

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů



**Vliv samovolného vývoje na stabilitu porostů
ve výškovém gradientu na lokalitě Plechý**

*Impact of spontaneous development on stability of forest stands in altitude
gradient at Plechy locality*

Diplomová práce

Autor diplomové práce: Bc. Milan Kos
Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Milan Kos

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv samovolného vývoje na stabilitu porostů ve výškovém gradientu na lokalitě Plechý

Název anglicky

Impact of spontaneous development on stability of forest stands in altitude gradient at Plechy locality

Cíle práce

Získat poznatky o stabilitě a struktuře horských porostů ve výškovém gradientu hory Plechý v NP Šumava s akcentem na přirozenou obnovu.

Metodika

- Rozbor problematiky stability, struktury a vývoje smrkobukových, bukosmrkových a smrkových porostů v ČR obecně se zaměřením na klimaxové dřeviny na Šumavě.
- Charakteristika zájmové oblasti NP Šumava a lokality Plechý včetně stanovištních a porostních poměrů.
- Výběr a charakteristika 3 trvalých výzkumných ploch o velikosti 50×50 m v gradientu hory Plechý.
- Standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra, odumřelého dřeva a přirozené obnovy na TVP.
- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod.
- Vyhodnocení stavu porostů, kvantity a kvality odumřelého dřeva a přirozené obnovy na 3 TVP v gradientu hory Plechý se zaměřením na stabilitu porostů a přírodě blízký management.

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 stran textu.

Klíčová slova

struktura a vývoj porostů, přirozená obnova, autochtonní porosty, odumřelé dřevo, smíšené porosty, NP Šumava

Doporučené zdroje informací

- Králíček, I., Vacek, Z., Vacek, S., Remeš, J., Bulušek, D., Král, J., Štefančík, I., Putalová, T. (2017): Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate. *Dendrobiology*, 77: 119-137.
- Poleno Z., Vacek, S. et al. (2007): Pěstování lesů II. Teoretická východiska pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 464 s.
- Poleno Z., Vacek, S. et al. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 952 s.
- Poleno Z., Vacek, S. et al. (2011): Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 320 s.
- Sharma, R. P., Vacek, Z., Vacek, S. (2016): Modeling individual tree height to diameter ratio for Norway spruce and European beech in Czech Republic. *Trees*, 30(6): 1969-1982.
- Štícha, V., Kupka, I., Zahradník D., Vacek, S. (2010): Influence of micro-relief and weed competition on natural regeneration of mountain forests in the Šumava Mountains. *Journal of Forest Science*, 56: 5: 218–224.
- Vacek, S., Krejčí, F., Matějka, K., Podrázský, V., Remeš, J., Ulbrichová, I., Zatloukal, V., Simon, J., Minx, T., Jankovský, L., Turčáni, M., Lepšová, A., Starý, J., Viewegh, J., Bednařík, J., Malík, K., Bilek, L., Štícha, V., Semelová, V., Vokoun, J., Mikeska, M., Prausová, R., Ešnerová, J., Mánek, J., Kučera, A., Vojtěch, O., Jakuš, R., Kozel, J., Malík, V., Vojtíšek, R., Baláš, M. (2009): Lesní ekosystémy v národním parku Šumava. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 512 s.
- 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., 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.

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv samovolného vývoje na stabilitu porostů ve výškovém gradientu na lokalitě Plechý“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Vacka, Ph.D. a s použitím literárních pramenů, které řádně cituji.

V Praze dne 20. 3. 2019

Milan Kos

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňku Vackovi, Ph.D. za pomoc při vedení práce, zapůjčení pomůcek, cenné rady a důležité konzultace. Poděkování patří i Bc. Jiřímu Sládkovi za pomoc při sběru dat.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá posouzením vlivu samovolného vývoje na stabilitu smíšených porostů ve výškovém gradientu na lokalitě Plechý v I. zóně Národního parku Šumava. Cílem studie byla analýza struktury, stability a vývoje horských lesních porostů v letech 2004 a 2018. První část práce se zabývá rozbořem problematiky zaměřeným na strukturu, stabilitu a vývoj lesních porostů včetně vývojových cyklů. Tato část práce se zabývá také odumřelým dřevem, přirozenou obnovu lesa, ekologickými nároky vyskytujícími se dřevin a zdravotním stavem porostů včetně disturbancí. V druhé části práce se jedná především o charakteristiku zájmového území a popis porostních a stanovištních poměrů na trvale výzkumných plochách (TVP) 14–16 o rozměrech 50×50 m. Hlavním úkolem bylo zhodnotit stav přirozené obnovy, odumřelého dřeva a zejména základních biometrických charakteristik porostů v letech 2004 a 2018. Na základě změřených dendrometrických veličin byla vyhodnocena data pomocí matematicko-statistických metod. Výpočet produkčních parametrů a diversity smíšených porostů včetně vizualizace struktury byl proveden pomocí růstového simulátoru Sibyla, programu ArcGis a PointPro. Výsledky vypovídají o poklesu celkové diverzity, avšak zvyšování druhové heterogenity. Zkoumané bohatě strukturované smíšené porosty se vyznačují pokročilým stadiem rozpadu s fází obnovy až stadiem dorůstání. V rámci malého vývojového cyklu se potvrdila schopnost autoregulace smíšených porostů. Z hlediska druhového zastoupení buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) tvořil 86 % a smrk ztepilý (*Picea abies* L.) byl zastoupen 14 %. Průměrná porostní zásoba se pohybovala v rozmezí 539-704 m³.ha⁻¹. Studované TVP hory Plechý potvrdily pozitivní vliv na stabilitu z hlediska vyvíjející se druhové, věkové a prostorové skladby porostů.

Klíčová slova: struktura a vývoj porostů, přirozená obnova, autochtonní porosty, odumřelé dřevo, smíšené porosty, NP Šumava

Abstract

The thesis deals with the influence of the spontaneous development on the stability of mixed stands in the height gradient on the Plechý locality in the I.st zone of Šumava National Park. The goal of the study is to analyse the structure, stability and development of mountain forest stands and development of forest stands in 2004 and 2018. The first part of the thesis deals with the analysis of the issue focused on the structure, stability and development of forest stands, including development cycles. This part of the thesis also deals with dead wood, natural forest renewal, ecological demands of woody species and health condition of stands including disturbance. The second part of the thesis is concerned mainly with the characterize the chosen location and the description of the stand and habitat conditions in the permanent research areas (TVP) 14-16 with the dimensions of 50 × 50 m. The main task was to evaluate the state of the natural regeneration, dead wood, and especially the basic biometric measurements of the vegetation in 2004 and 2018. Based on the dendrometric measurements the data were evaluated through mathematic-statistical methods. The calculation of production parameters and diversity of mixed stands, including the visualization of the structure, was performed using the Sibyla growth simulator, ArcGis and PointPro. The results indicate the decrease of the overall diversity on one side; the increase of the generic heterogeneity on the other. The richly structured mixed stands under investigation are characterized by an advanced stage of disintegration with the recovery phase to the stage of regrowth. Within the small development cycle, the ability of autoregulation of mixed forests has been proved. In terms of species representation, European beech (*Fagus sylvatica* L.) accounted for 86% and Norway spruce (*Picea abies* L.) represented 14%. The average stand stock ranged from 539-704 m³.ha⁻¹. The investigation of the Plechý mountain TVP has proved positive impact on forester structure stability, from the perspective of its genus, age, and space development.

Keywords: Structure and development of forest stands; natural recovery; autochthonous stands; dead wood; mixed forests; Šumava National Park.

Obsah

1. Úvod	18
2. Cíle práce	20
3. Rozbor problematiky	21
3.1 Strukturu lesa	21
3.1.1. Druhová skladba	21
3.1.2. Věková skladba	22
3.1.3. Prostorová skladba	23
3.1.4. Genetická skladba	24
3.2 Stabilita lesa	25
3.3 Dynamika lesa	27
3.3.1. Přírodní les a jeho vývoj	27
3.3.2. Obecné zákonitosti lesa	27
3.3.3. Sukcese a její členění	28
3.3.4. Vývojové cykly lesa	29
3.3.5. Velký vývojový cyklus	29
3.3.6. Malý vývojový cyklus	31
3.3.7. Velkoplošný vývoj lesa	32
3.3.8. Maloplošný vývoj lesa	32
3.4 Zdravotní stav lesů	33
3.4.1. Větrné disturbance	34
3.4.2. Poškození lesa lýkožroutem smrkovým (<i>Ips typographus</i>)	35
3.4.3. Zdroje imisních látek	35
3.5 Odumřelé dřevo	36
3.6 Přírozená obnova	38
3.7 Popis a ekologické nároky hlavních dřevin	39
3.7.1. Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> L.)	39

3.7.2.	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	41
3.7.3.	Jedle bělokorá (<i>Abies Alba</i> Mill.).....	43
3.7.4.	Javor klen (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	45
3.7.5.	Jeřáb ptačí (<i>Sorbus aucuparia</i> L.).....	46
4.	Metodika.....	48
4.1	Popis studovaného území.....	48
4.1.1.	Klimatické a hydrologické podmínky.....	50
4.1.2.	Geomorfologické a geologické podmínky.....	50
4.1.3.	Vegetační a typologické poměry	50
4.2	Lokalizace trvale výzkumných ploch.....	51
4.2.1.	Popis TVP 14.....	51
4.2.2.	Popis TVP 15	52
4.2.3.	Popis TVP 16.....	52
4.3	Sběr dat.....	52
4.4	Analýza dat.....	53
5.	Výsledky.....	57
5.1	Plechý TVP 14	57
5.1.1.	Porostní charakteristika plochy.....	57
5.1.2.	Diverzita porostu.....	59
5.1.3.	Biometrická charakteristika porostu	62
5.1.4.	Přirozená obnova	68
5.1.5.	Odumřelé dřevo	70
5.1.6.	Produkční hodnoty.....	71
5.2	Plechý TVP 15	71
5.2.1.	Porostní charakteristika plochy.....	71
5.2.2.	Diverzita porostu.....	72

5.2.3.	Biometrická charakteristika porostu	76
5.2.4.	Přírozená obnova	82
5.2.5.	Odumřelé dřevo	84
5.2.6.	Produkční hodnoty	85
5.3	Plechý TVP 16	85
5.3.1.	Porostní charakteristika plochy	85
5.3.2.	Diverzita porostu	86
5.3.3.	Biometrická charakteristika porostu	90
5.3.4.	Přírozená obnova	96
5.3.5.	Odumřelé dřevo	98
5.3.6.	Produkční hodnoty	100
5.4	Interakce mezi diverzitou, strukturou a produkcí na TVP v průběhu vývoje	100
6.	Diskuse	101
7.	Závěr	104
8.	Seznam použité literatury	105
9.	Seznam příloh	117
10.	Přílohy	118

Seznam obrázků

Obrázek 1: Převažující formy dynamiky přírodních smrčín (A) v boreální tajgové zóně Skandinávie, Sibíře a Severní Ameriky („velký vývojový cyklus“) a (B) v horských ekosystémech smrkového vegetačního stupně, vklíněného do zóny listnatých opadavých lesů („malý vývojový cyklus“) s trvalou existencí typu lesa závěrečného – klimaxu (upraveno podle Schmidt-Vogt, 1985; Vacek et al., 2007).	29
Obrázek 2: Pole průměrné roční koncentrace SO ₂ v roce 2017.	35
Obrázek 3: Areál rozšíření smrku ztepilého (<i>Picea abies</i> L.).....	40
Obrázek 4: Areál rozšíření smrku ztepilého (<i>Fagus sylvatica</i> L.).....	42
Obrázek 5: Areál rozšíření (<i>Abies Alba</i> Mill.).....	44
Obrázek 6: Areál rozšíření (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.).....	45
Obrázek 7: Mapa studovaného území (upraveno Kos M.).....	48
Obrázek 8: Území Národního parku Šumava a jeho zonace platné od roku 1995.	49
Obrázek 9: Mapa studovaných trvale výzkumných ploch na lokalitě Plechý. Jedná se o tři TVP označené čísly 14, 15, 16 (upraveno Kos M.).....	51
Obrázek 10: Legenda barev dřevin v simulátoru biodynamiky lesa Sibyla.	54
Obrázek 11: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.	58
Obrázek 12: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.	58
Obrázek 13: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 14.	59
Obrázek 14: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 14 v roce 2004.	60
Obrázek 15: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 14 v roce 2018.	60
Obrázek 16: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená <i>L</i> - funkcí pro TVP 14 v roce 2004.....	61
Obrázek 17: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená <i>L</i> - funkcí pro TVP 14 v roce 2018.....	62

Obrázek 18: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2004.....	63
Obrázek 19: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2018.....	63
Obrázek 20: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2004.....	64
Obrázek 21: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2018.....	64
Obrázek 22: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.	65
Obrázek 23: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.	65
Obrázek 24: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.	66
Obrázek 25: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.	66
Obrázek 26: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.	67
Obrázek 27: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.	67
Obrázek 28: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 14 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	68
Obrázek 29: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 14 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.....	68
Obrázek 30: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 14 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	69
Obrázek 31: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 14 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.....	69

