2005). Nastala doba vědeckých aktivit, směřujících k pochopení přírody a jejich zákonitostí, na které se podílí vědecké instituce i široká veřejnost. Jsou realizovány monitoringy, sběry vzorků a výsledná data slouží pro zachování, nebo zlepšování stavu dochovaných přírodních – autochtonních porostů, ale i následně vzniklých porostů (Korpeľ 1989). V současné době dochází k zlepšování přírodních podmínek (ČHMÚ 2016), ale kroky které byly učiněny, doznívají i nyní (Šály 1978; Chrtek *et al.* 1988; Banfi & Consolino 2001) a nestačí pouze tyto dopady zkoumat, ale především se z nich poučit.

Tato práce se zabývá strukturou a vývojem autochtonních bukových porostů při horní hranici lesa, v zasažené západní části Krkonoš.

1 Obecná charakteristika Krkonoš

1.1 Historie Krkonoš

V prvním tisíciletí našeho letopočtu nedošlo ve vývoji a složení lesů Krkonoš k žádným podstatným změnám. Pohoří tvořily husté, neprostupné, smíšené lesy. Převládajícími dřevinami zde byl buk lesní (*Fagus sylvatica*), jedle bělokora (*Abies alba*) a smrk ztepilý (*Picea abies*) - (Staněk 1985). Příměs doplňovaly javory, jilmy, borovice, břízy, jeřáby, olše, jasany, duby, habry a na hřebenech kleče. Historicky dochované důkazy o lidském osídlení pochází ze 7. století našeho letopočtu. Vzdálenost mezi osídlením a Krkonošemi nedává předpoklad k tomu, že by docházelo k výraznému vlivu působení člověka. Nejspíš zde docházelo k sběru plodů a lovu zvěře. V této oblasti dominovaly lesní porosty (37 482 ha; 89,2 % území současného národního parku), v nejvyšších částech se vyskytovaly kleče a křoviny s plochami bezlesí (4204 ha; 10,0 %) a primární bezlesí (308 ha; 0,8 %) – (Vacek *et al.* 2007b).

Ve 12. století zaujímá zalesnění Čech 80 % (Randuška *et al.* 1986). Následují výrazné změny v druhové, ekotypové a genetické skladbě lesních porostů a půd ve většině oblasti. K ovlivnění docházelo těžbou dřeva určeného pro důlní činnost, sklárny a stavební materiál (Hrabák & Poruba 2005; Vacek *et al.* 2007b; Poleno 1997).

Ve 13. století došlo k odlesňování okrajových částí Krkonoš a následně i celého pohoří. Zachovány byly porosty v nedostupném, nebo méně přístupném terénu. Dochází k rozmachu feudalistické společnosti (Vacek *et al.* 2007b). Započalo odlesňování přidělené půdy, vysušování bažin, klučení pařezů, žďáření a byly zakládány rozsáhlá pole, luky a pastviny (Lokvenc 1978).

V 14. století narůstá kolonizace pohraničních hvozdů a lesy jsou vytlačeny do vyšších, nedostupných partií (Vacek *et al.* 2007b). V 16. a 17. století se z důvodu poptávky po palivovém a stavebním dřevu negativně projevíly značné potřeby dřeva pro doly a hutě v Kutné hoře. Byly odlesněny většiny přístupných lokalit východních a středních Krkonoš (Fanta 2013). K dopravě natěženého dříví se využívalo splavování a na místo určení se dostalo o zhruba 20–30 % materiálu méně. To vypovídá o společnosti tehdejší doby. Těžba a spalování kamenného uhlí započala na našem území v období roku 1720 (Mikeska *et al.* 2000). Lesním

hospodařením došlo k záměně populací, a tím i struktury genofondu dřevin (Červený 2004; Kunca *et al.* 2014). Byly přivlečeny ekotypy kleče, smrku, jedle a listnatých dřevin z geograficky nepůvodních oblastí do Krkonoš (Obr. 1). Současně došlo k zavlečení a introdukci zcela nových druhů (Vacek *et al.* 1998; Vacek *et al.* 2015). Od roku 1748 v Krkonoších dochází k zalesňování za pomoci semen. Využití sadebního materiálu je datováno vrcholem 18. století a jeho větší využívání nastává od poloviny 19. století. Oblast na území současného národního parku převládaly lesy (27 281 ha; 64,9 %), oproti současnému stavu nižšímu zhruba o 15 %. Sekundární bezlesí, jako je například pole, louka a pastvina, zabíralo velikost (11 225 ha; 26,7 %). Kvůli snižující se horní hranici lesa došlo k rozšíření ploch s klečovou a keřovou vegetací s ploškami primárního bezlesí (3180 ha, 7,6 %). Primární bezlesí zůstalo nezměněno (308 ha; 0,8%) - (Vacek *et al.* 2007b).



Obrázek 1: Změna druhové skladby na 100 % zastoupení smrku ztepilého (*Picea abies*).

V období 60. let 19. století dochází k rozvoji těžkého a chemického průmyslu. Současně narůstá množství uhelných elektráren a s nimi je spjat nárůst škodlivin a koncentrace škodlivých látek v ovzduší. (Kurfürst *et al.* 1991). V krajině dominovaly lesy (26 959 ha; 64,1 %). Z důvodu imisně ekologické zátěže došlo k snížení množství lesů a narostlo množství imisních holin (5777 ha; 12,6 %). Významnou plochu zaujalo sekundární bezlesí (5332 ha; 12,6 %), u klečových a křovinných společenstev s malými ploškami primárního bezlesí (3618 ha; 8,6 %). Hodnota primárního bezlesí byla nezměněna (308 ha; 0,8 %) – (Vacek *et al.* 2007b).

Od poloviny 70. let 20. století došlo k navýšení škod na lesních porostech a k velkoplošnému odumírání lesů střední Evropy. Rozsah poškození lesů byl závažnější než předešlé dopady na les těžbou. Charakteristickým se stalo rychlé šíření imisí s jejich kontinentálním rozsahem. Mezi nejvíce zasaženými oblastmi byly horské polohy (Aas & Riemiller 1997; Vacek *et al.* 2015).

Vše gradovalo v průběhu 80. a 90. let 20. století (Podrázský *et al.* 2010). V těchto letech došlo na území Krkonoš k odumření 8000 ha smrkových porostů a podíl na této ztrátě způsobil lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) a obaleč modřínový (*Zeraphera diniana*) - (Vacek *et al.* 1994; Schwarz 2013). Z těchto důvodů následně dochází ke vzniku mezinárodních programů a iniciativ, jejichž posláním je monitoring a realizace nápravy stávajícího stavu (Vacek *et al.* 2015a).

Nově vzniklé poimisní porosty 1. věkového stupně mezi lety (1992–2001) zaujímaly plochu 3921 ha. Byly prováděny podsadby pod odumírajícími porosty ve vysokých partiích Krkonoš o rozloze 403 ha, a to především v 8 lesním vegetačním stupni (Vacek *et al.* 2007b). Ke zlepšení stavu nově vznikajících porostů a půd přispělo ožínání, vápnění dolomitickým vápencem a hnojení. Zhruba po uplynutí 6 let došlo k viditelnému zlepšení stavu vznikajících kultur (Vacek *et al.* 1994). Ve stejném období byla část dnešní 1. zóny KRNAP ponechána přírodním procesům a některé oblasti byly podsázeny řízkovanci z autochtonních populací dřevin, které nevykazovaly přirozenou obnovu (Schwarz 2013). Dochází k navýšení použité sadby buku lesního a javoru klenu a zvyšuje se podíl zalesňování bukem lesním i javorem klenem (Mikeska *et al.* 2000). Dochází k zajištění a odrůstání kultur, mlazin a již jen zlomek ploch tvoří doposud nezajištěné kultury. V krajině převažovaly lesy (32 514 ha; 77,4 %), podíl byl navyšován postupným zalesňováním imisních holin o velikosti 5776 ha. Sekundární bezlesí zaujalo (5394 ha; 12,8 %), v kterých dominují louky a pastviny. Plocha s klečí a křovinami s malými plochami primárního bezlesí je obdobná s počátkem 70. let 20. století (3778 ha; 9,0 %). Primární bezlesí zůstalo stejné s předešlými lety (308 ha; 0,8 %) - (Vacek *et al.* 2007b).

V posledních desetiletích vzniklo několik národních a mezinárodních institucí, jejichž posláním je ochrana a zachování původní druhové rozmanitosti.

Tyto instituce vycházejí z politických základů, díky kterým šíří informovanost ve společnosti (Banfi & Consolino 2001). V roce 1963 byl vyhlášen Krkonošský národní park a následují projekty se zaměřující na poznání imisně ekologického zatížení, rekonstrukcí a managementu lesních i lučních ekosystémů. Na zřetel byla vzata i vysoká návštěvnost hor. V současné době se výzkumem zabývají externí vědecké instituce a významným partnerem se stává Správa Krkonošského národního parku (Flousek 2011).

Současný stav lesů České republiky, spolu s okolními státy střední Evropy, vypovídá o důsledcích z historicky neregulovaných těžeb (Poleno 1997), osidlování, zemědělství a pastevectví. Tyto činnosti vedly k vzniku geologických pochodů (Šály 1978), při nichž byla pozměňována druhotná stanoviště a vytvářeny příhodné podmínky pro šíření nepůvodních druhů i společenstev (Chrtek *et al.* 1988) na úkor autochtonní květeny (Banfi & Consolino 2001).

1.2 Správa KRNAP

Přelomem se stalo období mezi roky 1991–1994. V r. 1991 došlo k specifikování nařízení vládou České republiky č. 165/1991, kde se definovalo poslání KRNAPu a zákonem 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny definován význam a účel národních parků. Úkolem KRNAP je ochrana rostlin a živočichů. Uchování a zlepšení přírodního prostředí a především obnova samořídících funkcí přírodních systémů. Současně využívání národního parku je podřízeno ve prospěch zlepšení přírodních poměrů. Prostřednictvím těchto dvou norem došlo k vytvoření předpokladu ke změně lesního managementu. Pro umělou obnovu se používá reprodukční materiál místního původu, v rámci rekonstrukce druhových skladeb se prováděly již od r. 1992 prosadby smrkových kultur založených na poimisních holinách a podsadby lesních porostů chybějícími dřevinami. Ještě jeden velice důležitý faktor posunu k lepšímu je datován od r. 1992. Po dlouhé pauze opět začal plodit smrk, buk i jedle a mohla se využívat přirozená obnova. V r. 1993 byl zahájen aplikovaný lesnický výzkumný program koordinovaný Správou KRNAP, na kterém se podílely české i holandské univerzity a výzkumné ústavy, a teprve od roku 1994 byla výše uvedeným zákonem převedena příslušnost hospodařit s

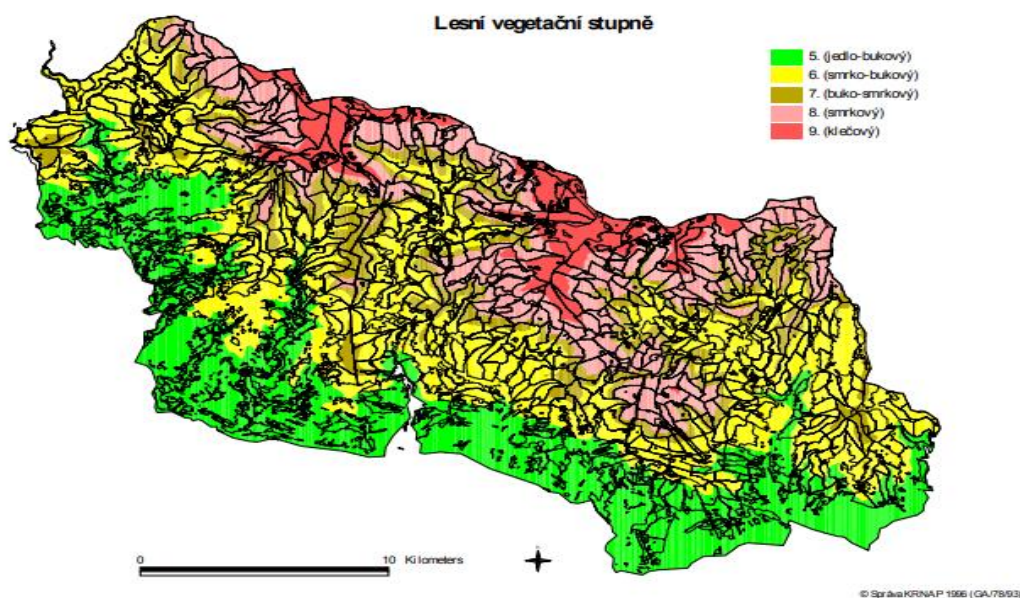
majetkem náležejícím k lesům ve státním vlastnictví na území národního parku a jeho ochranného pásma na Správu KRNAP (Jurásek *et al.* 1992; Schwarz 1992).

V současné době je hlavním cílem v péči o lesní ekosystémy vytváření jádrové oblasti, která je schopná autoregulace při samovolnému vývoji. Současně lze na ostatním území provozovat obhospodařování lesů blízké přírodě, upřednostňující záchranu, obnovu a podporu biodiverzity (Vacek *et al.* 2015a). Hlavním předpokladem se stává úprava druhové, prostorové a věkové skladby a v některých případech také genetické struktury porostů, které byly pozměněny činnostmi člověka. V I. a II. zóně se uchyluje k zásahu jen při nezbytných okolnostech a přednostně je zde snaha o zachování genových zdrojů lesních dřevin (Moucha 1999). V případě zásahů dochází k volbě co nejšetrnějších postupů a využití šetrných technologií jako jsou například (lanovky, kůň, lehké vyvážecí soupravy). Došlo k vyloučení využívání holých sečí na celém území KRNAP a upřednostňuje se výběrný princip a dominuje přirozená obnova. K umělé obnově se uchyluje v případě, kdy je snaha vnést do porostu druhovou rozmanitost. Od roku 2003 se její množství pohybuje v rozpětí desítek ha ročně. V roce 2012 se množství umělé obnovy pohybovalo v 40,45 ha a použilo se při ní zhruba 86 tisíc sazenic, z toho množství bylo použito 28 tisíc sazenic buku lesního (*Fagus sylvatica*) a smrku ztepilého (*Picea abies*), 13 tisíc jedle bělokoré (*Abies alba*), 4,5 tisíce javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*), 4 tisíce jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*), 1,5 tisíce sazenic břízy bělokoré (*Betula pendula*), jilmu horského (*Ulmus glabra*) a lípy srdčité (*Tilia cordata*). Sazenice smrku ztepilého se použily přednostně pro dvojsadby s bukem lesním pro jeho ochranu před okusem zvěří. Vnášení jedinci jsou systematicky umisťování s ohledem na jejich lepší růst a následné možnosti přirozené obnovy. V lokalitách s nejvíce překročenými hodnotami síry a dusíku vnášejí pracovníci pionýrské dřeviny, jako je bříza pýřitá (*Betula pubescens*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Výstupy byly stanoveny minimální výměry lesních ekosystémů se schopností autoregulace. Horské smrčiny v antropogenních podmínkách Krkonoš, které jsou pod výrazným vlivem imisí, vykazují potřebu velikosti areálu s rozměry alespoň 100 ha a při horní hranici lesa až 185 ha. Pro bukové porosty a smíšené je potřeba menších výměr (30-55 ha) - (Vacek *et al.* 2007).

1.3 Charakteristika Krkonoš

1.3.1 Lesní vegetační stupně a vegetační stupňovitost

Na území české strany Krkonoš, se rozkládá 5 lesních vegetačních stupňů (Obr. 2). Jedná se o dubobukový, bukový, jedlobukový, smrkobukový, bukosmrkový, smrkový a klečový (Haniš *et al.* 1982.), jejich charakteristika je uvedena v Tab. 1. Vlivem zvyšující se nadmořské výšky dochází k snižování průměrné teploty (na 100 metrů o 0,6 °C). V nejvyšších partiích území panují tak nepříznivé podmínky, že dochází k přechodu ze smrkových porostů do kosodřevin a následně i k jejich nepřítomnosti (Anděra & Zadražil 1999).

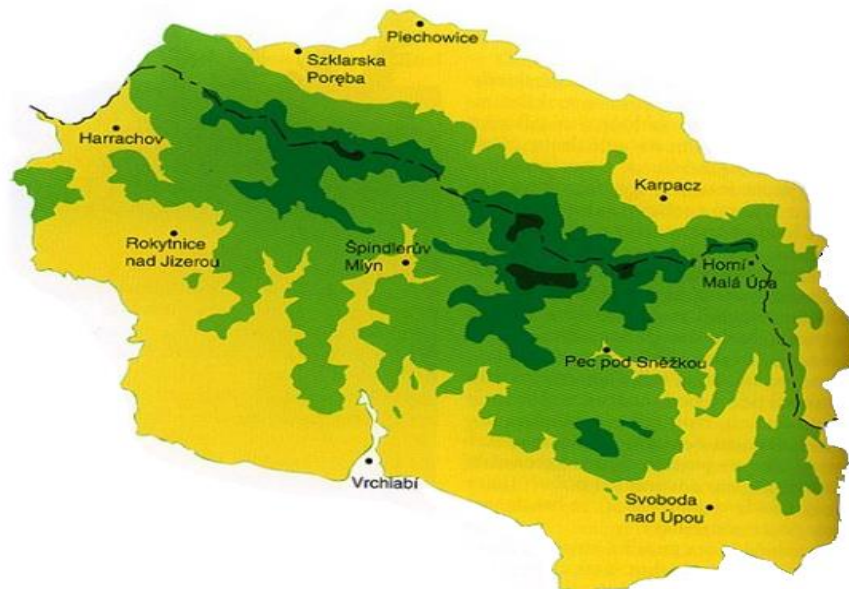
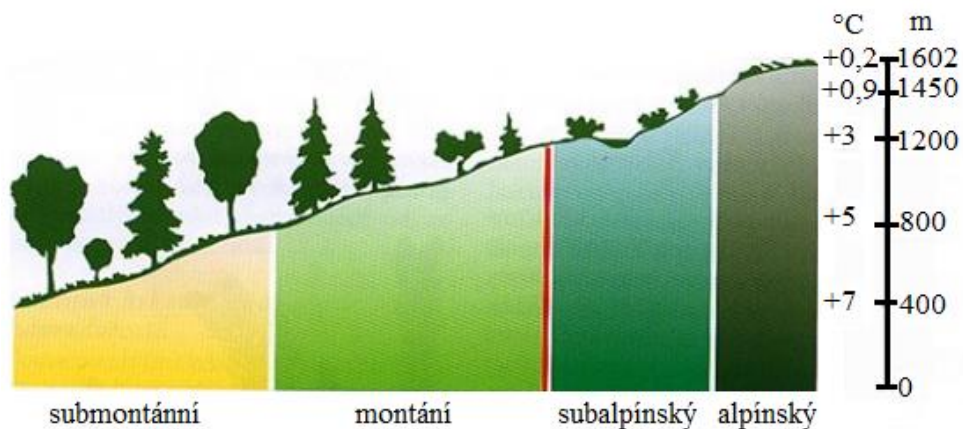


Obrázek 2: Lesní vegetační stupně v Krkonoších (data Haniš *et al.* 1982).

Tabulka 1: Údaje lesních veg. stupňů (data Haniš *et al.* 1982; Průša 1990).

LVS	Název	Nadm. výška	Průměrná roční teplota °C	Roční srážky mm	Délka vegetační doby (+10 °C)	Plocha por. půdy ha	Plocha %
5	Jedlobukový	600 - 700	5,5 - 6,0	700 - 900	130 - 150	4715,59	12,87
6	Smrkobukový	700 - 900	4,5 - 5,5	900 - 1200	100 - 130	14314,8	39,06
7	Bukosmrkový	900 - 1050	4,0 - 4,5	900 - 1200	100 - 130	6444,14	17,58
8	Smrkový	1050 - 1250	2,5 - 4,0	1200 - 1500	60 - 100	8090,08	22,07
9	Klečový	1250 +	< 2,5	> 1500	< 60	3063,86	8,36

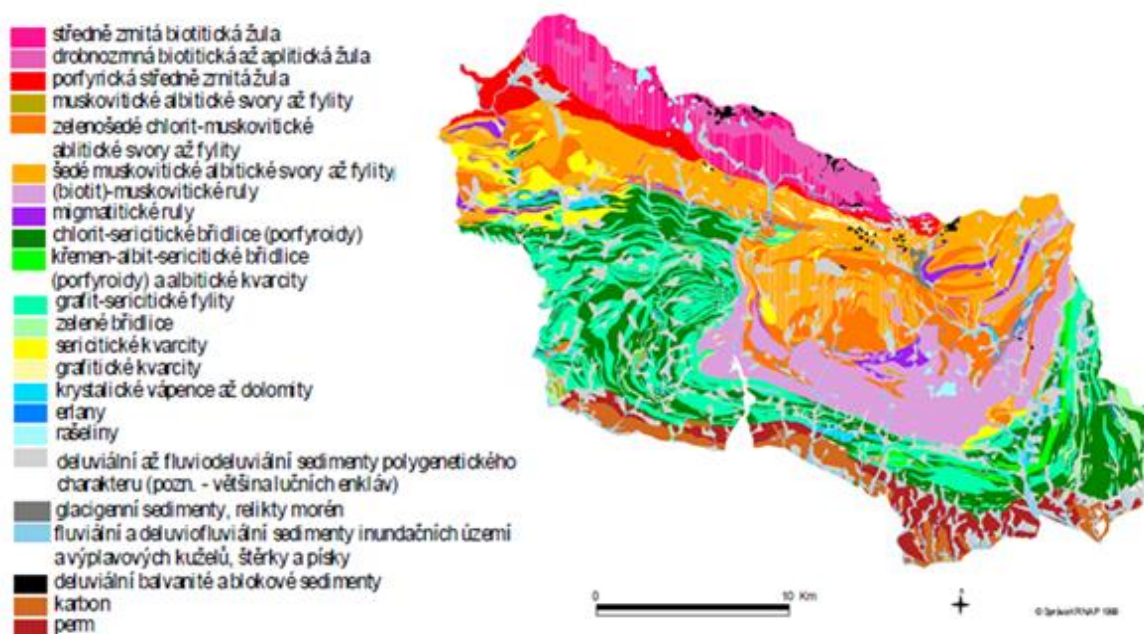
Na území Krkonoš se nacházejí čtyři výškové vegetační stupně (Obr. 3). Jedná se o stupeň submontánní (400 až 800 m n. m.), montánní (800 až 1200 m n. m.), subalpínský (nad 1200 m n. m.) a alpínský (1450 až 1602 m n. m.) - (Vacek *et al.* 2003). S alpínským se lze setkat na vrcholech Sněžky, Studniční hory, Kotlí a dalších (Štursa 1999), Nejvyšší hřebeny Krkonoš připomínají severskou tundru. V minulosti byly vrcholky Krkonoš významnou biogeografickou křižovatkou. Docházelo zde k prolínání přírody severské tundry a alpínských luk. Na Sněžce a Studniční hoře se vyskytují lišejníková tundra, mrazem tříděné půdy Luční hory a alpínské louky nad oblastí Modrého dolu (Kociánová *et al.* 2015).



Obrázek 3: Výškové vegetační stupně v Krkonoších (Štursa & Dvořák 2009).

1.3.2 Geologické poměry

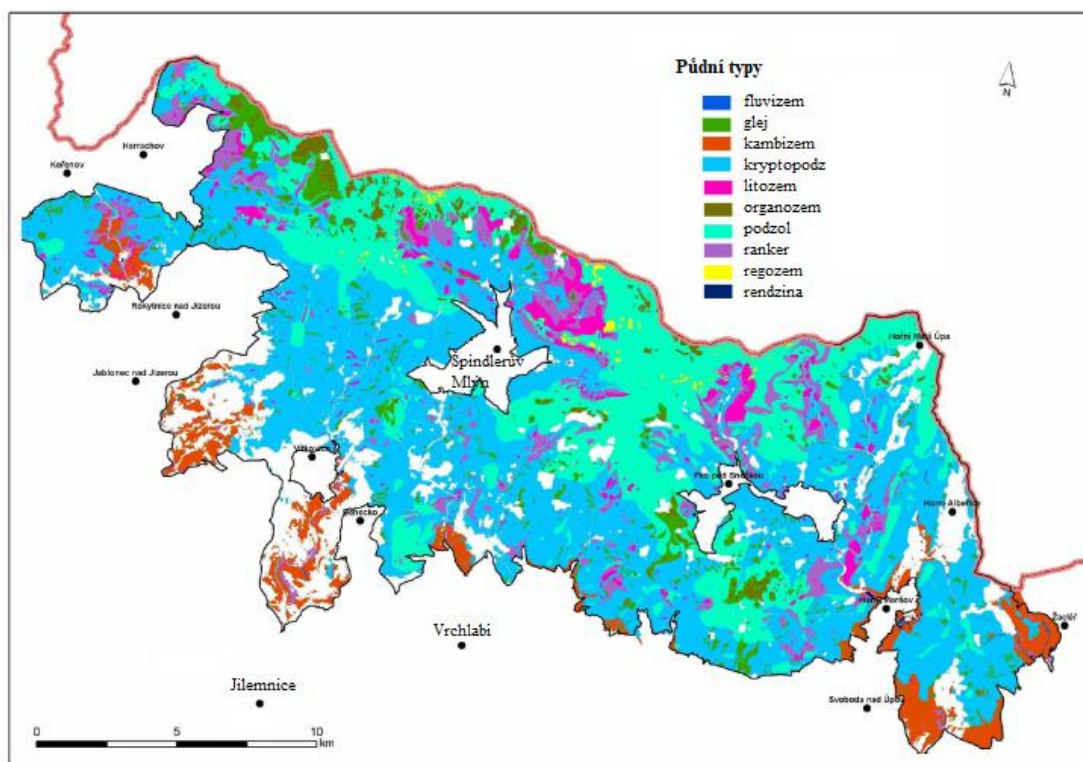
Současný stav Krkonoš vychází z dlouhodobého působení geologických a geomorfologických vývojů. Krkonoše náleží do krkonoško-jizerského krystalinika. Zastoupeny jsou zde především krystalické břidlice o stáří až 1 000 miliónů let (Chaloupský 1983). Krkonošský masiv vystupuje z podkrkonošských permokarbonských sedimentů a jádro je tvořeno žulovým tělesem (Obr. 4). Z důvodu kyselosti podloží, došlo k vytvoření minerálně chudého podloží. Díky zvýšeným srážkám však příznivé. To vedlo k zastoupení hlinitopísčitých, písčitohlinitých, nebo i slabě oglejených půd. Často bývají kamenité až skalnaté a mohou být i organické. To vede k větší propustnosti a zamezuje většímu utváření vodou ovlivněných půd i po zvýšených srážkách (Flousek 2010). V oblasti mezi podhorskými a vysokohorskými oblastmi, vznikla vertikální stupňovitost. To bylo umožněno díky jednoduchému petrografickému poměru a výškovému rozdílu (Tomášek & Zuzka 1983).



Obrázek 4: Geologická mapa Krkonoš (Chaloupský 1989) převzato, pro zřehlednění upraveno)

1.3.3 Pedologie

V Krkonoších se vyvinula rozmanitá výšková půdní stupňovitost, s počátkem od podhorských až po vysokohorské půdy (Obr. 5). Z nízkých partií, kde se vyskytují kambizemě, dochází k přechodu do kryptopodzolů a nejvýše se nacházejí podzoly (Mikeska *et al.* 2005). V tomto rozložení se lze setkat i s ostatními typy půd, ty jsou ale rozprostřeny ostrůvkovitě. Převážně se ale jedná o silně kyselé, na živiny chudé a sorpčně nenasycené půdy (Vacek & Podrázský 1994; Vacek *et al.* 2000). Půdy v extrémních porostních podmínkách s půdotvorným substrátem, jako je např. rašelina, nebo sutě, se vyznačují citlivostí na narušení. Stejnou citlivost projevují i porosty na nich rostoucích (Míchal *et al.* 1992). Půdy Krkonoš jsou ovlivňovány nepříznivými komplexi antropogenních faktorů. V minulosti se jednalo o pastvu a odlesňování 16. a 17. století a v nedávné době dopadu emisně ekologické zátěže mezi 80. a 90. lety (Podrázský *et al.* 2010).

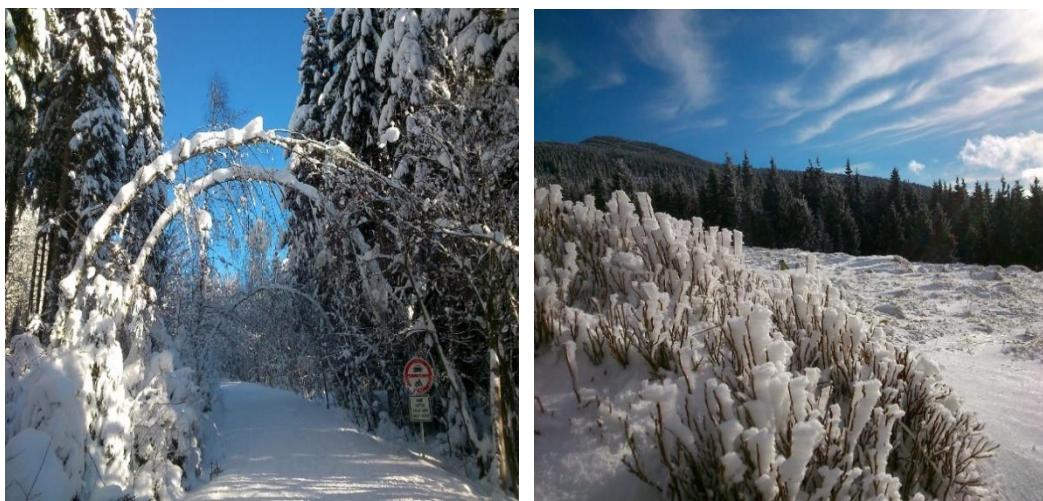


Obrázek 5: Pedologická mapa Krkonoš (obrázek převzat z Vacek *et al.* 2012, data ČHMÚ Praha, pro zpřehlednění upraveno).

1.3.4 Specifická poškození porostů v horských oblastech

1.3.4.1 Škody sněhem a námrazou

Krkonoše patří k nejvyššímu pohoří české republiky se rozkládá v nadmořských výškách od 480 do 1602 m. Průměrná roční teplota vrcholových částí se pohybuje od 0 °C do +1 °C (Štursa 1999). S narůstající nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou narůstá i význam ovlivnění porostů sněhem (Bláha 2008). Hlavním určujícím faktorem mocnosti sněhu se stává vítr. V oblasti Krkonoš dochází k nahromadění pokrývky sněhu přesahující 150 cm (Havel & Štursa 2008) a pokrývka zde přetrvává po dobu 6 měsíců (Štursa 1999). Prostřednictvím sněhu jsou rostliny chráněny před mrazy (Obr. 7) a zásobují půdu vodou v teplejším období (Bláha 2008). Brzké mrazy způsobují především poškození buněk u doposud nevyzrálých, mladých pletiv. Pozdní mrazy působí nepříznivě v době rašení dřevin. U již vyrašených dřevin, je nezbytné tento proces opakovat. Nedochozí k větší újmě podkorních pletiv (Kunca *et al.* 2014). V našich oblastech sníh během zimy opakovaně roztává a zamrzá. Nahromaděná sněhová pokrývka mechanicky ohýbá a láme větve a terminály (Obr. 6). Prostřednictvím toho jsou pletiva rostlin poškozována, oslabována. Z těchto důvodů je mocnost a doba setrvání sněhové pokrývky klíčová pro rostlinná společenstva (Bláha 2008). Organismy, které nesnášejí dlouhodobou sněhovou pokrývku nazýváme chionofóbní, ke kterým patří například (sítiny, mechy, lišejníky a ostřice). Jedince s opačnou strategií nazýváme chionofilní, jako je (mech plotní, plesnivček nízký) - (Havel & Štursa 2008).



Obrázek 6 a 7: Působení těžkého sněhu a vznik námrazy.

1.3.4.2 Škody způsobené větrem

Jeden ze nejvýznamnějších biotických činitelů, který každý rok způsobuje značná poškození porostů. Nejčastěji se jedná o přepadové, rychle proudící větry, které jsou ovlivněny vyrovnáváním tlaku, ale i rozčleněním terénu. Dochází k náporům na koruny i celé jedince a to vede k vývrátům (Obr. 8), nebo zlomům (Obr. 9) v různých částech kmene. Charakteristickým se stávají plošně rozptýlené kalamity (Kunca *et al.* 2014). Proti nim je důležité vytváření smíšených porostů a vyvarování se monokulturám. Význam v obraně proti bořivým větrům poskytuje alespoň přimíšení buku lesního (*Fagus sylvatica*) - (Košulič 2007).

Vliv větru je především v horských oblastech nezanedbatelným parametrem při hospodaření a péči o lesy. K ovlivnění dochází prostřednictvím vysušování a mechanického přenosu zrn a sněhu, prostřednictvím nichž je obrušována rostlina. K této negativní činnosti dochází především na hřebenech, volných planinách a na hranicích lesa. Z těchto důvodů jsou rostliny jako kosodřeviny a zakrslé dřeviny (bříza, jeřáb, olše) různé velikosti, aby byly vyplňovány povrchové nerovnosti a došlo k vytvoření roviny. Pro buky nad horní hranicí lesa je obtížné v těchto podmínkách přežít a můžeme se setkat se změnou růstu a tvaru. Jednou ze změn mohou být i vlajkovité formy korun. Ty lze popsat jako rovně nasazený kmen s ostře zahnutou korunou po směru převládajících větrů. Rovněž jsou známi i zakrslé formy buku lesního (Bláha 2008).



Obrázek 8 a 9: Vývrát buku lesního (*Fagus sylvatica*) a vrcholový zlom smrku ztepilého (*Picea abies*).

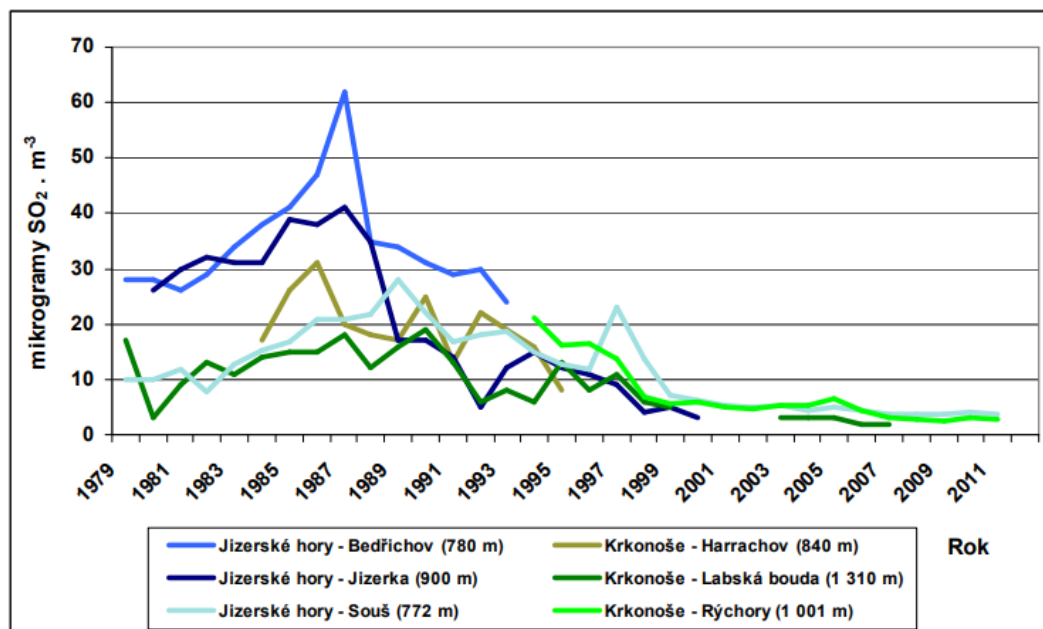
1.3.4.3 Poškození porostů imisemi

Emise neboli znečištění ovzduší, zahrnuje několik různých procesů, při kterých dochází k vnášení znečištěných látek do ovzduší. Pak je označujeme jako imise. Příčinou je původ přírodní, nebo antropogenní (Vacek *et al.* 2015a). Přírodními procesy jsou například sopečná činnost, požáry a za antropogenní považujeme lidskou činnost (ČHMÚ 2016). Ta se na našem území začíná vyskytovat od 13. století (Lokvenc 1978) a navyšování množství je spjata s narůstající populací a jejím rozvojem (Kurfürst *et al.* 1991; Poleno 1997). V důsledku tohoto konání dochází k poškozování lesních porostů (Hrabák & Poruba 2005) a půd imisemi (Hruška *et al.* 2001; Vacek *et al.* 2015). Znečišťování ovzduší je jedním z největších problémů v ochraně životního prostředí současné doby. Prokazatelně při něm dochází k nepříznivému ovlivnění lidského zdraví a vegetace (ČHMÚ 2016).

K největšímu dopadu na vegetaci dochází v polovině 70. let 20. století, které způsobuje rychlé velkoplošné odumírání lesů střední Evropy. Mezi nejvíce zasaženými oblastmi byly horské polohy (Aas & Riemiller 1997; Vacek *et al.* 2015) včetně Krkonoš a jejich vrcholů (Král *et al.* 2015). Ty jsou ovlivňovány již po dlouhou dobu depozicí kyselých sloučenin z atmosféry (kyselé deště) a nutričním dusíkem. Během přechodu mezi 80. a 90. lety dochází ke gradaci (Podrázský *et al.* 2010), ale i k postupné nápravě a to postupným snížením oxidu siřičitého (SO₂) o 80% (Hruška *et al.* 2005). K poškozování smrkových porostů docházelo i následně (Vacek *et al.* 2007b) a to především dlouhodobým vyčerpáváním půd (Šály 1978), kterými je vyplavován především vápník (Ca) a hořčík (Mg). To má za následek snížení pH a uvolňování hliníku (Al), působící toxicky na kořeny rostlin (Vacek *et al.* 2015b). Ani v posledním desetiletí se situace nezlepšila natolik, aby došlo k nápravě situace. Oproti tomu je zvyšována emise dusíku (NO_x). Její oxidací vzniká kyselina sírová (SO₂). Samotný dusík je i důležitou živinou, ale nadbytečná koncentrace vede k poškozování a urychlenému růstu, s kterým je spjatý nedostatečné zásobování vápníkem (Ca) a hořčíkem (Mg). Postižená dřevina trpívá zlomy, usycháním a je snáze napadnuta hmyzími škůdci (Hruška *et al.* 2005) Pozměňováním stanovišť bylo umožněno i vzniku druhotných stanovišť

(Chrtek *et al.* 1988) a šíření nepůvodních druhů rostlin na úkor autochtonní květeny (Banfi & Consolino 2001).

V současné době má většina imisních látek, které znečišťují ovzduší, snižující se tendenci. Nejpatrnějším se stal přelom roku 2000 (Obr. 10). Oproti tomuto zlepšení stále dochází k překračování limitů, jež poškozují lidské zdraví na řadě lokalit např. (Ostrava, Karviná, Frýdek-Místek). Rozsah znečištěného ovzduší je objektivně zjišťována za pomoci vzniklé sítě měřících stanic. Mezi znečišťující látky patří například: oxid siřičitý, oxid uhelnatý, oxidy dusíku, benzen, suspendované částice a jiné (ČHMÚ 2016).

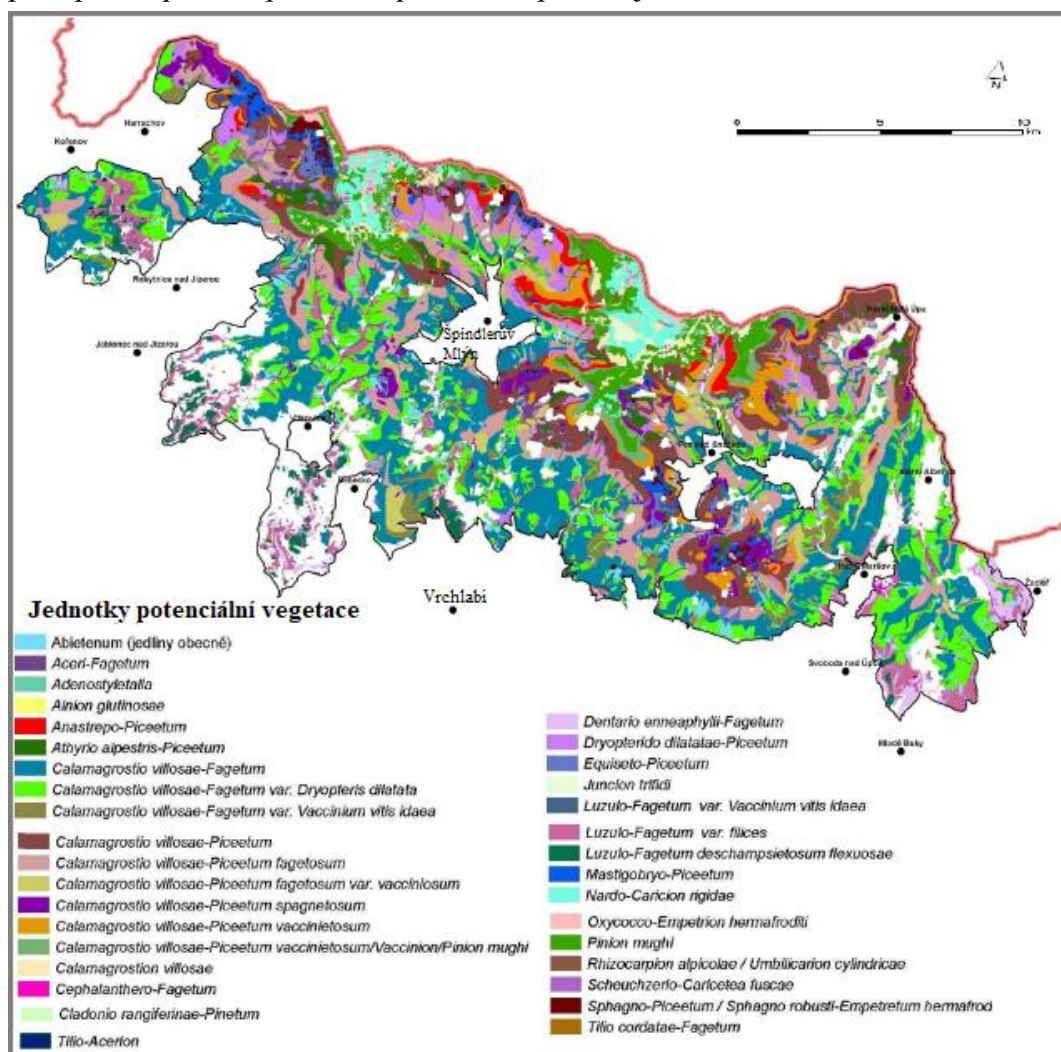


Obr. 10: Průměrné roční koncentrace SO₂ v ovzduší z Jizerských a Krkonošských stanic (obrázek převzat z Vacek *et al.* 2012, data ČHMÚ Praha).

1.4 Fytocenóza

Krkonoše, navzdory své malé rozloze, oplývají neobvykle velkým množstvím vegetace hercynského pohoří. Setkáme se zde s více než 1 250 druhy taxonů cévnatých rostlin. To reprezentuje polovinu původní flóry, vyskytující se na území ČR a mnohonásobně vyšší množství rostlin bez cévnatých (výtrusných). Za pestrostí zdejší vegetace stojí biogeografická poloha (Vacek *et al.* 2003). Zde se prolínala příroda severské tundry a alpínských luk. Na Sněžce a Studniční hoře se vyskytují lišejníková tundra, mrazem třídné půdy Luční hory a alpínské louky nad oblastí Modrého dolu (Kociánová *et al.* 2015). Do dnešní doby se na území Krkonoš dochovala řada reliktních, jako jsou např. ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*) a všivec krkonošský (*Pedicularis sudetica*). Současné i endemity jako: zvonek český (*Campanula bohemika*) a jeřáb sudetský (*Sorbus sudetica*). V minulosti došlo k vykácení porostů submontánního stupně a jeho zalesnění smrkovými porosty. V současnosti se lze setkat s porosty buku lesního (*Fagus sylvatica*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), olší šedou (*Alnus glutinosa*) a dalšími. V submontánním stupni, se dnes vyskytují smrkové porosty, ty jsou přirozené, nebo vzniklé vysazováním (Vacek *et al.* 2007; Vacek *et al.* 2003). Došlo k jejich poškození imisemi (Vacek *et al.* 2015; Podrázský *et al.* 2010) a ze vzniklých holin (Fanta 2013), byly zakládány pastviny, louky (Lokvenc 1978), bohaté na (*Orchideaceae*). S nejcennějšími ekosystémy se lze setkat v subalpínském stupni. Zde se vyskytují klečové porosty, přirozené i druhotné smilkové louky a severská rašeliniště (Vacek *et al.* 2003). Alpínský stupeň se vyskytuje na nejvyšších částech Krkonoš, jako je Sněžka, Studniční hora, Kotel a dalších (Štursa 1999). Zde se lze setkat s cennými bylinnými vegetacemi a mechorosty a lišejníky. Na územích Krkonoš vznikají botanické zahrádky, což jsou závětrná kamenná údolí, s výskytem nejpestřejšího zastoupení flóry ze všech vegetačních stupňů. Ovlivňovány jsou mocností sněhu, prouděním větru, klimatem, horninami, činností drobných živočichů a dalšími procesy. Na okrajích těchto jam se vyskytuje pestrost vysokostébelných a kapradinových niv a dřevin jako je např. bříza karpatská (*Betula capatica*), vrba slezská (*Salix silesiaca*), střemchou skalní (*Padus petraea*) a endemitickým jeřábem sudetským (*Sorbus sudetica*) - (Vacek *et al.* 2003).

Potenciální přirozená vegetace (Obr. 11), je vegetace, která by se na daném území vyvinula, bez zásahu činností člověka a dopadů plynoucí z těchto činností. Současně se bere na zřetel i doposud proběhlé procesy, které způsobili ovlivnění a na postupné zlepšování podmínek při absenci pokračujícího ovlivňování člověkem.



Obrázek 11: Mapa potenciální vegetace na území Krkonoš. (Obr. Vacek *et al.* 2012, data Brandýs nad L. a FLD ČZU v Praze).

Přírodní les s charakterem pralesa je na území Evropy posledním objektem, kde lze proniknout k podstatě probíhajících procesů lesních ekosystémů, bez ovlivnění činností člověka. Studie procesů vývoje a růstu, vede k jednoznačnému posouzení potřeb, rozsahu a intenzity pěstebních opatření v porostech. Současně lze posoudit kvantitativní a kvalitativní změny v jednotlivých časových obdobích. Procesy studie vedou k pochopení složitosti přírodních procesů a jejich vzájemné propojenosti (Korpel 1989).

1.5 Zoocenóza

V počátcích lidstva byl člověk součástí přírody jako kterýkoliv živočišný druh. Toto období lze označit za boj o přežití a následně jako odpoutávání člověka od přírody a jejich přirozených zákonů (Teren 1980).

Před tisíci lety se na našem území vyskytovala pestrá zvířena, pro kterou byly ve většině případů domovem rozsáhlé porosty lesů. Hojně rozšířené zaujímaly losy, medvědi, pratury a zubry. V důsledku rozvíjení společnosti docházelo k devastaci populací a v mnoha případech i k úplnému vyhubení (Skálová & Krahulec 2013). Ke kácení lesů lidskou populací docházelo z důvodu potřeby dříví (Hrabák & Poruba 2005) a odlesněné plochy byly využity pro pastviny (Poleno 1997) a ornou půdu (Vacek *et al.* 2007b). V horských oblastech 18. století došlo k výstavbě zhruba 2 500 bud a ve většině je realizovaný chov krav, vytvářející hlavní zdroj obživy (Skálová & Krahulec 2013). Následnou reakcí na rozsáhlé odlesnění dochází k zalesňování porostů smrkem (Vacek *et al.* 1994) a znovu to vede k pozměnění krajiny (Schwarz 2013) a ovlivnění organismů, kteří zde žili. V dnešní době je brán na zřetel i na osud těchto zvířat. Ta nacházejí nová útočiště v kulturní krajině a mnohdy se uchylují do blízkosti lidských sídel (prase divoké, liška, sýkora, kos, ježek a další (Anděra & Zadražil 1999).

V přirozených lesích je vztah mezi organismy velice napjatý a dochází k neustálé vzájemné interakci a boji o přežití. Celý tento proces a vzájemně se ovlivňující organismy směřují k biologické rovnováze. V důsledku působení člověka dochází k snižování množství ptactva a jejich příznivého potírání hmyzích škůdců. Jednotlivé důvody, ale i jejich kombinace vede k narušení rovnováhy (Hrabák & Poruba 2005) a případnému přemnožení těch, kteří reagují na příznivou situaci jako například: lýkožrout smrkový (*Ips typographus*), lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*) a jiní (Hruška *et al.* 2005). S ohledem na péči o biodiverzitu ekosystému v lesním hospodářství bylo zařazeno více jak 750 botanicky významných lokalit a v nich je součástí i péče o ohrožené živočišné druhy. V případě těžby v porostu je realizace prováděna mimo období hnízdění ptáků a v případě například lejska malého (*Ficedula parva*), dochází k úplnému vyloučení oblasti výskytu. Pro tetřívka obecného (*Tetrao tetrix*) jsou zřizovány

tokaniště a pro sovy a dutinové dravce jsou zřizovány a udržovány budky (Schwarz 1992).

V dnešní době dochází k využívání lovné zvěře, při které člověk vyhubil velké šelmy jako je rys ostrovid (*Lynx lynx*), medvěd hnědý (*Ursus arctos*), vlk obecný (*Canis lupus*) a tak zabránil přirozené regulaci a zdravotnímu výběru. Současnou snahou myslivců je dosažení biologické rovnováhy mezi lesem a zvěří (Teren 1980; Červený 2004). V tomto vztahu na našem území obývá většina naší zvěře, což představuje více než 40 000 druhů. Z tohoto počtu se u více jak 70 % jedná o hmyz. Čím více je živočich spjatý s lesem, tím více se stává součástí lesního společenstva (Hrabák & Poruba 2005). K lesu přiléhající plochy, jako jsou například louky, hrají stejně důležitou roli. Při udržování pastevních ploch se využívá kosení, nebo narůstající počet využívané pastvy skotu (ovce, koně, krávy) – (Obr. 12). Dochází zde k potlačování degradačních stádií (Šály 1978) a výhodou se stává i rozrušování krytu (Obr. 13), při kterém dochází k ujmání semenáčků a přihnojování půdy (Skálová & Krahulec 2013).



Obrázek 12: Pastva ovcí v horských oblastech.



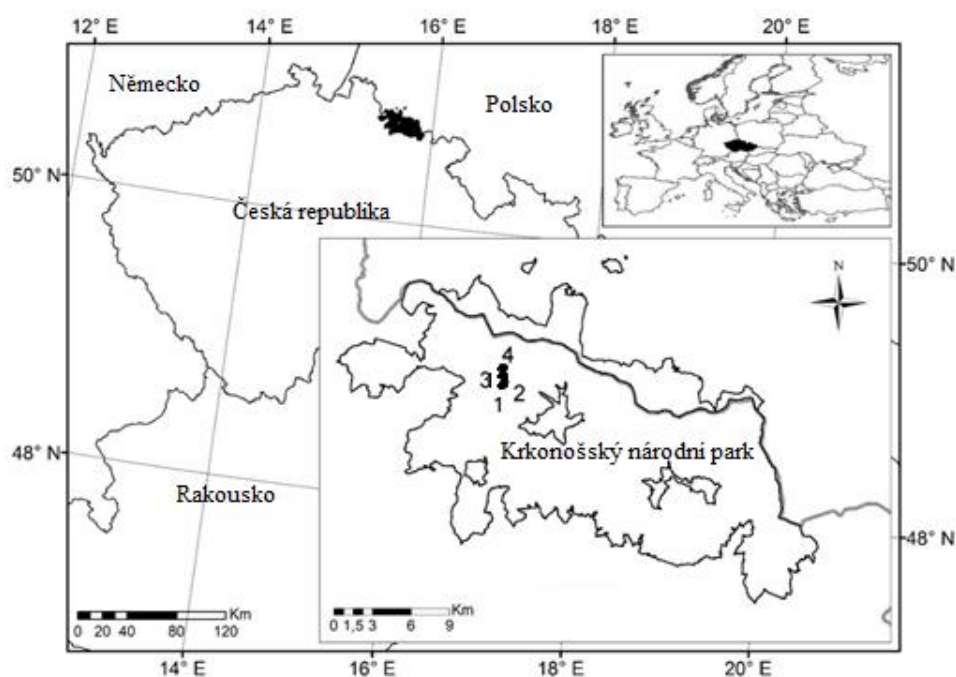
Obrázek 13: Pastva krav v podhorských oblastech.

2 Obecná charakteristika sledovaného území

2.1 Stanovištní poměry trvale výzkumných ploch

Oblastí studie je Krkonošský národní park v České republice. Zájmová lokalita se nachází na jihozápadním svahu Zlatého návrší (1411 m n. m.). Roku 1980 zde byla založena TVP 1 a 4. Pro doplnění výškového gradientu došlo v roce 2015 k založení TVP 2 a 3. Lokalizace je znázorněna v Obr. 14 a poloha v Tab. 2. Jednotlivé základní údaje jsou zaznamenány v Tab. 3. Průběh horní hranice lesa je v pohořích rozdílný.

V Krkonoších, v oblasti Kotelních jam, vznikly bukové porosty, které jsou obklopeny rozsáhlými porosty smrku ztepilého a s přibývajícím výškou dochází k přechodu do porostů borovice kleče (*Pinus mugo*) - (Havel & Štursa 2008).



Obrázek 14: Lokalizace TVP 1-4 v Krkonošském národním parku.

Tabulka 2: GPS souřadnice jednotlivých TVP 1-4.

Nad Benzínou 1	50°44'37"N	15°32'54"E
Nad Benzínou 2	50°44'39"N	15°32'59"E
Nad Benzínou 3	50°44'40"N	15°32'54"E
Nad Benzínou 4	50°44'43"N	15°32'54"E

Tabulka 3: Přehled základních údajů o trvalých výzkumných plochách 1-4.

Označení TVP	Nad Benzinou 1	Nad Benzinou 2	Nad Benzinou 3	Nad Benzinou 4
Zastopené druhy	BK, SM	BK, SM, AP	BK, SM	BK, SM, JP, PM
Nadm. výška.	1190	1230	1270	1310
Počet veg. dnů	87	80	72	60
Průměrná roční teplota. (°C)	5,5	4,5	5	4
Úhrn roč. srážek. (mm)	1300	1300	1350	1350
Geologické podloží	žula	žula	žula	žula
Půda	Kambizem	Kryptopodzol	Kryptopodzol	Kryptopodzol
Expozice terénu	SZ	SZ	SZ	SZ
Sklon terénu (°)	21	21	22	24
Lesní typ	7 K	7 K	7 K	9 K

Vysvětlivky: Druhy: BK – buk lesní (*Fagus sylvatica*), SM – smrk ztepilý (*Picea abies*), JK – javor klen (*Acer pseudoplatanus*), JP – jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), PM – borovice kleč (*Pinus mugo*), typ půdy: 7 K – kyselá buková smrčina (*Fageto-Piceetum acidophilum*), 9 K – klečová smrčina (*Mugheto-Piceetum acidophilum*).

2.2 Dřeviny zájmového území

Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Listnatá dřevina dosahující velikosti až 40 m (Bláha 2008) s krátkým kmenem a širokou, kopulovitou korunou (Banfi & Consolino 2001). Oproti tomu v zápoji se dřevina projevuje úzkou korunou, která je nasazena ve vyšší úrovni a kmen je štíhlý. List je eliptický, vejčitý se zašpičatělou špičkou o velikosti 5–10 cm (Obr. 15) - (Aas & Riemiller 1997). Charakteristickým se stává jeho zbarvení, které může být od žlutého po červené a hnědé (Zieglerová & Bláha 2014). Kůra je stříbřitě šedá a zůstává hladká i do staršího věku. Plody jsou trojhranné nažky, nazývané bukvice (Obr. 16), které byly ve 20. letech využívány jako zdroj potravy pro obyvatelstvo a chov v zemědělství (Russel & Catherine 2007). Kořenový systém je plošný, prorostlý a dosahuje velikosti až 100 m² (Bláha 2008). Současné byly bukvice využity pro produkci oleje i mouky (Spohn 2015). Optimální podmínky nachází na světlých stanovištích i ve stínu, upřednostňuje provlhčené půdy bohaté na živiny (Štursa 2016). Daří se mu i na půdách kyselých, nevápenatých (Aas & Riemiller 1997). Nepříznivými se stávají lokality, v kterých přetrvávají dlouhá období sucha (Gessler *et al.* 2007), nebo s vysokými zimními a pozdními mrazy, v kterých klesá teplota pod -3 °C (Vacek & Hejzman 2012). Za hlavní výskyt lze považovat oceánické části Evropy (Dulamsuren *et al.* 2017) od jižního Švédska po sicilské podhůří a od Velké Británie až po jihovýchodní Rusko (Banfi & Consolino 2001). V oblasti mírného pásu se lze setkat se zhruba deseti druhy. Rozšíření se pohybuje mezi 100 až 900 m. n. m (Bolte *et al.* 2007), v kterých ho lze nalézt mezi pahorkatinami až horskými polohami a v nemalém počtu je zastoupen i v horních hranicích lesa. Další rozšíření skýtá jihovýchodní a severní Amerika, Čína a Japonsko (Štursa 2016). V přirozené vegetaci představuje nejvíce zastoupený druh (Ellenberg & Leuschner 2010), porosty byly mozaikovitě protkány různými dřevinami jako je např. jedle a ostatní listnaté dřeviny (Červený 2004). Významné uplatnění lze nalézt v trvale udržitelném lesním managementu (Barna *et al.* 2015). V Krkonoších se vyskytuje kromě přirozené obnovy generativní i vegetativní (hřížení) - (Vacek *et al.* 2010), které lze nalézt v porostech s nízkou hustotou a výškou (Vacek & Hejzman 2012). Tato strategie je běžná na extrémních lokalitách alpínské (Holtmeier & Broll 2007),

nebo severské tundry (Petr 1997). Větve, které se dotýkají země přirozeným růstem, nebo působením sněhu, jsou stimulovány v produkci náhodných kořenů prostřednictvím vlhkého humusu (Jeník & Vacek 2010, Vacek *et al.* 2012).



Obrázek 15 a 16: List a bukvice buku lesního (*Fagus sylvatica*).

Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*)

Listnatá dřevina o velikosti 15 m s kulovitou korunou. Kůra je hladká, lesklá, šedivé barvy s příčně vedenými lenticelami. V mladém věku dosahuje rychlého růstu, který postupně zpomaluje. Listy jsou střídavé, lichozpeřené o velikosti mezi 10–20 cm. Charakteristickým je i častý společný srůst několika kmenů dohromady (Aas & Riemiller 1997). Jeho rozšíření je v Evropě, západní Sibíři, Malé Asii a prochází napříč všemi výškovými stupni až po horní hranici lesa (Russel & Catherine 2007). Jedná se o nenáročnou dřevinu, která roste i na sušších, nevyživných, podmáčených, kyselých půdách (Štursa 2016), díky čemuž je právem označována za pionýrskou dřevinu. Za nejvhodnější pro růst jsou pro ni svěží, humózní půdy na světlých až polostíných lokalitách. Často bývá vysazována jako okrasná dřevina v parcích a lze se s ní setkat podél cest a v zahradách (Aas & Riemiller 1997; Banfi & Consolino 2001).

Smrk ztepilý (*Picea abies*)

Jehličnatý strom dosahující výšky až 40 m s hnědavou až červenohnědou kůrou a šupinovitou borkou (Banfi & Consolino 2001). Tvar koruny je kuželovitý (Štursa 2016), se změnou ve vysokohorských oblastech, kde se odlišuje štíhlým tvarem. To přispívá k potlačení nepříznivých účinků těžkého sněhu. Šišky jsou hnědé, visuté o velikosti 10–16 cm s nevyčívajícími šupinami a opadávají v celku (Aas & Riemiller 1997). Oblast rozšíření zaujímá většina severní Evropy, kromě Velké Británie, až po velkou část euroasijského kontinentu (Russel & Catherine 2007). Ve střední Evropě se přirozené lesy vyskytují v chladných a vlhkých horských polohách nad 800 m n. m., což představují horské a subalpínské stupně. V Alpách lze výskyt hledat až do 2000 m n. m. (Aas & Riemiller 1997). Smrk byl v minulosti po dlouhý čas pěstován jako monokultura (Červený 2004), především díky svému rychlému růstu (Zieglerová & Bláha 2014), což přispělo k jeho rozšíření i do nižších poloh a k zvýšení jeho zastoupení (Banfi & Consolino 2001; Spohn 2015; Štursa 2016). Charakteristickým pro tuto dřevinu jsou i nízké nároky na živiny a teplotu. Důležitým je větší vlhkost půdy, kvůli mělkému zakořenění a případnému nedostatku vody a usychání (Obr. 17) - (Aas & Riemiller 1997; Spohn 2015). Upřednostňovány jsou svěží až vlhké hluboko hlinité půdy (Aas & Riemiller 1997). Smrkové dřevo je v současné době nejvyužívanějším, jeho uplatnění lze nalézt v mnoha oborech od nábytkářství a stavebnictví (Banfi & Consolino 2001), až po výrobu hudebních nástrojů (Aas & Riemiller 1997).



Obrázek 17: Smrk ztepilý (*Picea abies*).

Javor klen (*Acer pseudoplatanus*)

Listnatá dřevina dosahují velikosti do 35 m s hustou, kulovitou korunou. Listy jsou vstřícné, dlanité o velikosti mezi 10–20 cm (Spohn 2015). Kůra šedivá, hladká a v pozdějším věku se mění v borku šedohnědou, která se v plátech odlupuje (Russel & Catherine 2007). Oblastí rozšíření je pohoří střední, jižní a jihovýchodní Evropy až po Kavkaz. Jeho stanovišti jsou horské bukové stupně smíšených lesů a stinné údolní lesy. V Alpách je jeho výskyt do 1700 m n. m. (Aas & Riemiller 1997). Preferuje svěží, humózní, zásadité a vlhké půdy. Z lokalit upřednostňuje chladné podnebí s dostatečnou vzdušností (Banfi & Consolino 2001). Má zvýšenou citlivost na stálou vlhkost. Setkat se s ním lze podél alejí a v parcích. Nemalé pěstební využití lze nalézt i v lesnictví (Aas & Riemiller 1997).

Borovice kleč (*Pinus mugo*)

Jehličnatý keř o velikosti několika metrů a kuželovitou korunou. Borka je černohnědá až černošedá. Jehlice jsou po dvou o velikosti 3–6 cm, tvrdé, tuhé a tmavozelené. Větve jsou poléhavé (Aas & Riemiller 1997) v zimním období přitisklé sněhem k zemi a obrůstající vegetací (Jeník & Vacek 2010). Disponuje schopností vytvářet adventivní kořeny a utvářet dceřiné kolonie (Štursa 2016), což je schopnost dřevin vyskytujících se v extrémních lokalitách (Holtmeier & Broll 2007; Petrs 1997). Jedná se o hlavní dřevinu subalpínských lesů a křovin, rostoucí nad horní hranicí lesa v karpatských, alpských a sudetských pohoří (Štursa 2016), kde významně ovlivňuje mikroklimatické podmínky (Tremel & Křížek 2006). V sudetských pohořích se dřevina vyskytuje mezi 300–1500 m n. m., v Alpách i v nadmořské výšce nad 2200 m. V nejvyšších partiích našeho území panují tak nepříznivé podmínky, že dochází k přechodu ze smrkových porostů do porostů kosodřeviny a následně i k jejich nepřítomnosti (Anděra & Zadražil 1999). V Krkonoších vytváří rozsáhlé porosty horní hranice lesa. Roste na minerálních, rašelinných půdách. Dobře snáší vysoké pokrývky sněhu (Štursa 2016) a nízké teploty se schopností odolávat i dlouhodobému mrazu (Aas & Riemiller 1997), jež jsou jedním z faktorů, které určují rostlinná společenstva (Bláha 2008).

3 Metodika

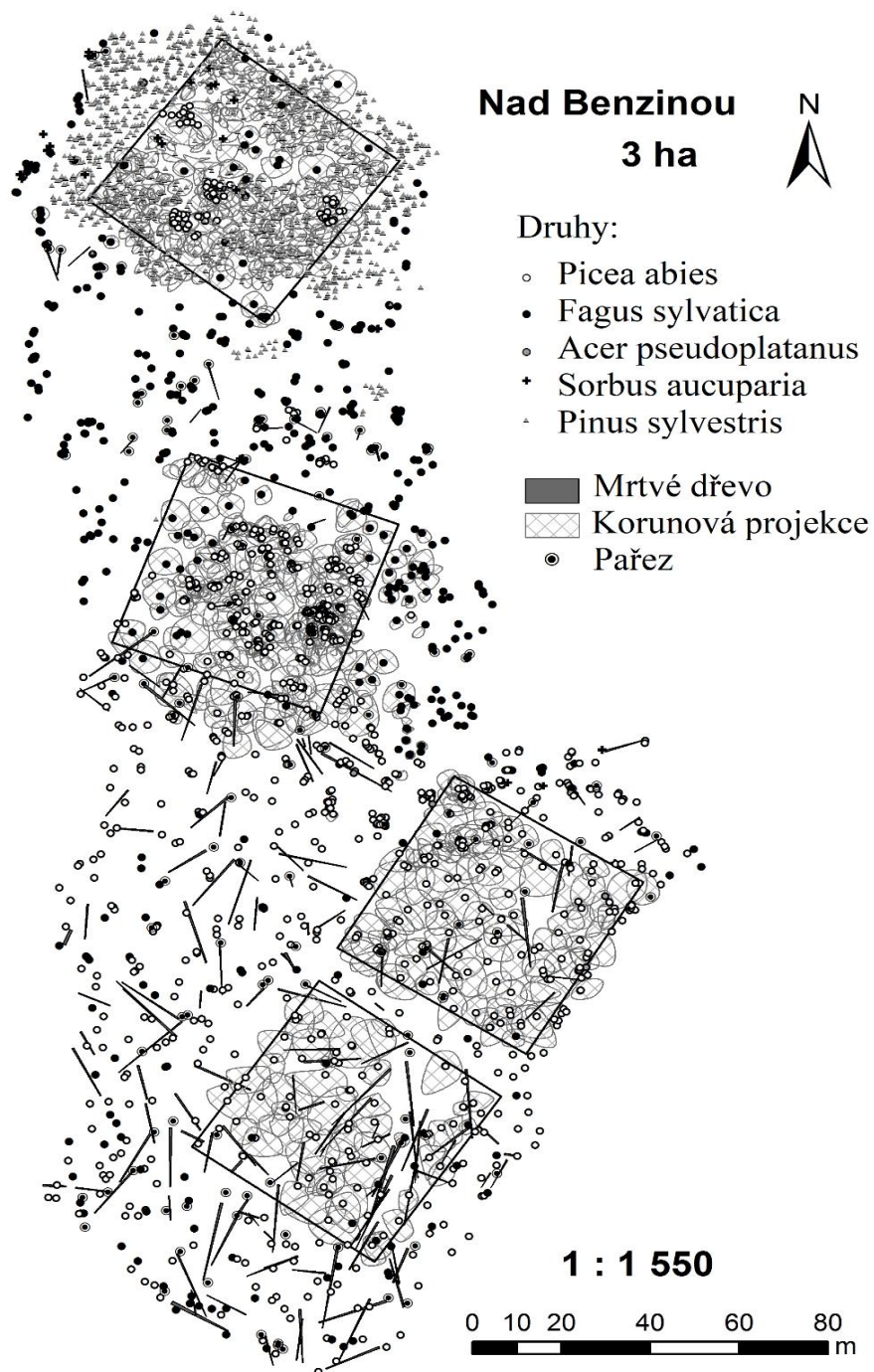
3.1 Charakteristika výzkumných ploch

K měření a odběru vzorků buku lesního (*Fagus sylvatica*) došlo v lokalitě západních Krkonoš, na jihozápadním svahu Zlatého návrší (1411 m n. m.). Část ploch je situována podél přiléhajícího Boudeckého potoka při jeho levém břehu. Vzhledem k délce zde probíhajícího výzkumu, jsou jednotlivé plochy označeny názvy (Nad Benzínou 1–4), a to podle nedaleké chaty Benzína (Obr. 18).

Zájmové oblasti se vyskytují na hranici 7. a 8. lesního vegetačního stupně v rozmezí mezi 1100–1250 m n. m. Výzkumnou oblast tvoří dospělci bukového porostu s několika doupnými stromy. Prosvětlené části zaplňuje značné množství náletu buku lesního, s roztroušenými desítkami smrku ztepilého (*Picea abies*) a příležitostně i jedinci jedle bělokoré (*Abies alba*). Expozice všech lokalit je jihozápadní a velikosti TVP byly stanoveny na 50 × 50 m. Zkoumané jedince lze snadno nalézt a určit díky předešlému očíslování a vyznačení hranic.



Obrázek 18: Lokality TVP 1-4, zobrazení porostu s dominantním bukem lesním v podzimním období (obrázek převzat z Mapy seznam, upraven).



Obrázek 19: Rozložení trvalých výzkumných ploch.

V Obr. 19 je znázorněno rozložení trvalých výzkumných ploch v měřítku 1: 1550 o velikosti 50×50 , což v součtu zaujímá $10\,000\text{ m}^2 = 1\text{ ha}$. Mapa zobrazuje jednotlivé druhy dřevin, mrtvé dřevo a pařezy na ploše o velikosti 3 ha. Současně došlo i k zobrazení korunových projekcí.

3.2 Standardní biometrická měření na TVP

V roce 1980 byly založeny TVP 1 a 2, u kterých byl, pro stanovení porostní struktury, použit teodolit. Po 35 letech, v roce 2015, je využit pro TVP 1–4 technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd.).

Technologií FieldMap byly zaměřeny hranice ploch o velikostech 50×50 m (0,25 ha) a změřeny pozice všech jedinců zájmového území s výčetní tloušťkou > 4 cm. Na těchto plochách současně došlo k zaměření korunové projekce v minimálně 4 směrech na sebe kolmých směrech. Dále byla sledována výčetní tloušťka, nasazení korunové projekce a výška. K měření byly použity kovové průměrky s přesností na 1 mm a výškoměry (Blume Leis a později již Laser Vertex III) s přesností na 0,5 a 0,1 m.

Výčetní tloušťka je měřena v 1,3 m od paty stromu a je vedena kolmo na osu kmene. Pokud je měření realizováno ve svahu, přistupuje se z místa, které je nejvýše položené a kde dochází k průniku kořenových náběhů s půdou.