Obrázek 32: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.	72
Obrázek 33: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.	72
Obrázek 34: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 15.	73
Obrázek 35: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 15 v roce 2004.	74
Obrázek 36: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 15 v roce 2018.	74
Obrázek 37: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 15 v roce 2004.....	76
Obrázek 38: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 15 v roce 2018.....	76
Obrázek 39: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2004.....	77
Obrázek 40: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2018.....	77
Obrázek 41: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2004.....	78
Obrázek 42: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2018.....	78
Obrázek 43: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.	79
Obrázek 44: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.	79
Obrázek 45: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.	80
Obrázek 46: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.	80
Obrázek 47: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.	81

Obrázek 48: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.	81
Obrázek 49: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 15 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	82
Obrázek 50: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 15 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.....	82
Obrázek 51: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 15 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	83
Obrázek 52: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 15 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.....	83
Obrázek 53: Zastoupení dřevin na TVP 16 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.	86
Obrázek 54: Zastoupení dřevin na TVP 16 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.	86
Obrázek 55: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 16.	87
Obrázek 56: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 16 v roce 2004.	88
Obrázek 57: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 16 v roce 2018.	88
Obrázek 58: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 16 v roce 2004.....	90
Obrázek 59: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 16 v roce 2018.....	90
Obrázek 60: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2004.....	91
Obrázek 61: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2018.....	91
Obrázek 62: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2004.....	92
Obrázek 63: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2018.....	93

Obrázek 64: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.	93
Obrázek 65: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.	94
Obrázek 66: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.	94
Obrázek 67: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2018.	95
Obrázek 68: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.	95
Obrázek 69: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2018.	96
Obrázek 70: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	97
Obrázek 71: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	97
Obrázek 72: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	98
Obrázek 73: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.....	98
Obrázek 74: Ordinační diagram zobrazující výsledky z PCA analýzy závislostí mezi stanovištními poměry (nadmořská výška), porostními charakteristikami (výška, věk, tloušťka, hustota, zásoba, kruhová základna, obnova, štíhlostní kvocient) a strukturálními indexy (A – Arten-profil index, B – index porostní diverzity, TM_d – index tloušťkové diferenciacie, TM_h – index výškové diferenciacie, H' – index druhové heterogenity, E_1 – index druhové vyrovnanosti, D_1 – index druhové bohatosti) na TVP 14, 15, 16 v roce 2004 a 2018.....	101

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Přehled indexů popisující strukturu a diverzitu porostu včetně kritérií.....	56
---	----

Tabulka 3: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 14.....	61
Tabulka 4: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 14 v letech 2004 a 2018.....	70
Tabulka 5: Stupně rozkladu ležícího mrtvého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 14 v letech 2004 a 2018.	70
Tabulka 6: Růstová tabulka pro sdružený buk-smrkový porost na TVP 14 v roce 2004 a 2018.	71
Tabulka 8: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 15.....	75
Tabulka 9: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 15 v letech 2004 a 2018.....	84
Tabulka 10: Stupně rozkladu ležícího odumřelého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 15 v letech 2004 a 2018.	84
Tabulka 11: Růstová tabulka pro sdružený smíšený porost na TVP 15 v roce 2004 a 2018.	85
Tabulka 13: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 16.....	89
Tabulka 14: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 16 v letech 2004 a 2018.....	99
Tabulka 15: Stupně rozkladu ležícího odumřelého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 16 v letech 2004 a 2018.	99
Tabulka 16: Růstová tabulka pro sdružený smíšený porost na TVP 16 v roce 2004 a 2018.	100

Seznam zkratk:

CHKO – chráněná krajinná oblast

ČHMU – Český hydrometeorologický ústav

NPŠ – Národní park Šumava

NPBL – Národní park Bavorský les

LHC – lesní hospodářský celek

LVS – lesní vegetační stupeň

NP – národní park

NPR – národní přírodní rezervace

SLT – soubor lesních typů

PLO – přírodní lesní oblasti

TVP – trvale výzkumná plocha

ÚHÚL – Ústav hospodářské úpravy lesa

ZCHÚ – zvláště chráněné území

1. Úvod

Význam lesa v přírodě a krajině je nenahraditelný, lesy jsou hlavním ekosystémem v naší krajině, a tudíž mají značný podíl na přírodním bohatství země, které je nutné si uvědomit. Les se stal předmětem zájmů pracujících v lesním hospodářství, odborníků či vědců. V lesích se dochovalo více přírodních památek, než v bezlesých krajinách. Lesy jsou zárukou ekologické stability krajiny, tvoří přirozené prostředí pro živočichy a rostliny, ovlivňují vodní i půdní poměry a čistí vzduch. Nelze však opomenout, že se jedná o trvale obnovitelný zdroj dřevní suroviny, plodů, hub a dalších surovin (Zezula, 2000). Základním principem pro obhospodařování a využívání lesních ekosystémů jsou poznatky o vlastnostech dřevin a vývoji a struktuře přírodních lesů. Volba správných způsobů hospodaření „v souladu s přírodou“ s diferencovanou intenzitou a s ponecháním přirozeného vývoje, závisí právě na poznacích. Proto lze konstatovat, že lesní hospodářství se ubírá směrem k nejrozsáhlejšímu postupu tzv. přírodě blízkému hospodaření (Vacek & Podrázský, 2006). Přírodní (přirozený) les je vrcholem přírodního ekosystému, kde se složky ekosystému dlouhodobě ovlivňují skrze látkovou výměnu. Tyto složky se kvantitativně či kvalitativně mění, vznikají, rostou, vyvíjejí se a zanikají (Průša, 1985). Jedním ze základních prvků původního lesa je princip autoregulace. Les má svou jedinečnost, trvale se udržet v našich podmínkách, za pomoci vnitřních sil a životních procesů, bez výrazné změny stanovištních a porostních podmínek (Vacek et al., 2009). V podmínkách ČR se modelovými objekty označují původní a přirozené lesy. Jedná se o národní přírodní rezervace (NPR), přírodní rezervace (PR), I. zóny národních parků (NP) a chráněných krajinných oblastí (CHKO). V dynamické rovnováze se původní a přírodní lesy udržují pomocí věkové struktury, prostorové struktury a díky druhovému složení (Vacek et al., 2010).

Oblast Šumavy se vyznačuje nejvyspělejším a nejsložitějším ekosystémem, který kdy vzniknul a dokáže se pomocí vnitřních a vnějších znaků trvale udržet a pokračovat v trvalém vývoji lesa (Vacek et al., 2008). Trvalá udržitelnost obhospodařovaných lesů platí obecně pro většinu lesů v ČR, ovšem důležitost se zvyšuje v chráněných územích a v horských lesích, kde různé druhy přežívají na hranici existenčního minima (Vacek & Balcar, 1992). Horské lesy v ČR včetně Šumavy se v uplynulých třiceti letech staly cílem poškození imisně ekologickým stresem (Vacek et al., 2008).

Lesy Šumavy tvoří mozaiku přirozených a změněných ekosystémů. Avšak s převahou pozměněných lesů, které tvoří několik stupňů dle skladby a stavu porostu; od porostů přirozených až po změněné (nevhodné) porosty. Oblast Šumavy není tak značně změněna lidskou činností (imise, turistika aj.), oproti ostatním oblastem (Krušné Hory, Krkonoše atd.). Lze tedy předpokládat, že se nenarušila ekologická stabilita v takovém rozsahu, aby nebylo možné vhodnou péčí, přiblížit se přirozenému stavu lesa (Hladilin, 1996). V dnešní době se NP Šumava v rámci managementu lesních ekosystémů rozděluje na dva typy. Prvním typem je péče o lesy přirozené až přírodě blízké a dalším typem je péče o lesy přírodě vzdálené. Oba dva typy se značně diferencují, ať už v pojetí obnovy ekosystémů nebo v opatření ochrany lesa (Vacek et al., 2008).

2. Cíle práce

Získat poznatky o stabilitě a struktuře horských porostů ve výškovém gradientu hory Plechý v I. zóně NP Šumava s akcentem na diverzitu, dynamiku lesa, přirozenou obnovu a odumřelé dřevo.

V první části práci byl dílčím cílem rozbor problematiky zaměřený na strukturu lesa včetně druhové, věkové, prostorové a genetické skladby, vývojové cykly lesa, stabilitu a vývoj smrkobukových, bukosmrkových a smrkových porostů, zdravotní stav lesů, odumřelé dřevo a ekologické nároky dřevin vyskytujících se na zájmovém území.

V druhé části šlo především o obecný rozbor zájmového území a jeho charakteristiku z hlediska klimatických, hydrologických, geomorfologických, vegetačních a typologických podmínek. Následně se jednalo o konkrétní stanovištní a porostní charakteristiku zkoumaných trvale výzkumných ploch. Dílčím cílem bylo také uvedení jednotlivých metodických postupů včetně sběru a analýzy dat zaměřených na vyhodnocení struktury a stability porostů.

Stěžejním cílem bylo zhodnocení dynamiky, struktury, diverzity a produkčních parametrů s akcentem na stabilitu lesa ve smíšených porostech se samovolným vývojem ve výškovém gradientu hory Plechý v NP Šumava.

3. Rozbor problematiky

3.1 Strukturu lesa

Strukturu lesa lze chápat jako vnitřní uspořádání, výstavbu a kompozici složitého souboru stromů. Jednotlivé jedince v porostu ovlivňují konkurenční vztahy, které mají zásadní význam pro uspořádání struktury. Podle toho lze posoudit vnitřní uspořádání struktury, jako jsou pařezy, stromy, rozložené klády, tak vnější prostorové uspořádání, jako je např. stromové patro a jeho rozložení (Franklin et al., 2002). Pokud je populace lesních dřevin tvořena stejnověkými jedinci, pak lze očekávat nerovnocennost jedinců v populaci. Znamená to, že jedinci se mohou lišit v tvorbě biomasy a v rychlosti růstu.

U jedinců nestejně starých v rozsahu dvou a více let, (popřípadě desítky až stovky let) je situace složitější (Vacek et al. 2007). Jestliže je nerovnocennost jedinců v populaci, tvoří se struktura, která jde zjišťovat: stanovením statické struktury, nebo vytvořením dynamické struktury. Statická struktura se stanovuje jednorázově v určitém čase a místě, kde nelze pozorovat změny populace v průběhu celého procesu životního cyklu. To se týká populací dřevin (rostlin) dlouhověkých. Kdežto tzv. dynamická struktura sleduje změny populace v průběhu celého procesu životního cyklu (Slavíková, 1986). Tento způsob se týká populací jednoletých, popřípadě dvouletých rostlin, které mají krátký životní cyklus.

Struktura (skladba) porostu je zachycení všech znaků v určitém okamžiku charakterizující jeho uspořádání. Struktura je dána druhovým složením, věkovým členěním, prostorovým uspořádáním i původem (autochtonním, alochtonním, generativním, vegetativním). Skladbu porostu rozlišujeme na:

- 1) skladbu porostu druhovou (dřevinnou),
- 2) skladbu porostu věkovou,
- 3) skladbu porostu prostorovou (tloušťkovou, výškovou, horizontální, vertikální),
- 4) skladbu genetickou (provenienci), (Poleno et al. 2011).

3.1.1. Druhová skladba

Druhová (dřevinná) skladba porostu je souhrn všech druhů dřevin nacházejících se v porostu s jejich zastoupením (Vacek et al. 2007). Porosty se rozdělují na jehličnaté a listnaté, kdy oba typy mohou být smíšené (různorodé), nebo nesmíšené (stejnorodé).

Zastoupení dřevin se vyjadřuje jako plošný podíl jednotlivých dřevin v porostu. Zastoupení se vyjadřuje nejčastěji v jednotkách relativních (%), nebo v jednotkách absolutních, pokud jde o biomasu v m³ či kruhovou základnu v m². Stejnorodý porost se vyznačuje tím, že je složený z jedné dominantní dřeviny s maximálním zastoupením do 10 % příměsí jiné dřeviny. Podle relativního zastoupení se dřeviny různorodého porostu dělí na hlavní (zastoupení nad 30 %), přimíšené (20–30 %), vtroušené (10–20 %) a pod 10 % jde o jednotlivě přimíšené dřeviny (Korpeř et al., 1991). Jiný zdroj uvádí, že hlavní dřevina má zastoupení (více než 30 %), přimíšená (10–30 %) a vtroušená (méně než 10 %). Přičemž stejnorodý porost se vyznačuje podílem do 20 % ostatních dřevin v porostu s věkem do 40 let a nad 40 let věku do 30 % (Poleno et al., 2011). V různorodé skladbě porostu jsou dřeviny charakteristické formou smíšení, tzn. seskupením a různým rozmístěním dřevin po ploše. Rozlišují se smíšení jednotlivá, řadová, pásová, hloučkovitá (do 0,01 ha), skupinovitá (0,01– 0,20 ha), ostrůvkovitá (0,20 –0,50 ha) a plošná (nad 0,50 ha). Jednotlivé dřeviny se vyznačují různým růstovým chováním a vytváří rozlišné etáže. Vzájemné výškové postavení dřevin se nazývá druh smíšení (Korpeř et al., 1991).

3.1.2. Věková skladba

Věková skladba porostu je charakterizována rozdílnými věky stromů v rámci jednoho nebo více druhů dřevin. Systematicky se věková skladba porostu vyjadřuje na věkové třídy v intervalu po 20 letech nebo věkové stupně v intervalu po 10 letech. Případá tedy osm věkových tříd (stupňů) rozříděných do škály barev. V průběhu růstu dřevin se značně diferencuje výška a tloušťka v porostu. Díky věkovým rozdílům se zapříčinilo rozdělení porostů na stejnověké a různověké. Podle věku a vzhledu porostu se vylíšily růstové a vývojové fáze (Poleno et al., 2007a). Tyto dlouhotrvající úseky se podle Korpeřa (1991), vymezily do 7 základních růstových fází vzniklých přirozeně, včetně porostů vzniklých uměle a kombinovaně. Jedná se o růstové fáze:

- 1) nálet a kultura založená,
- 2) nárost a kultura odrostlá (zajištěná),
- 3) mlazina,
- 4) tyčkovina,
- 5) tyčovina,

6) nastávající kmenovina,

7) vyspělá kmenovina.

Tyto rozdílné a různou dobu trvající fáze přírodního lesa se přizpůsobují danému prostředí, kde se kvalitativně a kvantitativně mění, vyvíjejí, rostou a zanikají. V rámci toho, můžeme rozlišit vzájemnou propojenost cyklů (oběh živin, vody, energie atd.), jakož to nástavbovým maloplošným vývojovým cyklem s rozpoznáním vývojového stadia dorůstání, optima a rozpadu (Poleno et al. 2011).

3.1.3. Prostorová skladba

Prostorová skladba porostu, neboli „rozmístění“ se posuzuje ze dvou směrů, jednak ve směru horizontálním (vodorovném) a ve směru vertikálním (svislém). Ve směru horizontálním se pozoruje hustota, zakmenění a zápoj, zatímco ve směru vertikálního rozmístění se sleduje tvorba porostních pater. Spojením obou směrů vzniká porostní profil (Vacek et al. 2010). Nepravidelnost korunové vrstvy se podle Schütze (2002) nechá rozlišit jako vertikální rozrůzněnost na úrovni porostu a horizontální rozrůzněnost (mozaikovitá). Hustota porostu, která souvisí se způsobem vzniku porostu, je navíc ovlivněna věkem, výchovou, biotickými a abiotickými činiteli. S horizontální strukturou se sleduje i zakmenění, které udává poměr zásoby skutečné a zásoby tabulkové nebo výčetní základny. Jedná se o využití růstového prostoru v porostu s intervalem od 0 do 1, kdy hodnota 1,0 je plné zakmenění. Dále se podle vzájemného dotyku korun a prolínání korun rozeznávají čtyři druhy zápoju. Jedním druhem je horizontální zápoj, který se vyznačuje korunami stromů v jedné vrstvě. Dalším druhem je stupňovitý, kdy koruny vytvářejí dílčí vrstvy vedle sebe. Zatímco diagonální zápoj se vyznačuje plynulým přechodem korun (vzestupným či sestupným) různě vysokých jedinců. Naproti horizontálnímu zápoji, existuje i vertikální (prostorový) zápoj, který má koruny rozmístěné v rámci celého produkčního prostoru. Z hlediska vzájemné těsnosti dotyku korun, či volnosti korun v porostu, je možno posoudit různé stupně zápoje. Podle Korpel'a (1991) rozlišujeme stupně zápoje: stísněný, dokonalý, uvolněný, volný, přerušovaný a mezernatý.

Největším dopadem na horizontální rozmístění stromů, je postup a způsob vzniku porostu, kdy porosty vzniklé uměle (umělou obnovou) mají pravidelné rozmístění jedinců

po ploše, zatímco porosty vzniklé přirozeně (přirozenou obnovou) mají náhodné rozmístění.

U vertikální struktury se pozoruje vytváření porostních vrstev, z hlediska porostních etáží a úrovní. Vertikální strukturu ovlivňuje především věk a odlišná růstová rychlost stromů na stanovišti s jejich cenotickými vztahy (Průša, 1985).

Pojem tloušťková struktura je jeden z nejdůležitějších znaků vnitřní struktury lesních porostů. Význam tloušťkové struktury je veliký (výpočet strukturálních indexů, modelování budoucího vývoje, základní ukazatel výběrného lesa, vývojová stádia a fáze atd.).

Jako nejzákladnější model rozdělení tloušťkové struktury se ukázal reverzní tvar písmene J (Rubin et al., 2006). Avšak postupem času došlo k rozšíření škály strukturálních modelů (Wang et al., 2009). Mezi nejčastější typy tloušťkové diferenciacce patří otočná esovitá křivka, levostranné rozdělení, reverzní J rozdělení. U stejnověkého monokulturního porostu se uvádí tvar dle Gaussovy křivky (Vacek et al., 2016).

Výšková struktura se podobně jako tloušťková struktura řadí mezi důležité ukazatele, znázorňující vertikální výstavbu lesního porostu. Jedná se o důležitou taxační veličinu, která je nezbytná pro stanovení objemu stromů, bonitaci dřevin a konstrukci výškového grafikonu. Jelikož se dosahované výšky stromů liší v různých výškových gradientech a na různých stanovištích, vede to ke stanovisku, že maximální výška stromů je závislá na nadmořské výšce a stanovištních podmínkách (Vacek et al., 2016). V různých porostních úrovních nebo vrstvách se výšky stromů třídí do klasifikačních stupnic, kde se stromy klasifikují podle hospodářského významu, životní energie (vitalita, stadiální vývoj) a vzájemného postavení (výška, vzrůst). Existuje celá řada klasifikací stromů např. dánská, francouzská Kraftova, Konšelova, Schädelinova, Polanského, Assmannova, IUFRO a další.

3.1.4. Genetická skladba

Jedná se o klíčovou součást stability lesních ekosystémů s autochtonními či stanovištně odpovídajícími jedinci. Genetická struktura je dynamická (daná frekvencemi alel a genotypů lesních dřevin) a v přirozené populaci se projevuje významnými faktory jako selekce, mutace, migrace, izolace nebo náhodné změny (Paule, 1992). Obecně lze

konstatovat, že udržení vysoké genetické diverzity vede k základní podstatě trvale udržitelného hospodaření v lesích (Vacek et al., 2016).

3.2 Stabilita lesa

Stabilita lesa se z hlediska společenstva nazývá ekologická stabilita a velmi úzce souvisí dynamikou ekosystémů. Stabilita setrvává ve výchozí fázi a při vychýlení se snaží opět vrátit do původní homeostáze. Díky autoregulačním procesům se navrácí zpět do výchozího stavu (Míchal et al., 1996). Ekologická stabilita lesa se vyznačuje různými složkami, zejména resiliencí (pružností) a rezistencí (odolností). U resilience se sleduje rychlost, s níž se systém vrátí do původního stavu (homeostáze) z něhož byl vychýlen. Oproti tomu rezistence je schopnost odolávat vychýlení při působení vnějších sil. Jelikož se v jednotlivých sukcesních stádiích střídají kombinace klimaxových a pionýrských dřevin, vede to ke vzniku různých kombinací odolnosti typu resilience a rezistence (Míchal, 1994). Další rozdělení stability je na lokální a globální. Když je tendence společenstva vrátit se do původního stavu po malém narušení (větrný polom, spadne lavina), jedná se o lokální stabilitu. Globální stabilita je opět navrácení společenstva do původního stavu, s tím rozdílem, že jde o plošné (rozsáhlé) narušení (kyselé deště, globální oteplování, spad N_2), (Vacek et al., 2016). Z hlediska prostředí společenstva souvisí další rozdělení stability na dynamicky křehké společenstvo a dynamicky pevné společenstvo. Dynamicky křehké společenstvo se vyznačuje stabilitou jen v úzce vymezených podmínkách. Kdežto dynamicky pevné společenstvo je stabilní v široké škále podmínek prostředí, kdy se dokáže udržet i v prostředí proměnlivém a nepředvídatelném.

V lesnické praxi se považuje za důležité, aby porosty dosáhly stanoveného produkčního cíle bez podstatných ztrát na stabilitě. Tato stabilita se označuje jako statická (mechanická) a je výsledkem vytváření kořenů, kmenů a korun u jednotlivých stromů. Korunový systém se rozvíjí hlouběji, mohutní a tím se zvyšuje stabilita stromu (Poleno et al., 2011). Na stabilitu lesních dřevin a lesních porostů se výrazně podílí vliv abiotických činitelů (vichřice, sníh, oheň, námraza).

Především stromy v horských oblastech jsou nejvíce poškozovány větrem, přičemž největší ohroženost větrem připadá na hřebenech, údolních polohách, návětrných svazích a závětrných svazích. Spolu s narušením stability stromů větrem, souvisí i jiné síly, které

napomáhají větrným polomům, jako vlastnosti půdy a členitost terénu (Poleno et al., 2011). Je zřejmé, že stabilitu stromu ovlivňuje také tloušťka a výška. S rostoucí tloušťkou na pařezu např. o 10 % se zvětšuje stabilita stromu až o 50 % (Vacek et al., 2016).

Další větší škody způsobuje sníh a námraza. Mokrý sníh často způsobuje významné škody na porostech. Při napadnutí většího množství sněhu a následnému oteplení dojde k poškození (zlomení) kmene, kdy tíha sněhu překročí kritickou hodnotu (Vacek et al., 2016). Podle (Vicena et al., 1979) se uvádí tato kritická hodnota mokrého sněhu v korunách ve vrstvě 25–40 cm. Stromy nejvíce poškozené sněhem se dostávají ve 4. až 6. lesním vegetačním stupni, tj. bukovém až smrkobukovém, kdy smrkové porosty těchto stanovišť vytváří vysoké, plnodřevné kmeny a mají rychlý růst, spolu s vysokým štíhlostním koeficientem (Poleno et al., 2011). I proto se jako dobrý a často používaný ukazatel stability lesa, zejména stability proti ohrožení sněhem a větrem, osvědčil štíhlostní koeficient. Vyjadřuje se poměrem výšky a výčetní tloušťky ve výšce 130 cm. Hodnota koeficientu se uvádí zpravidla menší než $1,00 \text{ m.cm}^{-1}$. Platí pravidlo, že čím větší je štíhlostní koeficient, tím méně odolné jsou stromy vůči ohrožujícím činitelům. Odolnost stromů je závislá na hustotě porostu (velikost růstového prostoru), tvaru kmene a velikosti korun (Šmelko, 2000). Neméně významnými prvky na zvýšení stability ve stejnověkových a stejnorodých porostech se ukázalo použití tzv. zpevňovacích sečí. Tyto seče se provádí kolmo na směr převládajícího větru a dochází v nich k rozčlenění porostu na menší části a zároveň ke zpevnění porostu. Především se jedná o odluky, rozluky a závory (Vacek et al., 2016).

Určujícím faktorem pro stabilitu porostů je také druhového složení lesa. Smíšený les s výraznější rozrůzněností porostní struktury z hlediska prostorové a věkové diferenciacie zabezpečí ekologickou stabilitu a zajistí plnění požadovaných produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa výrazněji než labilní monokulturní porosty. Navíc tvorba stabilních smíšených a bohatě strukturovaných porostů hraje v současnosti významnou roli z hlediska klimatické změny a odumírání rozsáhlých smrkových porostů (Slanař et al., 2017; Vacek et al., 2019).

3.3 Dynamika lesa

3.3.1. Přírodní les a jeho vývoj

Podle lesnického naučného slovníku (I., 1994), definuje „les přírodě blízký“, jako spontánně vyvíjející se les k vývojově vyspělejší formám bez zásahů člověka, s polopřírodní druhovou skladbou a sekundární strukturou a navíc je relativně rezistentní. Podle Polena (1993) by se význam „přírodě blízké“, mohl připodobnit „přírodě podobné“. Přírodě blízké porosty by měly zachovávat ekologickou stabilitu a zároveň mít schopnost se přirozeně obnovovat i při různých intenzitách lidských zásahů. Proto při absenci lidských zásahů by nedošlo k rozpadnutí přírodě blízkých lesů, ale k postupnému vracení podoby lesa přírodního. Přírodě blízké porosty jsou takové, které mají např. menší druhovou pestrost, jednodušší prostorovou skladbu a menší nestejnověkost, oproti lesům přírodních (Poleno, 1993). Přírodě blízký les by měl mít podle Korpeľa et al., (1991) ekologickou a statickou stabilitu. Na vývoji a struktuře přírodních lesů současného stredoevropského lesního hospodářství, závisí volba přírodě blízkých způsobů hospodaření, které mají zajišťovat maximální ekologickou i biologickou rozmanitost lesních ekosystémů (Vacek et al., 2006).