Výšky jsou stanoveny na základě bodů, které jsou určeny na patě stromu a jeho vrcholu. Je nezbytné dodržet odstupovou vzdálenost, jež zajistí přehlednost sledovaného jedince a vyloučí možné záměny (Kuželka 2014).

Pro odumřelé dříví, s tloušťkou ≥ 7 cm a délkou ≥ 1 m, byla zjištěna pozice, druh dřeviny a v jaké fázi rozkladu se nachází. Pro fáze rozkladu byla stanovena stupnice o škále 6 bodů dle (Spetich *et al.* 2002). V počáteční fázi (bodu 0) je jedinec nenarušen, nebo méně znatelně a se stoupající hodnotou (až po bod 5), je rozpad patrnější.

U přirozené obnovy s rozměry ($h \geq 50$ cm, $dbh < 4$ cm) byla zjištěna pozice, výška a šíře koruny.

Od počátku výzkumu je sledován a zaznamenáván zdravotní stav jednotlivých TVP dle olistění (Vacek 1988). Samotné vyhodnocování vychází ze stupnice popsané v práci (Vacek & Jurásek 1985). Defoliace byla rozlišena do 6 stupňů (Tab. 4), v nichž za nejlepší je považován stupeň 5 (100 %). Za kritéria byla stanovena cenotická postavení a morfologický typ koruny s přesností 5 %. Obdobnou metodu vyhodnocení lze nalézt i mezinárodním projektu ICP-Forests a ICP-Focus (Lorenz 1995).

Tabulka 4: Stupně defoliace a jejich charakteristika.

Stupeň defoliace	Interval defoliace	Interval foliace	Charakteristika stromu
	(%)	(%)	
0	0–10	91–100	odumřelý
1	11–30	71–90	odumírající
2	31–50	51–70	silně poškozený
3	51–70	31–50	středně poškozený
4	71–99	1–30	mírně poškozený
5	100	0	zdravý

Analýza dat

Pro jednotlivé jedince stromového patra byly na jednotlivých TVP zhodnoceny strukturální a růstové parametry, horizontální a vertikální struktura a biodiverzita. Objem stromů byl kalkulovaný podle objemových rovnic publikovaných v práci Petráš & Pajčík (1991).

Dle prostorového rozmístění došlo u stromového patra k výpočtu Hopkins-Skellamova indexu (Hopkins, Skellam 1954), Pielou-Mountfordův index (Pielou 1959, Mountford 1961), Ripleyova L-funkce (Ripley 1981) a Clark-Evansův index (Clark & Evans 1954). Dále z hlediska distribučních indexů, které vycházejí z frekvenci stromů v jednotlivých kvadrátech, byl použit David-Moorův index (David, Moore 1954). Velikost čtverců u TVP byla zvolena na 10×10 m (25 kvadrátů). Pro výpočet těchto charakteristik popisujících horizontální uspořádání jedinců na ploše byl použit program PointPro 2.1. Test významnosti odchylek oproti hodnotám očekávaným pro náhodné uspořádání bodů byl proveden pomocí Monte Carlo simulací. Střední hodnoty L-funkce byly odhadnuty jako aritmetické průměry z L-funkcí spočítaných pro 1999 náhodně vygenerovaných bodových struktur. Příslušné očekávané hodnoty těchto indexů byly spočítány pomocí numerických simulací pro každý jednotlivý případ zvlášť. Kritéria indexů horizontální struktury jsou uvedena v Tab. 5. Ve výsledcích statisticky významné hodnoty (přesahující konfidenční interval) jsou označeny hvězdičkou.

Tabulka 5: Kritéria indexů horizontální struktury.

Index	Náhodnost	Agregace	Pravidelnost
Hopkins–Skellam	$A = 0.5$	$A > 0.5$	$A < 0.5$
Pielou-Mountford	$\alpha = 1$	$\alpha > 1$	$\alpha < 1$
David-Moore	$ICS = 0$	$ICS > 0$	$ICS < 0$
Clark-Evans	$R = 1$	$R < 1$	$R > 1$

V grafických výstupech (Obr. 23, 42, 62 a 78) černá linie zachycuje L-funkci pro reálné vzdálenosti jedinců na jednotlivých TVP, tlustá modrá čára v středním průběhu pro náhodné rozdělení stromků v prostoru a dvě slabé středové křivky prezentují 95% interval spolehlivosti. Když je černá linie rozdělení stromů na TVP pod tímto intervalem, tak nasvědčuje o tendenci k pravidelnému rozmístění jedinců, a v případě že je nad tímto intervalem, dochází k shlukovitosti jedinců. Při studiu horizontální struktury na TVP byla též odvozena hustota porostu, biologický zápoj (suma ploch všech korunových projekcí / celková výměra TVP) a taxační zápoj (horizontální plocha krytá korunami / celková výměra TVP). Situační mapy byly vytvořeny v programu ArcGIS (Copyright 1995–2010 Esri).

3.3 Zpracování dat

Veškerá naměřená dendrochronologická data (dle výsledků TVP 1-4) byla využita pro výpočty porostních ukazatelů. Jednotlivé body zájmu jsou zobrazeny níže:

- h – střední porostní výška (aritmetický průměr ze všech stromů),
- d – zprůměrovaná výčetní tloušťka (kvadratický průměr u všech tlouštěk stromů),
- f – výtvarnice jako poměrné číslo k vyjádření podílu objemu stromu k objemu válce, který má se stromem společnou základnu i výšku,
- V – hektarová zásoba sdruženého porostu jako součet podružného a hlavního porostu za pomoci regresivní rovnice (Petráš & Pajtík 1991).
- v – průměrný objem stromu, který je podílem zásoby a počtu stromů v porostu,

- G – hektarová výčetní kruhová základna, která je součtem kruhových základů všech stromů,
- h:d – štíhlostní kvocient jako poměrné číslo mezi výškou a tloušťkou středního stromu,
- CBP – celkový běžný přírůst který je rozdílem celkové objemové produkce ve dvou periodách,
- CPP – celkový průměrný přírůst, který je podílem celkové objemové produkce porostu a jeho věku,
- COP – celková objemová produkce, která je zásobou hlavního porostu ve věku t zvětšená a sumu všech zásob podružného porostu do věku t .

Pro simulaci a vizualizaci vývoje struktur studovaných porostů byl použit program SIBYLA (Fabrika & Ďurský 2005)

V programu SIBYLA byly predikovány a vypočteny hodnoty pro indexy:

- R – agregační index dle (Clark & Evans 1954), uspořádáno: R = 1 náhodné <1 agregované R > 1 pravidelné
- A – standardizovaný Arten-profil index (Pretzsch 2006) jako relativní míra diverzity, který udává, nakolik se porost přibližuje stavu maximální možné diverzity
- B – index porostní proměnlivosti (Jaehne & Donhrenbusch 1997) jako komplexní míra diverzity porostu (B > 5 = výrazně strukturované porosty)
- TMd – index tloušťkové diferenciacce
- TMh – index výškové diferenciacce
- K – index korunové diferenciacce
- CC – zápoj
- CP – plocha projekce
- SDI – index hustoty porostu. Zmíněný index vychází z poměru očekávaného počtu stromů (Reineke 1933).

Tabulka 6: Přehled indexů popisujících 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 diferenciace	Tloušťková diferenciace	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 diferenciace $TM > 0.7$
	Výšková diferenciace	TM_h (Fi)	FÜLDNER 1995	
Horizontální struktura	Index nenáhodnosti	α (P&Mi)	PIELOU 1959; MOUNTFORD 1961	střední hodnota $\alpha (A) = 1$; shlukovitost $\alpha > 1$; pravidelnost $\alpha < 1$
	Index shluku	A (H&Si)	HOPKINS & SKELLAM 1954	
	Agregační index	R (C&Ei)	CLARK, EVANS 1954	střední hodnota $R = 1$; shlukovitost $R < 1$; pravidelnost $R > 1$
Druhá diverzita	Druhá bohatost	D (Mai)	MARGALEF 1958	minimum $D = 0$, vyšší $D =$ vyšší hodnota
	Druhá heterogenita	H' (Si)	SHANNON 1948	rozpětí 0-1; minimum $H' (\lambda) = 0$, vyšší $H' =$ vyšší hodnota
	Druhá vyrovnanost	E (Pii)	PIELOU 1975	rozpětí 0-1; minimum $E = 0$, vyšší $E =$ vyšší hodnota
Celková diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	JAEHNE & DOHRENBUSCH 1997	monotónní struktura $B < 4$; rovnoměrná struktura $B = 4-6$; nerovnoměrná struktura $B = 6-8$; velmi různorodá struktura $B > 9$

4 Výsledky

4.1 Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 1.

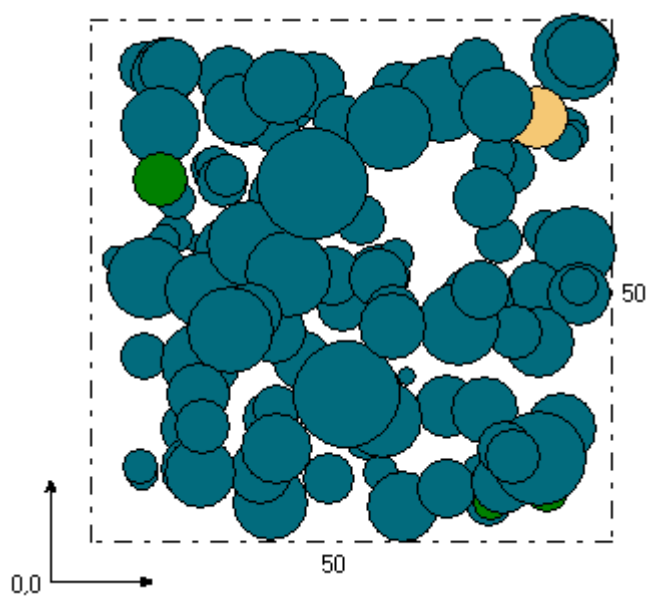
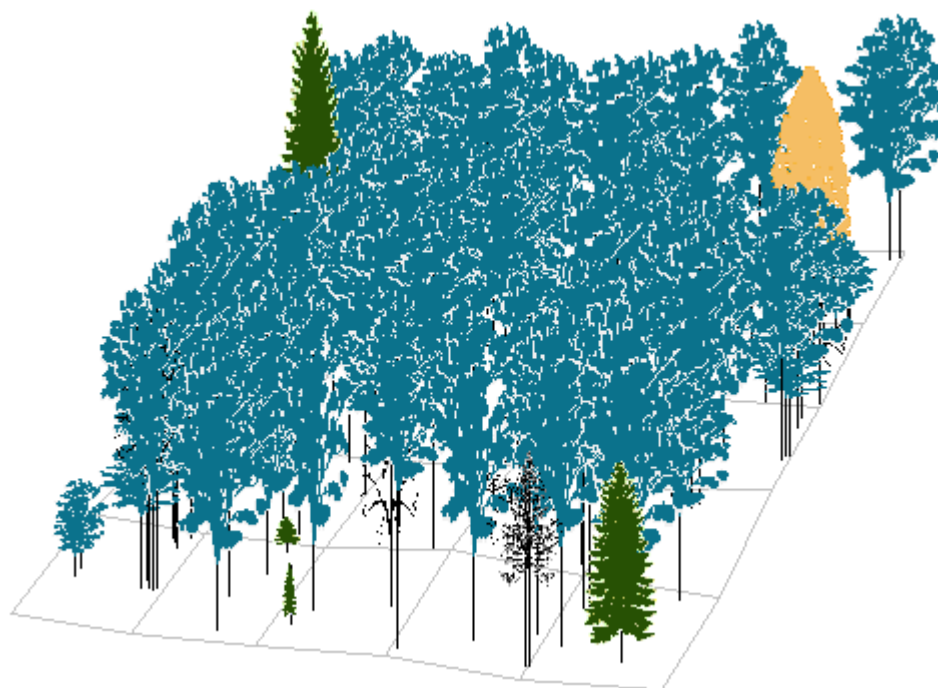
4.1.1 Struktura a vývoj porostu

Trvalá výzkumná plocha **Nad Benzínou 1** (Obr. 20) se nachází v nadmořské výšce 1190 s průměrnou roční teplotou 5,5 °C. Počet vegetačních dnů zde byl stanoven na 87 a úhrn srážek dosahuje 1190 mm. Geologickým podložím je zde žula a půdním typem kambizem. Expozice plochy je severo-západní se sklonem 21°. Souborem lesních typů je 7K - kyselá buková smrčina (*Fageto-Piceetum acidophilum*).

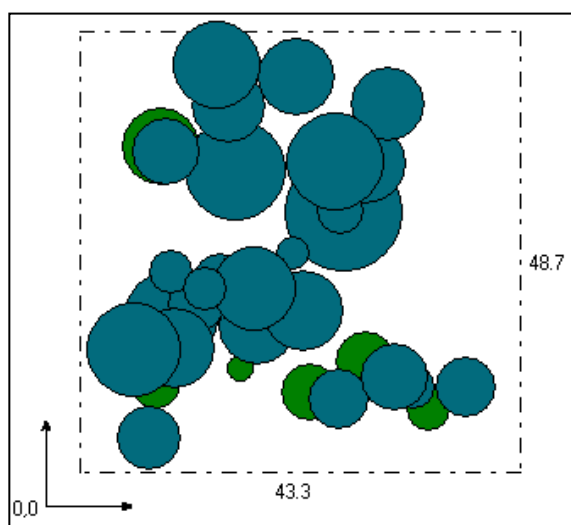
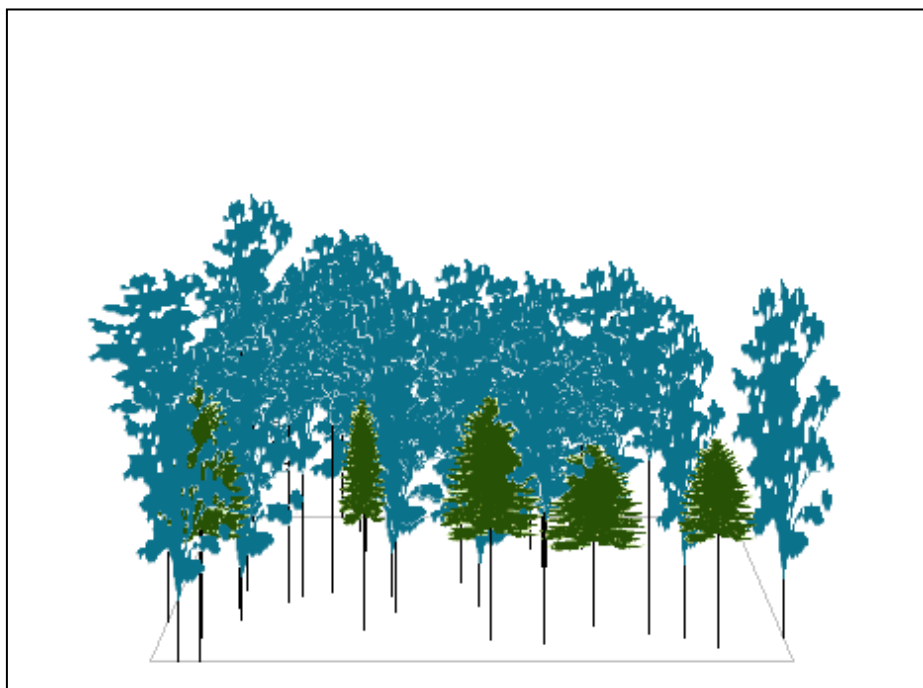
Pro vizualizaci vertikální a horizontální struktury byl vytvořen současný stav porostu (Obr. 21) a z důvodu minimálních změn stav po 50 letech (Obr. 22). Došlo k znázornění predikce růstu (Tab. 7), vývoje strukturálních indexů (Tab. 8), vývoje zápoje a denzit (Tab. 9) a indexů popisující horizontální strukturu (Tab. 10). Současný pohled na horizontální strukturu je znázorněn v Obr. 25. Grafické zobrazení indexů poskytují Obr. 26–33. Dále je znázorněna horizontální struktura horní etáže stromového patra (Obr. 23) a histogram tloušťkových tříd (Obr. 24).



Obrázek 20: TVP 1 – (pohled na spodní část s přiléhající pěšinou)



Obrázek 21: Vizualizace současného stavu porostu na TVP 1 v roce 2016.



Obrázek 22: Vizualizace současného stavu porostu na TVP 1 v roce 2066.

Tabulka 7: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 1 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2016	136	41,5	18,53	0,485	1,216	312	42,2	379	44,7	4,6	2,79	379
2026	146	44,2	21,70	0,486	1,619	248	38,1	402	49,1	4,3	2,91	425
2036	156	45,1	21,88	0,497	1,736	208	33,1	361	48,5	4,0	2,98	465
2046	166	47,2	21,92	0,501	1,920	188	32,9	361	46,4	3,7	3,04	504
2056	176	50,4	21,84	0,505	2,201	152	30,3	335	43,3	3,3	3,06	538
2066	186	51,4	22,03	0,508	2,323	140	29,0	325	42,9	3,0	3,06	569

Vysvětlivky: t – prům. věk porostu; d – prům. výčetní tloušťka (cm); h – stř. porostní výška (m); f – výtvarnice; v – prům. objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celk. běžný přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); CPP – celk. prům. přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); COP – celková objemová produkce (m³.ha⁻¹).

Tabulka 8: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 1 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Indexy							
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)
2016	0,887	0,673	6,977	0,254	0,313	2,573	0,080	0,266
2026	0,929	0,543	5,327	0,224	0,127	1,563	0,057	0,189
2036	0,926	0,464	5,279	0,225	0,134	1,558	0,067	0,223
2046	0,965	0,442	5,252	0,212	0,154	1,564	0,071	0,236
2056	0,923	0,460	5,177	0,241	0,179	1,496	0,081	0,269
2066	0,926	0,456	5,137	0,217	0,183	1,465	0,094	0,312

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

Tabulka 9: Vývoj zápoje a denzit bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou po 10 letech

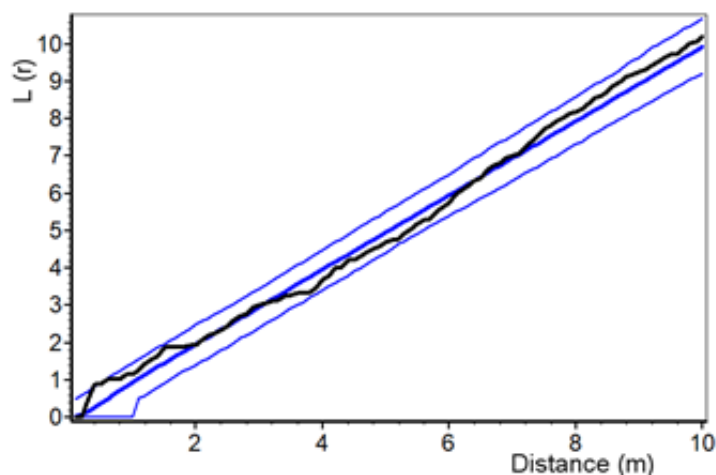
Rok	Denzita			
	CC	CP	SDI	SD
2016	97,1	3,53	0,66	0,85
2026	81,1	1,66	0,58	0,84
2036	77,0	1,47	0,50	0,81
2046	77,5	1,49	0,49	0,75
2056	74,0	1,35	0,44	0,68
2066	71,1	1,24	0,42	0,63

Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

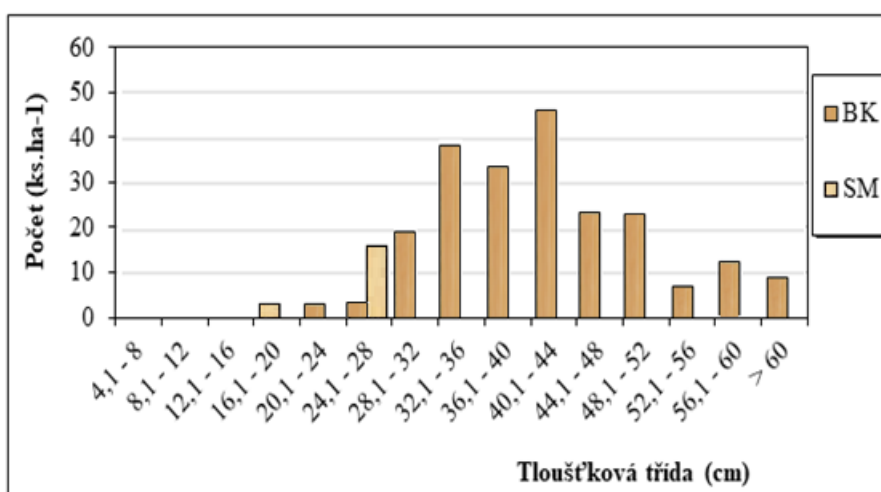
Tabulka 10: Indexy popisující horizontální strukturu bukového porostu na TVP 1.

Index	Zjištěné hodnoty	Oček. hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,764*	0,500	0,486	0,514
Pielou–Mountford	2,610*	1,028	0,988	1,069
David–Moore	0,773*	1,010	0,995	1,027
Clark–Evans	1,705*	-0,002	-0,070	0,072

* statisticky průkazné.



Obr. 23: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 1 vyjádřená L-funkcí.



Obr. 24: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 1.

Pro vyhodnocení byly použity indexy: R – Clark-Evans agregační index, A – Arten-profil index, B – index popisující porostní proměnlivost, TMd – index tloušťkové diferenciaci, TMh – index pro výškovou diferenciaci, K – index pro korunovou diferenciaci. Vývoj pro jednotlivě uvedené indexy je uveden v Tab. 6 a vyobrazen v Obr. 26–33.

R – Clark-Evans agregační index – popisuje horizontální pokryv jedinců na jednotlivých TVP. Uvádí jak jsou jedinci navzájem v kontaktu, shluku. Výsledek je rozlišován jednou hraniční hodnotou: $R < 1$ - shlukovitě uspořádání porostu, $R = 1$ - náhodné uspořádání, $R > 1$ - pravidelné uspořádání). Dle výsledků (Tab. 8) je plocha TVP 1 vyhodnocena jako shlukovitě uspořádaný porost a tento výsledek je v souladu s naším pozorováním (očekávanou hodnotou) a vizualizací za pomoci programu SYBILA.

Arten-profil index - popisuje diverzitu porostu. Vychází z předpokladu, že čím nabyde výsledek vyšší hodnoty, tím je společenstvo rozdílnější a čím nižší tím je i diverzita méně patrná. Z výsledku (Tab. 8) je hodnota na úrovni 0,673. To vypovídá o vysoké rozrůzněnosti stanoviště.

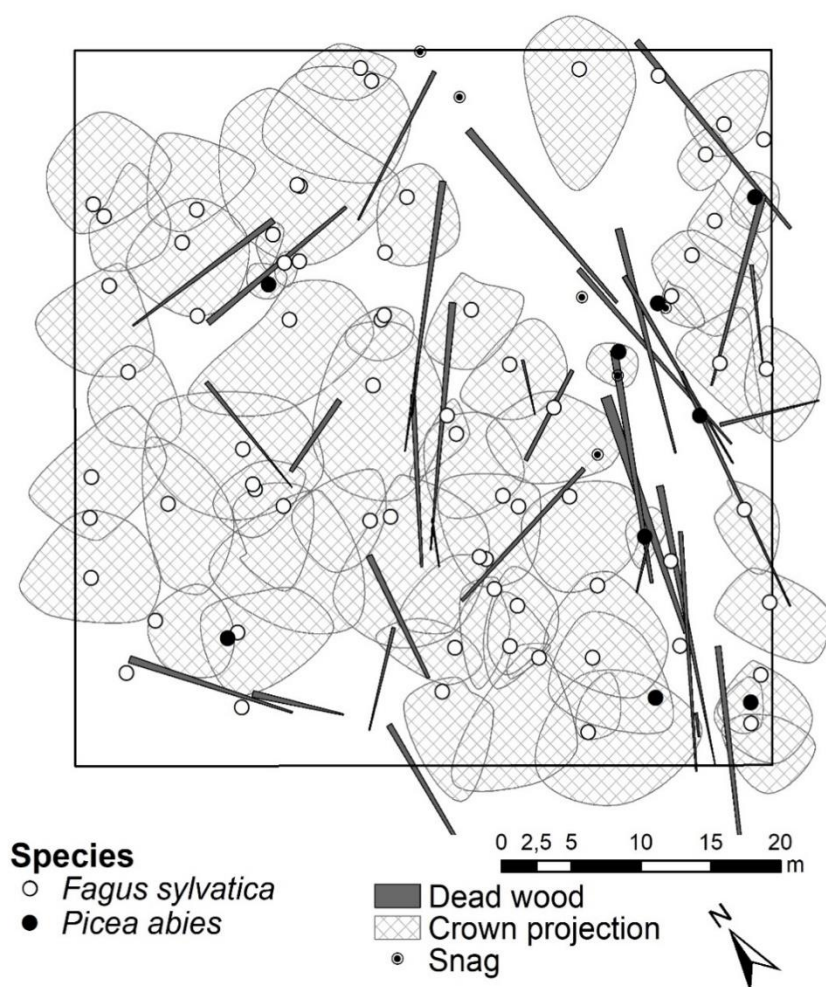
B – index porostní proměnlivosti vychází z 4 faktorů, které společně ovlivňují diverzitu porostu. Jedná se o dřevinné složení, prostorové uspořádání, vertikální strukturu a korunovou diferenciaci. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím vyšší je rozmanitost porostní skladby. Z výsledků (Tab. 8) vyplývá hodnota 6,977, která značně překračuje hodnotu 5. To nasvědčuje o velmi různorodé struktuře.

TMd – index tloušťkové diferenciaci se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o velmi silnou tloušťkovou diferenciaci. Výsledek z plochy (Tab. 8) se pohybuje na hodnotě 0,254 a z toho lze vyvodit, že se již jedná o střední tloušťkovou diferenciaci.

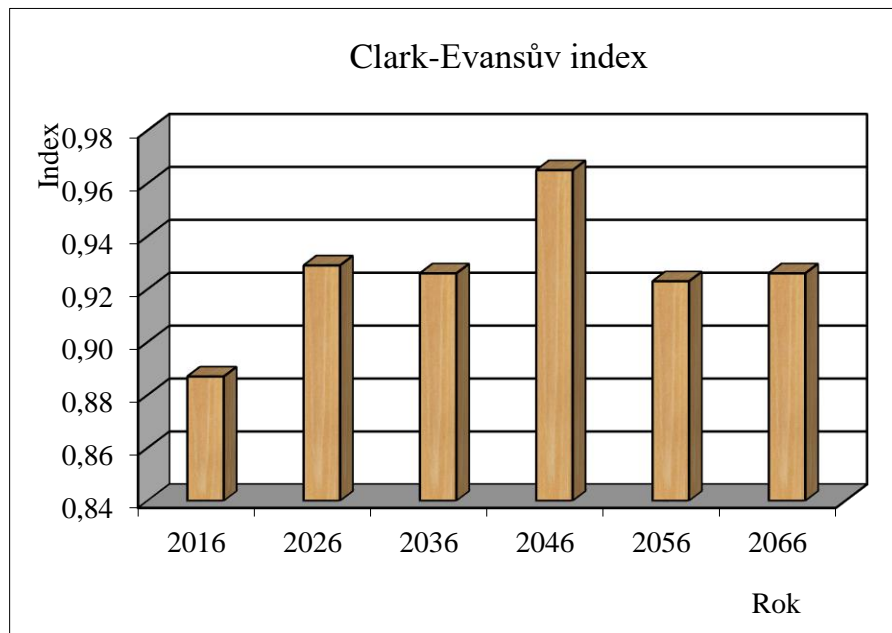
TMh – index výškové diferenciaci se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o velmi silnou výškovou diferenciaci. Výsledek plochy (Tab. 8) se pohybuje na hodnotě 0,313 a z toho lze vyvodit, že se jedná o vysokou výškovou diferenciaci.

Horizontální struktura TVP 1 je zachycena na Obr. 25. Jednotlivé indexové hodnoty, které jsou zachyceny v Tab. 8. Vychází se z předešlých indexů: (Hopkins-Skellemanova, Pielou-Mountfordova, David-Mooreva a Clark-Evansova). Shlukovité uspořádání je zde ve vztahu se vzájemnou vzdáleností, odstupu.

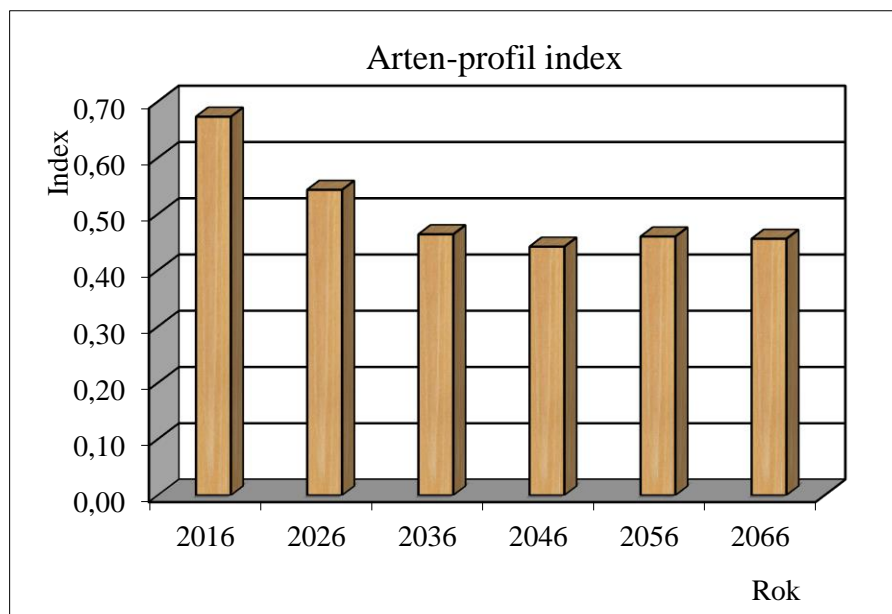
Na ploše TVP 1 – Nad Benzinou, se vyskytuje více vrstevnatá struktura buku lesního (*Fagus sylvatica*) a několika přimíšených jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*) (Obr. 25).



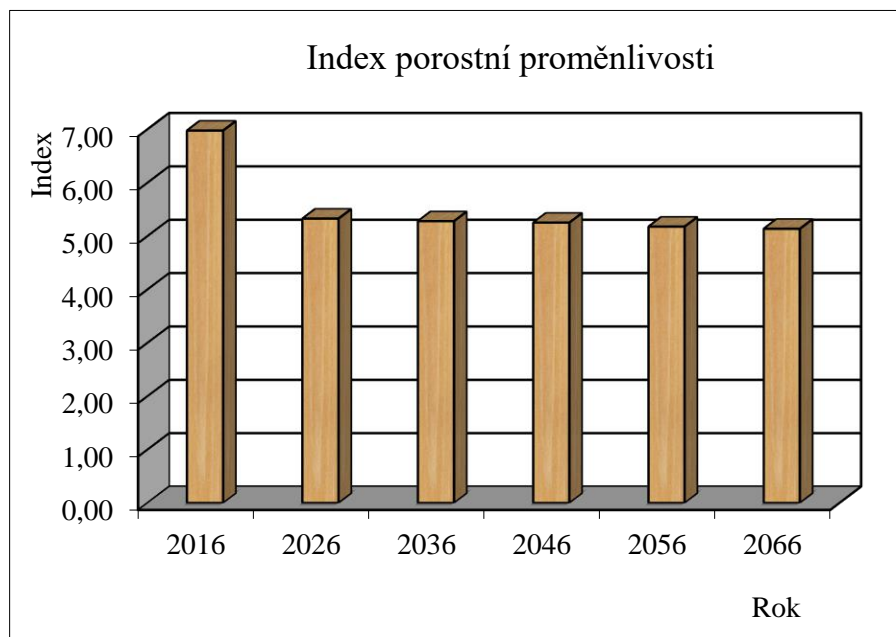
Obr. 25: Horizontální struktura porostu na TVP 1 - Nad Benzinou 1 v roce 2016.