3.3.2. Obecné zákonitosti lesa

Obecně lze charakterizovat vývoj lesa strukturou a strukturálními změnami v průběhu času, které se promítají v jejich chování a zároveň s odezvou na antropogenní vlivy a přírodní disturbance (Pretzsch, 2009). Dynamice lesních porostů můžeme porozumět, jakož to mozaika stromových kohort, procházející určitým vývojovým cyklem a to od generace porostu a úspěšného odrůstání přes dorůstání, dospělost, stárnutí, rozpad a zpátky k obnově porostu (Leibundgut, 1993). Touto nahodilou mozaikou stromových kohort se přírodní les nápadně odlišuje od lesa využívaného člověkem, neboť má značně jemnější strukturu prvků, než les hospodářský. Přírodní les poskytuje znalost samovolných vývojových procesů, přičemž většina těchto lesů byla z velké části pozmeněna kvůli lidské činnosti. Přírodní lesy mají, oproti lesům hospodářským, mnohokrát vyšší druhovou diverzitu (Lindenmayer & Franklin, 2002; Bauhus et al., 2009), samoregulační schopnost (Korpeľ, 1995) a stabilita proti vnějším vlivům (Knoke et al., 2008; Liira et al., 2011). Zatímco hospodářské lesy jsou konkrétní, pěstební činností, silně zaměřeny na produkci dřeva (Štefančík et al., 2014; Cukor et al., 2017). Jejich obnovní cykly se obvykle uskutečňují v intervalech 25 – 150 let, zatímco vývojové

cykly v některých oblastech přírodních lesů, mohou trvat i tisíce let (Seymour & Hunter, 1999).

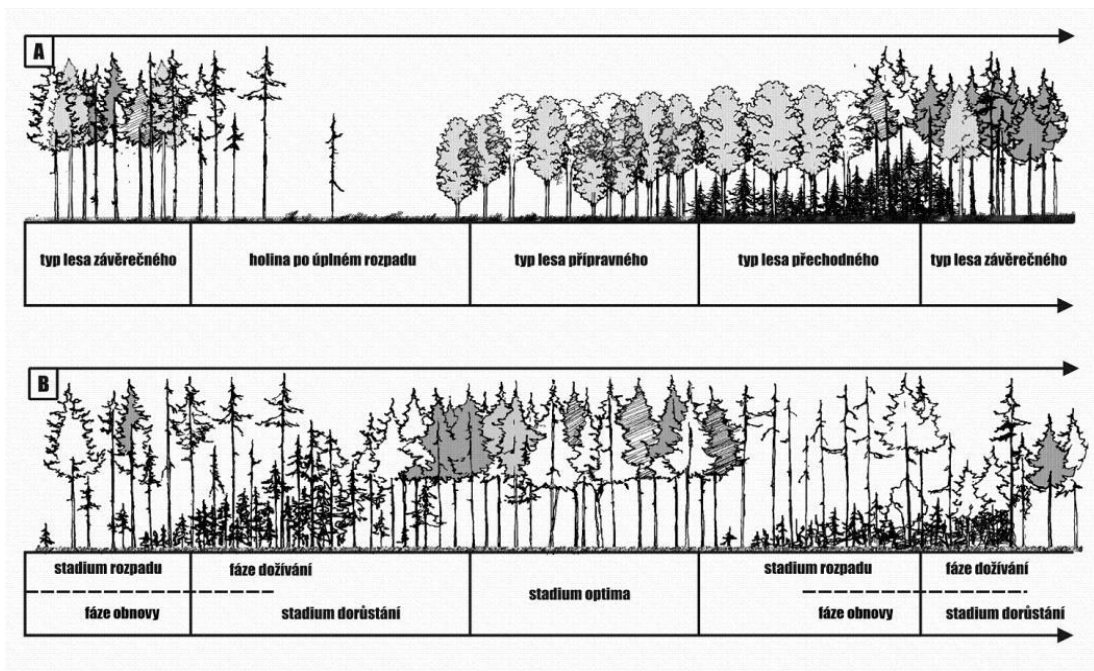
Přírodě blízké hospodaření v lesích Evropy má bez zásahů lidské činnosti zásadní význam na obhospodařování lesů a slouží tak do značné míry k pochopení dynamiky lesních ekosystémů v přírodních podmínkách (Korpeř, 1995; Poleno et al., 2007b; Trotsiuk, 2012). Společným cílem lesního hospodářství a ochrany lesů je zachování lesního biomu, které je důležité, jak pro realizaci a zachování biocentrických požadavků ochrany lesních biotopů, společenstev, druhů organismů, tak i pro antropocentrické funkce lesů, které jsou ekologické, environmentální a produkční (Vacek, 2006). Tento způsob zachování a ochrany se vztahuje na celou škálu sukcesních podob lesa na určitém typu trvalých podmínek v rámci vývojových cyklů lesa (Pelc, 1999).

3.3.3. Sukcese a její členění

Působením člověka a přírodních faktorů na krajinné složky se mění charakter a struktura krajiny a tvoří se tzv. krajinná mozaika. Antropické vlivy, které jsou v naší krajině už od neolitu, působí na lesy a mohou v určitých krajinách překrývat vliv přírodních faktorů. Přestanou-li být lesy hospodářsky ovlivňovány, začne se vegetace pomalu přeměňovat k původnímu složení. Díky makroklimatu dojde k nerovnováze mezi vlastnostmi vegetace a prostředím. Právě takový vývoj vegetace se nazývá ekologická sukcese. Dlouhodobé proměny druhové skladby lesa vedou k různým formám sukcesí od nejnižší až nejvyšší, kterou nazýváme klimaxový les (Vacek et al., 2016). Konečný ustálený ekosystém (klimax) se nechá rozlišit na klimatický (pravý) klimax, který představuje závěrečné stádium na středně minerálně bohatých horninách a edafický klimax např. na karbonátových horninách (Moravec et al., 1994). Sukcesi členíme na primární, tedy s dlouhodobým vývojem vegetace na panenském substrátu, tzn. dosud neporostlá vegetace bez známek rostlin (Van Der Maarel, 1988). Tato primární sukcese probíhá na místech úplně nového osídlení, přičemž její významnost spočívá při rekultivacích odvalů, či výsypek. Druhým pojmem je sekundární sukcese, která má hlavní význam při současném pěstování lesa. Sekundární sukcesí rozumíme, vznik nového lesa na stanovištích, kde les dříve byl, způsobený katastrofickou pohromou a následným rozpadem (Vacek et al., 2016).

3.3.4. Vývojové cykly lesa

Přírodní lesy jsou charakteristické, skupinovitě výběrným a dynamicky se vyvíjejícím lesem (Vacek et al., 2007). Proto všechny dynamické systémy prodělávají změny, které probíhají v uzavřených integrovaných cyklech (Čaboun, 2000). V rámci vývoje, obnovy a hodnocení změn dřevinného porostu popisujeme existenci dvou vývojových cyklů, které mají zásadní význam v přírodních lesích (Vacek et al., 2010). Rozlišujeme velký a malý vývojový cyklus podle Korpeľa (1995). Velký vývojový cyklus, který probíhá na ploše, obvykle v hektarech a v řádech desetiletí, typický pro sekundární sukcesí. A malý vývojový cyklus probíhající na malých, arových ploškách v časových obdobích staletí a v rámci klimaxu (Vacek et al., 2010).



Obrázek 1: Převažující formy dynamiky přírodních smrččin (A) v boreální tajgové zóně Skandinávie, Sibíře a Severní Ameriky („velký vývojový cyklus“) a (B) v horských ekosystémech smrkového vegetačního stupně, vklíněného do zóny listnatých opadavých lesů („malý vývojový cyklus“) s trvalou existencí typu lesa závěrečného – klimaxu (upraveno podle Schmidt-Vogt, 1985; Vacek et al., 2007).

3.3.5. Velký vývojový cyklus

Velký vývojový cyklus je charakterizován katastrofickým rozpadem lesa na velkých plochách, kde se na nějakou dobu ztrácí charakter plochy jako lesa (Obr. 1 A). Začíná na lesní půdě zbavené souvislého lesního porostu dřevin, přičemž pronikavě se

mění mikroklimatické a ostatní fyzikální podmínky prostředí. Katastrofický rozpad lesa v přírodních podmínkách může být způsoben např. následkem rozsáhlých disturbancí (Barnes et al., 1998), převážně však silnými větry, požáry, sněhem, imisemi či hmyzími škůdci (Pickett & White, 2013). V rámci sekundární sukcese dochází ke střídání porostních typů lesa přípravného, přechodného a závěrečného (Lów et al., 1995). Proces fáze přípravné spočívá v šíření světlomilných pionýrských dřevin (bříz, jeřábů, osik, topolů, olší, vrb, borovice) na odkrytou plochu po disturbanci. Právě tyto dřeviny se vyznačují včasnou a bohatou úrodou semen, v mládí rychlým růstem, krátkým věkem a menší růstovou vytrvalostí. Od přípravného lesa se očekává rychlé vytvoření porostního zápoje, snížení přímého slunečního záření, stabilizování teplotních extrémů, snížení rychlosti proudění vzduchu, omezení konkurence buřeně, úprava vodního režimu, prokořenění, snížení rizika eroze půdy a zlepšení nebo udržení půdních podmínek. Vlivem odrůstání přípravného porostu dochází k omezení růstu buřeně a následně i ubývání početnosti myšovitých hlodavců (Souček et al., 2016). Díky odrůstání dřevin se mění prostředí holé plochy natolik, že v průběhu času se opět navrácí charakter lesa (Korpel, 1989). Ve druhé fázi, tj. přechodného lesa, dochází k vytlačování a nahrazování pionýrských dřevin, kdy světlomilné pionýrské dřeviny nahrazují, stinnější dlouhověké dřeviny (Pickett & White, 2013). V lese přechodném začínají vhodné podmínky pro obnovu klimaxových dřevin, především jde o jedli, buk, smrk a javor. Tyto dřeviny nesnesou mikroklimatické podmínky holé plochy, naopak snášejí zastínění a konkurenci jiných dřevin. Zpravidla se tyto dřeviny vyznačují pomalým růstem v mládí a dlouhověkostí, avšak jejich přírůst kulminuje v pozdějším věku a zachovává si tak vysokou intenzitu (Korpel, 1991). Tento vývojový proces je pomalý a probíhá zpravidla po dobu několika staletí (Matuszkiewicz et al., 2013). Přechodný les získává po čase vertikální podobu dvouetážového lesa a ontogenetickým vývojem přechází do stádia lesa závěrečného (Korpel, 1991). Závěrečný les je tedy posledním, vrcholným, klimaxovým společenstvem. Jde o nejstabilnější typ ekosystému, který se může vyvinout, s nejproduktivnější akumulací biomasy vůbec. Tímto posledním klimaxovým společenstvem se uzavírá velký vývojový cyklus (Korpel 1998). Ačkoli je klimaxový les neměnný, prodělává v rámci vývoje, cyklické střídání vývojových stádií a různých vývojových fází. To může u maloplošné změny vytvořit tzv. malý vývojový cyklus (Vacek et al., 2007).

3.3.6. Malý vývojový cyklus

Malý vývojový cyklus lze přirovnat ke „Gap“ a „Kohort“ dynamice, kdy probíhá na malých plochách v jednotkách arů (Korpeľ, 1995). V rámci malého vývojového cyklu existují tři stadia, která se výrazně odlišují strukturálními vlastnostmi (Průša, 1985; Jaworski & Kołodziej, 2002). V rámci malého vývojového cyklu (Obr. 1 B) rozlišujeme: stadium dorůstání, optima a rozpadu (Vacek et al., 2010). Při obnově v kratších časových úsecích užíváme fáze, např. fáze stárnutí, halové výstavby, obnovy a dožívání (Podrázský, 1999). Pro dosažení nové generace lesa je zapotřebí větší či menší prosvětlení zápoje mateřského porostu. K prosvětlení zápoje dojde dožitím (odumřením) jednotlivých stromů, nebo působením disturbančních činitelů (Jaworski & Karczmarski, 1995). Na ploše dochází ke změně mikrostanovištních podmínek, především relativního osvětlení. Dochází tak ke zvýšenému přírůstu semenáčků stinných dřevin, kdy semenáčky využívají volné plochy po prosvětlení zápoje (Jaworski, 2000). Stromy mladé generace uplatňují své intenzivní schopnosti růstu. Rozmístění stromů se postupem času stává pravidelnější a konkurencí dřevin mezi sebou, vede k pravidelnému rozmístění (Zahradník et al., 2010; Rugani et al., 2013; Wolf, 2005). Na jednotku plochy se zvyšuje objemový přírůst a porostní zásoba. Převažují stromy střední a spodní vrstvy s maximálním počtem jedinců na plošnou jednotku. Zpravidla se vyznačují vysokou vitalitou, nízkou mortalitou stromů horní vrstvy a výrazným stupňovitým nebo vertikálním zápojem. Stadium dorůstání má do značné míry největší výškovou, tloušťkovou a prostorovou odlišnost (Vacek et al., 2007). Postupem času se různověké a výškově diferencované porosty vyrovnávají a přechází do stádia optima (zralosti). Toto stádium umožňuje rozlišit dvě fáze: fázi stárnutí a fázi halové výstavby. Při fázi halové výstavby je typická stagnace výškového přírůstu, klesání objemového přírůstu a maximální výše porostní zásoby. Stadium optima je charakterizováno malým počtem stromů na plošnou jednotku, občasnou mortalitou nejsilnějších stromů, ztrátou vrstevnatosti a pomítně rozvolněným zápojem. Les má v důsledku výškového vyrovnání podobu stejnověkého hospodářského lesa s horizontálním zápojem. Při fázi stárnutí tj. na hranici věku fyzického stáří stromů, začíná odumírání nejstarších stromů a přírodní les nastupuje do svého, posledního stadia malého vývojového cyklu, do stadia rozpadu (Vacek et al., 2010). Ve stadiu rozpadu jsou stromy na hranici maximálního fyzického či fyziologického věku (Vacek et al., 2007). Po malém počtu zbývajících starých stromů, nastupují jedinci nové generace. Mezery v porostu s nastupující obnovou lesa střídají

hloučky až skupiny jedinců staré generace. Starší stromy, doposud přítomní na ploše, podstupují, tzv. fázi dožívání (Podrázský, 1999). Z hlediska vývojového cyklu, na malých plochách se jednotlivá stadia a fáze překrývají (Vacek et al., 2007).

3.3.7. Velkoplošný vývoj lesa

Velkoplošný vývoj lesa je rozpad lesa po katastrofické události (disturbanci) ekosystému. Příčinami rozpadu lesa na velkých plochách mohou být následky silného větru, požáru, přemnožení herbivorů např. kůrovců (Vacek et al., 2016). Z hlediska času a podle velikosti plochy, lze velkoplošný vývoj lesa rozdělit na regenerační sukcesi, cyklickou sukcesi a koncepci „Patch“ dynamiky (Van Der Maarel, 1996). V případě kdy závěrečné stadium (klimax) trvá delší dobu, než čas potřebný na obnovu lesa, jedná se o regenerační sukcesi. Ta probíhá na největší ploše oproti ostatním typům. Cyklická sukcese tedy probíhá na menších územích, v krátkém trvání klimaxového stadia, kde musí dojít ke strukturální a floristické rozdílnosti (Glončák, 2009). V průběhu času se v cyklické sukcesi střídají malé počty společenstev a dochází ke změně zastoupení, rozmístění a věkové struktury přítomných populací (Morin, 1999). Posledním a zároveň nejrozšířenějším typem dynamiky je koncepce „Patch“. Dynamika „Patch“ vychází z rozboru menších interaktivních prostorových segmentů tzv. „Patches“, dle funkčnosti, struktury a dynamiky lesních ekosystémů. Systém „Patch“ je postaven na požadavku, že ekosystémy jsou prostorově heterogenní. Především se jedná o disturbance, které působí prostorovou heterogenitu v rámci dynamiky ekosystému (Vacek et al., 2016). Disturbance a „Patch“ dynamika se nachází na mnoha časových a prostorových škálách (Delcourt et al., 1983), přičemž v přírodních lesích vytváří jakousi rozsáhlou „Patch“ mozaiku, lišící se tvarem, velikostí, složením, vznikem nebo délkou trvání (Wu et al., 2003).

3.3.8. Maloplošný vývoj lesa

Maloplošný vývoj lesa představuje vývoj lesa na malých plochách v časové periodě staletí. Jedná se o dva nejrozšířenější koncepty maloplošného vývoje lesa a to „Kohort“ dynamiky a „Gap“ dynamiky. „Kohort“ dynamika probíhá v delším časovém intervalu a na větší ploše oproti dynamice porostních mezer, neboli „Gap“ dynamice (Angelstman & Kuuluvainen, 2004).

U teorie koncepce „Gap“ dynamiky se předpokládá, že porušení lesního krytu, tzn. korunového zápoje, vlivem přírodních disturbancí dochází v jakémkoliv uzavřeném porostu, pokud uplyne dostatečná časová lhůta. Důvodem je, že stromy mají obvykle delší životnost, než je perioda návratů disturbance do porostu (Yamamoto, 2000). Za porostní mezery se považují plochy větší než 25 m², které jsou základním stavebním prvkem struktury přírodních lesů a maloplošné textury (Vacek et al., 2016). V častých případech dochází ke sjednocování pojmů „Gap“ dynamiky a „Patch“ dynamiky, ačkoliv jsou mezi nimi obrovské rozdíly. U „Patch“ dynamiky jsou porostní mezery větších velikostí, následkem požárů či kůrovcových kalamit (Vacek et al., 2016). Oproti tomu „Gap“ dynamika se vyznačuje menším rozsahem mezer, tzn. porušením zápoje v menším měřítku (odlomení větve, vývrát, odumření stromu nebo celé skupiny stromů). „Gap“ dynamika je výsledkem malého rozsahu disturbance (McCarthy, 2001).

„Kohort“ dynamiku lze podle Dyrenkova (1984) rozdělit do tří fází různověkých porostů. V první fázi jde o obnovu porostu, kdy se v porostu nachází větší množství odumřelého dřeva spolu s adultními mateřskými stromy, avšak s převahou mladých stromů. Ve druhé, přechodné fázi je rozložení kohort (skupin) vyrovnané podle věku a rámci porostu. Poslední fází se rozumí strukturální odklon, kdy v porostu převažují kohorty starých a přestárých stromů (Angelstman & Kuuluvainen, 2004).

3.4 Zdravotní stav lesů

Zdravotní stav lesů je důležitým faktorem pro vývoj lesních porostů. S určitým časovým zpožděním nám udává, jakým směrem se budou ubírat změny lesního prostředí, ať už v pozitivním či negativním smyslu. Lesní porosty prošly za posledních sto let značnou dramatickou změnou zdravotního stavu. V letech 1917–1927 šlo o defoliaci porostů mniškovou kalamitou, od 50. let 20. století ke značným škodám na lesních ekosystémech vlivem energetické a průmyslové produkce, včetně rozvoje dopravy. Za zmínku stojí i významné větrné kalamity např. z roku 1984, 1990 a rok 2007, kdy se přehnal přes ČR orgán Kyrill. Dlouhodobě ovlivňující vliv na zdravotní stav lesů se projevil, taktéž významnou kalamitou kůrovce z roku 2018. Tyto aktivity se negativně podílejí na ovlivňování produkce a ekologické funkce lesa. Ovšem největší dlouhodobý vliv na zdravotní stav lesů mají imise a klima, a to nejen v ČR, ale i ve střední Evropě (Ulrich et al., 1980). Lesy v horských oblastech se vyznačují větší náchylností na znečištění ovzduší, než lesy v nižších oblastech. Klimatické stresy, spolu s vysokým a

dlouhotrvajícím znečištěním ovzduší vedou k odumírání lesů (Vančura et al., 2000; Král et al., 2015).

Znečišťování ovzduší je dlouhodobým problémem už od starověku. V té době se problém stal vážnějším, když v některých středověkých městech (Londýn) došlo ke znečištění vzduchu dýmem, a to spalováním dříví, později i spalováním uhlí (Forst et al., 1985).

V ovzduší se vlivem průmyslu (50. let 20. století), začali objevovat škodliviny např. sloučenin síry (SO_2 , H_2S), sloučeniny fluóru a fluorovodíku, sloučeniny chlóru a chlorovodíku, sloučeniny dusíku a amoniaku a nakonec organické sloučeniny (dehet, asfalt, formaldehyd, benzol, pesticidy, hnojiva aj.). Negativní účinky škodlivin se projevovaly různým způsobem na lesním ekosystému. Příznaky např. plyných imisí se hůře specifikovali, protože podobné příznaky vyvolávaly i abiotické vlivy, kareční choroby i jiné patologické stavy. K rozlišení škodlivin se používají 3 stupně (fáze) ovlivnění a to fyziologické (latentní), chronické a akutní poškození (Forst et al., 1985). Další metodou hodnocení stupně poškození stromů je defoliace (odlistění), tedy ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu. Stupeň defoliace (odlistění) koruny stromů, zaznamenává šest stupňů a je vyjádřen v intervalech 0–10 %, 11–30 %, 31–50 %, 51–70 %, 71–99 % a 100 % a to pro zdravý, mírně poškozený, středně poškozený, silně poškozený, odumírající a odumřelý strom (Vacek et al., 2016).

3.4.1. Větrné disturbance

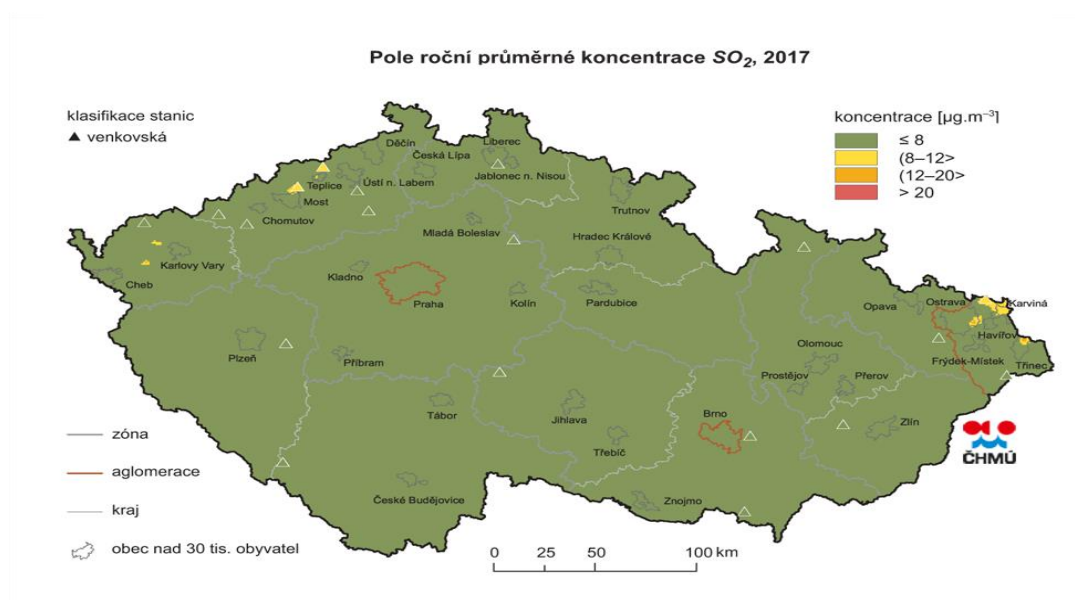
Větrné disturbance jsou ničivým aspektem, kdy dochází k poškození lesních společenstev pod vlivem vysoké rychlosti větru (vichřice, orkán) a zároveň vedou k uvolnění prostoru pro sekundární sukcesí (White & Pickett, 1985). Větrné disturbance snižují hustotu, velikost porostu a poškozují korunové patro jedinců, což se projevuje vysokou mortalitou daných jedinců. Disturbance pozměňují přírodní podmínky stanoviště, vedoucí k regeneraci semen a rychlejšího vývoje semenáčků (Dale et al., 2001). Při srovnání náchylnosti větrných kalamit v lese hospodářském, kdy horizontální struktura je zaměřena na kvalitu a kvantitu produkce dřevní hmoty a v lesích s přirozenou strukturou, vychází vyšší riziko větrných kalamit u lesů hospodářských. U lesů s přirozenou strukturou také dochází k vyvrčení jedinců, ovšem jde o jedince slabé, jejichž odstraňování je prospěšné (Schneider et al, 2006).

3.4.2. Poškození lesa lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*)

Poškození lesa lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) je spojeno s problémem nepůvodních smrkových monokultur, které na mnoha místech nahradily původní smíšené lesy. V dnešní době už není problém kalamity lýkožrouta jen v NP Šumava, ale v celé České republice. Kůrovcové kalamity jsou často sekundárním vlivem poškození. Prvním vlivem jsou lesní disturbance (převážně větrné kalamity), které spolu s následným suchem a vysokými teplotami snižují vitalitu stromů a následně dojde k osídlení kůrovcem (Němec et al. 2009).

3.4.3. Zdroje imisních látek

Hlavní imisní škodliviny, které Český hydrometeorologický ústav měří v pravidelných intervalech, jsou uvedeny jako oxid siřičitý, oxidy dusíku a pevné částice PM10. Imise se rozdělují do několika skupin. Do první skupiny patří prach a aerosoly, které se řadí mezi tuhé imise a vynikají svou toxicitou na živé organismy. Další skupinou jsou plynné imise, převážně sloučeniny síry, sloučeniny dusíku, oxidy uhlíku a různé organické sloučeniny. Jejich vznik se liší, např. SO₂ je produktem spalování fosilních paliv (uhlí) a zpracováním sulfidických rud, oxid dusíku je výsledkem energetiky a automobilové dopravy (Svatoňová, 2011).