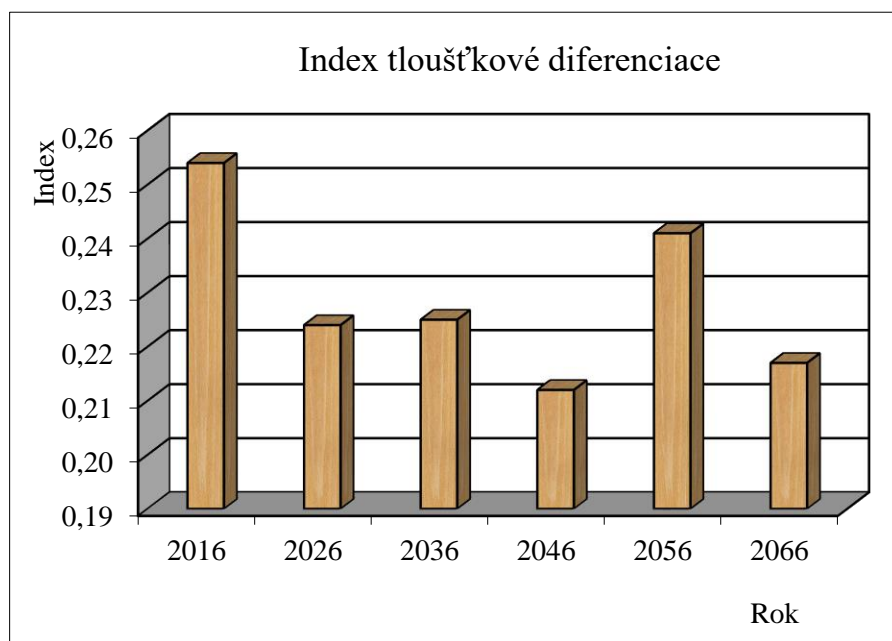
Obr. 26: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



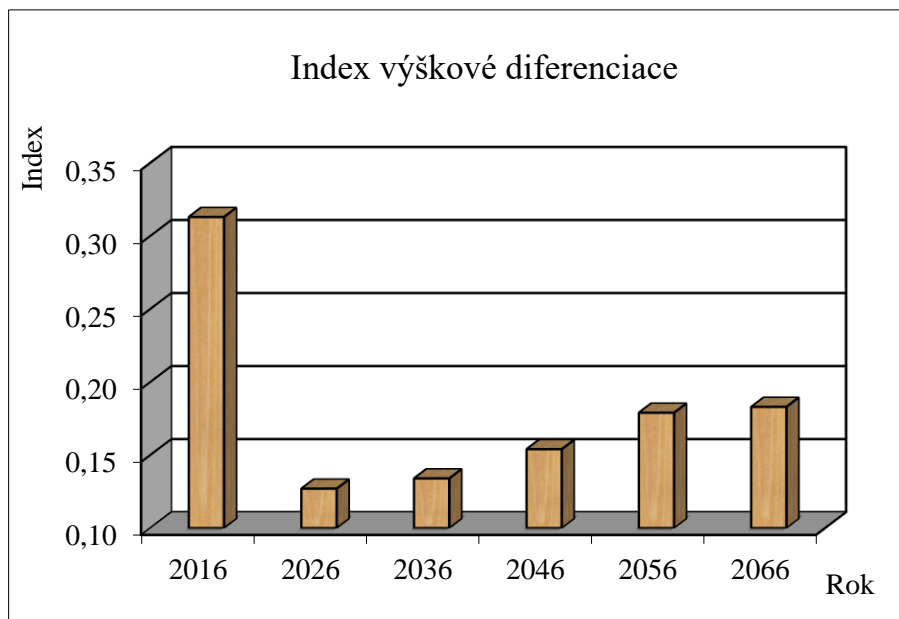
Obr. 27: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



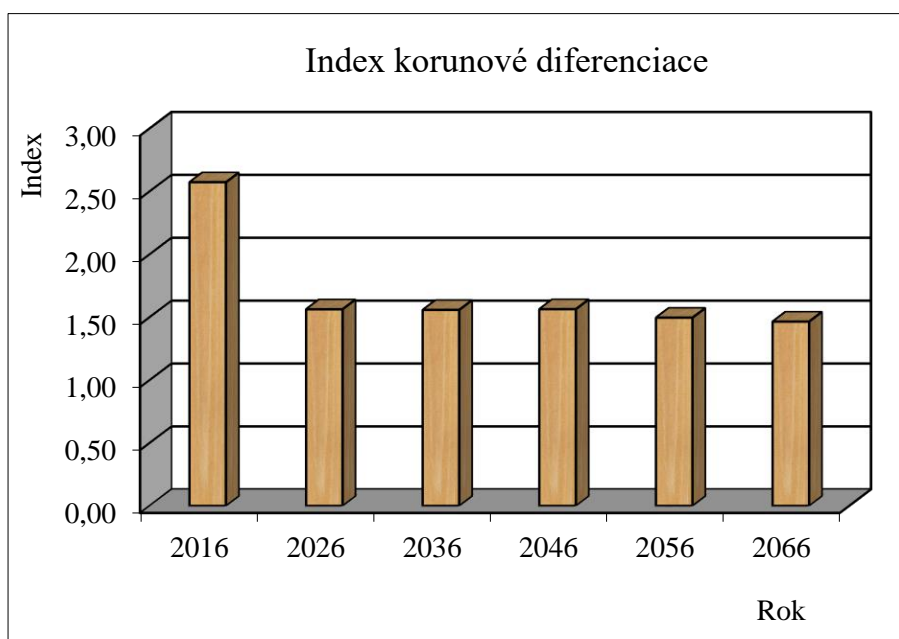
Obr. 28: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



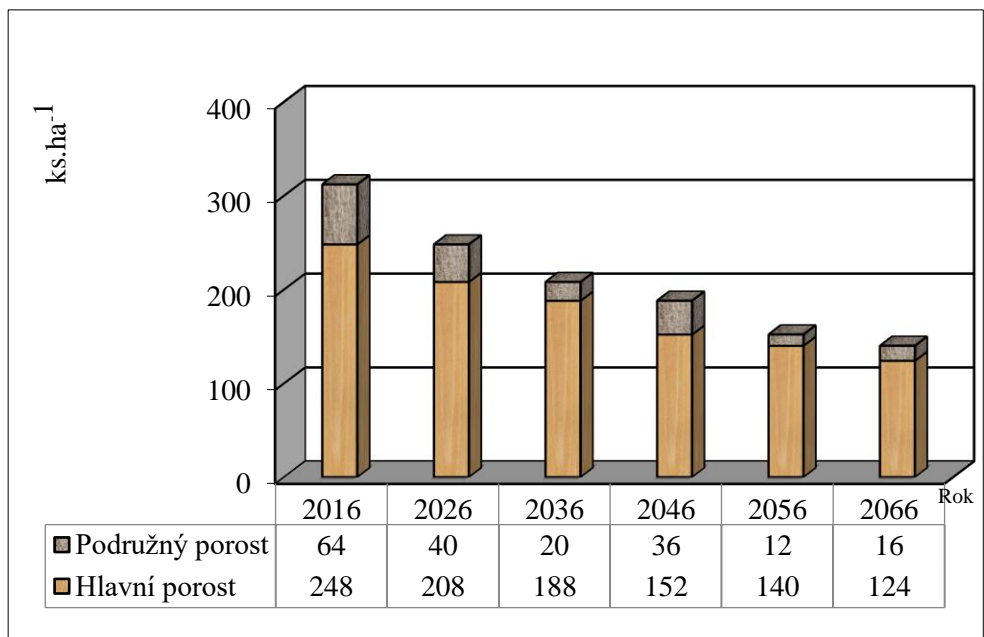
Obr. 29: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diference bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



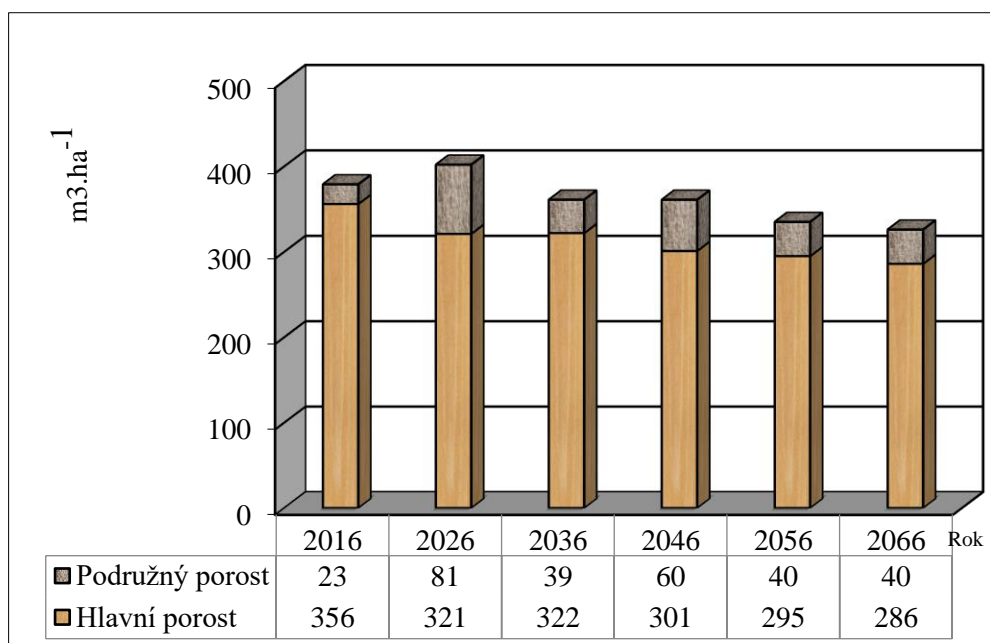
Obr. 30: Vývoj hodnot indexu výškové diferencie bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



Obr. 31: Vývoj hodnot indexu korunové diferencie bukového porostu na TVP 1 Nad Benzínou.



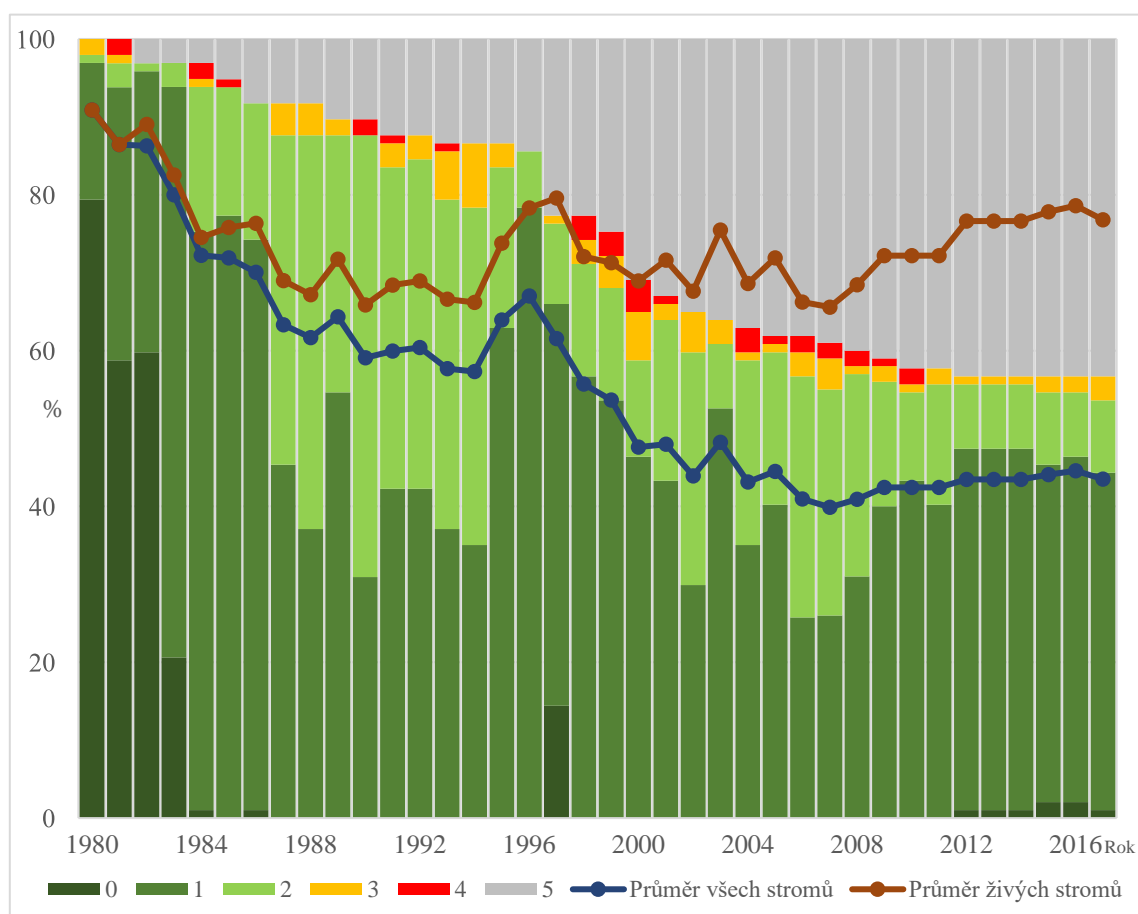
Obr. 32: Vývoj počtu jedinců v ks. ha⁻¹ bukového porostu na TVP 1



Obr. 33: Vývoj zásoby m³ ha⁻¹ bukového porostu na TVP 1

4.1.2 Zdravotní stav porostu

Z vývoje průměrného olistění stromů buku živých a všech a podílu jejich stupňů odlistění na TVP 1 (Obr. 34) je zřejmé, že u buku lesního (*Fagus sylvatica*) v letech 1981 až 1987 docházelo k výrazné defoliaci. Mezi lety 1988–1994 se stav olistění stabilizoval a během následujících dvou let (1995 a 1996) došlo k výraznějšímu nárůstu olistění. V letech 1997–2002 došlo opět k postupné mírné defoliaci, přičemž od r. 2003 do r. 2012 se defoliace opět stabilizovala, avšak docházelo k určitým oscilacím. Od r. 2007 dochází k mírnému nárůstu olistění živých stromů buku, přičemž nejsilnější regenerační procesy byly zaznamenány v r. 2012. Pouze v r. 2017 byl zaznamenán mírný pokles olistění. Od r. 1997 je pak patrný výrazný trend zvyšování podílu stromů zdravých (stupeň odlistění 5), který přetrvává až do současnosti.



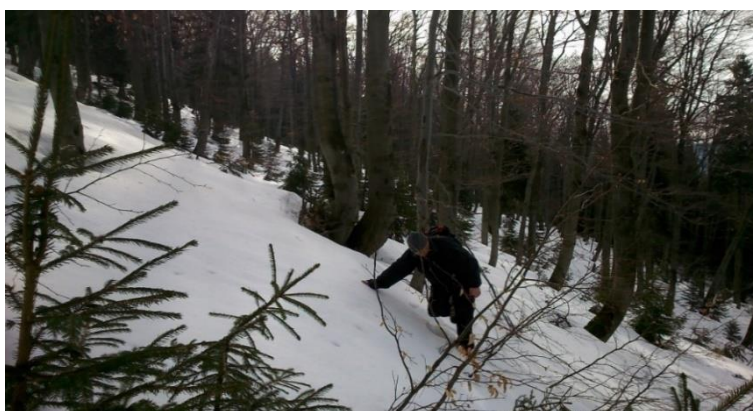
Obr. 34: Dynamika průměrného olistění (stromů živých a všech) a podíl stupňů odlistění stromů buku na TVP 1.

4.2 Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 2.

4.2.1 Struktura a vývoj porostu

Trvalá výzkumná plocha Nad Benzínou 2 (Obr. 35 a 36), se rozkládající se v nadmořské výšce 1230 s průměrnou roční teplotou 4,5°C. Počet vegetačních dnů zde byl stanoven na 80 a úhrn srážek dosahuje 1230 mm. Geologickým podložím je zde žula a typem půdy kryptopodzol. Expozice terénu je severo-západní se sklonem 21°. Typ půdy 7K - kyselá buková smrčina (*Fageto-Piceetum acidophilum*).

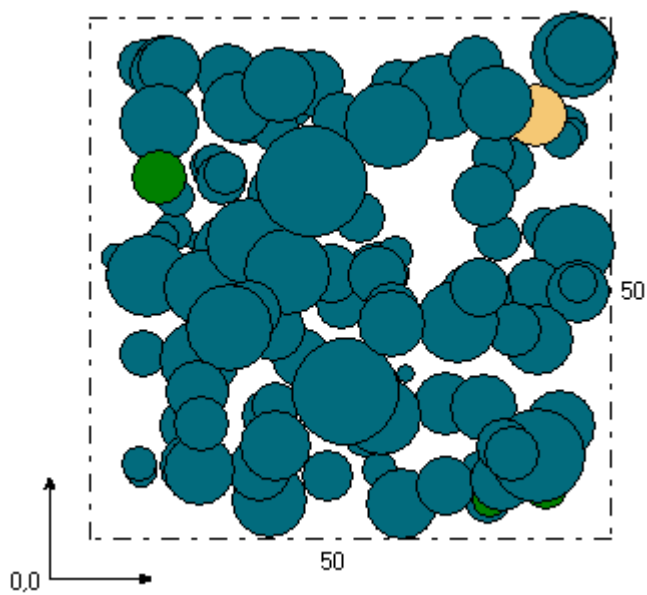
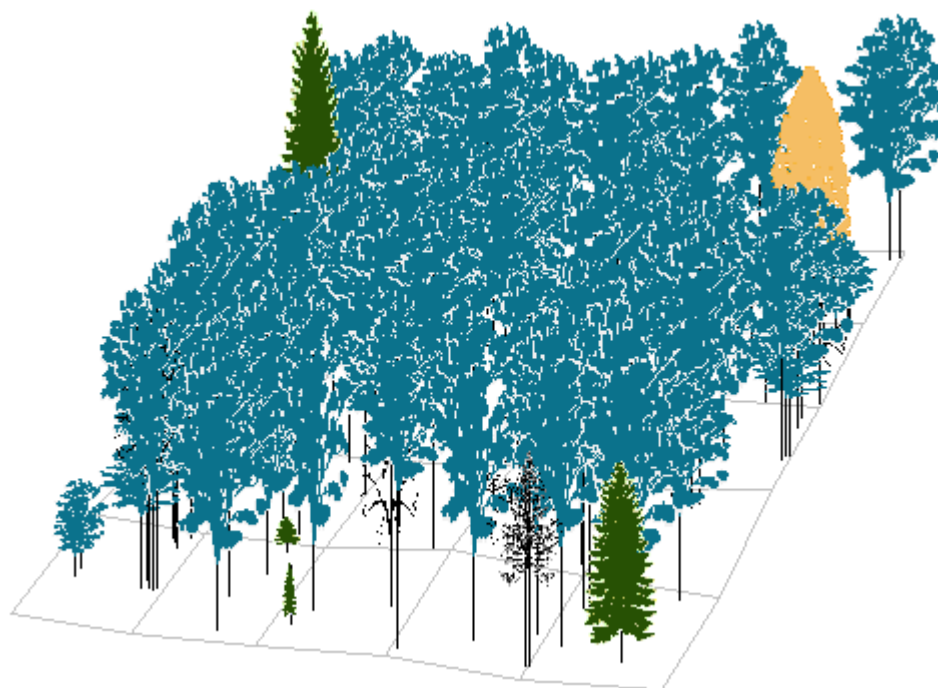
Programem SYBILA byla vytvořena vizualizace ploch pro současný stav (Obr. 37) a následně pro období po 10 letech až do roku 2066 (Obr. 38-42). Došlo k znázornění predikce růstu (Tab. 11), vývoje strukturálních indexů (Tab. 12), vývoje zápoje a denzity (Tab. 13) a indexů popisující horizontální strukturu (Tab. 14). Současný pohled na horizontální strukturu je znázorněn v Obr. 45. Grafické zobrazení indexů poskytují Obr. 46–55. Dále je znázorněna horizontální struktura horní etáže stromového patra (Obr. 43) a histogram tloušťkových tříd (Obr. 44).



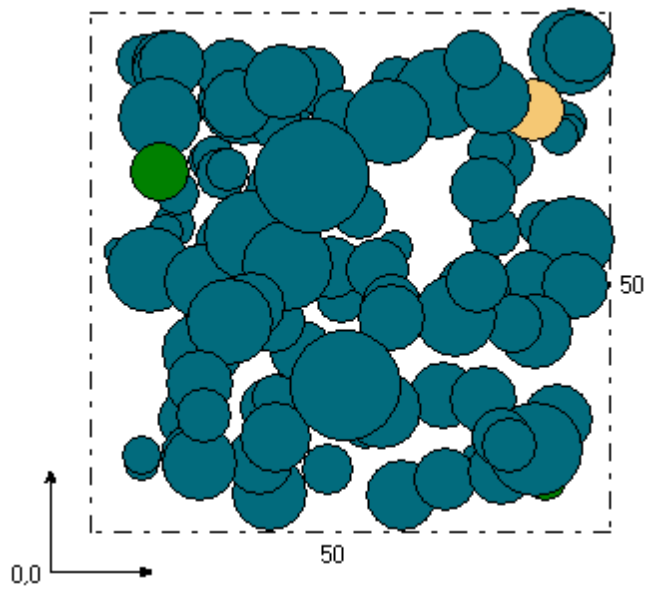
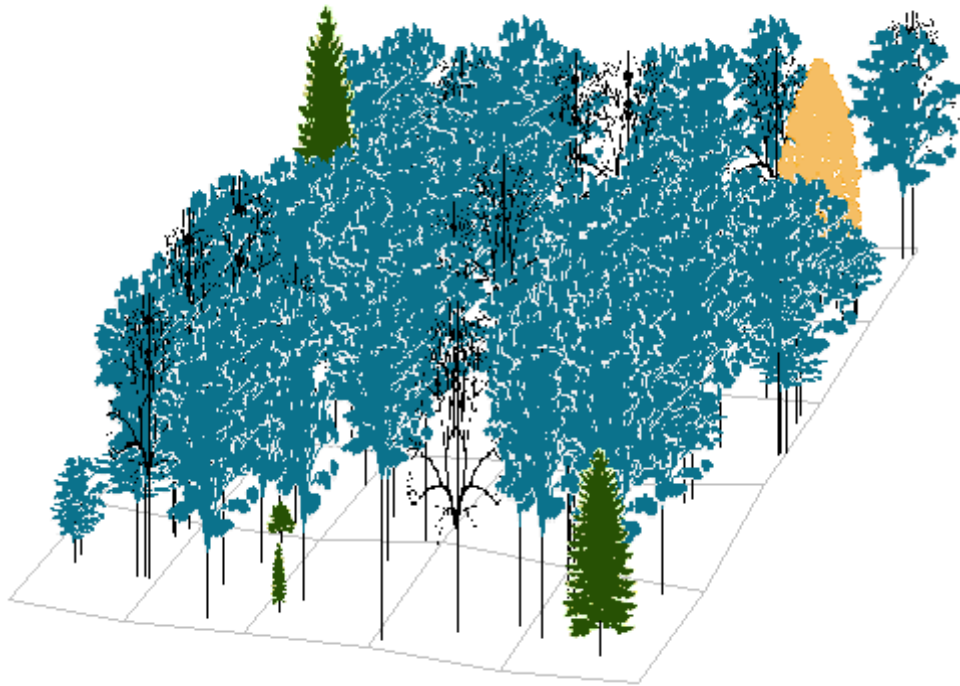
Obrázek 35 – TVP 2 (pohled z levé části).



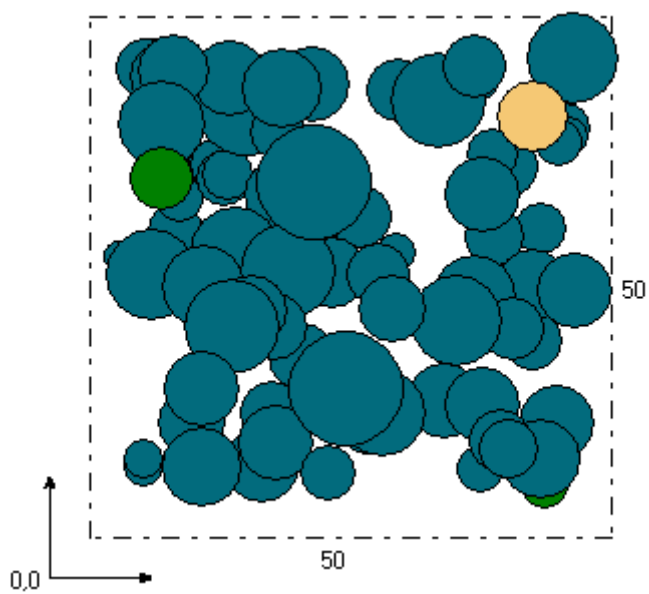
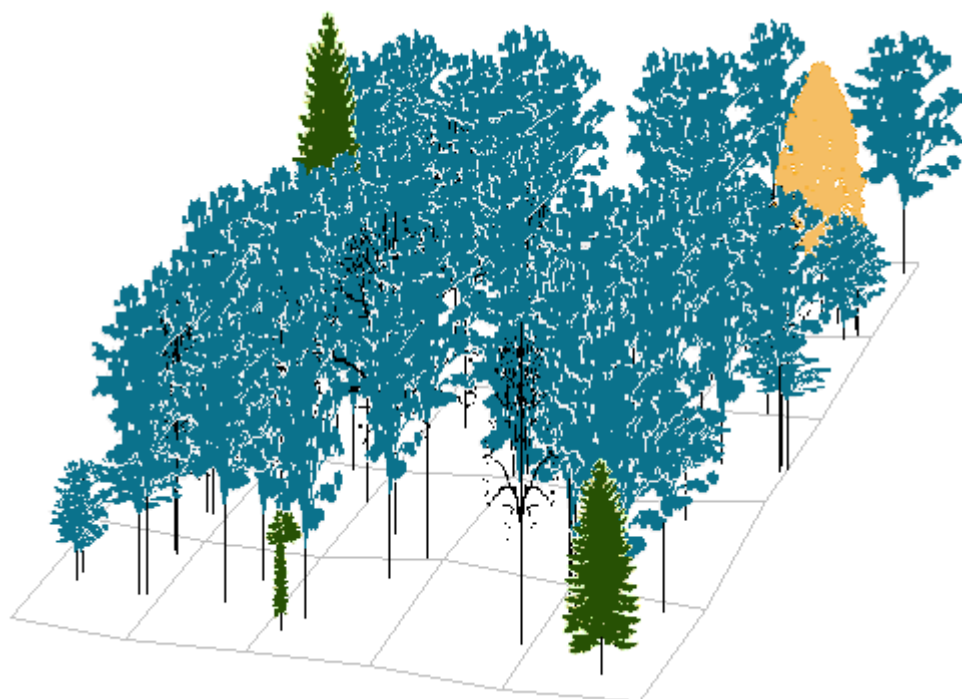
Obrázek 36 – TVP 2 (pohled do korunové projekce).



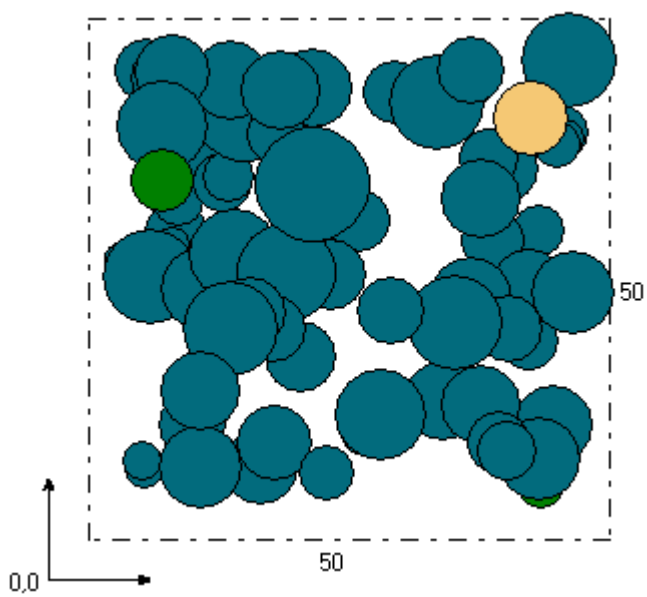
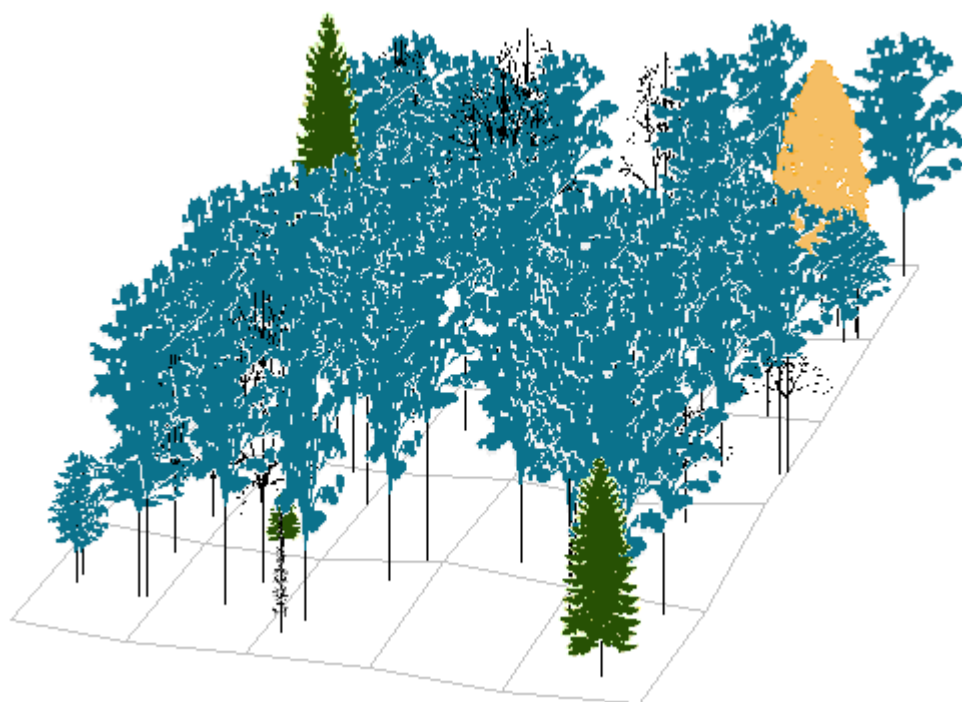
Obrázek. 37: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2016.



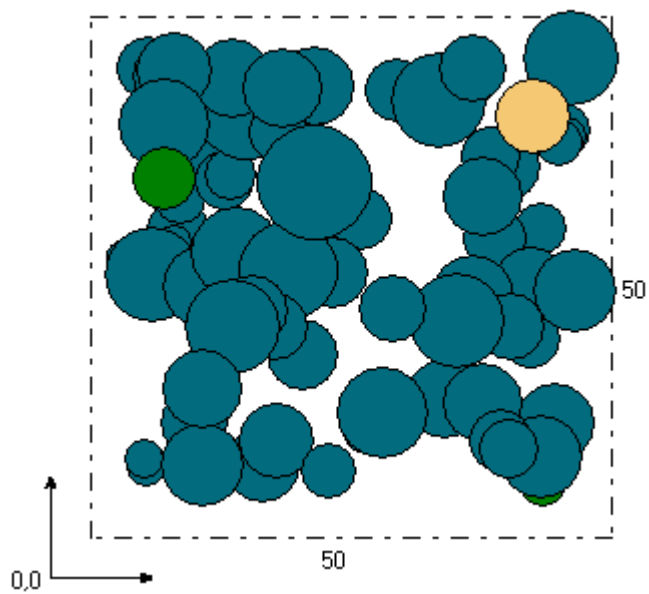
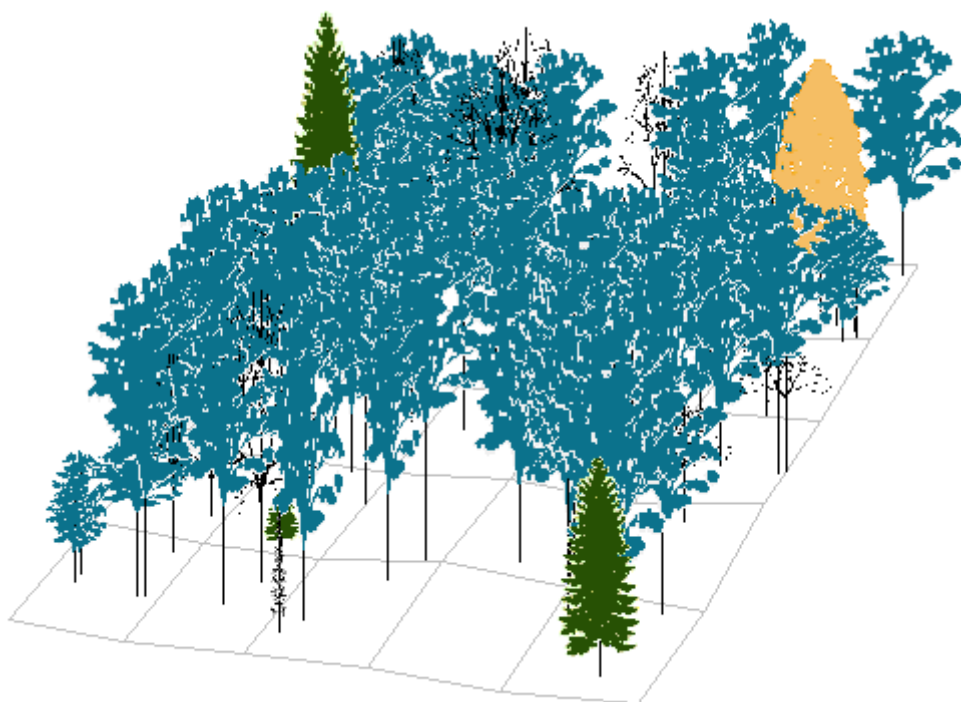
Obrázek 38: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2026.



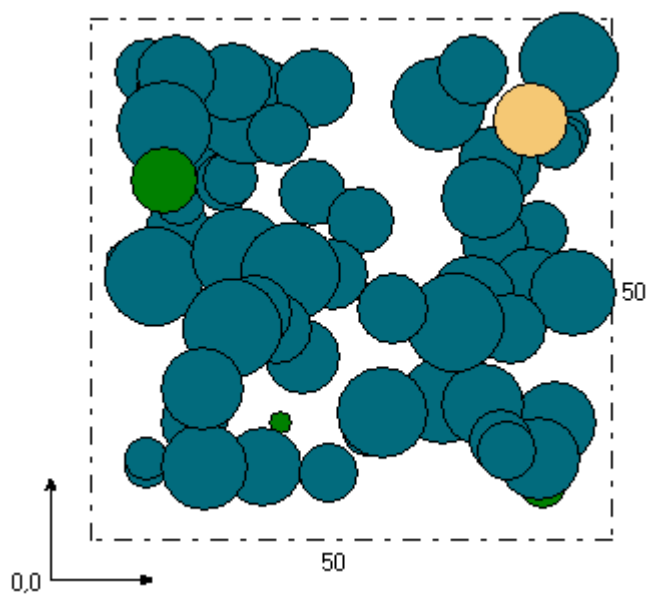
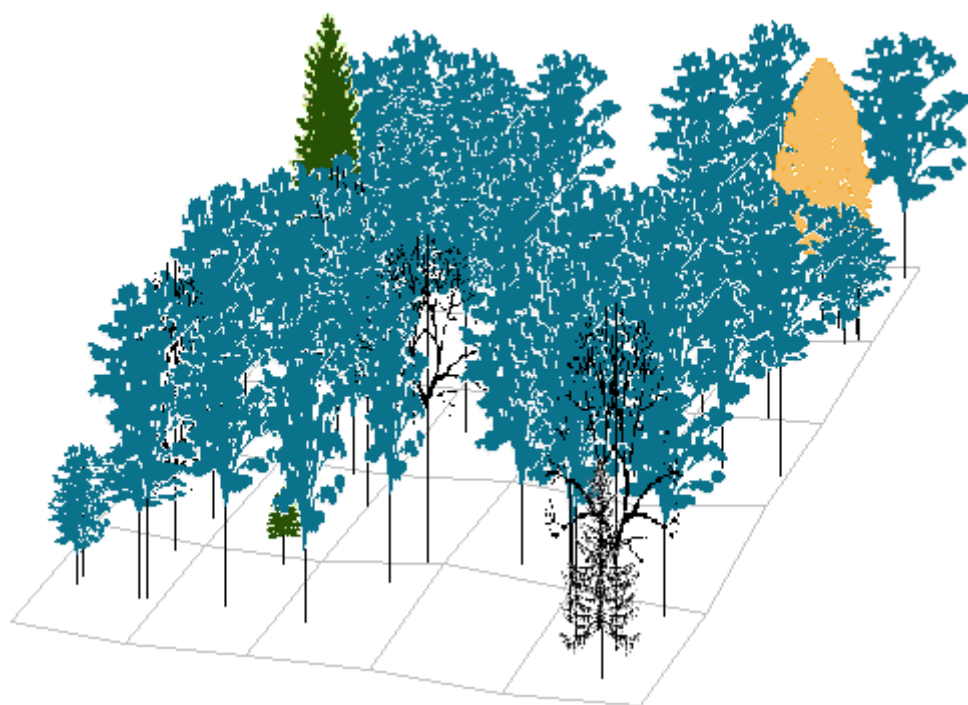
Obrázek. 39: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2036.



Obrázek. 40: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2046.



Obrázek. 41: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2056.



Obrázek 42: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 2 v roce 2066.

Tabulka 11: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 2 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2016	134	32,7	14,45	0,610	0,740	564	47,4	417	44,2	0,0	3,12	418
2026	144	35,2	15,52	0,597	0,901	508	49,3	458	44,1	5,2	3,28	472
2036	152	36,5	15,70	0,594	0,976	444	46,4	433	43,0	5,1	3,43	522
2046	161	38,4	15,69	0,597	1,086	388	44,9	421	40,9	4,9	3,57	574
2056	169	40,2	15,85	0,594	1,196	352	44,5	421	39,4	4,6	3,66	619
2066	176	41,3	16,12	0,598	1,292	312	41,8	403	39,0	4,4	3,78	665

Vysvětlivky: t – prům. věk porostu; d – prům. výčetní tloušťka (cm); h – stř. porostní výška (m); f – výtvarnice; v – prům. objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celk. běžný přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); CPP – celk. prům. přírůst (m₃.ha⁻¹ rok⁻¹); COP – celková objemová produkce (m³.ha⁻¹).

Tabulka 12: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 2 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Indexy							
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)
2016	0,771	0,524	7,739	0,400	0,387	2,916	0,093	0,195
2026	0,766	0,469	7,547	0,409	0,349	2,829	0,078	0,163
2036	0,768	0,486	7,335	0,412	0,348	2,731	0,089	0,187
2046	0,768	0,500	7,227	0,433	0,360	2,678	0,099	0,207
2056	0,751	0,512	7,081	0,415	0,329	2,651	0,107	0,224
2066	0,834	0,509	6,940	0,388	0,303	2,559	0,119	0,249

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

Tabulka 13: Vývoj zápoje a denzity bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

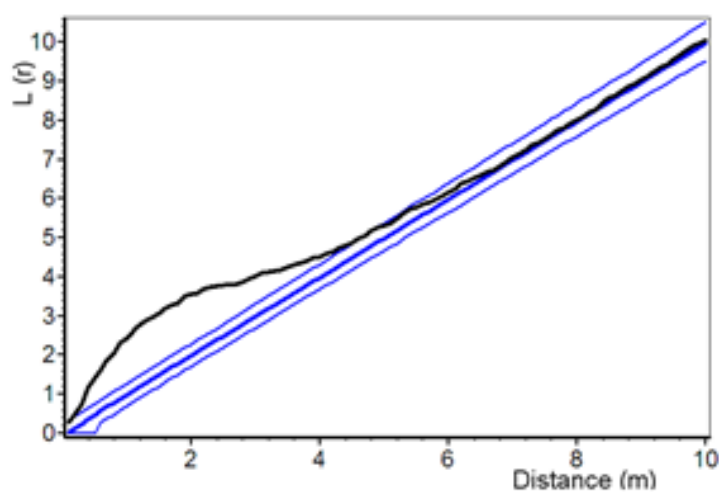
Rok	Denzita			
	CC	CP	SDI	SD
2016	93,5	2,73	0,83	0,95
2026	94,0	2,81	0,83	0,97
2036	93,0	2,66	0,77	0,98
2046	91,4	2,46	0,73	0,95
2056	91,2	2,43	0,71	0,99
2066	90,0	2,30	0,66	0,96

Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

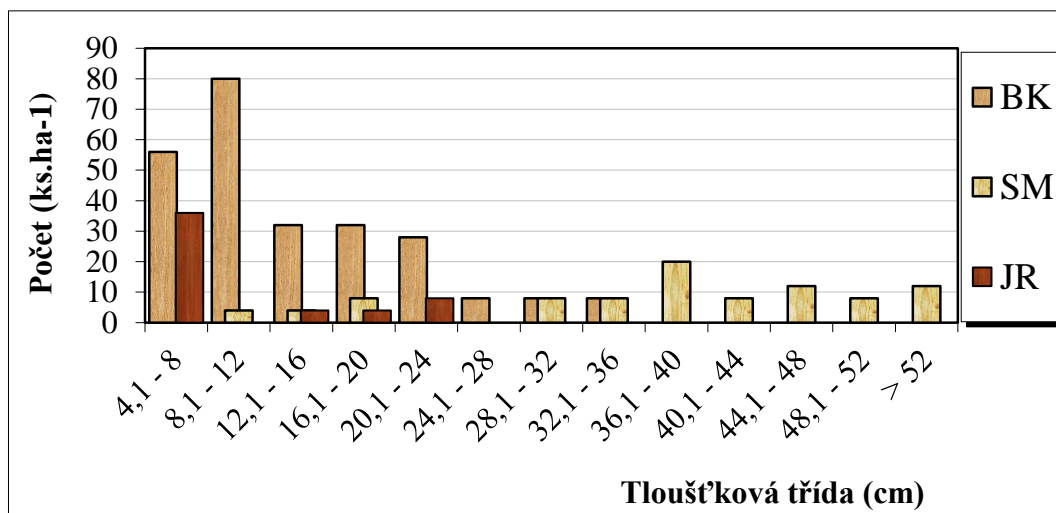
Tabulka 14: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 2.

Index	Zjištěné hodnoty	Oček. hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,605*	0,500	0,420	0,582
Pielou–Mountford	1,398*	1,092	0,865	1,382
David–Moore	0,823*	1,036	0,937	1,132
Clark–Evans	0,577*	-0,002	-0,254	0,277

* statisticky významné.



Obrázek 43: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 2 vyjádřená L-funkcí.



Obrázek 44: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 2.

Pro vyhodnocení byly použity indexy: R – Clark-Evans agregační index, A – Arten-profil index, B – index popisující porostní proměnlivost, TMd – index tloušťkové diference, TMh – index pro výškovou diferenciaci, K – index pro korunovou diferenciaci. Vývoj pro jednotlivě uvedené indexy je uveden v Tab. 12 a vyobrazen v Obr. 46–55.

R – Clark-Evans agregační index – popisuje horizontální pokryv jedinců na jednotlivých TVP. Uvádí, jak jsou jedinci navzájem v kontaktu, shluku. Výsledek je rozlišován jednou hraniční hodnotou: $R < 1$ - shlukovité uspořádání porostu, $R = 1$ - náhodné uspořádání, $R > 1$ - pravidelné uspořádání). Dle výsledků (Tab. 12) je plocha TVP 2 vyhodnocena jako pravidelně uspořádaný porost a tento výsledek je v souladu s naším pozorováním (očekávanou hodnotou) a vizualizací za pomoci programu SYBILA.

Arten-profil index - popisuje diverzitu porostu. Vychází z předpokladu, že čím nabyde výsledek vyšší hodnoty, tím je společenstvo rozdílnější a čím nižší tím je i diverzita méně patrná. Z výsledku (Tab. 12) je hodnota na úrovni 0,524. To vypovídá o vysoké rozrůzněnosti stanoviště.

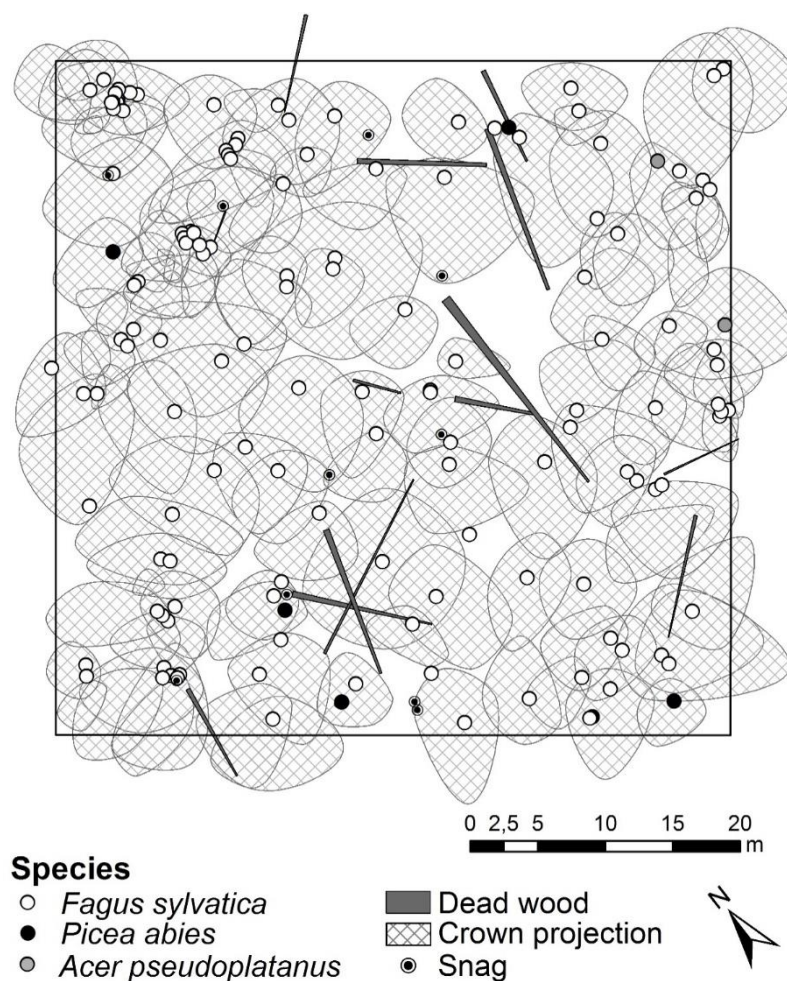
B – index porostní proměnlivosti vychází z 4 faktorů, které společně ovlivňují diverzitu porostu. Jedná se o dřevinné složení, prostorové uspořádání, vertikální strukturu a korunovou diferenciaci. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím vyšší je rozmanitost porostní skladby. Z výsledků (Tab. 12) vyplývá hodnota 7,739 která nasvědčuje o velmi různorodé porostní diversitě.

TMd – index tloušťkové diference se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o střední tloušťkovou diferenciaci. Výsledek z plochy (Tab. 12) se pohybuje na hodnotě 0,400 a z toho lze vyvodit, že se jedná již o střední diferenciaci.

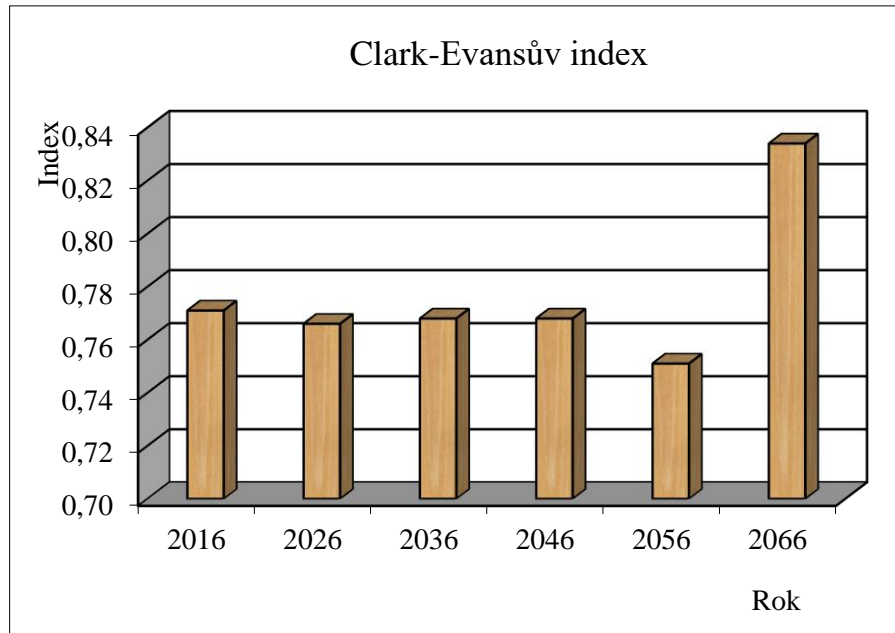
TMh – index výškové diference se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o střední výškovou diferenciaci. Výsledek plochy (Tab. 12) se pohybuje na hodnotě 0,387 a z toho lze vyvodit, že se jedná o nízkou diferenciaci.

Horizontální struktura TVP 1 je zachycena na obr. 44. Jednotlivé indexové hodnoty jsou zachyceny v Tab. 12. Vychází se z předešlých indexů: (Hopkins-Skellemanova, Pielou-Mountfordova, David-Mooreva a Clark-Evansova). Shlukovité uspořádání je ve vztahu se vzájemnou vzdáleností, odstupu (Obr. 44).

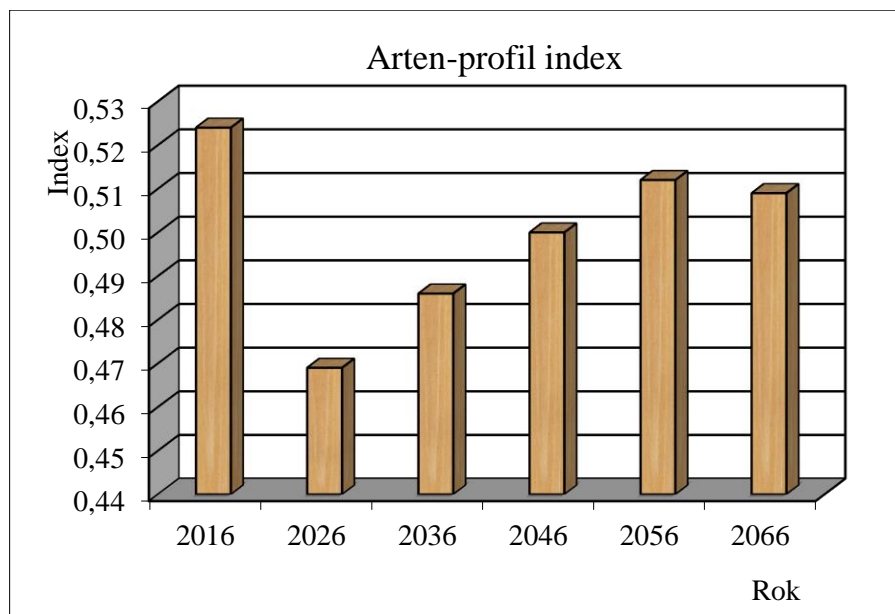
Na ploše TVP 2 – Nad Benzínou, se vyskytuje více vrstevná struktura buku lesního (*Fagus sylvatica*) a několika přimíšených jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*) a jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*).



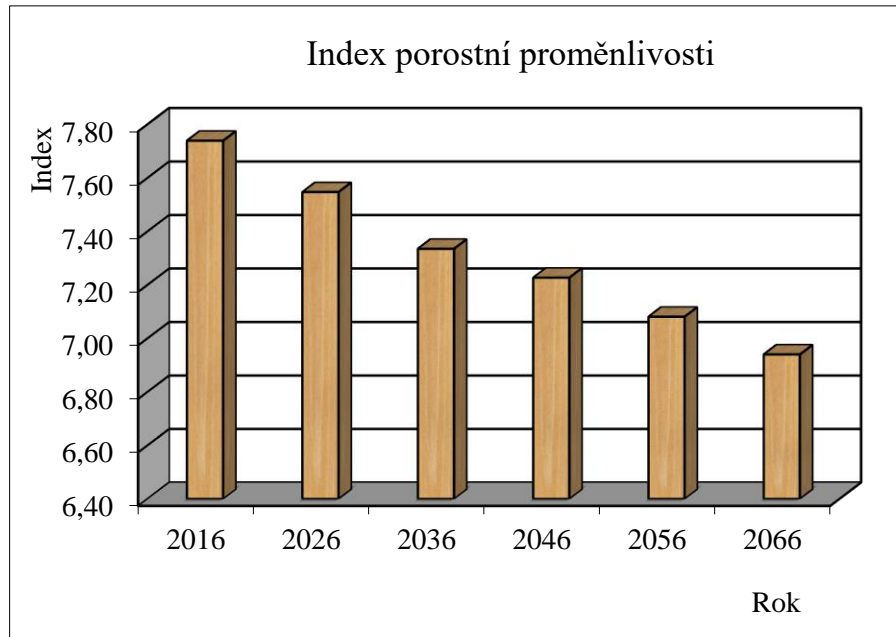
Obr. 45: Horizontální struktura porostu na TVP 2 - Nad Benzínou 2 v roce 2016.



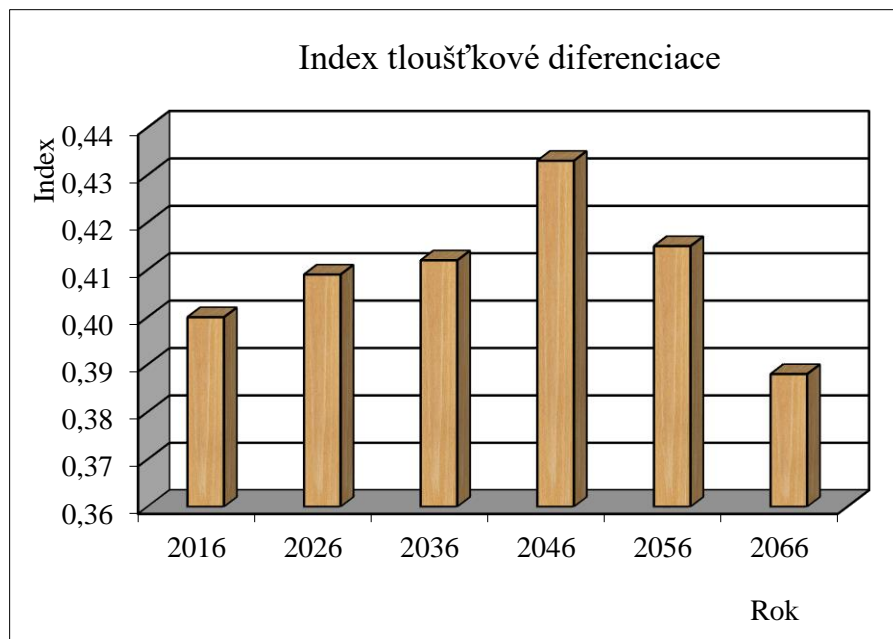
Obr. 46: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.



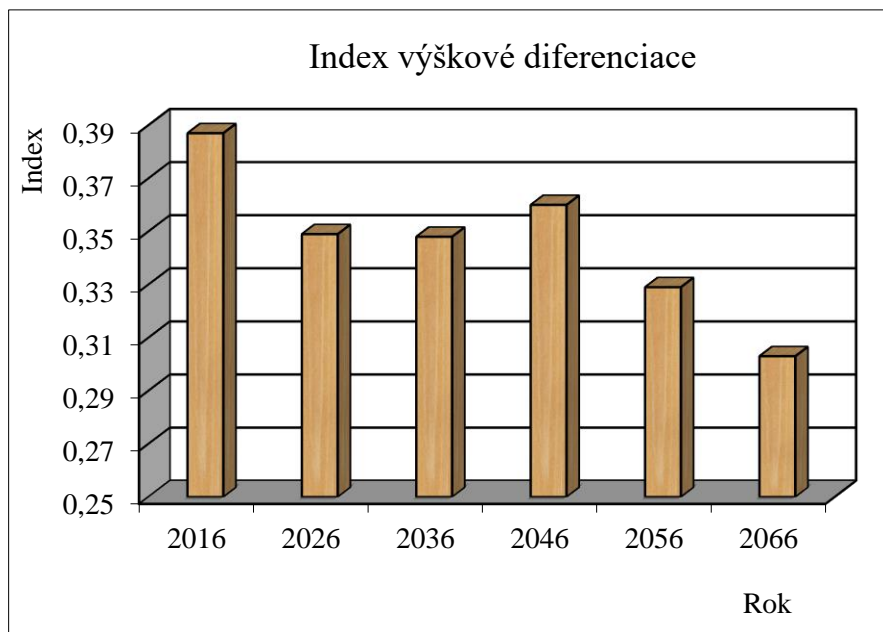
Obr. 47: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.



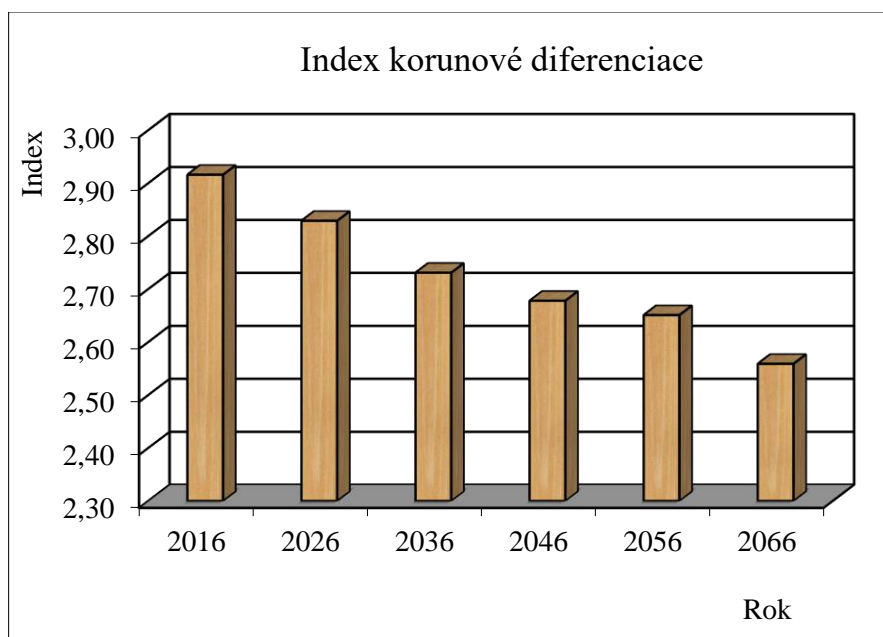
Obr. 48: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.



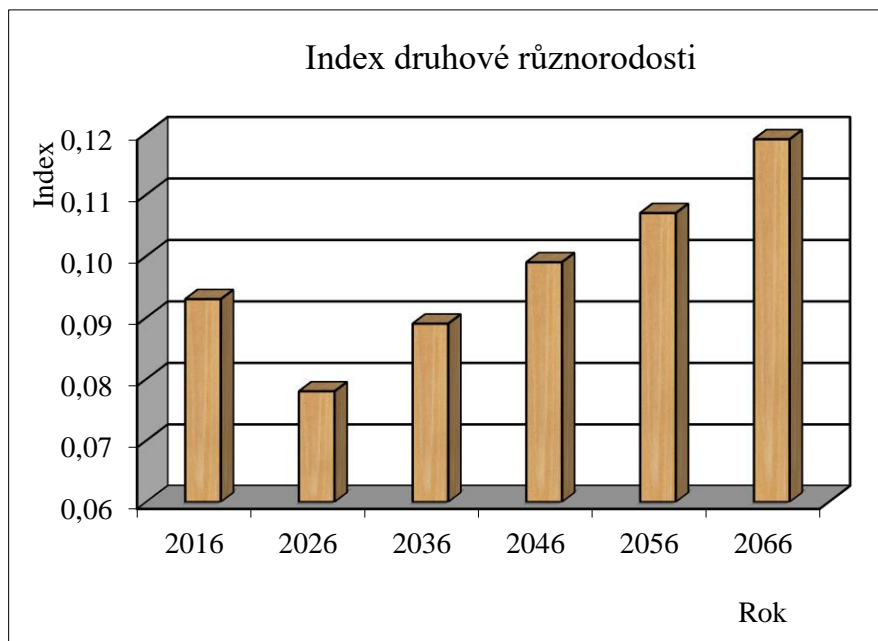
Obr. 49: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diferenciace bukového porostu na TVP 2 Nad Benzínou.



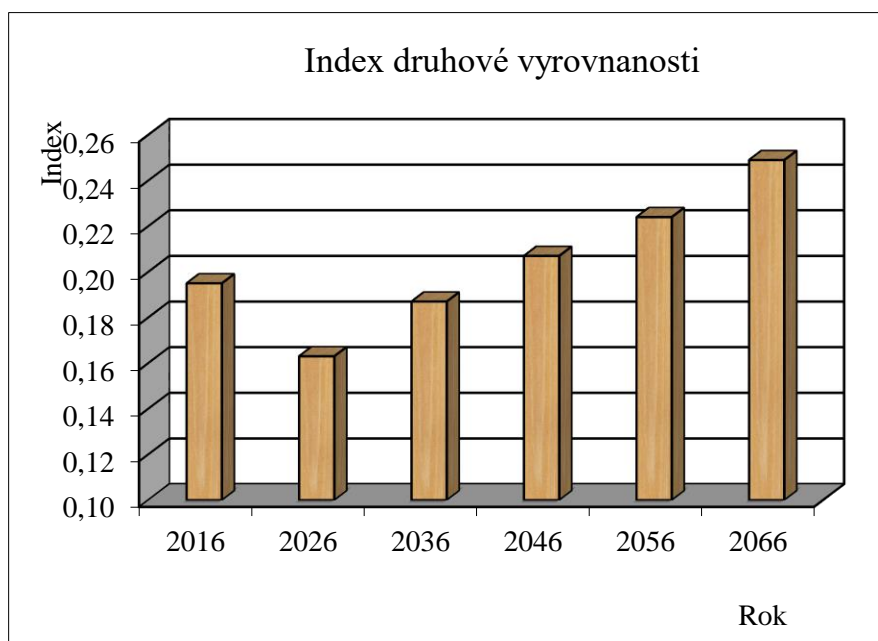
Obr. 50: Vývoj hodnot indexu výškové diferencie bukového porostu na TVP 2.



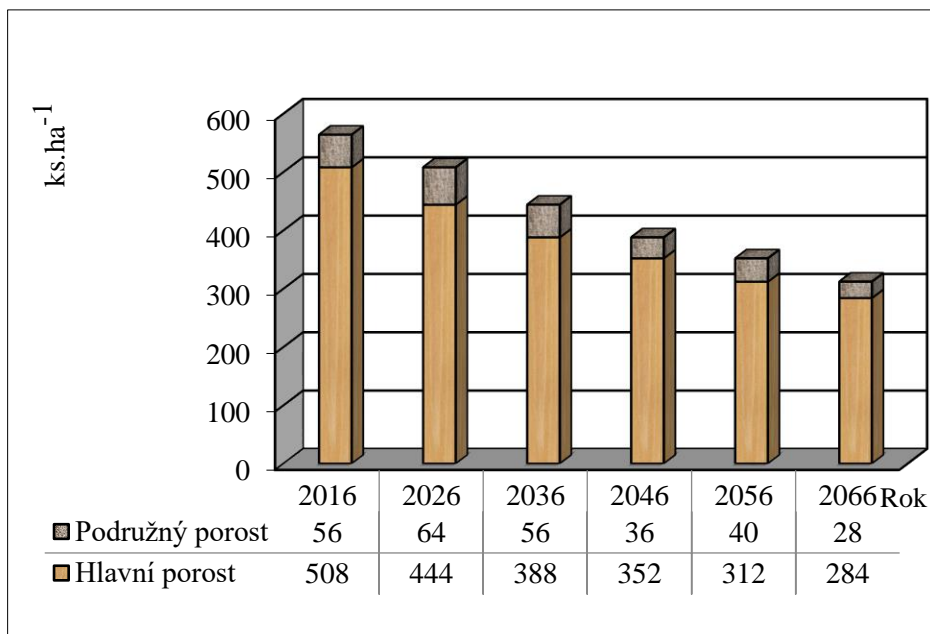
Obr. 51: Vývoj hodnot indexu korunové diferencie bukového porostu na TVP 2.



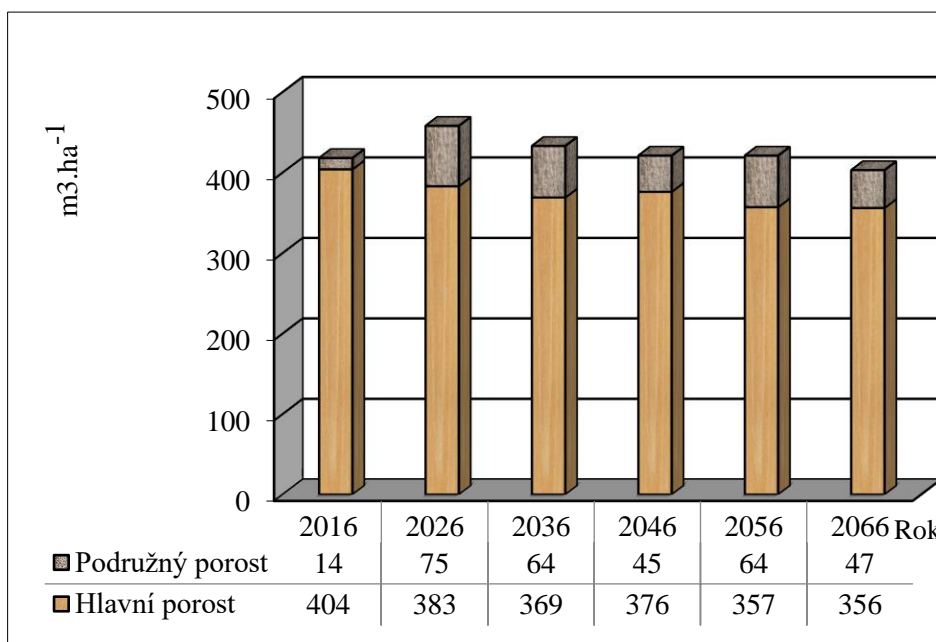
Obr. 52: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti na TVP 2.



Obr. 53: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti na TVP 2.



Obr. 54: Vývoj počtu jedinců v ks. ha⁻¹ bukového porostu na TVP 2



Obr. 55: Vývoj zásoby m³ ha⁻¹ bukového porostu na TVP 2

4.3 Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 3.

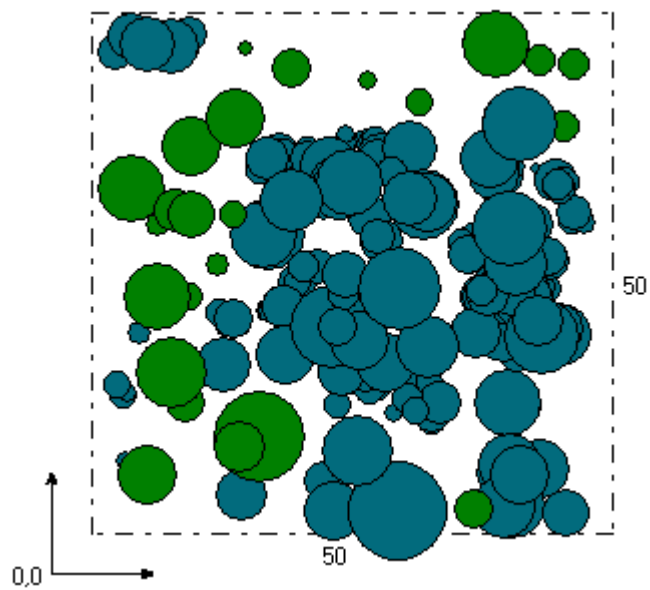
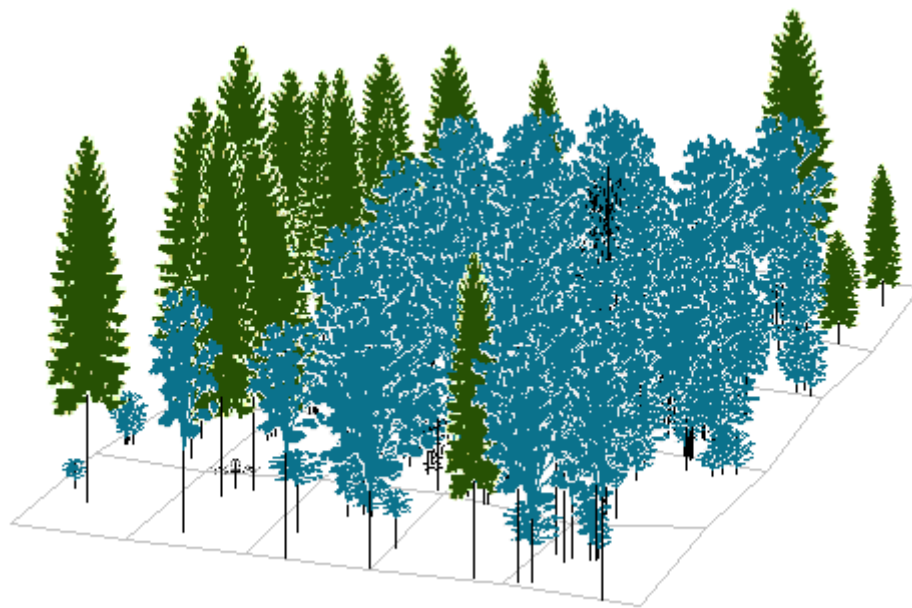
4.3.1 Struktura a vývoj porostu

Trvalá výzkumná plocha Nad Benzínou 3 (Obr. 56) s nadmořskou výškou 1270 s průměrnou roční teplotou 5 °C. Počet vegetačních dnů zde byl stanoven na 72 a úhrn srážek dosahuje 1350 mm. Geologickým podložím je zde žula a typem půdy kryptopodzol. Expozice plochy je severo-západní se sklonem 22°. Typ půdy 7K - kyselá buková smrčina (*Fageto-Piceetum acidophilum*)

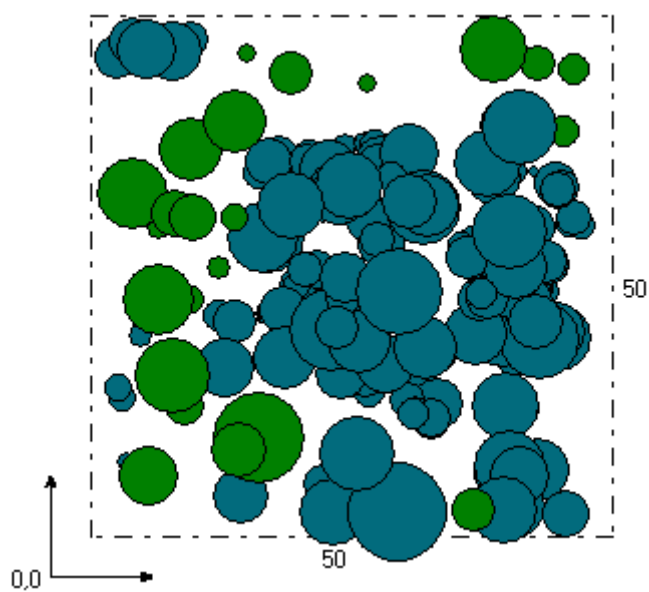
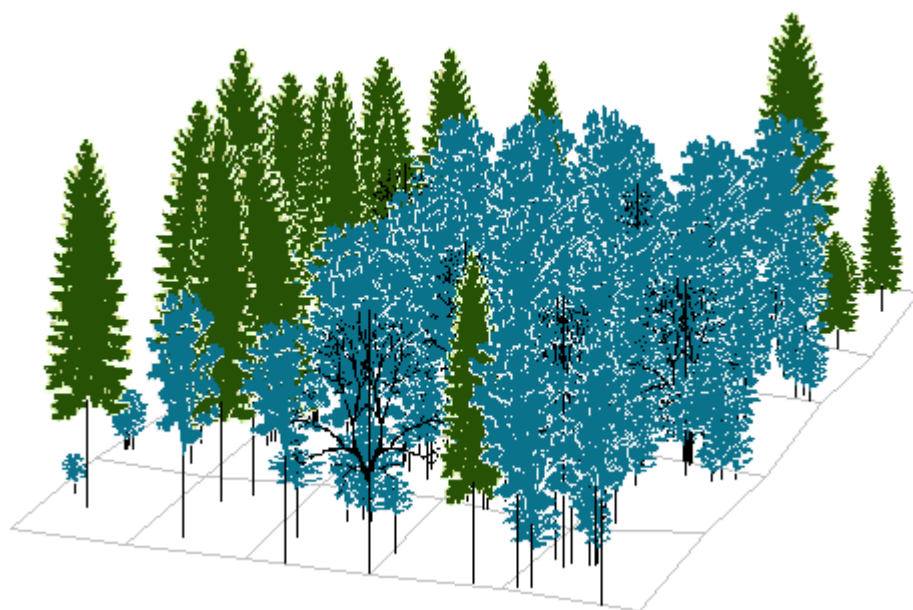
Programem SYBILA byla vytvořena vizualizace ploch pro současný stav (Obr. 57) a následně pro období po 10 letech až do roku 2066 (Obr. 58-62). Došlo k znázornění predikce růstu (Tab. 15), vývoje strukturálních indexů (Tab. 16), vývoje zápoje a denzit (Tab. 17) a indexů popisující horizontální strukturu (Tab. 18). Dále je znázorněna horizontální struktura horní etáže stromového patra (Obr. 63) a histogram tloušťkových tříd (Obr. 64). Grafické zobrazení indexů poskytují Obr. 66–75.