Obrázek 2: Pole průměrné roční koncentrace SO₂ v roce 2017.

Převzato z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV7_SO2_CZ.html, dne 20. 3. 2019.

Po uplynutí desítek let, kdy největší hrozba postihovala území lesních ekosystémů Krušné hory, Jizerské hory, Orlické hory a Krkonoše se situace stabilizovala. Důvodem bylo průmyslové znečištění SO₂ na lesních ekosystémech v Krkonoších v letech 1970–1990 (Vacek et al., 2007; Vacek & Matějka 2010; Vacek et al., 2013a, 2015c). V 90. letech 20. století došlo k výraznému odumírání smrku obvykle v porostech nad 900 m. n. m., přičemž mortalita nastala u 80 % smrkových porostů, včetně následné defoliace (Polák et al., 2007). Smrk ztepilý (*Picea abies* L) se ukázal, jako zvláště citlivý vůči imisím, i proto smrk lze použít k indikaci znečištění ovzduší, vlivem imisních škodlivin (Materna, 1999). Vliv znečištění (koncentrace) SO₂ se výrazně snížil po roce 1990 z důvodu odsiřování průmyslových zdrojů. Avšak nedá se konstatovat úplné snížení koncentrace SO₂ pod hranici imisních limitů. Příkladem je Obr. 2, kde v roce 2017 došlo k překročení horní meze průměrné koncentrace SO₂ na plochách Ústeckého, Karlovarského a Moravskoslezského kraje. Přičemž úplné překročení imisního limitu (SO₂) proběhlo na malé ploše Moravskoslezského kraje (ČHMU).

3.5 Odumřelé dřevo

Odumřelé dřevo se řadí mezi základní strukturální znaky přirozených lesů, včetně své důležitosti k biodiverzitě lesa, kde poskytuje jedinečné niky pro celou řadu organismů (Míchal & Petříček, 1999). Dřevní rozklad je nenahraditelnou složkou dynamiky lesních ekosystémů. Tlející dřevo je druhou nejbohatší složkou lesních ekosystémů po půdě. V mnoha případech byl sledován ekologický význam odumřelého (mrtvého) dřeva (Christensen et al., 2005). Nedostatek odumřelého dřeva se výrazně projeví poklesem biodiverzity, kdy dojde k ohrožení ekosystémového toku živin (Fabiszewski & Wojtun, 2000). Mrtvé dřevo ovlivňuje mikroklima porostu a uchovává v sobě vodu, které využívá pro přečkání suchých dní. V odumřelém dřevě se nachází vysoký obsah uhlíku, který významně ovlivňuje uhlíkový sink (Podrázský, 1996), avšak dekompozicí je dřevní hmota mineralizována na H₂O a CO₂ a pouze malá část je zachycena v půdním humusu. Výskyt odumřelého dřeva napomáhá k diferencování mezi lesem hospodářským a lesem přirozeným (Průša, 1985; Korpel, 1995).

Mortalitou živých stromů se zahajuje vznik tlejícího dřeva, způsobené vlivem různých disturbancí. Mortalita stromů se liší v různých fázích vývojového cyklu. Ve fázi obnovy je mortalita stromů způsobena autoredukci v důsledku konkurence odrůstajícího stromového patra. V pozdějších vývojových fázích se jedná o dopad disturbancí, které

způsobují mortalitu stromů v horní etáži. Charakter typu mrtvého dřeva a jeho forma závisí na lokalitě, kde se mrtvé dřevo nachází a na druhu disturbance. Při větrném faktoru bude tlející dřevo v závislosti na různých podmínkách (stanovišti, síle větru, vývojové fázi porostu atd.) tvořené zlomy nebo vývraty. Dalším významným faktorem odumírání stromů je gradace hmyzu, kdy tlející dřevo bude tvořeno, velkým množstvím stojících souší. Stojící souše se stávají terčem výskytu hub, které způsobí lámání souší a následný vznik tlejícího dřeva. Význam houbových patogenů a hmyzích škůdců se v tlejícím dřevě bude kvalitativně lišit (opadem kůry a koruny) na rozdíl od větrné disturbance. Jednotlivé typy disturbance vytváří mezi sebou interakce, které mají vliv na proces vytváření tlejícího dřeva v ekosystému (Svoboda & Pouska, 2008).

Z hlediska dynamiky lesního ekosystému existují dva modelové cykly tlejícího dřeva. První model je na malých plochách, kde se stav lesního ekosystému nachází v rovnováze (schopnost autoregulace). Na malých plochách (desítky hektarů) dochází k odumírání horní etáže (hlavního porostu) a v celém porostu jsou růstové fáze vývoje lesa v rámci vývojových cyklů v rovnováze. V závislosti na typu růstové fázi, kolísá množství tlejícího dřeva na jedné lokalitě, oproti lokalitě několika desítek hektarů, kde se cyklus odumřelého dřeva nachází v rovnováze (Korpeľ, 1995). Druhým modelem se líčí stav, kdy různý typ intenzivní disturbance neumožní ekosystému dostat se do rovnovážného stavu, ani na plochách několika stovek či desítek hektarů. Cyklus růstových fází vývoje lesa (velký a malý vývojový cyklus) bude pevně spojen s cyklem tlejícího dřeva z hlediska porostu. Podle typu růstové fáze se bude měnit charakter tlejícího dřeva stejně jako jeho množství. Cyklus tlejícího dřeva je silnou dynamickou složkou ekosystému, které se přizpůsobily mnohé druhy organismů. Narušení cyklu tlejícího dřeva by mělo fatální následek na existenci druhů v lesním ekosystému (Svoboda & Pouska, 2008).

Proces dekompozice tlejícího dřeva je ovlivňován několika faktory: klimatickými podmínkami (teplotou, vlhkostí, poměrem O_2 a CO_2 v prostředí), stanovištěm, režimem narušení, charakterem dekompozičních organismů, kvalitativními vlastnostmi (tloušťkou, druhem dřeviny, rozměry), třídou rozkladu a formou tlejícího dřeva a příčinou odumření (zlom, vývrat aj.). Celý proces vzniku odumřelého dřeva se skládá od respirace, biologické transformace, vyplavování, fragmentace až po atmosférické zvětrávání. V průběhu respirace se mikroorganismy podílejí na transformování vázaného uhlíku do CO_2 . Současně s tím probíhá dekompozice (rozklad) mrtvého dřeva dřevokaznými

houbami, které dokáží rozložit celulózu i jinak toxický lignin. Mikroorganismy a bezobratlí využívají organické látky ve dřevě při biologické transformaci. Dochází ke vsakování srážkové vody a následnému vyplavování rozpustných látek z tlejícího dřeva. Poté následuje fragmentace souše během nebo po pádu na zem, vlivem zamrznutí, rozmrznutí či v důsledku hub, hmyzu, mikroorganismů, obratlovců, rostlin ale i kořenů. Posledním procesem je postupné zvětrávání tlejícího dřeva, vlivem látek transportovaných atmosférou (Svoboda & Pouska, 2008).

V NP Šumava se uvádí průměrný objem tlejícího dřeva cca $47 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Na začátku stádia rozpadu porostu literatura uvádí zhruba $29 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho $26 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ stojících souší a cca $3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ležících kmenů. U pokročilé formy rozpadu porostu se uvádí množství tlejícího dřeva asi $18 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Poměr množství tlejícího dřeva je výrazně nižší v horských lesích NP Šumavy a Krkonoš ve srovnání s původními, přírodními a převážně smrkovými, horskými lesy střední Evropy (Svoboda, 2007). Výskyt odumřelého dřeva je významným fenoménem v horských podmínkách přirozených smrčín.

3.6 Přirozená obnova

Obrovský rozvoj přirozené obnovy datujeme do dvacátých a třicátých let 20. století. Hlavním propagátorem přirozené obnovy se v této době stal Vanselow (1957). Jedním z nejúspěšnějších míst se staly Orlické hory, kde se vyskytovala hojně přirozená obnova (Konias, 1952). Je mnoho předpokladů pro zdárně dokončenou přirozenou obnovu. Nejprve jde o dostatečný opad semenného materiálu, s čímž souvisí i semenný rok. Dalším faktorem je stav půdy, který musí být příhodný, aby došlo k vyklíčení semen a následnému vzejití semenáčků. K vhodnému stavu půdy dopomáhá biologická příprava stanoviště, která se provádí po těžbě. Dalšími důležitými faktory jsou příznivé klimatické podmínky a vhodný stav porostního klimatu (Poleno et al., 2009). Přirozená obnova má několik etap od vyklíčení až po přežívání semenáčků, které probíhají za předpokladu vhodných podmínek. První etapu lze rozdělit do tří fází obnovy:

1. Předčasná fáze – nevhodná doba pro vzejití semenáčků, jelikož nejsou vhodné mikroklimatické a půdní podmínky na stanovišti. Důvodem je mortalita semenáčků;
2. Optimální fáze – příznivé (optimální) podmínky pro klíčení semen a vhodné klimatické i půdní podmínky;

3. Promeškaná fáze – zaniknutí příhodných podmínek pro vznik přirozené obnovy např. vlivem buřeně (Poleno et al., 2009).

Přirozená obnova se dále rozděluje na dvě základní formy vzniku. Generativní (přirozená semenná), kdy jedinci vyrostou ze spadlých semen mateřského či sousedního porostu. Druhá forma je vegetativní (výmladková), kdy jedinci vyrostou z kmenových, či pařezových výmladků (Vacek et al., 2016). Nejvíce uplatňovaným způsobem přirozené obnovy je clonná obnova. V porostu dochází ke snižování zápoje odstraňováním nežádoucím stromů, kdy v porostu se vytváří vhodné ekologické podmínky pro vyklíčení semen a zdárné obnovy semenáčků.

3.7 Popis a ekologické nároky hlavních dřevin

3.7.1. Smrk ztepilý (*Picea abies* L.)

Smrk ztepilý (*Picea abies* L.) je naše nejběžnější a nejdůležitější hospodářská dřevina nejen v České republice, ale i ve střední a severní Evropě (Musil, 2003). Současné zastoupení smrku v České republice činí 50,3 %, přičemž přirozené zastoupení je 11,2 % a doporučené zastoupení 36,5 % (ÚHÚL, 2017). Smrk je naše původní dřevina s velice proměnlivým areálem. Smrk se rozděluje na 3 oblasti výskytu (Obr. 3): středo a jihovýchodoevropskou oblast, severovýchodoevropskou oblast a sibiřskou oblast (Schmidt – Vogt, 1986, 1987, 1989). Nověji se podle (Musil & Hamerník, 2007) rozděluje areál smrku na 2 oblasti: severoevropskou oblast a středoevropsko balkánskou oblast. V severní a střední Evropě se smrk vyskytoval ostrůvkovitě v horách a podhůřích. Naopak souvislý areál výskytu smrku je v boreálních sibiřských lesích (Skalický & Skalická, 1988). Jižní hranicí areálu smrku je řecká část Rodopy (Musil, 2003). Výskyt smrku natolik neovlivňuje nadmořská výška, jako spíše chladné kontinentální klima s dobrým přístupem vody do půdy ať už podzemní vody tak i vody srážkové. Doménou rozšíření smrku v České republice je oreofytikum v klimatických či klimaxových smrčinách. Prakticky se ale smrk vyskytuje ve všech lesních vegetačních stupních a to díky využívání umělé obnovy v 19. století (Poleno et al., 2009). V ČR je z hlediska přirozeného výskytu zastoupen horský smrk hercynsko – karpatské oblasti (Chmelař, 1981).



Obrázek 3: Areál rozšíření smrku ztepilého (*Picea abies* L.).

Převzato z <http://www.euforgen.org/species/picea-abies/> dne 20. 3. 2019.

Smrk ztepilý (*Picea abies* L.) je morfologicky proměnlivý a plastický (Vacek, 1983). Do vysokého stáří má výrazně monopodiální, vzpřímenou stavbu přeslenitého větvení. Dosahovaná výška stromu činí 30 – 40 m (v extrémních případech 50 – 69 m). Borka je tenká a hladká, červenohnědá až šedavá ve starším věku šupinovitě odlupčivá. Jehlice jsou vždyzelené na průřezu čtyřhranné, přirostlé na prýtech pomocí odstávajících listových „polštářků“. Šišťice jsou rozmístěny jednotlivě a kvetou v dubnu až červnu. Samčí šišťice elipsoidního tvaru jsou žlutavé až červené, umístěné mezi jednoletými jehlicemi, obvykle ve střední, nebo dolní části koruny. Zatímco větší, vzpřímené samičí šišťice mají zelenou nebo karmínovou barvu a jsou umístěné v horní části koruny. Šišky jsou převislého, válcovitého tvaru s pergamenovitými nebo papírovitými semennými šupinami a dozrávají na podzim téhož roku (Koblížek, 2006). Dosažitelný věk smrku je 300 – 400 (600) let. Avšak dle zdrojů (Míchal, 1993) se na Šumavě vyskytovaly smrky staré až 600 let.

Smrk je polostinná (až stinná) dřevina, která v mladém věku snáší zastínění, avšak ve vysokých polohách má nároky na světlo vyšší (Kyzlík & Michálek, 1963). Smrk dokáže žít celá desetiletí v zástínu podobně jako jedle bělokorá, aniž by ztrácel akceleraci růstu po uvolnění. Obecně platí, že s věkem a stanovištními podmínkami se mění schopnost smrku snášet zastínění. Hraničními hodnotami, které smrk dokáže snášet je, až 4 % plného osvětlení, tedy relativní ozářenosti (Poleno et al., 2009; Musil, 2002). Není náročný na půdu ani geologické podloží, na vápencových horninách ustupuje buku. Jeho nenáročnost je na minerálních půdách, snadno snáší nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagující vodu bažin a rašelinišť. Limitujícím faktorem správného růstu smrku bývá

nedostatek vláhy. Nároky na půdní a vzdušnou vlhkost jsou velké. Lepší růstové vlastnosti smrku se potvrdili v kotlinách, na úpatí hor a v pánvích, kde je vyšší půdní vlhkost (Poleno et al., 2009; Musil, 2002). Smrk odolává nízkým teplotám a nevyhovují mu vysoké teploty. Je tedy přizpůsoben krátkému vegetačnímu období, kdy optimálními podmínkami jsou krátké a chladné léto (Chmelař, 1981). Kvůli plošnému, povrchovému, kořenovému systému často neodolává větru a trpí tak vývraty. Avšak na kyprých hlubokých půdách dokáže vytvářet kořenový systém typický pro borovice. Při nedostatku živin dochází ke snižování přírůstu výškového i tloušťkového. Naproti tomu při vysokém obsahu živin se zvyšuje pravděpodobnost napadení hnilobou, kterou působí václavka smrková (*Almillaria ostoyae*), nebo kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*), který způsobuje červenou hnilobu. Nejvhodnější pro růst smrku je písčito - hlinitá půda (Prospero et al., 2003; Šrůtka et al., 2009; Oliva et al., 2012).

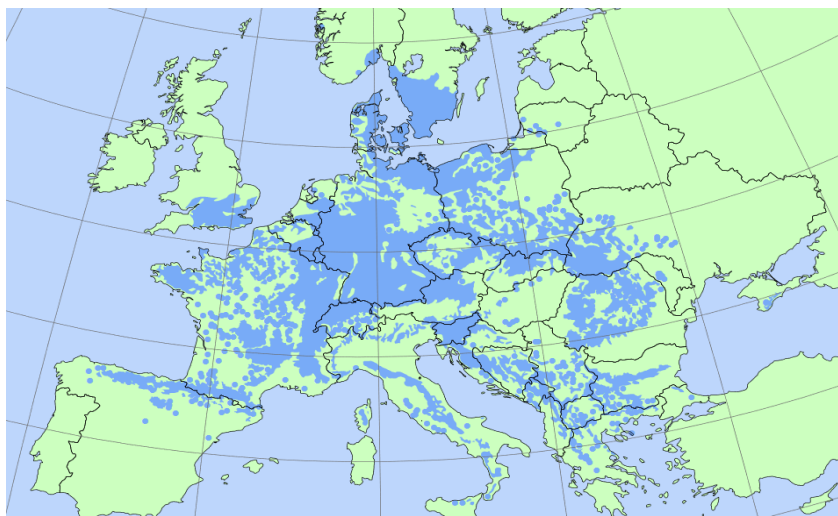
V minulých staletích byl smrk vysazován na různá stanoviště, proto v monokulturních stanovištích vykazoval velkou ekologickou nestabilitu a sníženou odolnost vůči houbovým chorobám (Skalický & Skalická, 1988). Ekologické optimum má smrk právě tam, kde slábne konkurenceschopnost jedle a buku. Jelikož jde o kontinentální dřevinu je známo, že v oceánickém klimatu smrk vykazuje nejlepší přírůsty. Fyziologické optimum smrku leží tedy mimo přirozený areál. Česká republika zaujímá 20 % plochy smrkových porostů na původních stanovištích (Musil, 2002).

Spolu s bukem lesním a jedlí bělokorou tvoří smrk hercynskou směs, v nižších horských polohách označovány jako smrko-jedlo-bukový les. Zde se vyskytuje do výšky 800-1000 m n. m. Uvnitř areálu hercynské směsi dosahuje smrk dobrých výsledků přirozené obnovy. Oproti tomu, buk s jedlí je silně poškozován zvěří (Poleno et al., 2009).

3.7.2. Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.)

Podobně jako u smrku jde o nejdůležitější hospodářskou listnatou dřevinu. Podle ÚHÚL (2017) je současné zastoupení buku v České republice 8,4 %, přirozené zastoupení 40,2 % a doporučené zastoupení 18 %. Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) je naší původní dřevinou, proto i naše celé území leží uvnitř areálu buku, ve všech středohorních partiích a horských oblastech (Poleno et al., 2009), a také v hercynské a karpatské části území. Obecně buk je evropského areálu s rozšířením do západní, střední a jihovýchodní části kontinentu (Obr. 4). Přičemž na východě prochází Polskem až k jihovýchodnímu úpatí

Karpat a balkánského pohoří. Zde postupným křížením přechází na buk východní *Fagus orientalis* (Musil, 2005).



Obrázek 4: Areál rozšíření smrku ztepilého (*Fagus sylvatica* L.).

Převzato z <http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica/> dne 20. 3. 2019.

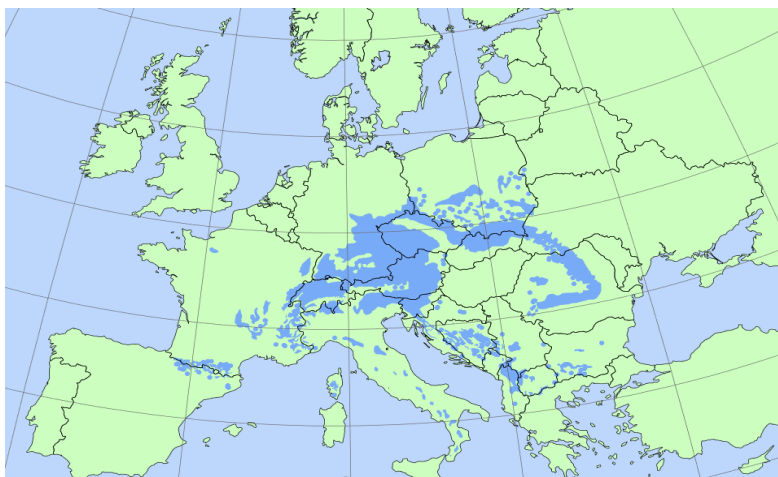
Buk je jednodomý strom, obvykle s hladkou, šedou až bělošedou borkou. Výška stromu činí 35–40 m. Buk se dožívá 200-400 let, není to ovšem věk hospodářského využití. Má vřetenovité, prolamované letorosty v mladém věku plstnaté, v pozdějším věku lysé. Je odolný vůči povětrnostním vlivům, díky srdcovému kořenovému systému, se silnými kořeny. Plodem stromu jsou trojboké nažky, tzv. bukvice, které jsou uzavřené v dřevnaté číšce po dvou (Musil & Hamerník, 2003). Bukvice slouží jako potrava pro zvěř, zejména u ptactva a savců (Sphon, 2013). Tento anemogamní druh poprvé kvete mezi 20-40 rokem. V intervalech 5-10 let má semenné roky, což velmi stěžuje přirozenou obnovu lesa, zvláště v horských oblastech, kde imise ovlivňovali semenné roky (Svoboda, 1955).

Buk je dřevinou oceánického a suboceánického klimatu. Je tedy citlivý vůči suchu, zejména ve spodní části areálu svého rozšíření (Mátyás et al., 2010) a nesnese půdy ovlivněné stagnující vodou. Dostupné studie uvádí i možný pokles produkce buku, v závislosti se zvýšenou mortalitou v důsledku kritického sucha (Jump et al., 2006; Hlásny et al., 2011). Vyhovují mu čerstvě vlhké, minerálně bohaté půdy. Ve svém růstovém optimu, tj. ve 4. lesním vegetačním stupni je indiferentní ke geologickému podkladu (Poleno et al., 2009). Taktéž toleruje značné zastínění v mládí podle (Barna et al., 2011), kdy vytváří víceetážové porosty a silným cloněním vytlačuje většinu ostatních dřevin

(Musil, 2005). Přítomnost výskytu buku bylo zjištěno i nad horní hranicí lesa, ve výšce 1310 m. n. m., v Národním parku Krkonoš. V posledních desetiletích byl v Krkonoších a Orlických horách zaznamenán pokles zastoupení jedle, právě ve prospěch regenerace buku (Hofmeister et al., 2008; Vacek et al., 2015). V této nadmořské výšce je generativní reprodukce jen velmi nízká, buk tak přechází k vegetativní reprodukci (Vacek & Hejzman, 2012). Nejkritičtější fází pro buk jsou první týdny po klíčení, kdy bukvice jsou snadnou kořistí konzumentů. Především se jedná o hlodavce, ptáky a spárkatou zvěř, kdy velká část úrody, může být zkonzumována nebo odnesena jako zásoba na zimu (Poleno et al., 2009). Podle Groot Bruinderinka & Hazenbroeka (1995) mohou mít zvířata vážný dopad na obnovu lesa. Regenerace buku je úspěšná právě tam, kde nehrozí zaplevelení, či vliv konkurence lesní vegetace. Bukvice mají tak snadnější přístup k substrátu (Poleno et al., 2009).

3.7.3. Jedle bělokorá (*Abies Alba* Mill.)

Jedle bělokorá (*Abies Alba* Mill.) zaujímá podobný areál jako smrk ztepilý. Je situovaná především do střední a jižní Evropy, kde tvoří malé a velké ostrůvky (Obr. 5), kryjící se s horskými masívy a pásmy. V ČR roste ve všech okrajových i vnitrozemských horstvech (Musil, 2003). Její produkční optimum je tedy 500-900 m n. m. (Poleno et al., 2009). Ve střední Evropě roste jedle až do výšky 1000 m n. m. V ČR sahá jedle do výšky 1300 m n. m. (nejvyšší jedle byla objevena na ploše 1 338 m n. m., na Jezerní hoře). Podle Černý (2007) se nad horní hranicí lesa nachází až 19 jedinců jedle. V Alpách roste, až do výšky 1700 m n. m., spolu ve směsi se smrkem a bukem. Současné zastoupení jedle v ČR je 1,1 %, přičemž přirozené zastoupení činí 19,8 % a doporučené zastoupení 4,4 % (ÚHÚL, 2017).



Obrázek 5: Areál rozšíření (*Abies Alba* Mill.).

Převzato z <http://www.euforgen.org/species/abies-alba/> dne 20. 3. 2019.

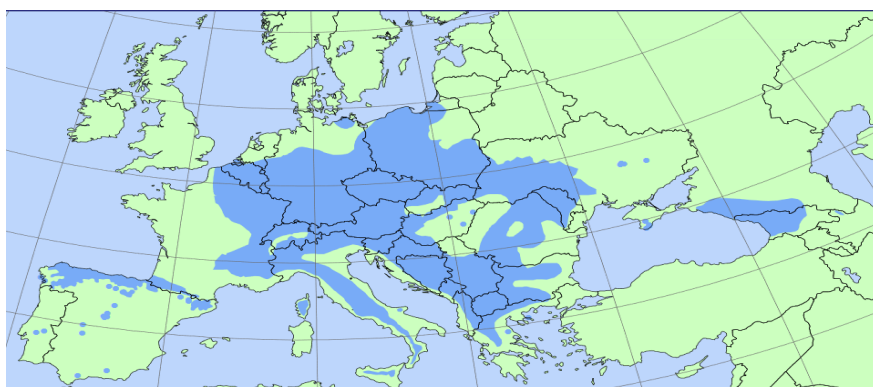
Jedle je vysoký strom dorůstající do výšky 30-40 metrů, jsou však zaznamenávány výšky až 60 m. Dožívá se přibližně 500 let, přičemž běžný výškový přírůst kulminuje ve stáří 30-35 roků. Má kuželovitou korunu, ve stáří postupně válcovitá. Její borka je hladká, později šupinatě bělošedá, ve stáří rozpučaná. Letorosty jsou hustě chlupaté. Jehlice jsou velice dobrým determinačním znakem, jelikož jsou dvouřadé, mající ze spodní strany má dva bělavé pruhy průduchů a horní strany mají žlábek (Musil, 2003). Jedle kvete v dubnu až červnu. Šišťice samčího pohlaví mají zelenožlutou barvu a jsou umístěné ve spodní nebo střední části koruny na loňských jehlicích. Samičí šišťice zelenožluté až fialové barvy jsou umístěné na konci loňských výhonů ve vrcholu koruny. Šišky jedle jsou vzpřímené, rozpadavé se zřetelně podpurnými šupinami. Semena jsou velká (7-10 mm), tříhranná s přirostlým křídlem. Klíčivost jedle je velice nízká, pouze 40-50 %. Kořenový systém jedle je velmi stabilní, díky kůlovému až srdčitému systému, s hluboko sahajícími upevňovacími kořeny (Musil & Hamerník, 2003).