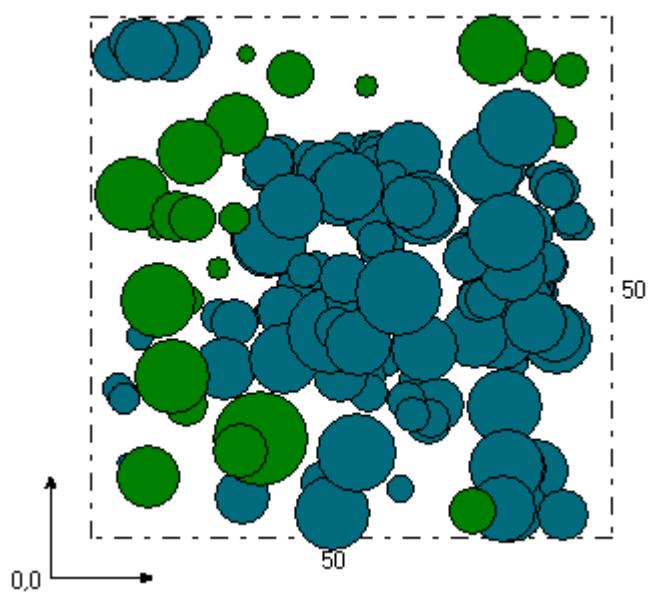
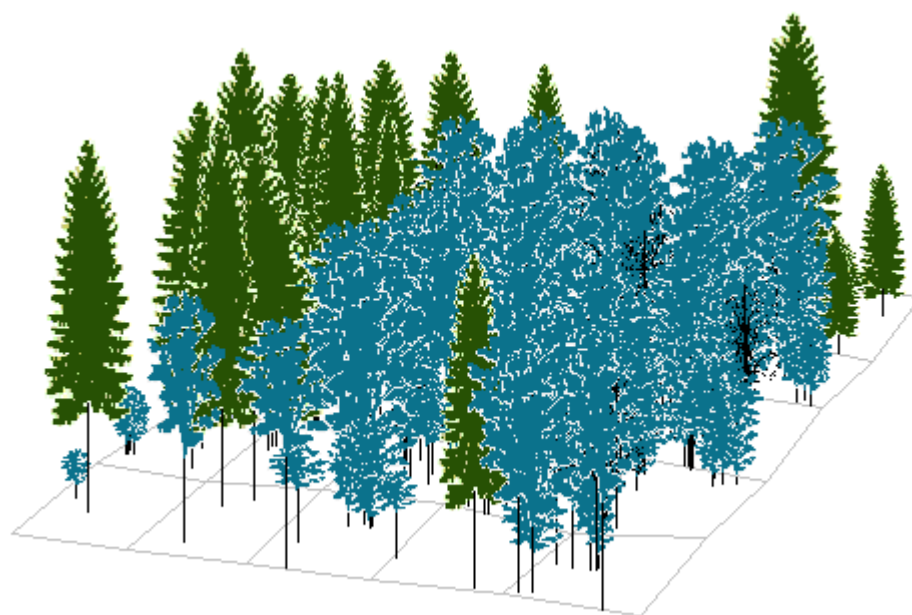
Obrázek 56: TVP 3 (pohled z horní části do porostu).



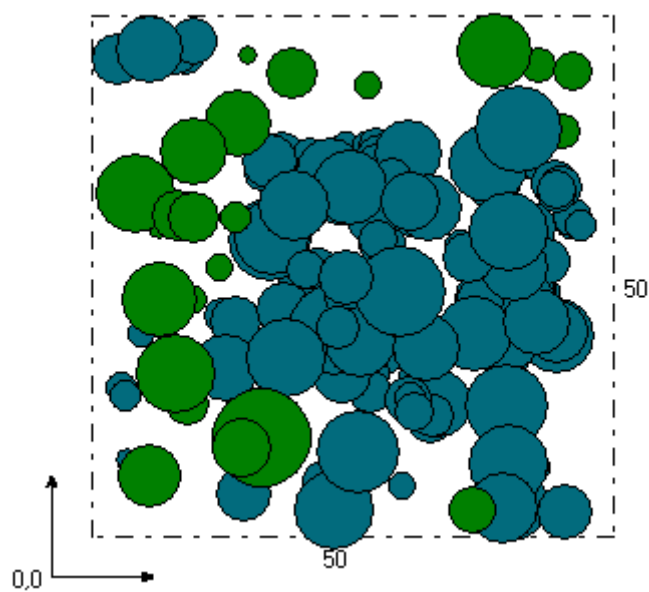
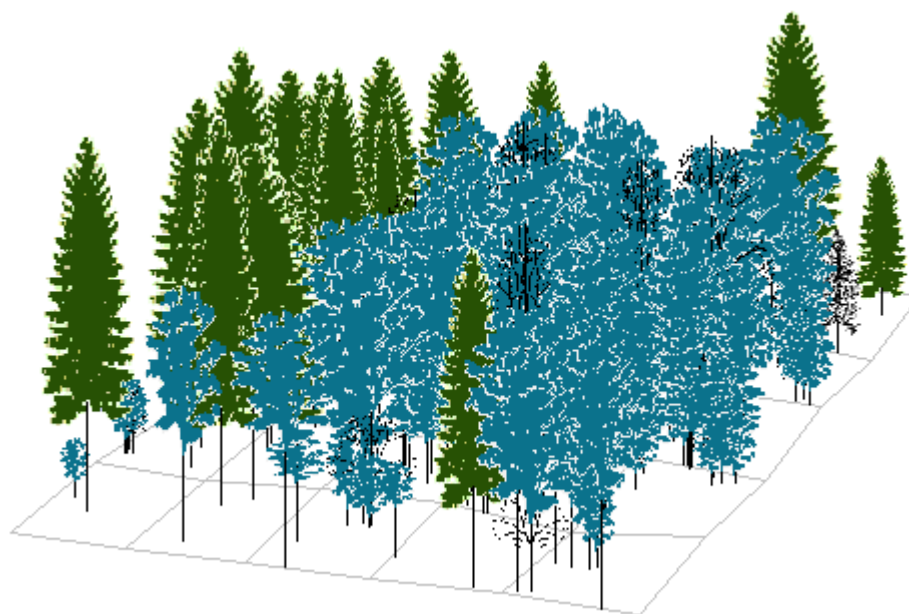
Obr. 57: Vizualizace současného stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3
v roce 2016.



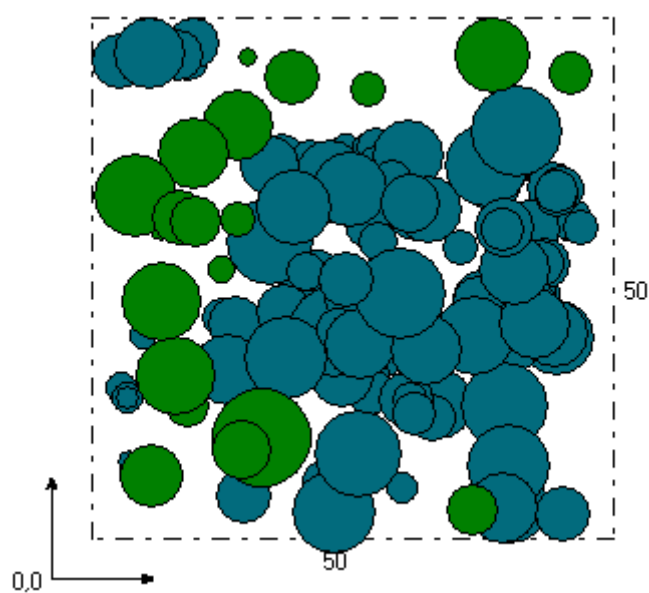
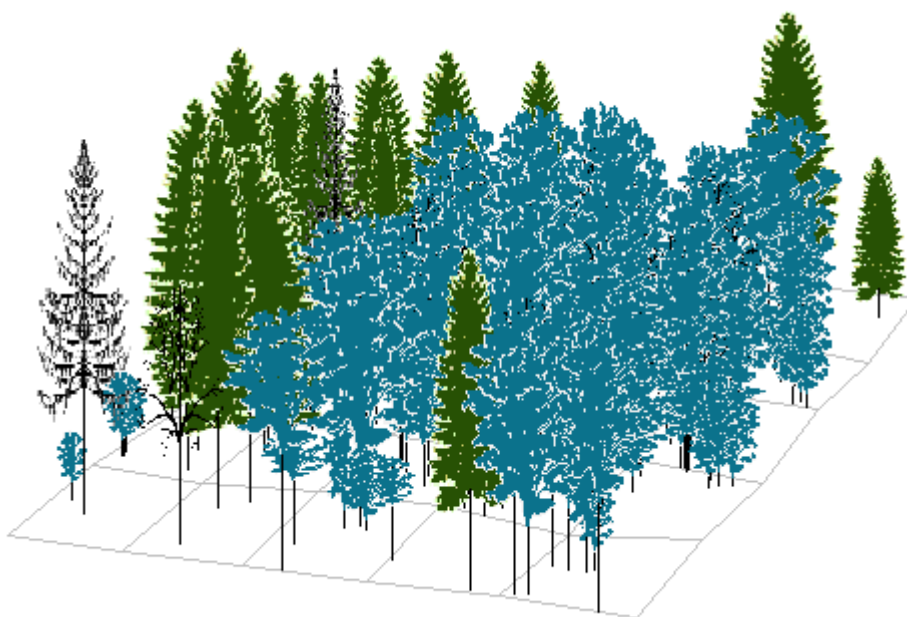
Obr. 58: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2026.



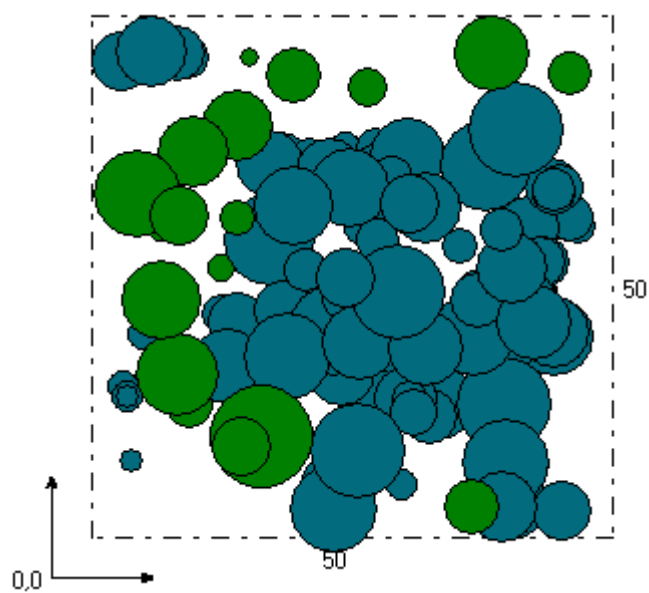
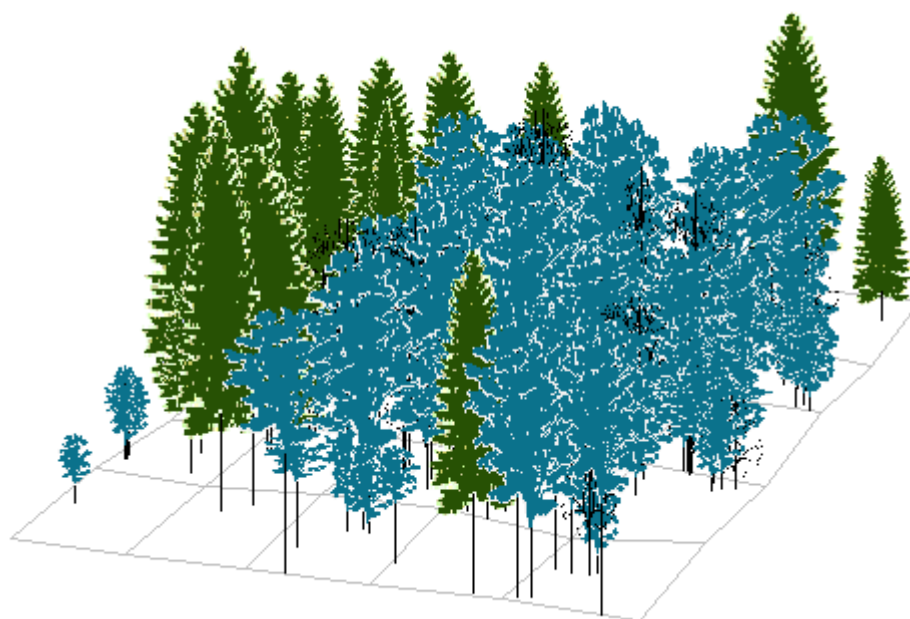
Obr. 59: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2036.



Obr. 60: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2046.



Obr. 61: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2056.



Obr. 62: Vizualizace stavu porostu na TVP Nad Benzínou 3 v roce 2064.

Tabulka 15: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2016	124	22,7	9,20	0,775	0,288	1084	43,8	313	40,5	0,0	2,52	313
2026	133	25,0	10,24	0,708	0,356	1008	49,3	359	41,0	4,7	2,71	360
2036	141	26,1	10,59	0,692	0,392	952	51,0	373	40,6	4,9	2,88	406
2046	151	28,2	10,97	0,680	0,466	872	54,6	406	38,9	4,8	3,03	457
2056	160	30,2	11,44	0,652	0,534	776	55,5	414	37,9	4,5	3,13	501
2066	168	31,3	11,53	0,646	0,573	708	54,5	406	36,8	4,5	3,26	547

Vysvětlivky: t – prům. věk porostu; d – prům. výčetní tloušťka (cm); h – stř. porostní výška (m); f – výtvarnice; v – prům. objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celk. běžný přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); CPP – celk. prům. přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); COP – celková objemová produkce (m³.ha⁻¹).

Tabulka 16: Vývoj strukturálních indexů bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Indexy							
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)
2016	0,606	0,736	7,341	0,369	0,365	2,911	0,276	0,917
2026	0,612	0,729	7,202	0,363	0,319	2,870	0,274	0,910
2036	0,630	0,739	7,128	0,347	0,280	2,862	0,280	0,930
2046	0,642	0,742	6,982	0,359	0,279	2,731	0,283	0,940
2056	0,668	0,755	6,785	0,362	0,263	2,647	0,287	0,953
2066	0,696	0,756	6,702	0,379	0,268	2,618	0,283	0,940

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM_d – index tloušťkové diferenciace, TM_h – index výškové diferenciace, K – index korunové diferenciace, H' – Shannonův index druhové heterogenity, E – Pielou index druhové vyrovnanosti, H' – index druhové různorodosti, E – index druhové vyrovnanosti.

Tabulka 17: Vývoj zápoje a denzity bukového porostu na TVP 3 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

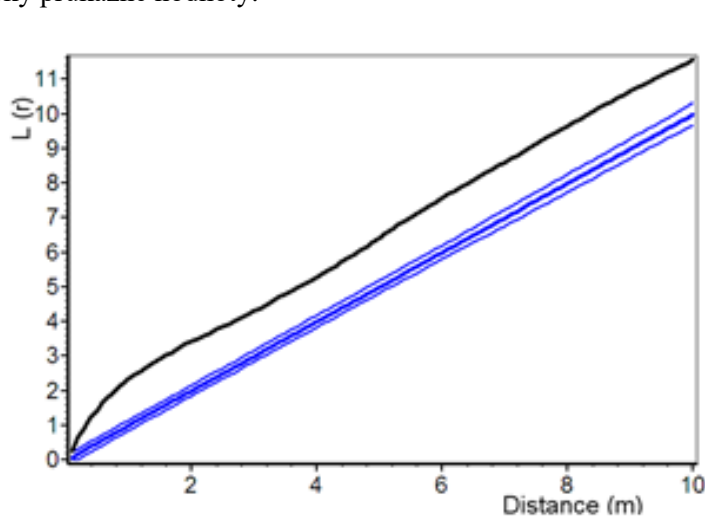
Rok	Denzita			
	CC	CP	SDI	SD
2016	92,8	2,63	0,83	0,93
2026	94,2	2,85	0,90	0,95
2036	94,5	2,89	0,91	0,95
2046	94,8	2,95	0,94	0,97
2056	94,6	2,92	0,92	0,96
2066	94,7	2,94	0,90	0,98

Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

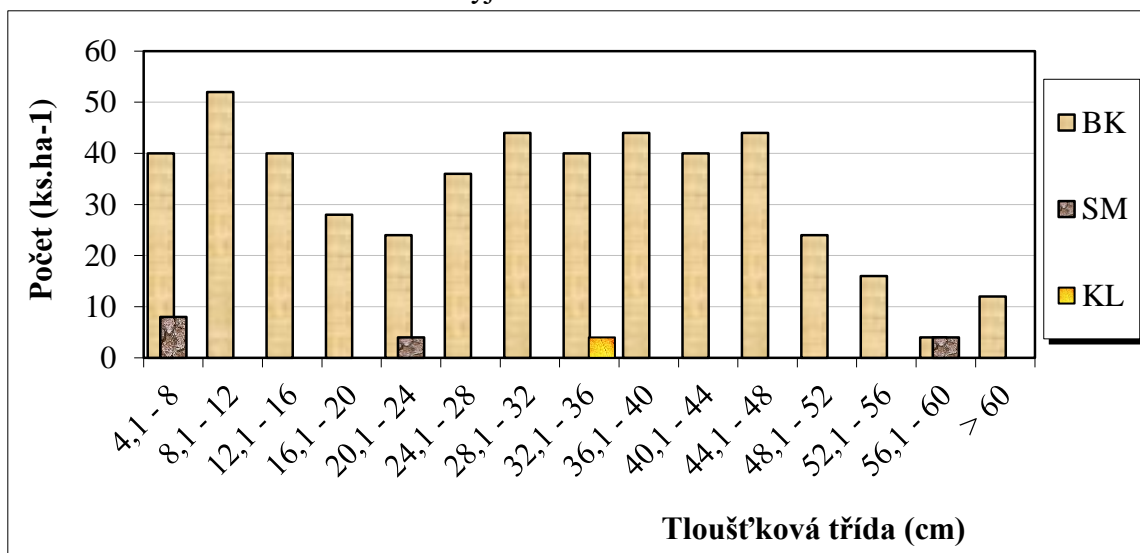
Tabulka 18: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 3

Index	Zjištěné hodnoty	Oček. hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,729*	0,501	0,445	0,561
Pielou–Mountford	2,055*	1,068	0,910	1,255
David–Moore	0,631*	1,024	0,954	1,096
Clark–Evans	2,752*	0,005	-0,252	0,292

*- statisticky průkazné hodnoty.



Obr. 63: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 3 vyjádřená L-funkcí.



Obrázek 64: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 3.

Pro vyhodnocení byly použity indexy: R – Clark-Evans agregační index, A – Arten-profil index, B – index popisující porostní proměnlivost, TMd – index tloušťkové diferenciaci, TMh – index pro výškovou diferenciaci, K – index pro korunovou diferenciaci. Vývoj pro jednotlivě uvedené indexy je uveden v Tab. 16 a vyobrazen v Obr. 66–75.

R – Clark-Evans agregační index – popisuje horizontální pokryv jedinců na jednotlivých TVP. Uvádí, jak jsou jedinci navzájem v kontaktu, shluku. Dle výsledků (Tab. 16) je hodnota 0,606 a byla vyhodnocena jako shlukovitě uspořádaný porost a tento výsledek je v souladu i s naším pozorováním (očekávanou hodnotou) a vizualizací za pomoci programu SYBILA.

Arten-profil index - popisuje diverzitu porostu. Vychází z předpokladu, že čím nabyde výsledek vyšší hodnoty, tím je společenstvo rozdílnější a čím nižší tím je i diverzita méně patrná. Z výsledku (Tab. 16) je hodnota na úrovni 0,736. To vypovídá o vysokém rozrůznění stanoviště.

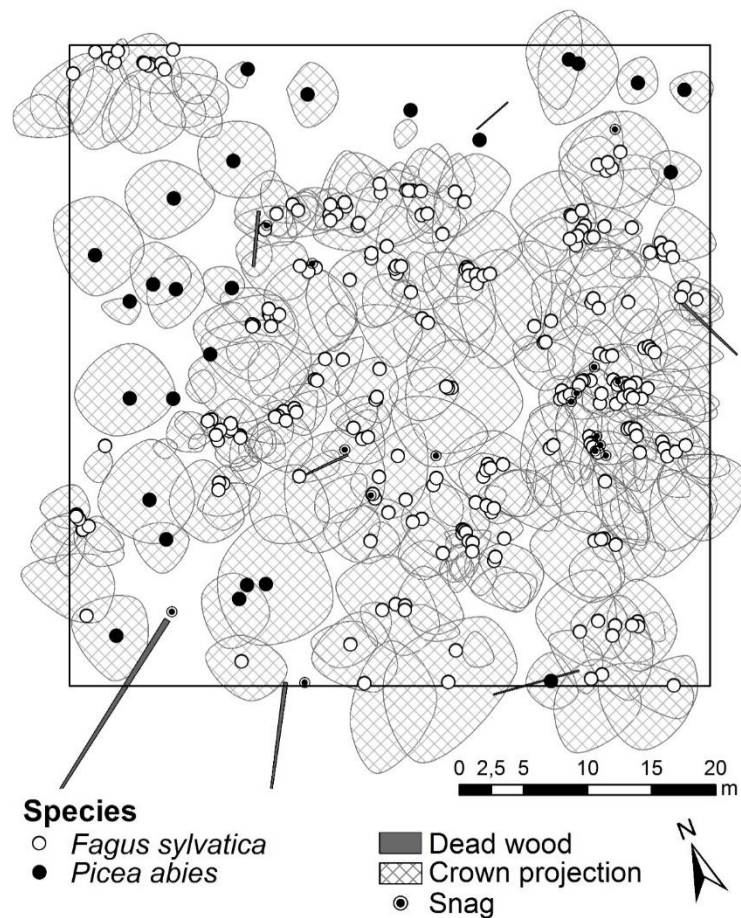
B – index porostní proměnlivosti vychází z 4 faktorů, které společně ovlivňují diverzitu porostu. Jedná se o dřevinné složení, prostorové uspořádání, vertikální strukturu a korunovou diferenciaci. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím vyšší je rozmanitost porostní skladby. Z výsledků (Tab. 16) vyplývá hodnota 7,341 která značně překračuje hodnotu 5. To nasvědčuje o velmi rozrůzněném porostu.

TMd – index tloušťkové diferenciaci se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o vysoké tloušťkovou diferenciaci. Výsledek z plochy (Tab. 16) se pohybuje na hodnotě 0,369 a z toho lze vyvodit, že se jedná o střední diferenciaci.

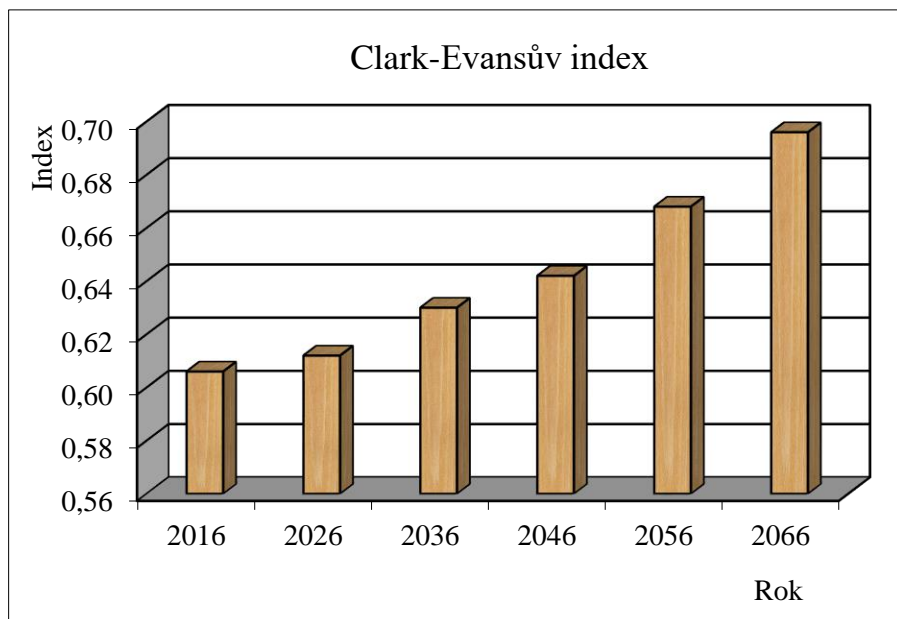
TMh – index výškové diferenciaci se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o vysokou výškovou diferenciaci. Výsledek plochy (Tab. 16) se pohybuje na hodnotě 0,365 a z toho lze vyvodit, že se jedná o střední diferenciaci.

Horizontální struktura TVP 4 je zachycena na Obr. 64. Jednotlivé indexové hodnoty jsou zachyceny v Tab. 16. Vychází se z předešlých indexů: (Hopkins-Skellemanova, Pielou-Mountfordova, David-Mooreva a Clark-Evansova). Shlukovité uspořádání je ve vztahu se vzájemnou vzdáleností.

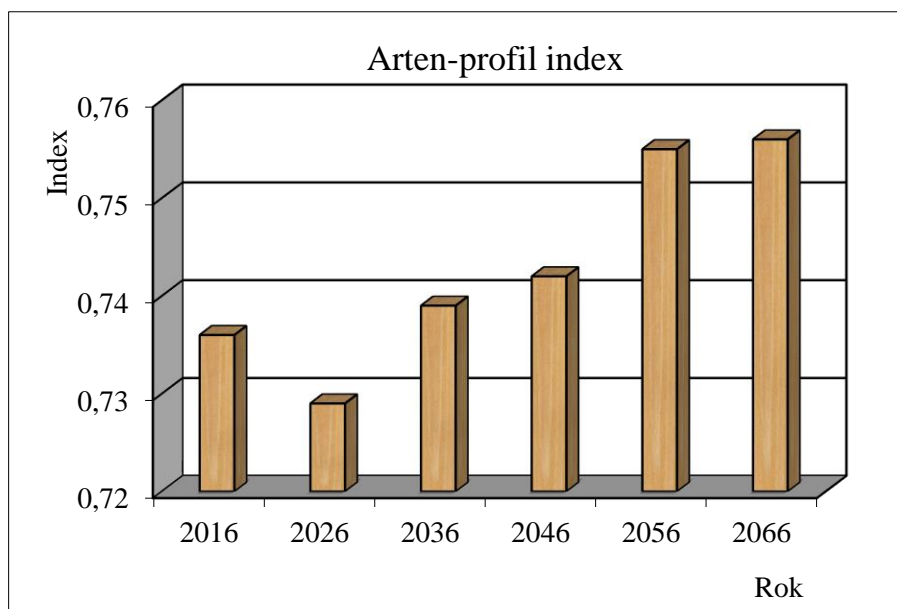
Na ploše TVP 3 – Nad Benzínou, se vyskytuje více vrstevná struktura buku lesního (*Fagus sylvatica*) a několika přimíšených jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*) a javoru kleny (*Acer pseudoplatanus*).



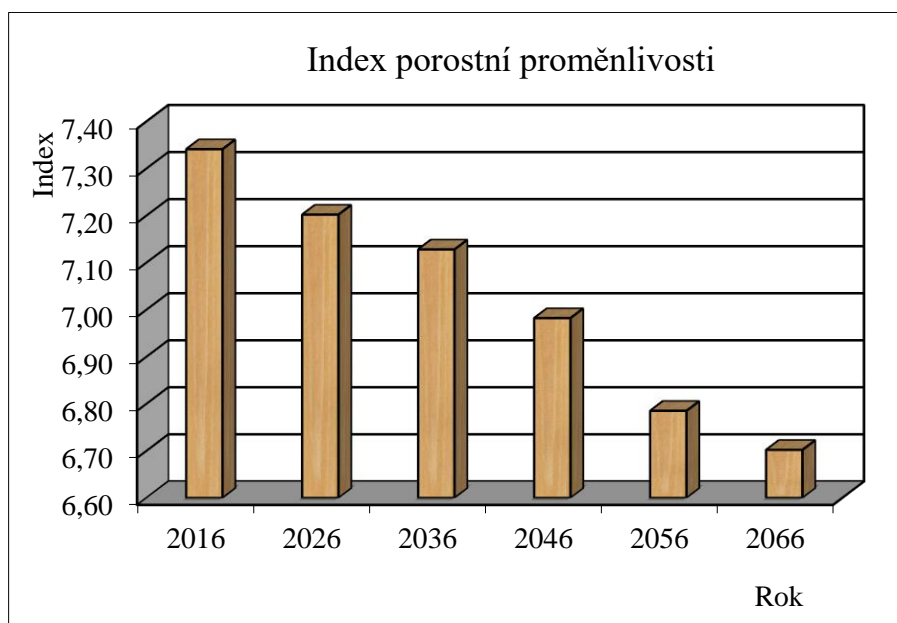
Obr. 65: Horizontální struktura porostu na TVP 3 - Nad Benzínou 3 v roce 2016.



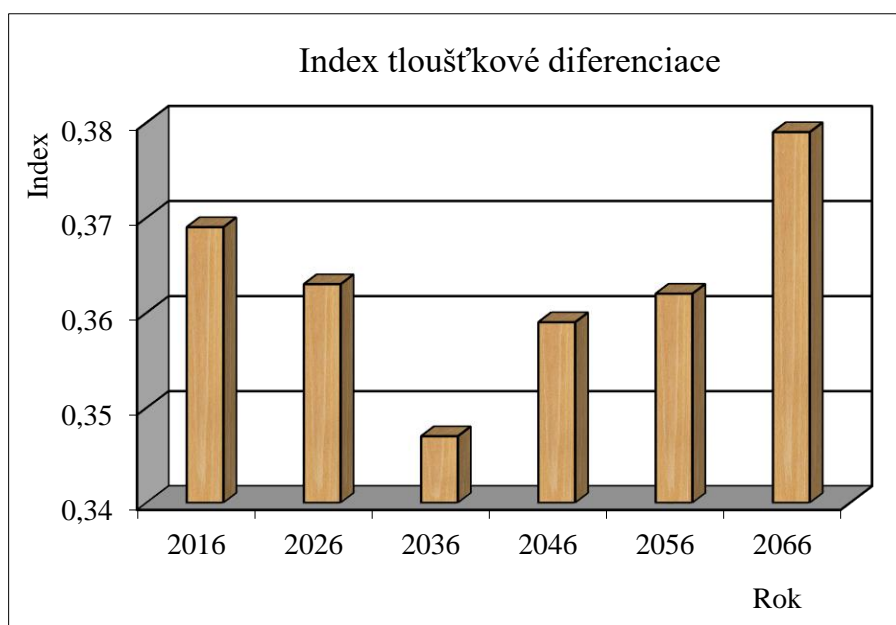
Obr. 66: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.



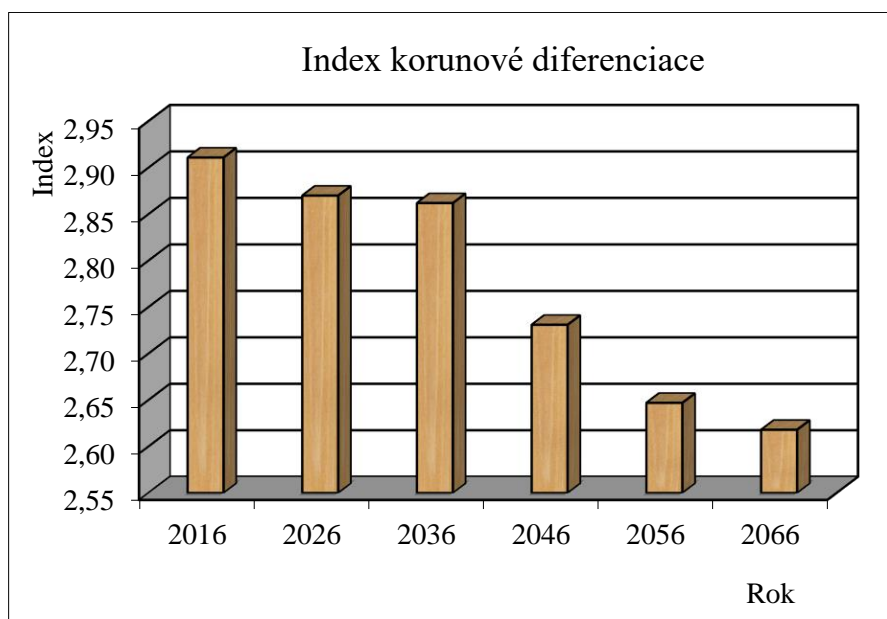
Obr. 67: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.



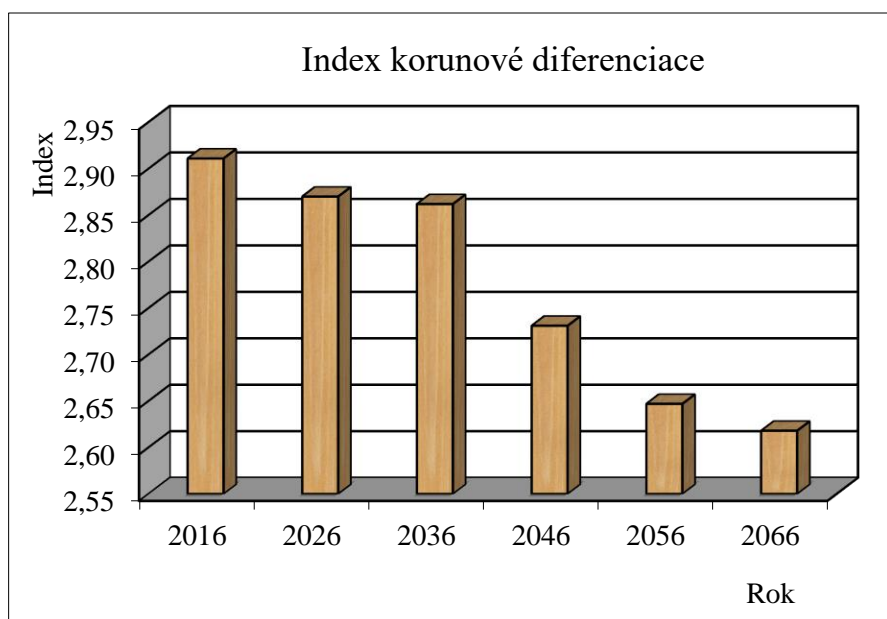
Obr. 68: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.



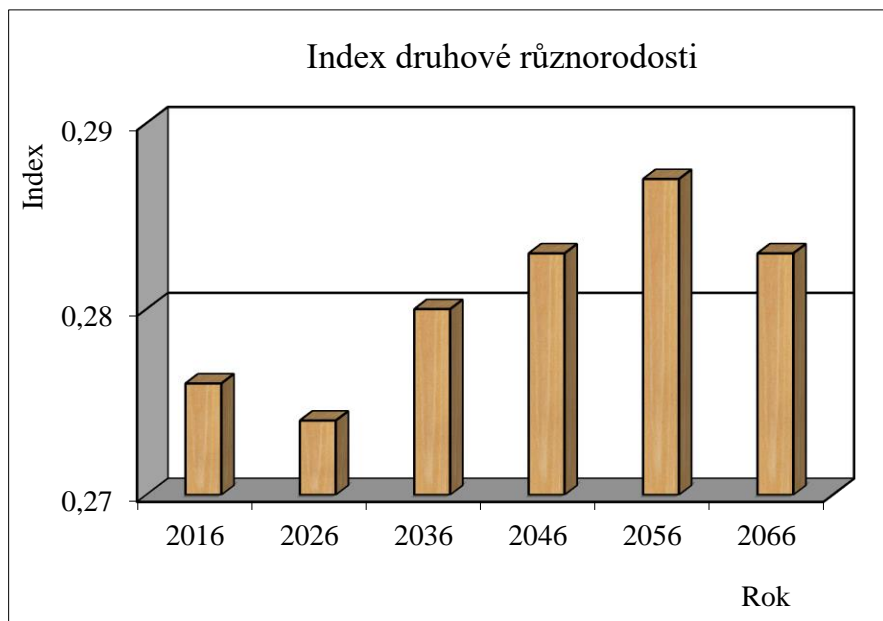
Obr. 69: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diference bukového porostu na TVP 3 Nad Benzínou.



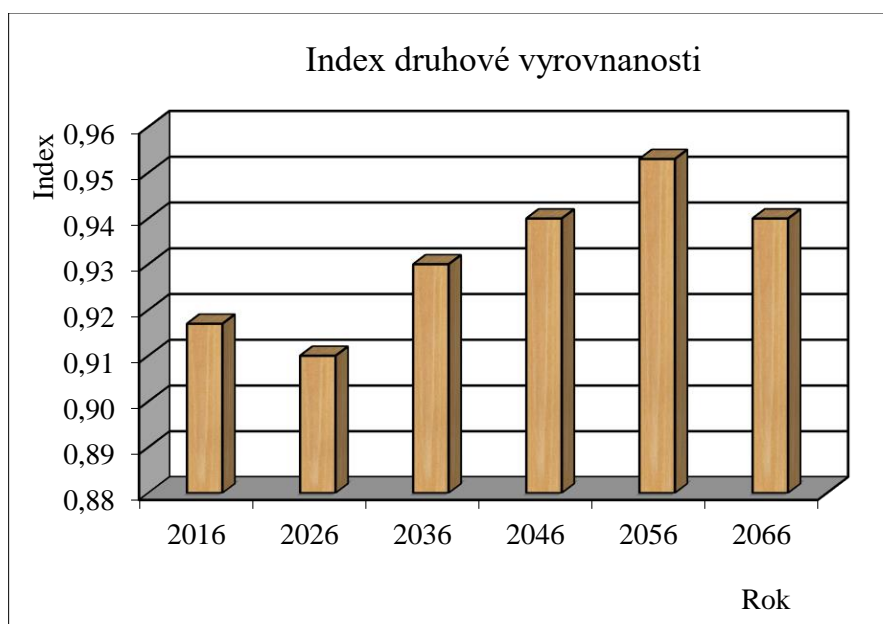
Obr. 70: Vývoj hodnot indexu výškové diferencie bukového porostu na TVP 3.



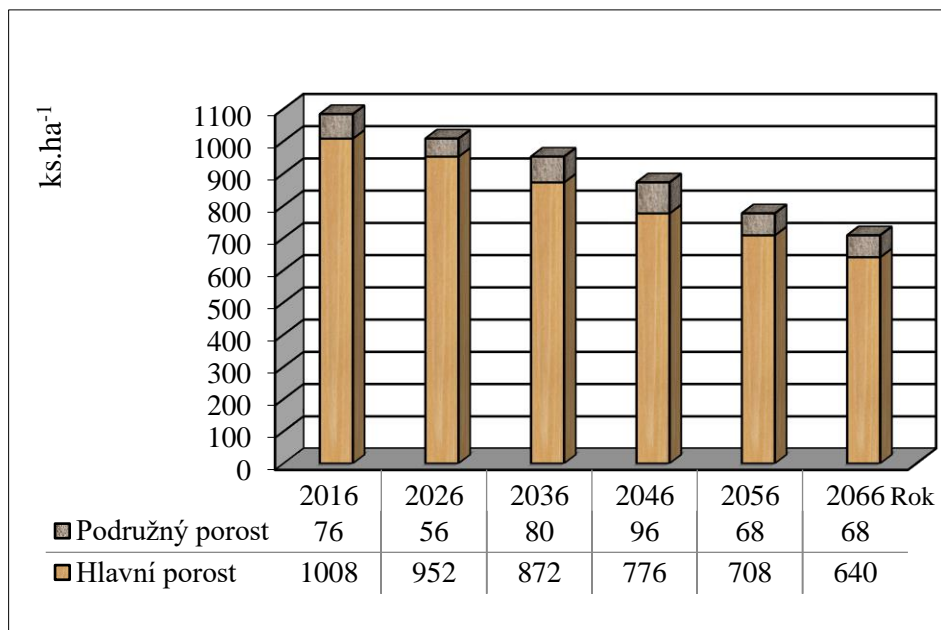
Obr. 71: Vývoj hodnot indexu korunové diferencie bukového porostu na TVP 3.



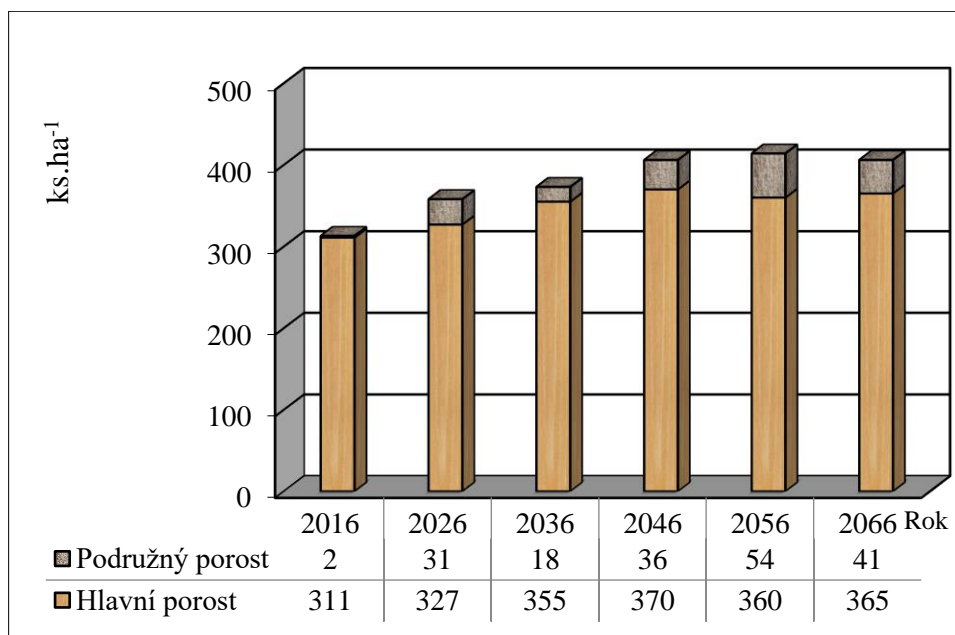
Obr. 72: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti na TVP 3.



Obr. 73: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti na TVP 3.



Obr. 74: Vývoj počtu jedinců v ks. ha⁻¹ bukového porostu na TVP 3.



Obr. 75: Vývoj zásoby m³ ha⁻¹ bukového porostu na TVP 3.

4.4 Trvalá výzkumná plocha – Nad Benzínou 4.

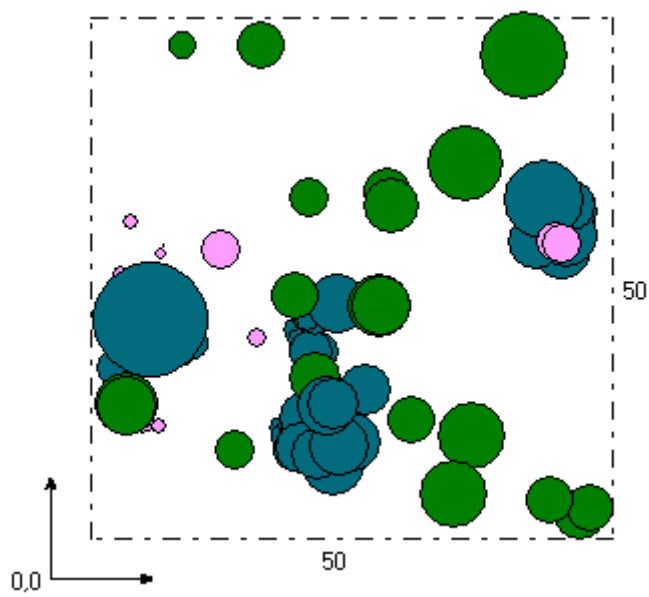
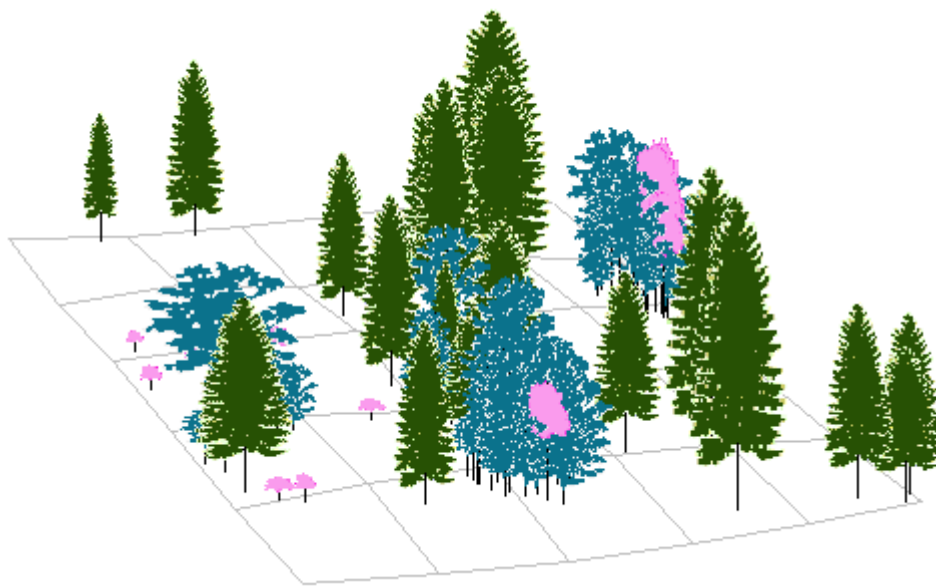
4.4.1 Struktura a vývoj porostu

Trvalá výzkumná plocha **Nad Benzínou 4** (Obr. 76 a 77) se rozkládá v nadmořské výšce 1310 s průměrnou roční teplotou 4°C. Počet vegetačních dnů zde byl stanoven na 60 a úhrn srážek dosahuje 1350 mm. Geologickým podložím je zde žula a typem půdy kryptopodzol. Expozice terénu je severo-západní se sklonem 24°. Typ půdy 9K - klenosmrková bučina (*Aceri-Piceeto-Fagetum lapidosum*)

Programem SYBILA byla vytvořena vizualizace plochy pouze pro současný stav (Obr. 78), další období nebyla modelována z důvodu pravděpodobné nepřesnosti a kvůli tomu, že pro borovici kleč není zpracována vizualizace ani růstový simulátor. Došlo k znázornění predikce růstu (Tab.19), vývoje strukturálních indexů (Tab. 20), vývoje zápoje a denzit (Tab. 21) a indexů popisující horizontální strukturu (Tab. 22). Grafické zobrazení indexů poskytují Obr. 82–91. Dále je znázorněna horizontální struktura horní etáže stromového patra (Obr. 79) a histogram tloušťkových tříd (Obr. 80)



Obr. 76 a 77: Klonální růst buku lesního (*Fagus sylvatica*) nad horní hranicí lesa v Krkonoších



Obr. 78: Vizualizace vertikální struktury porostu na TVP 4 v roce 2016.

Tabulka 19: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2016	136	24,0	7,93	0,621	0,223	396	17,9	88	33,0	0,0	0,65	88
2026	144	25,2	8,25	0,597	0,246	392	19,4	96	32,7	0,9	0,67	97
2036	154	26,5	8,57	0,581	0,275	380	20,9	104	32,3	0,9	0,69	106
2046	163	27,6	8,79	0,573	0,301	372	22,2	112	31,8	0,8	0,70	114
2056	172	28,6	8,86	0,560	0,318	324	20,7	103	31,0	0,8	0,71	122
2066	183	30,1	8,98	0,556	0,355	300	21,3	107	29,8	0,8	0,71	130

Vysvětlivky: t – prům. věk porostu; d – prům. výčetní tloušťka (cm); h – stř. porostní výška (m); f – výtvarnice; v – prům. objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celk. běžný přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); CPP – celk. prům. přírůst (m³.ha⁻¹ rok⁻¹); COP – celková objemová produkce (m³.ha⁻¹).

Tabulka 20: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

Rok	Indexy								
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)	
2016	0,616	0,710	7,937	0,305	0,234	2,649	0,318	0,666	
2026	0,615	0,703	7,918	0,301	0,231	2,628	0,316	0,662	
2036	0,588	0,686	7,888	0,293	0,226	2,589	0,302	0,633	
2046	0,592	0,672	7,867	0,291	0,229	2,571	0,287	0,602	
2056	0,596	0,679	7,787	0,306	0,228	2,538	0,279	0,585	
2066	0,591	0,674	7,735	0,306	0,241	2,521	0,270	0,566	

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

Tabulka 21: Růstová tabulka bukového porostu na TVP 4 v r. 2016 a s predikcí po 10 letech (2026-2066).

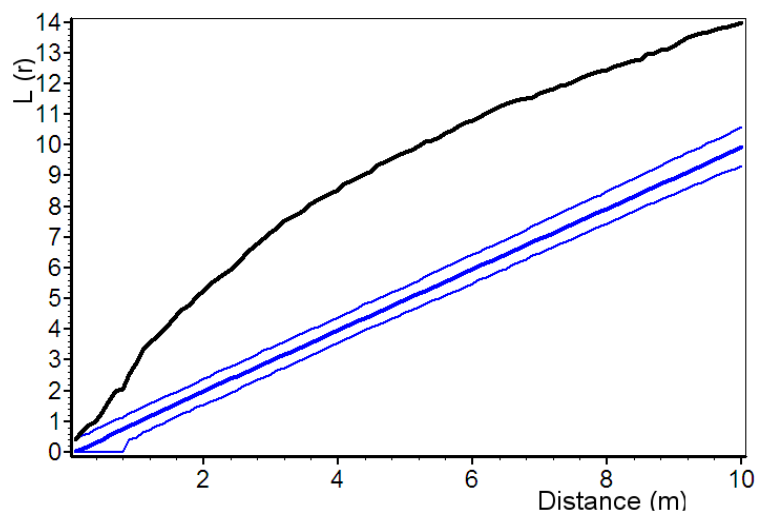
Rok	Denzita			
	CC	CP	SDI	SD
2016	66,0	1,08	0,30	0,34
2026	68,3	1,15	0,32	0,34
2036	70,3	1,21	0,34	0,36
2046	72,0	1,27	0,35	0,36
2056	68,4	1,15	0,32	0,34
2066	67,6	1,13	0,32	0,32

Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC-zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

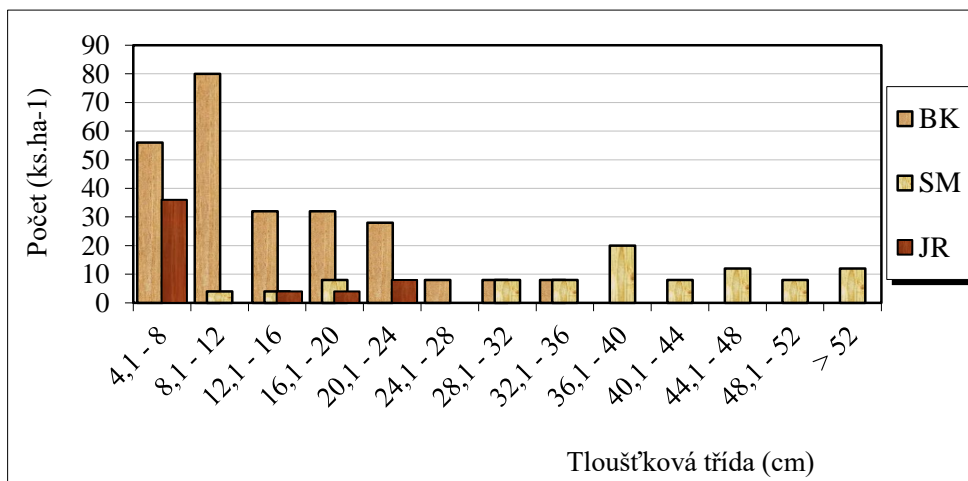
Tab. 22: Indexy charakterizující strukturu bukového porostu TVP 4.

Index	Zjištěné hodnoty	Oček. hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,789*	0,499	0,412	0,599
Pielou–Mountford	3,479*	1,109	0,849	1,480
David–Moore	0,670*	1,044	0,932	1,154
Clark–Evans	3,153*	0,007	-0,255	0,336

* statisticky významné.



Obr. 79: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 4 vyjádřená L-funkcí.



Obrázek 80: Histogram tloušťkových tříd diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 4.

Pro vyhodnocení byly použity indexy: R – Clark-Evans agregační index, A – Arten-profil index, B – index popisující porostní proměnlivost, TMD – index tloušťkové diference, TMh – index pro výškovou diferenciaci, K – index pro korunovou diferenciaci. Vývoj pro jednotlivě uvedené indexy je uveden v Tab. 20 a vyobrazen v Obr. 82–91.

R – Clark-Evans agregační index – popisuje horizontální pokryv jedinců na jednotlivých TVP. Uvádí, jak jsou jedinci navzájem v kontaktu, shluku. Výsledek je rozlišován jednou hraniční hodnotou: $R < 1$ - shlukovité uspořádání porostu, $R = 1$ - náhodné uspořádání, $R > 1$ - pravidelné uspořádání). Dle výsledků (Tab. 20) je hodnota 0,616 a byla vyhodnocena jako shlukovitě uspořádaný porost a tento výsledek je v souladu i s naším pozorováním (očekávanou hodnotou) a vizualizací za pomoci programu SYBILA.

Arten-profil index - popisuje diverzitu porostu. Vychází z předpokladu, že čím nabyde výsledek vyšší hodnoty, tím je společenstvo rozdílnější a čím nižší tím je i diverzita méně patrná. Z výsledku (Tab. 20) je hodnota na úrovni 0,710. To vypovídá o vysoké diversitě stanoviště.

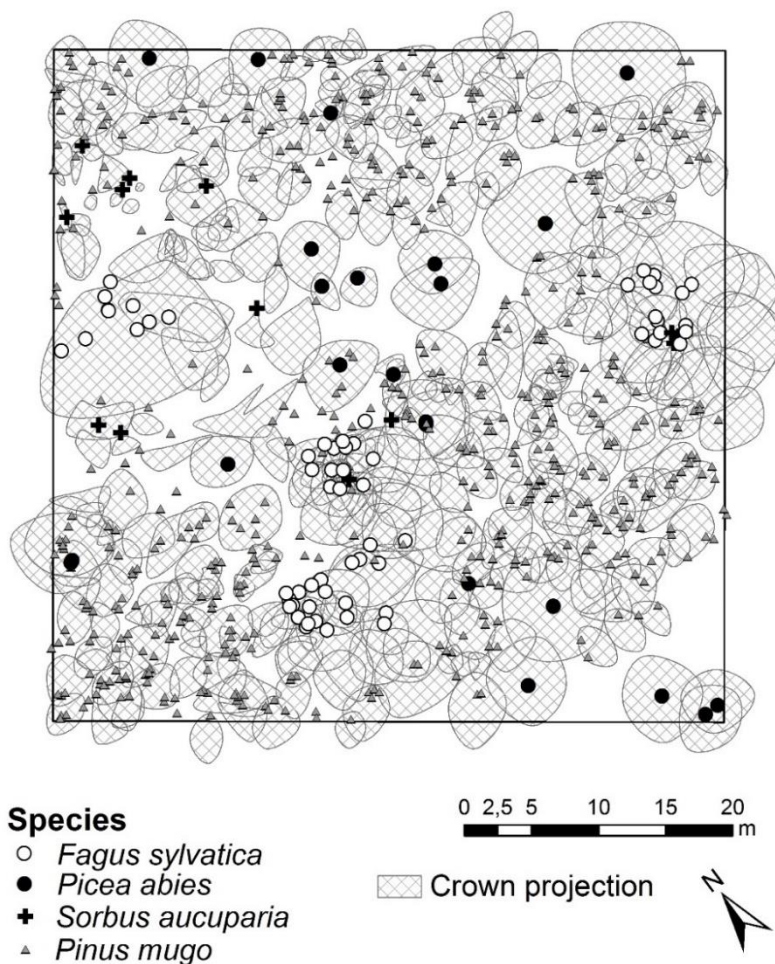
B – index porostní proměnlivosti vychází z 4 faktorů, které společně ovlivňují diverzitu porostu. Jedná se o dřevinné složení, prostorové uspořádání, vertikální strukturu a korunovou diferenciaci. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím vyšší je rozmanitost porostní skladby. Z výsledků (Tab. 20) vyplývá hodnota 7,937 která značně překračuje hodnotu 5. To nasvědčuje o rozmanitě strukturovaném porostu.

TMD – index tloušťkové diference se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o velmi silnou tloušťkovou diferenciaci. Výsledek z plochy (Tab. 20) se pohybuje na hodnotě 0,305 a z toho lze vyvodit, že se jedná o střední diferenciaci.

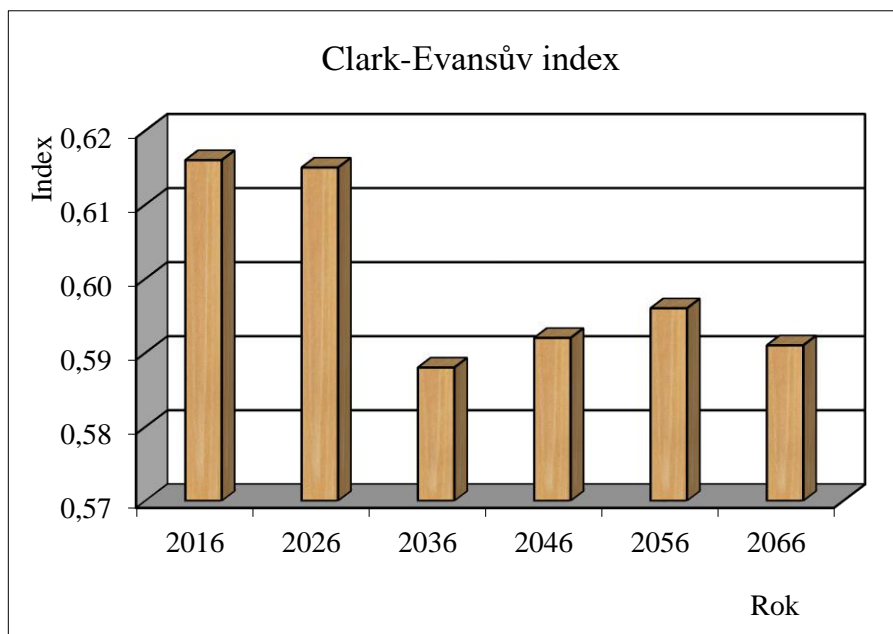
TMh – index výškové diference se pohybuje na hodnotě mezi 0 a 1. Při překročení hodnoty $> 0,7$ se jedná o velmi silnou výškovou diferenciaci. Výsledek plochy (Tab. 20) se pohybuje na hodnotě 0,234 a z toho lze vyvodit, že se jedná o nízkou diferenciaci.

Horizontální struktura TVP 3 je zachycena na Obr. 80. Jednotlivé indexové hodnoty jsou zachyceny v Tab. 20. Vychází se z předešlých indexů: (Hopkins-Skellemanova, Pielou-Mountfordova, David-Mooreva a Clark-Evansova). Shlukovité uspořádání je zde ve vztahu se vzájemnou vzdáleností, odstupu (Obr. 80).

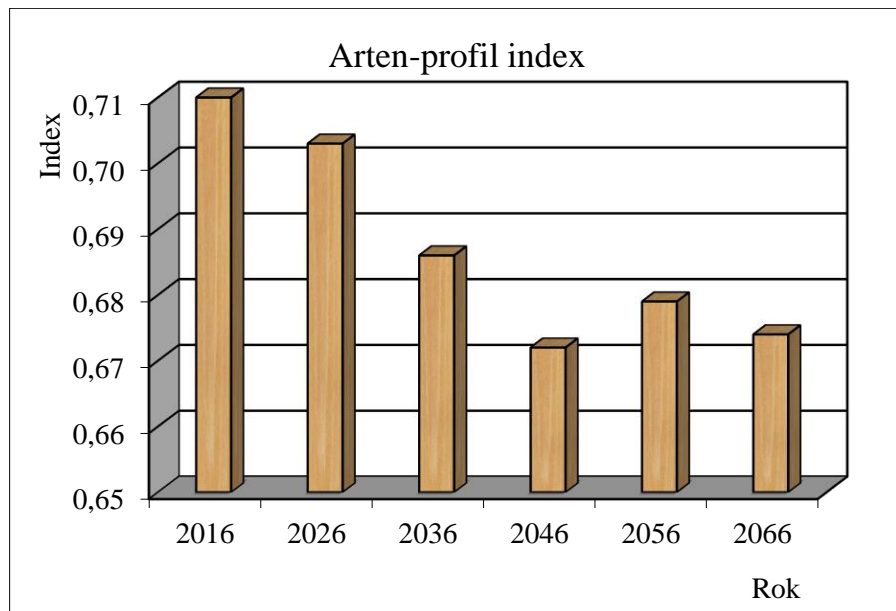
Na ploše TVP 4 – Nad Benzínou, se vyskytuje více vrstevná struktura buku lesního (*Fagus sylvatica*) a množství jedinců smrku ztepilého (*Picea abies*), jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) a borovice kleče (*Pinus mugo*)



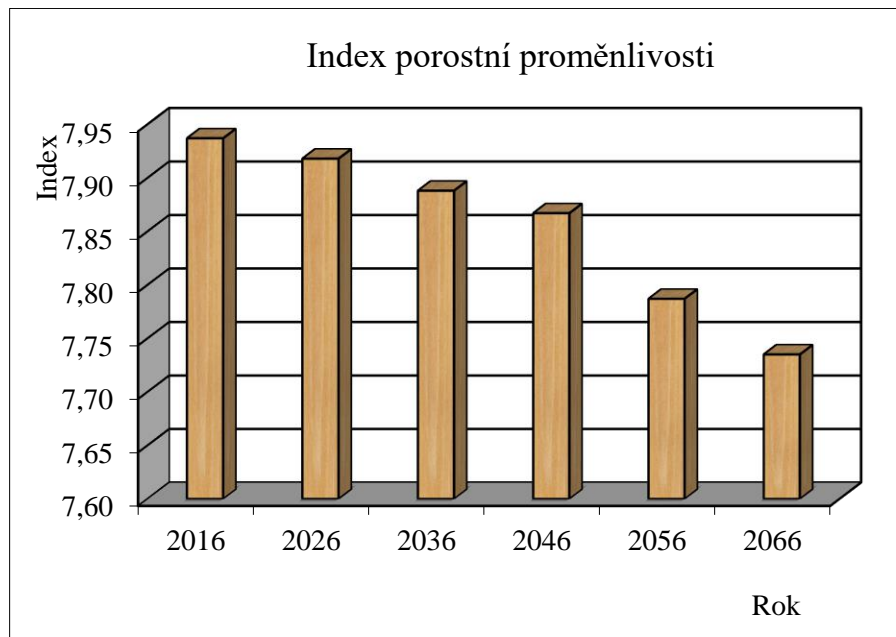
Obr. 81: Horizontální struktura stromového patra na TVP 4.



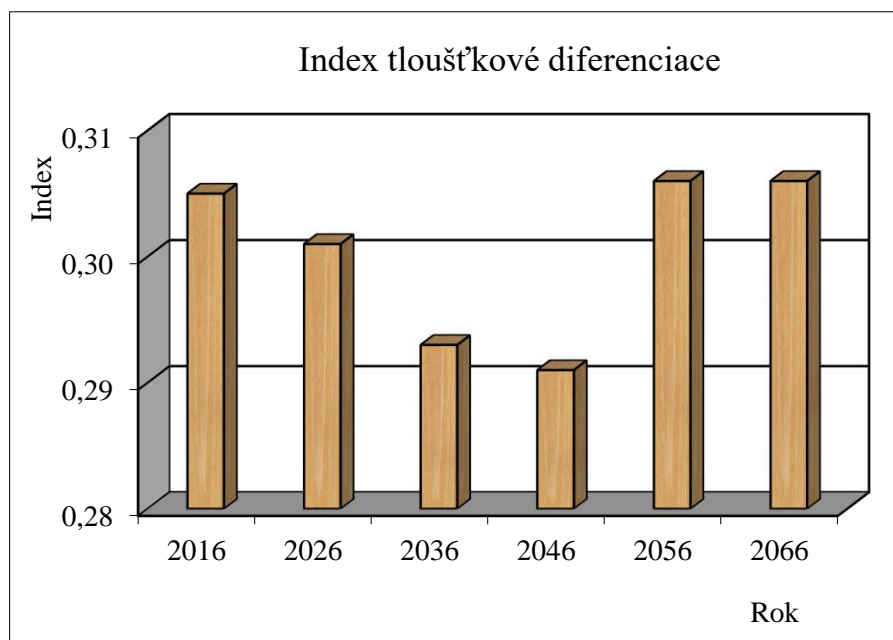
Obr. 82: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.



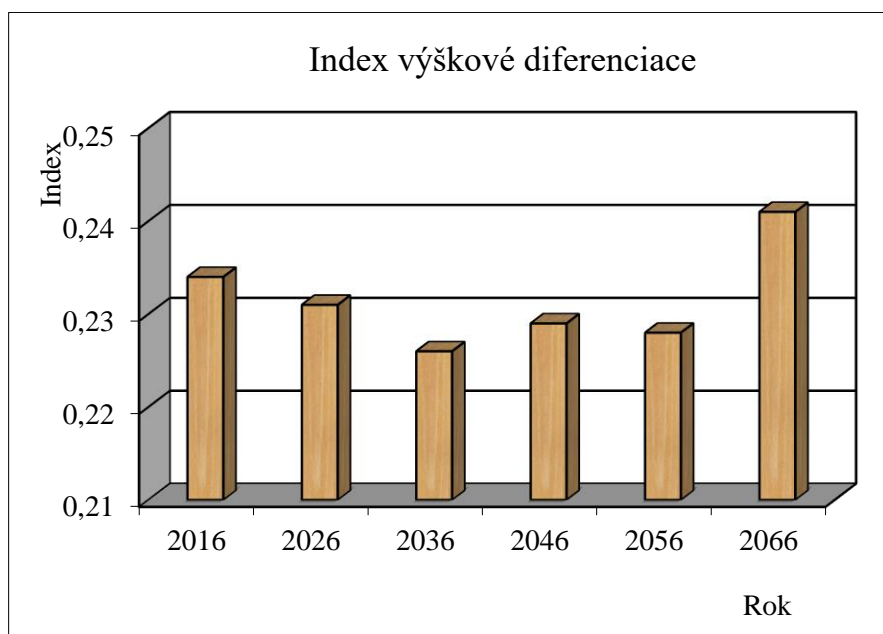
Obr. 83: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.



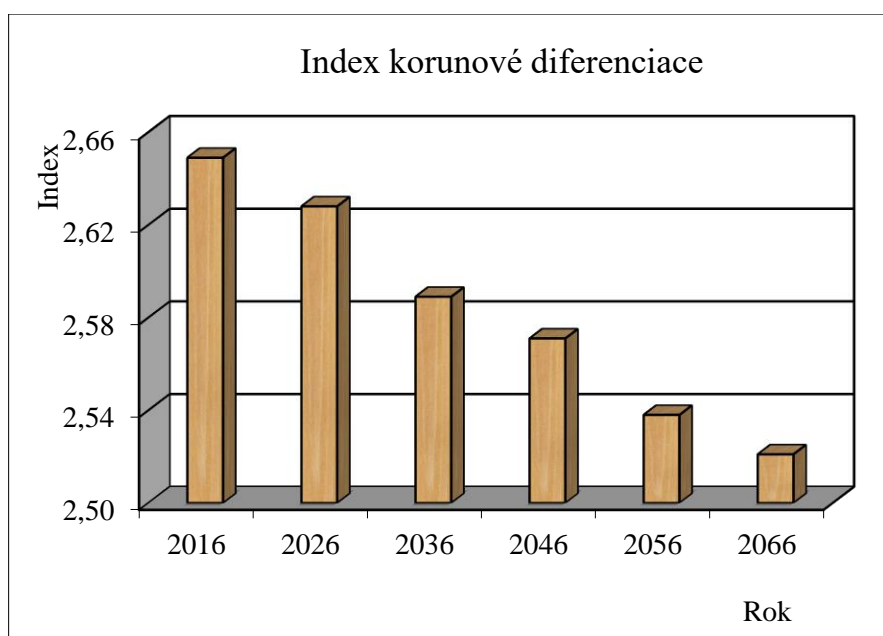
Obr. 84: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.



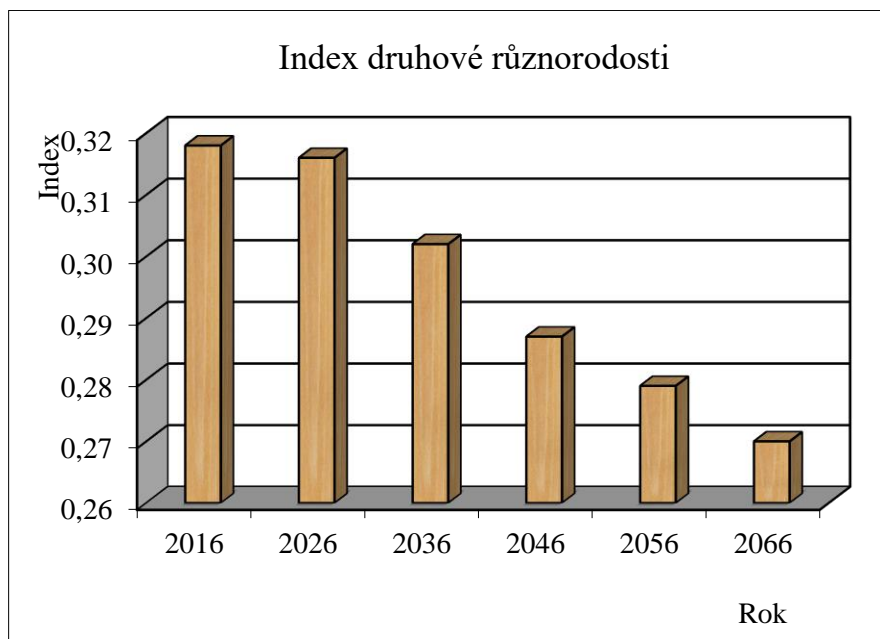
Obr. 85: Vývoj hodnot indexu tloušťkové diference bukového porostu na TVP 4 Nad Benzínou.



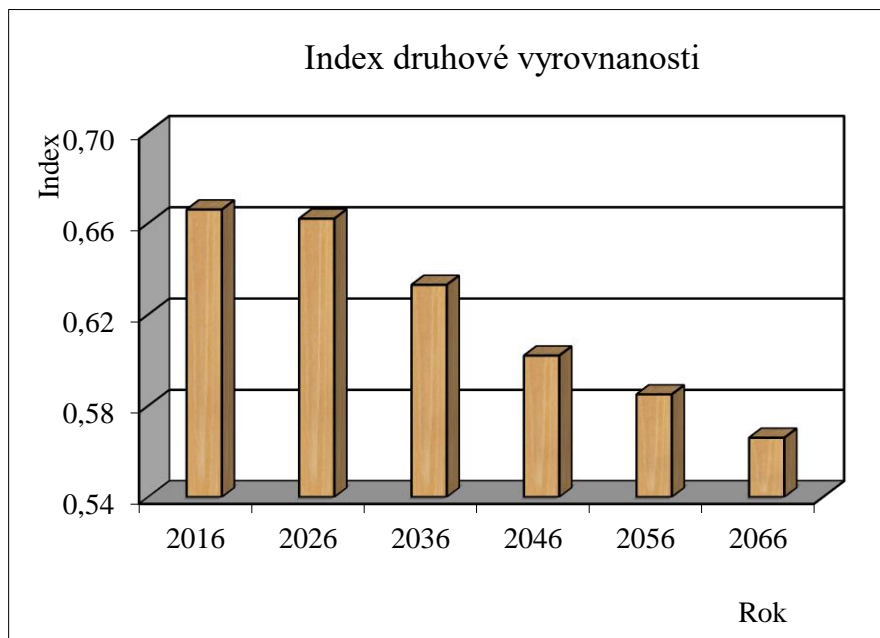
Obr. 86: Vývoj hodnot indexu výškové diferencie bukového porostu na TVP 4.



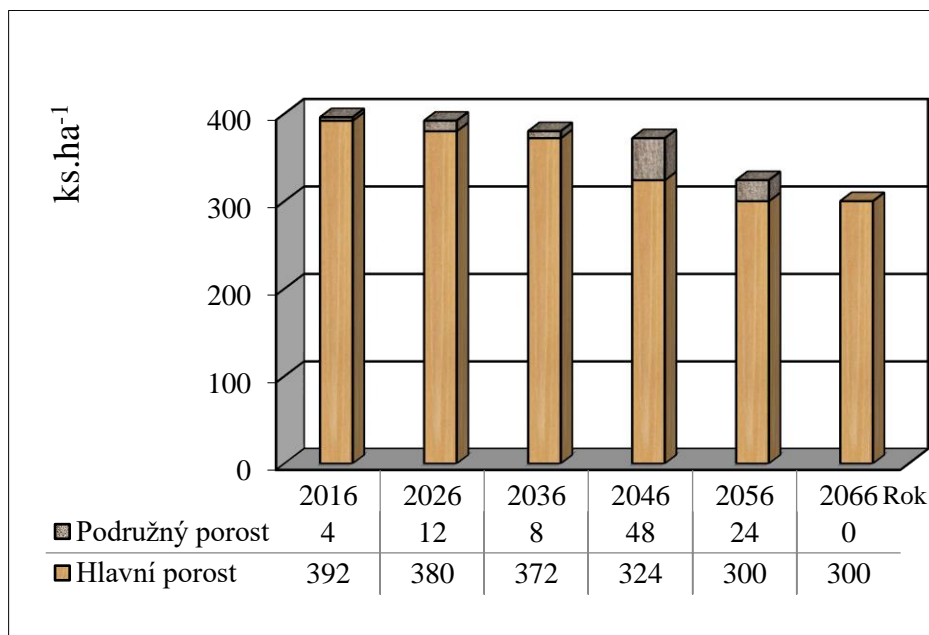
Obr. 87: Vývoj hodnot indexu korunové diferencie bukového porostu na TVP 4.



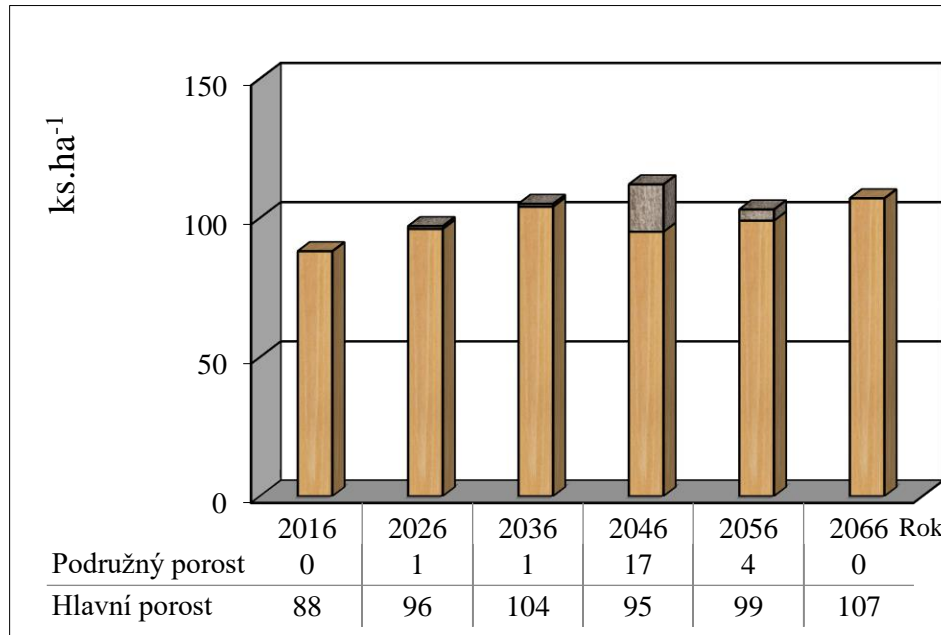
Obr. 88: Vývoj hodnot indexu druhové různorodosti porostu na TVP 4



Obr. 89: Vývoj hodnot indexu druhové vyrovnanosti porostu na TVP 4.



Obr. 90: Vývoj počtu jedinců v ks. ha⁻¹ bukového porostu na TVP 4.

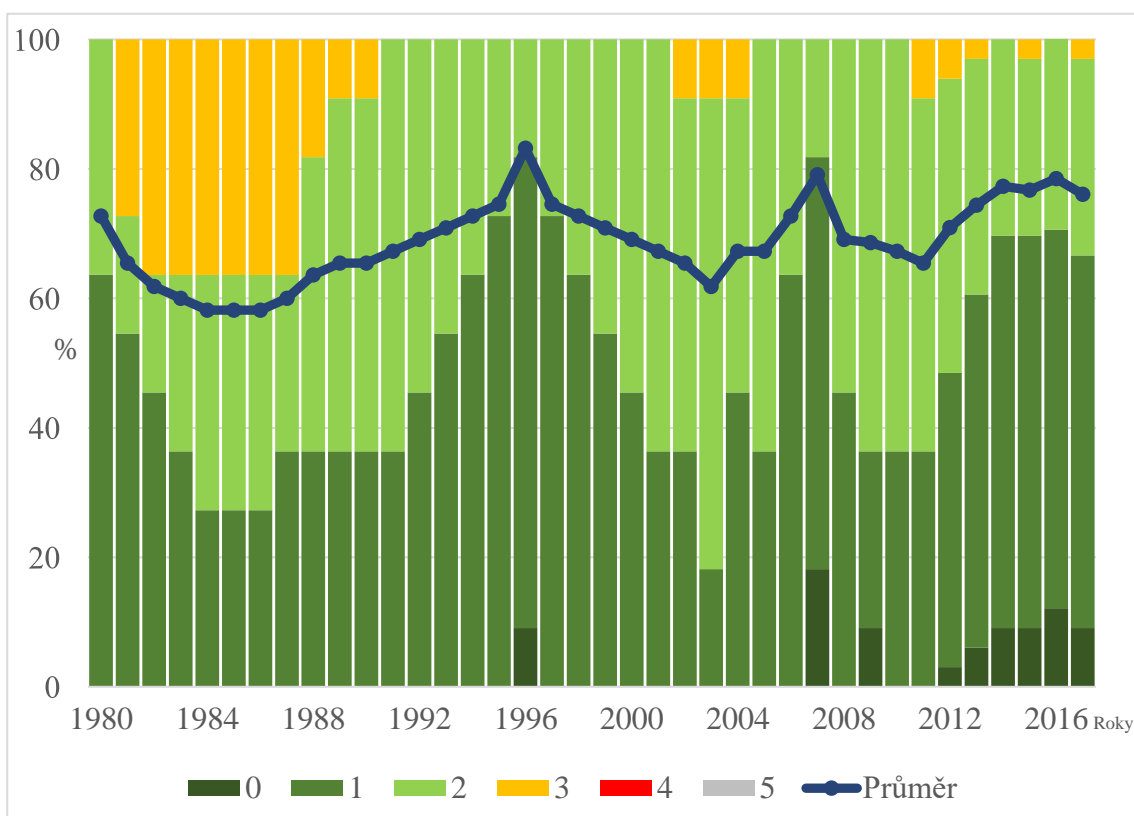


Obr. 91: Vývoj zásoby m³ ha⁻¹ bukového porostu na TVP 4.

4.4.2 Zdravotní stav porostu

Z Obr. 92 vyplývá, že dynamika průměrného olistění jedinců buku na TVP 4 má podobný charakter jako průměrné olistění stromů živých na TVP 1. Dochází zde však k výraznějšímu střídání poklesů olistění (v letech 1980–1984, 1997–2003, 2008–2011) a nárůstu olistění (v letech 1987–1996, 2004–2007, 20012–2016). Od r. 2002 se po 11 letech až do současnosti opět začínají s dílčími výpadky vyskytovat stromy zdravé.

V průběhu sledování neodumřeli žádní jedinci buku, z toho důvodu nedochází k změně průměrného olistění všech a živých jedinců.



Obr. 92: Dynamika průměrného olistění a podíl stupňů odlistění jedinců buku na TVP 4.

5 Diskuze

V současné době se lze setkat s řadou prací, které se zabývají dopadem lidské činnosti (Vacek *et al.* 2015; Zimmermann *et al.* 2015), nebo dynamikou porostů, v horských polohách (Korpel 1989; Flousek 2011). Méně z nich se však věnuje buku lesnímu (*Fagus sylvatica*) - (Anděra & Zadražil 1999; Barna *et al.* 2015) a ještě méně jich je zaměřeno na tak vysoko položená, extrémní stanoviště (Vacek *et al.* 2010), kde se lze setkat i s hřížením (Peters 1997; Holtmeier & Broll 2007). To zvyšuje význam těchto studií a umožňuje doplnění poznatků o struktuře, vývoji a případném zlepšení postupů v přírodě blízkém hospodaření. Porosty, na kterých byly založeny TVP 1–4, vznikali převážně přirozenou obnovou (Podrázský *et al.* 2010). U TVP 4 a z menší části i 3, se lze setkat s vegetativním hřížením (Jeník & Vacek 2010; Bradshaw *et al.* 2010; Vacek *et al.* 2012). TVP 1 a 2 vznikaly zcela přirozenou obnovou generativně (Ellenberg & Leuschner 2010).

Mnou zkoumané TVP se rozkládají v nadmořské výšce mezi 1190 až 1310 m, což je ve střední Evropě výjimečně vysoko. Dle práce Vacek & Hejzman (2012) byly buky pozorovány i v nadmořských výškách okolo 1370 m., ale jak autoři uvádějí, jednalo se o keřovité formy do výšky 1 m. To nasvědčuje o snižujících se produkční schopnosti, se zvyšující se nadmořskou výškou. Toto tvrzení se shoduje s výsledky z práce od Králíčka *et al.* (2017) a je v souladu s výsledky ze zkoumané oblasti, kde jedinci v nejnižší umístěné TVP 1 dosahují výšky 28 m a v nejhůře položené TVP 4 méně jak 8 m. V nejhůře položených oblastech se buky pohybují za ekonomickým optimumem, jak uvádí Ellenberg (1996). Frekvence tloušťkových četností hlavních dřevin byla z již dříve zpracovaných dat v podstatě obdobná a došlo k posunu do vyšších tloušťkových tříd. U TVP 4 bylo pozorováno navýšení nejslabších tloušťkových tříd a to z důvodu nízkého stádia vývoje. Z měření v roce 2016 vyšly tloušťkové frekvence u TVP 2, 3, 4 obdobně a to především z důvodu tří prostupujících se etáží, v kterých je vrchní etáž ve stádiu optima a s diferencovaným vertikálním zápojem. Na nejnižší TVP 1 se vyskytují pouze 2 etáže, z kterých je horní etáž již v rozpadu, při snížení počtu stromů z 424 v roce 1980 na 312 ks. ha⁻¹ v roce 2016. Oproti tomu na TVP 4 narostl počet stromů z 292 v roce 1980 na 396 ks. ha⁻¹ v roce 2016 (Vacek, Hejzman, 2012).

Tvar tloušťkových četností u TVP 1 připomíná Gausovu křivku, což nasvědčuje o stádiu optima. U ostatních lze přisoudit tvaru Liocourtovi křivky, typickou pro staré přírodě blízké bukové porosty (Král *et al.* 2010). V našem případě to lze vysvětlit velkým počtem jedinců spodní etáže oproti množství v horní etáži. Vztah mají i ekologické nároky a přírodě blízký charakter buku lesního (*Fagus sylvatica*). To nasvědčuje i Arten profil index, který popisuje vertikální strukturu porostů jako středně, až velmi rozrůzněnou. Pro TVP 4 vyšla hodnota rozrůzněnosti velmi vysoká. U TVP 1 byla rozrůzněnost vyhodnocena jako velmi nízká. Tento výsledek se neshoduje s prací od Králíčka *et al.* (2017). Rozdíl ve výsledcích lze vysvětlit dominancí bukového porostu, vtroušeným jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*) a v okolí rozšířeným smrkem ztepilým (*Picea abies*). Současně zde již v horní části dochází k přechodu do borovice kleče (*Pinus mugo*). To dává vzniku poměrně složité a ekologicky stabilnější struktury (Klopčič & Bončina, 2011). Horizontální struktura má u všech zkoumaných porostů převážně shlukovité uspořádání, to vytváří příznivé podmínky pro ujímání přirozené obnovy a zvýšené odolnosti vůči nepříznivým vlivům. Obdobné tvrzení se vyskytuje i v práci Bolteho *et al.* (2010), kde se hodnotí buk lesní jako dřevina s odolností vůči abiotickým a biotickým činitelům. To by v budoucnu, s ohledem na měnící se podmínky v horských oblastech Evropy, mohlo vést k zvyšujícímu se podílu buku lesního na úkor smrku ztepilého.

Z vývoje zdravotního stavu posuzovaného podle průměrného olistění je patrný mírně odlišný vývoj na TVP 1 a TVP 4. Z již dříve získaných dat, vyplývá výrazná defoliace mezi lety 1981 a 1987. Negativním dopadem obyvatelstva na severní část České republiky se zabývali i Vejpustková *et al.* (2004) a Kolář *et al.* (2015). Tento časový interval je v práci od Krále *et al.* (2015) popsán jako období, v kterém v Krkonoších dochází k imisně-ekologickému zatížení, dosahování klimatických extrémů a dopadu biotických škůdců. Od 90. let 20. století se zkoumaný stav porostů celkově zlepšuje. K několika odchylkám v množství olistění dochází mezi lety 1997-2002. Po roce 2007 probíhá nárůst v regeneraci porostů a to přetrvává do roku 2017, kdy nastává mírná defoliace. S tímto hodnocením přichází i práce z Orlických hor od Rybníčka *et al.* 2009. Se zlepšujícími se podmínkami a stavem porostů je spjata i přirozená obnova. To je patrné z navýšení přirozené obnovy buku lesního na TVP 1 (z 1 240 ks. ha⁻¹ na 186 320 ks. ha⁻¹) a TVP 4 (z 186 ks. ha⁻¹ na

3680 ks. ha⁻¹) – (Vacek & Hejcman 2012). Výrazný nárůst přirozené obnovy lze nalézt na TVP 1, zajímavější se ale stává TVP 4, neboť dle dřívějších měření se zde přirozená obnova v počátcích výzkumu nevyskytovala. Postupný nárůst byl realizován na úkor borovice kleče, u které došlo k poklesu z 50 % na 15 %. Na ostatních TVP pak bylo v roce 2016 zastoupení buku rovněž dominantní, na TVP 2 (76 %) a na TVP 3 (72 %). Narůstající zastoupení buku je v souladu s výsledky práce Šebkové *et al.* (2011). Dominantní zastoupení buku v přirozené obnově přírodě blízkých lesů a smíšených lesů, potvrzuje celá řada prací napříč Evropou. V práci Bílka *et al.* (2014) o přírodě blízkých bukových lesích ve Voděradských bučinách, je uvedeno množství přirozené obnovy v rozmezí mezi 9 411 – 90 436 ks. ha⁻¹. Z důvodu vysokého tlaku jelení a srnčí zvěře, se na zkoumaných lokalitách nevyskytuje jedle. Působené škody okusem byly pozorovány na všech plochách a upřednostňována byla přirozená vegetativní obnova.

6 Závěr

Struktura jednotlivých porostů nacházejících se v ekotonu při horní hranici lesa v západní části Krkonoš, s dominantním bukem lesním (*Fagus sylvatica*), se od sebe výrazně odlišuje. V rozmezí pouhých 120 výškových metrů dochází k rozdílné průměrné výšce, výčetní tloušťce, kruhové základně, porostní zásobě, běžnému přírůstu a ploše korunových projekcí (biologickému zápoji). Obdobně dochází i k nárůstu parametrů biodiverzity a porostní proměnlivosti. Ze studie rovněž vyplývá, že studované porosty se po imisní zátěži z období mezi lety 80. a 90. postupně revitalizují. To je patrné ze zvyšujícího se olistění na všech TVP a nárůstu přirozené obnovy, která se na TVP 1 v období zátěže zcela nevyskytovala. Na navýšení plodivosti a ujímání má příznivý dopad i globální klimatická změna, při které dochází k navyšování množství buku lesního před klečí (*Pinus mugo*) v nejvýše položené TVP 4, kde se lze setkat i s hřížením buku lesního.

Získané poznatky o struktuře a vývoji porostů je možné využít pro přírodě blízké hospodaření, tj. pro tvorbu plánu péče na obdobných lokalitách v Krkonoších. Nabyté vědomosti mohou v budoucnu napomoci ochraně porostů Krkonoš, vzhledem k silnému napadání smrku ztepilého (*Picea abies*) kůrovci a stále se zvyšující teplotě, proti kterým je buk lesní vhodněji adaptován než smrk.

8 Literatura

AAS, G. a RIEDMILLER, A. *Stromy: kapesní atlas: praktická příručka k určování evropských jehličnatých a listnatých stromů*. Praha: Slovart, 1997. ISBN 80-7209-007-0.

ANDĚRA, M. a ZADRAŽIL, V. *Zvířata v lese*. Praha: Aventinum, 1999. ISBN 80-7151-099-8.

BANFI, E. a CONSOLINO, F. *Stromy: na zahradě, v parku a ve volné přírodě*. Praha: Ikar, 2001. ISBN 8072028073.

BARNA, M. a BOŠELA, M. Tree species diversity change in natural regeneration of a beech forest under different management. *Forest Ecology and Management*, 2015 342, 93–102 s.

BÍLEK, L. J. REMEŠ, V. PODRAZSKÝ, D. ROZENBERGAR, J. DIACI, a ZAHRADNÍK, D. Gap regeneration in near-natural European beech forest stands in Central Bohemia – the role of heterogeneity and micro-habitat factors. *Dendrobiology*, 2014, 71: 59–71 s.

BLÁHA, L. *Ze života stromů*. České Budějovice: Karmášek, 2008. ISBN 9788087101018.

BOLTE, A., T. CZAKOWSKI. a KOMPA, T. *The north-eastern distribution range of European beech*. *Forestry* 2007, 80: 413–429 s.

BRADSHAW, R. H. W., N. KITO a T. GIESECKE. *Factors influencing the Holocene history of Fagus*. *For Ecol Manage* 2010.

CLARK, P. a J. EVANS, F. C: Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 1954, 35: 445–453 s.

ČERVENÝ, J. *Encyklopedie myslivosti*. Praha: Ottovo nakladatelství v divizi Cesty, 2004. ISBN 80-7181-901-8.

ČHMÚ 2016: Český hydrometeorologický ústav, *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2015*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2016. ISBN 978-80-87577-60-8.

DAVID, F. N. a MOORE, P. G. Notes of contagious distributions in plant populations. *Annals of Botany of London*, 1954, 18, 47-53 s.

DULAMSUREN, C., M. HAUCK., G. KOPP, M. RUFF a LEUSCHNER, C. *European beech responds to climate change with growth decline at lower, and growth increase at higher elevations in the center of its distribution range (SW Germany)*. *Trees*, 2017, 31(2), 673–686 s.

ELLENBERG, H. a LEUSCHNER, C. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht, 6th edn*. Stuttgart, Ulmer, 2010.

ELLENBERG., H. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 5th edition*. Stuttgart, Ulmer, 1996, p. 1095.

FABRIKA, M. a ĎURSKÝ, J. *Stromové rastové simulátory*. Zvolen: EFRA, 2005, 112 s.

FANTA, J. a SEVINK, J. *Nález a doporučení ve věci acidifikace půd a obnovy lesů v Krkonošském národním parku, Česká republika*. Univerzita Amsterdam, 1994, 15 s.

FANTA, J. Krkonošský národní park - 50 let. In. *Živa*. Praha: Academia, 2013, 61(4), 157-159 s.

FÜLDNER, K. Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv*, 1995, 66: 235-606 s.

FLOUSEK, J. (ed). *Plán péče o Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo 2010–2020, část A*. Správa KRNAP. 2010.

FLOUSEK, J. *Koncepce monitoringu a výzkumu v Krkonošském národním parku*. *Ochrana přírody*. 2011, (3).

GESSLER, A., C. KEITEL., J. KREUZWIESER., R. MATYSSEK., W. SEILER a RENNENBERG, H. *Potential risk of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate*. *Trees*, 2007, 21, 1–11 s.

HANIŠ, J. *et al.* *Lesní hospodářské plány pro LHC Harrachov, Vrchlabí a Maršov s platností od 1. 1. 1982 do 31. 12 1991.* Hradec Králové: ÚHÚL, 1982.

HAVEL, J. a ŠTURSA, J. *Svet hôr.* Praha: Ottovo nakladatelství, 2008. ISBN 978-80-7360-760-9.

HOLTMEIER, F. K. a BROLL, G. *Treeline advance – driving processes and adverse factors.* Landscape, 2007. 1:1–32 s.

HOPKINS, B. a SKELLAM J. G. A new method for determining the type of distribution plant individuals. *Annals of Botany*, 1954, 18, 213-227 s.

HRABÁK, R. a PORUBA, M. *Les.* Praha: Aventinum, 2005. ISBN 80-86858-09-x.

HRUŠKA, J. a CIENCIALA, E. *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd - limitující faktor současného lesnictví.* Praha: Česká geologická služba, 2005. ISBN 80-7075-655-1.

HRUŠKA, J., F. CIENCIALA a MORAVČÍK, P. *Komplexní a systémové řešení směřující k zastavení degradace lesních půd pod vlivem imisí.* Jílové u Prahy a Praha: IFER, ČGÚ a MŽP, 2001, 206 s.

HYNEK, V. *Doporučení pro zakládání genových základen v PLO 22 – Krkonoše.* Vrchlabí: Správa KRNAP, 2000, 4 s.

CHALOUPSKÝ, J. Geologický vývoj. In: *Krkonošský národní park.* Praha: 1983. 11–18 s.

CHALOUPSKÝ, J. *Přehledná geologická mapa Krkonoš a Jizerských hor 1:100 000.* Praha: 1989.

CHRTEK, J., P. TOMŠOVIC a KOVANDA, M. *Květena České socialistické republiky.* Praha: Academia, 1988.

JAEHNE, S. a DOHRENBUSCH, A. Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversitat. *Forstwissenschaftliches Centrablatt*, 1997, 116, s 333-345 s.

JENÍK, J. a VACEK, S. *Přirozené hřížení buku lesního (Fagus sylvatica) v ekotonu alpinské hranice lesa v Krkonoších*. Opera Corcontica 2010, 215–224 s.

JENÍK, J. *Dvousté výročí výpravy České společnosti nauk do Krkonoš*. Opera Corcontica, 1986, 56-76 s.

JURÁSEK, A., T. LOKVENC, T. HRABÍ, J. MARTINCOVÁ a VACEK, S. *Návrh zásad obnovy lesních porostů v oblasti Krkonošského národního parku*. Výzkumná stanice Opočno, 1992, 69 s.

KLOPČIČ, M. a BONČINA, A. *Stand dynamics of silver fir (Abies alba Mill.)-European beech (Fagus sylvatica L.) forests during the past century: a decline of silver fir?* Forestry, 2011, 84:259–271 s.

KOCIÁNOVÁ, M., J. ŠTURSA a VANĚK, J. *Krkonošská tundra*. Vrchlabí: Správa KRNAP, 2015. ISBN 978-80-87706-95-4.

KOLÁŘ, T, P. ČERMÁK, F. OULEHLE, M. TRNKA, P. ŠTĚPÁNEK, P. CUDLÍN, J. HRUŠKA, U. BÜNTGEN a RYBNÍČEK, M. *Pollution control enhanced spruce growth in the “Black Triangle” near the Czech–Polish border*. *Science of the Total Environment*, 2015, 538: 703–711 s.

KORPEL, Š. *Pralesy Slovenska*. Bratislava: Veda, 1989.

KOŠULIČ, M. *Ochrana smrkového lesa proti větrným kalamitám*. *Lesnická práce*, 2007,86 (6): 366-367 s.

KRÁL, J., S. VACEK, Z. VACEK, T. PUTALOVÁ, D. BULUŠEK a ŠTEFANČÍK, I. *Structure, development and health status of spruce forests affected by air pollution in the western Krkonoše Mts. in 1979–2014*. *Forestry Journal*, 2015, 61: 175–187 s.

KRÁL, K., T. VRŠKA, L. HORT, D. ADAM a ŠAMONIL, P. *Developmental phases in a temperate natural spruce-fir-beech forest: determination by a supervised classification method*. *European Journal of Forest Research*, 2010, 339–351 s.

KRÁLÍČEK, I., Z. VACEK, S. VACEK, J. REMEŠ, D. BULUŠEK, J. KRÁL, I. ŠTEFANČÍK a PUTALOVÁ, T. *Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate*. *Dendrobiology*, 2017, 121–139 s.

KUNCA, A. *et al.* *Národní plán ochrany lesov Slovenskej republiky*. Zvolen, 2014.

KURFÜRST, J., V. NOVOTNÝ, K. WIESS, B. MOLDAN a VAVROUŠEK, J. O vzduší. In: *Stav a vývoj životního prostředí v Československu 1991*. Praha: ČSAV, 1999, 3–24 s.

KUŽELKA, K. *Měření lesa: moderní metody sběru a zpracování dat*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2014. ISBN 978-80-213-2498-5.

LOKVENC, T. *Toulky krkonošskou minulostí*. Hradec Králové: Kruh, 1978.

LORENZ, M. *International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests – ICP forests*. Water Air Soil Poll, 1995, 85:1221–1226.

Mapa: Mapy seznam [online]. Seznam.cz, a.s. ©1996 [cit. 10.3.2018]. Dostupné z: <https://mapy.cz/s/2yKT8>

MARGALEF, R. *Information theory in ecology*. General Systematics, 1958, 3:36-71 s.

MÍCHAL, I. *et al.* *Obnova ekologické stability lesů*. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-85368-23-4 s.

MIKESKA, M. *et al.* *Oblastní plán rozvoje lesů pro přírodní lesní oblast 22 – Krkonoše na období 2000 – 2019*. Hradec Králové: ÚHUL, 2000.

MIKESKA, M. *et al.* *Oblastní typologický elaborát pro přírodní lesní oblast 22 – Krkonoše*. Hradec Králové: ÚHUL, 2005.

MOUCHA, P. Zásady začleňování lesů v chráněných krajinných oblastech do zón odstupňované ochrany přírody a krajiny a principy hospodaření v nich. In: *Přírodě blízké způsoby hospodaření v lesích chráněných krajinných oblastí*. Praha: SCHKO, ČR, ŠLS, 1999, 14–45 s.

MOUNTFORD, M. D. Pielou's index of nonrandomness. *Journal of Ecology*, 1961, 49, 271-275 s.

PETRÁŠ, R. a PAJTÍK, J. Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnický časopis*, 1991, 37, 49-56 s.

PETRS, R. *Beech forests*. Geobotany 24, Dordrecht, Springer Netherlands, 1997, 169 s.

PIELOU E.C. The use of point-to-plant distances in the study of pattern of plant populations. *Journal of Ecology*, 1959, 47, 607-613 s.

PODRÁZSKÝ, V. *et al.* Půdy lesů a ekosystémů nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2010. ISBN 9788087154984.

POLENO, Z. *Trvale udržitelné obhospodařování lesů*. Praha: Agrospoj, 1997.

PRETZSCH, H. Wissen nutzbar machen für das Management von Waldökosystemen. *Allgemeine Forstzeitschrift. Der Wald*, 2006, 61: 1158-1159 s.

PRŮŠA, E. *Přirozené lesy České republiky*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990.

RANDUŠKA, D. J. VOREL a K. PLÍVA. *Fytocenológia a lesnická typológia*. Bratislava: *Príroda*, 1986.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 1933, 46 (7), 627-638 s.

RIPLEY, B.D. *Spatial statistics*. New York, John Wiley & Sons, 1981, 252 s.

RUSSELL, T. a CUTLER, C. *Stromy: světová encyklopedie*. Praha: Fortuna Libri, 2007. ISBN 978-80-7321-290-2.

RYBNÍČEK, M, P. ČERMÁK, T. KOLÁŘ, E. PŘEMYSLOVSKÁ a ŽID, T. Influence of temperatures and precipitation on radial increment of Orlické hory Mts. spruce stands at altitudes over 800 m asl. *Journal of Forest Science*, 2009, 55: 257–263 s.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communications. Bell System Technical Journal, 1948, 27, 379–423 s.

SCHWARZ, O. *Obnova lesních ekosystémů Krkonošského národního parku, Česká republika. Pracovní plán pro nadaci Face na období 1992 - 1994.* Správa KRNAP, 1992, 28 s.

SCHWARZ, O. *Současná péče o lesní ekosystémy v KRNAP.* Živa. 2013, (4), 179 s.

SKÁLOVÁ, H. a KRAHULEC, F. *Obhospodařování luk Krkonošského národního parku.* Živa. 2013, (4), 168-170 s.

SPETICH, A. M., H. O. LIECHTY., J. A. STANTURF, D. A. MARION., K. LUCKOW., C. E. MEIER a GULDIN J. M. Coarse woody debris of a prerestoration shortleaf pinebluestem forest. In: Outcalt K.W. (ed.), *Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference*, Knoxville, Tennessee, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, 2002, 615-619 s.

SPOHN, M. *Stromy: nový průvodce přírodou.* Praha: Knižní klub, 2015. ISBN 9788024247205.

STANĚK, J. *Krkonoše a Podkrkonoší.* Praha: Olympia, 1975.

ŠÁLY, R. *Pôda základ lesnej produkcie.* Bratislava: Príroda, 1978.

ŠEBKOVÁ, B., P. ŠAMONIL, D. JANIK, D. ADAM, K. KRÁL, T. VRŠKA, L. HORT a UNAR, P. Spatial and volume patterns of an unmanaged submontane mixed forest in Central Europe: 160 years of spontaneous dynamics. *Ecol. Manage*, 2011, 262, 873–885 s.

ŠTURSA, J. *Dřeviny.* Praha: Aventinum, 2016. ISBN 978-80-7442-082-5.

ŠTURSA, J. *Svět hor.* Praha: Aventinum, 1999. Život v přírodě. ISBN 80-7151-098-X.

TEREN, Š. *Po stopách vzácnej zveri.* Bratislava: Obzor, 1980.

TREML, V. a KŘÍŽEK, M. *Vliv borovice kleče (Pinus mugo) na strukturní půdy české části Vysokých Sudet.* Opera Corcontica, 2006, 45-56 s.

VACEK, S a JURÁSEK, A. *Olistění jako kritérium hodnocení zdravotního stavu bukových porostů pod vlivem imisí*. Lesnictví, 1985.

VACEK, S. a HEJCMAN, M. Natural layering, foliation, fertility and plant species composition of a *Fagus sylvatica* stand above the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, 2012, 799–810 s.

VACEK, S. a PODRÁZSKÝ, V. Změny chemismu lesních půd Krkonoš. In: *Zprávy lesnického výzkumu*, 1994, 51–52 s.

VACEK, S. Dynamics of the defoliation of beech forest stands under the influence of air pollution. In: *3. IUFRO Buchensymposium*. Zvolen: VŠLD, 1988, 377–388 s.

VACEK, S. *et al.* *Východiska ekologicky orientovaného managementu lesních ekosystémů v CHKO Jizerské hory a Krkonošském národním parku*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 9788021322967.

VACEK, S. *et al.* *Horské lesy České republiky*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2002. ISBN 80-7084-239-3.

VACEK, S. I. ULBRICHOVÁ, V. PODRÁZSKÝ, V. ŠRÁMEK, J. REMEŠ, Z. VACEK, I. ŠTEFANČÍK, J. SIMON, M. BALÁŠ, R. PETRÁŠ a ANDĚL, P. *Obhospodařování antropogenně poškozených lesů*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015b. ISBN 9788021325951.

VACEK, S., J. REMEŠ. L. BÍLEK., P. VILÉM, V. ZDENĚK, I. ŠTEFANČÍK. BALÁŠ, M. *Pěstování přírodě blízkých lesů*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015a. ISBN 978-80-213-2596-8.

VACEK, S., J. SIMON, T. MINX, V. PODRÁZSKÝ a BALCAR, Z. Struktura a vývoj lesních ekosystémů v Krkonoších. In: *Geologické problémy Krkonoš*. Opera Corcontica 2007, 453–462 s.

VACEK, S., J. SIMON. a REMEŠ. J. *Obhospodařování bohatě strukturovaných a přírodě blízkých lesů*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2007a. ISBN 978-80-86386-99-7.

VACEK, S., P. HEJCMANOVÁ a HEJCMAN, M. *Vegetative reproduction of Picea abies by artificial layering at the ecotone of the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mountains, Czech Republic*. *Forest Ecology and Management*, 2012, 199–207 s.

VACEK, S., T. LOKVENC a SOUČEK, J. *Změny druhové skladby v lesních ekosystémech Krkonoš*. 1998. In: *Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materialy z sesji naukowej v Przesiece, Tom 2*. Acarus, Poznań: 177–184 s.

VACEK, S., T. LOKVENC, V. BALCAR a HENŽLÍK, V. *Obnova a stabilizace lesa v horských oblastech Sudet*. In: *Protection of forest ecosystems. Selected problems of forestry in Sudety Mts*. Warszawa: Biuro GEF, 1994, 93–119 s.

VACEK, S., V. PODRÁZSKÝ a HEJCMAN, M. *Vývoj krajiny v bilaterální biosferické rezervaci Krkonoše/ Karkonosze*. *Opera Corcontica*, 2007b, 485 – 495 s.

VACEK, S., V. PODRÁZSKÝ a MATĚJKA, K. *Stav a vývoj lesních půd na TVP v Krkonoších v letech 1980–1998*. Vrchlabí, Správa KRNAP, 2000, 150–155 s.

VEJPUSTKOVÁ, M. D. ZAHRADNÍK, V. ŠRÁMEK a FADRHOŇSOVÁ, V. *Growth trends of spruce in the Orlické hory Mts*. *Journal of Forest Science*, 2004, 50: 67–77 s.

ZIEGLEROVÁ, J. a BLÁHA, L. *Zvláštní tvary dřevin*. Praha: Togga, spol. s r.o., 2014. ISBN 9788074760488.

ZIMMERMANN, J., M. HAUCK, CH. DULAMSUREN a LEUSCHNER, C. *Climate warming-related growth decline affects Fagus sylvatica, but not other broad-leaved tree species in Central European mixed forests*. *Ecosystems*, 2015, 560–572 s.