Jelikož jedle je stinná dřevina, stává se tak vhodným kandidátem pro nestejnověké (smíšené), víceetážové porosty. Jak na půdní tak i vzdušnou vlhkost má nároky vysoké. Jedle dokáže zadržet 40–80 % srážek, řadí se tak mezi dřeviny s největší intercepcí. Roste na půdách hlubších, středně živných až bohatších. V mládí často trpí pozdními mrazy, pokud není pod ochranou mateřského porostu. Nevhodné pro jedli jsou tedy tuhé, chladné zimy a suchá, horká léta (Musil & Hamerník, 2003). Je velice citlivá na hrubé zásahy např. holosečné způsoby hospodaření. Pro životaschopnou, přirozenou obnovu jedle, je

zapotřebí nezabuřenělá půda a dostatečný zápoj. To vše lze docílit správným obnovním postupem, např. sečí clonnou nebo kotlíkovou (Oliva & Colinas, 2007; Poleno et al., 2009). Faktorem narušujícím přirozenou obnovu jedle je okus semenáčků zvěří. V 80. letech minulého století došlo k dočasnému zastavení odumírání jedle zapříčiněné lesní zvěří, avšak nemělo to dlouhého trvání. Ani uplatňování oplocenek neřešilo dostatečně problém obnovy jedle (Musil & Hamerník, 2003). Černý (1989) uvedl, že v roce 1980 došlo k viditelnému poklesu jedle, způsobené vysokým výskytem napadení *Drefusia nordmanniana* (Eckstein, 1890). Ve vyšších věkových třídách mohla za poškození jedlí korovnice jedlová (*Drefusia piceae*), (Poleno et al., 2009). Například Jankovský (2005) uvedl, že pokles jedle je taktéž způsoben znečištěním ovzduší. Jedním s možných ústupů jedle bělokoré (*Abies Alba* Mill.) je vytváření jedlových monokultur s krátkou obnovní dobou (Bercha, 2005).

3.7.4. Javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.)

Javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) má evropský areál s rozšířením ve střední a jihovýchodní Evropě, ale vyskytuje se z části i v západní a jižní části Evropy (Obr. 6). Avšak původním areálem byly jen vyšší polohy střední Evropy. Ze všech tří javorů (javor mléč, javor babyka a javor klen) roste v nejvyšších nadmořských výškách. V Alpách má areál až do výšky 1600 m n. m. (Poleno et al., 2009). V ČR roste prakticky na celém území. Jedná se především o střední a vyšší polohy do horských poloh zasahuje jen zřídka (Jeseníky, Krkonoše, Šumava). Javor roste i v nižších pohořích tj. 800–900 m n. m., kde roste roztroušeně ve skupinkách. Podle (ÚHÚL, 2017) je současné zastoupení javoru stejné jako doporučené s hodnotou 1,5 %, přirozené zastoupení je 0,7 %.



Obrázek 6: Areál rozšíření (*Acer pseudoplatanus* L.).

Převzato z <http://www.euforgen.org/species/acer-pseudoplatanus/> dne 20. 3. 2019.

Javor je strom s válcovitým kmenem a košatou korunou, který dosahuje velkých rozměrů. Jeho výška je 30–40 m a dožívá se přibližně 400 let. Borka je v mládí hladká a šedivá, ve stáří je výrazně šupinovitá až deskovitě odlupčivá. Má silné, lysé, žlutozelené až šedé letorosty, které mají křížmostojné postavení. Vrcholové pupeny jsou zelené a postranní menší pupeny mají červenohnědý lem. List je 5-ti laločný s pilovitým okrajem a špičatými zářezy. Plodem je okřídlená nažka tzv. dvounažka, která svírá ostrý úhel. Javor kvete v měsíci květnu, dvounažky tak opadávají v říjnu až prosinci. Klíčivost je velice vysoká, uvádí se až 90 % každý rok. Kořenový systém javoru je srdčitý a zasahuje tak hluboko do půdy, kde dobře upevňuje dřevinu i v náročném balvanitém terénu. Díky tomuto, se klen hodí i na okraje porostů, kde velmi dobře odolává povětrnostním vlivům (Musil & Hamerník, 2003).

Je to dřevina polostinná, která v mládí toleruje zastínění. Výhodou toho může být, že se snadno přirozeně obnovuje a tím pádem pomáhá s obnovou podrostním způsobem. V mládí roste velice rychle a tak nemá přirozeného konkurenta, jakým může být buk. K přirozené obnově javoru dopomáhá taktéž každoroční hojná fruktifikace a lehká okřídlená semena, která se snadně šíří větrem na vzdálenější místa. Javor často v mládí trpí na poškození zvěře, zejména jde o okus (Poleno et al., 2009). Javor roste na humózních půdách s vysokým obsahem skeletu (řady obohacené humusem). Často roste na sutích, kamenitých půdách v hluboce zaříznutých údolích spolu s lípou, bukem, jasanem a jilmem horským (Úřadníček et al., 2009). Nesnáší půdy se stagnující vodou. Vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost a čerstvě vlhké půdy s proudící vodou (Úřadníček et al., 2001). Díky svému mohutnému kořenovému systému, dokáže najít vodu velmi hluboko v různých podmínkách prostředí (Piovesan et al., 2005). Lesnický je javor nejvýznamnější, melioračně zpevňující dřevinou vyšších poloh, kde tvoří jednotlivou nebo hloučkovitou příměs v okrajích porostu.

3.7.5. Jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.)

Areálem jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia* L.) je celá Evropa až k západní Sibiři a Malé Asii. Naopak jeho areál nezasahuje na její jižnější části Evropy. V ČR je hojný na celém území. Přirozeně se vyskytuje od nížin, na kyselých doubravách a na vřesovištích, až po horské polohy na kyselých, kamenitých podkladech, horských smrčín při horní hranici lesa (Úřadníček et al., 2009). Podle ÚHÚL (2017) o stavu lesa a lesním

hospodářství je jeřáb ptačí zařazen mezi ostatní listnáče, kde je současné zastoupení pro ČR 1,6 %.

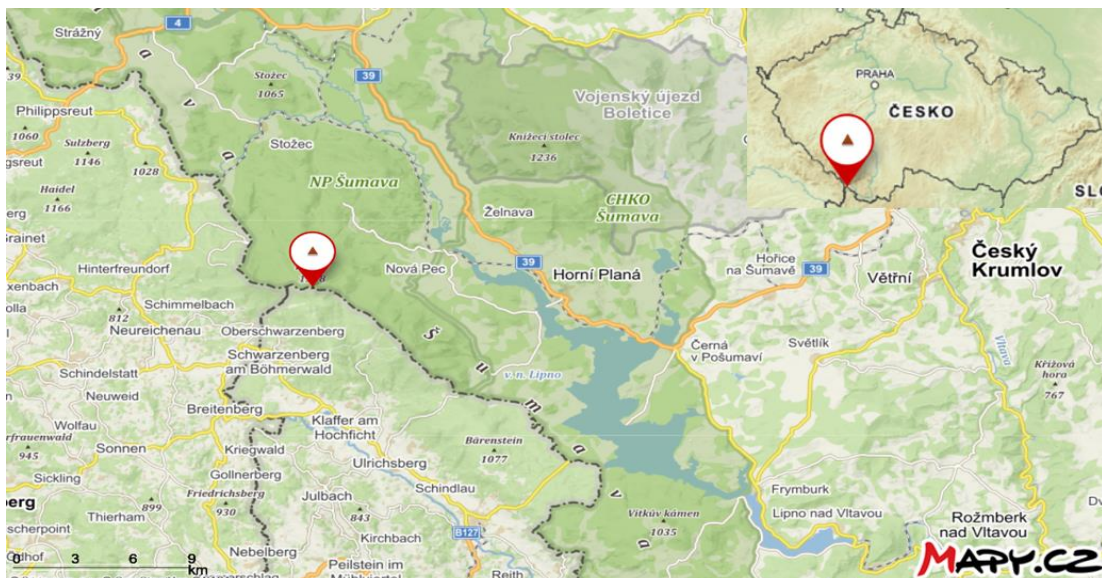
Jeřáb je strom dosahující výšky 15–20 m s řídkou, štíhlou korunou a rovným kmenem. Schopnost dožití je až 150 let (Grime et al., 1988). Borcka je hladká, světlešedá a později se odlupuje v tangenciálních svitcích. Pupy jsou červenofialové, bíle chlupaté, vejcovitého tvaru, přičemž koncový pupen může být dlouhý i přes 1 cm. Listy jsou lichozpeřené, na okraji hrubě pilovité s načervenalým vřetenem. Plodem jeřábu jsou oranžové až červené, kulovité malvice, které jsou bez lenticel a dozrávají v září až v říjnu. Kvete v květnu až červnu, kdy oboupohlavní květy má uspořádané v bohatých, chololičnatých latách (Musil & Hamerník, 2003). Plodnost jeřábu začíná v 15-20 letech a pak se opakuje v intervalech 2-3 let (Svoboda 1957). Kořenový systém je houževnatý a vláknitý podle charakteru půdy. Zdroje uvádí průměrnou délku kořenů více než 50 cm u jednoletých sazenic (Gillham, 1980). Na půdách hlubokých má křovový kořenový systém. Ovšem častěji se setkáváme s mělkým kořenovým systémem hlavně na kamenitých půdách, související s vegetativním rozmnožováním.

Edafické požadavky jeřábu jsou podobné požadavkům břízy, avšak jeřáb je vůči stínu odolnější než bříza (McVean & Ratcliffe, 1962). Jeřáb je světlomilnou dřevinou, která v mládí poměrně dobře snáší zástín. Je tak schopna obnovy pod zástínem starého porostu. Růst je v mládí velice rychlý, v 10 letech může mít výšku až 5 m, avšak jeho růst se zpomaluje ve věku 30 let. Je nenáročný na půdu i vlhkost, ale nesnese záplavy. Jde o velmi skromnou, nenáročnou dřevinu s velkým ekologickým rozpětím. Roste přirozeně na půdách chudých, vlhčích až mírně suchých i na kamenitých a rašelinných podložích. Špatně snáší zasolené substráty. Je velmi odolný proti časným a pozdním mrazům (Svoboda, 1957). Při horní hranici lesa je přirozenou příměsí smrčín. Velice rychle osidluje volné či zdevastované plochy. Je tedy dřevinou pionýrskou. Kromě horských jeřábových smrčín se javor považuje za plevelný druh (Musil & Hamerník, 2003). V horských oblastech je považována hlavně za dřevinu přípravnou, kde jsou porosty značně poškozeny imisemi. Plody jeřábu jsou významnou potravou pro ptactvo a zvěř. Porosty jeřábu jsou často poškozovány zvěří (Úřadníček et al., 2009). Jeřáb má vlastnost průkopnické dřeviny tzn., že má schopnost růst na stanovištích, kde nic neroste (Svoboda, 1957).

4. Metodika

4.1 Popis studovaného území

Šumava patří mezi pohoří s nejrozsáhlejším hercynským masívem ve střední Evropě. I s předhořím Šumavy se rozkládá na ploše více než 5000 km². Rozsáhlé území zasahuje do Spolkové republiky Německo, Rakousko a Česká republika. V rámci ČR se vylisuje Národní park Šumava (NPŠ) a lemující Chráněná krajinná oblast (CHKO) Šumava. Z německé strany je to Národní park Bavorský les (NPBL). Chráněná krajinná oblast Šumava se rozkládá ve správním území dvou krajů a to v kraji Plzeňském a kraji Jihočeském (Obr. 7). V rámci programu MaB (Člověk a biosféra) zařadilo UNESCO v roce 1990 Šumavu do globální sítě biosférických rezervací, území vysokých přírodních hodnot využívané člověkem. Rozvoj území probíhá dle principů trvalé udržitelnosti. V rámci ČR se Šumava řadí do Přírodní lesní oblasti (PLO) 13. Severozápadní okraj navazuje na Český les a na jihovýchodním okraji se klenou Novohradské Hory. Délka od severozápadu k jihovýchodu činí 125 km. Průměrná výška hřebenů Šumavy je 1000–1100 m n. m., přičemž nejvyšší vrcholky jsou Velký Javor (1457 m) a Roklan (1454 m), ležící v Bavorsku. U nás je nejvyšším vrcholem Plechý s nadmořskou výškou 1378 m. Katastrální rozloha PLO 13, činí 211302 ha. Podle PUPFL (pozemek určený k plnění funkcí lesa) se PLO 13 rozkládá na ploše 140378 ha, při lesnatosti 66 % (Vacek, 2008).

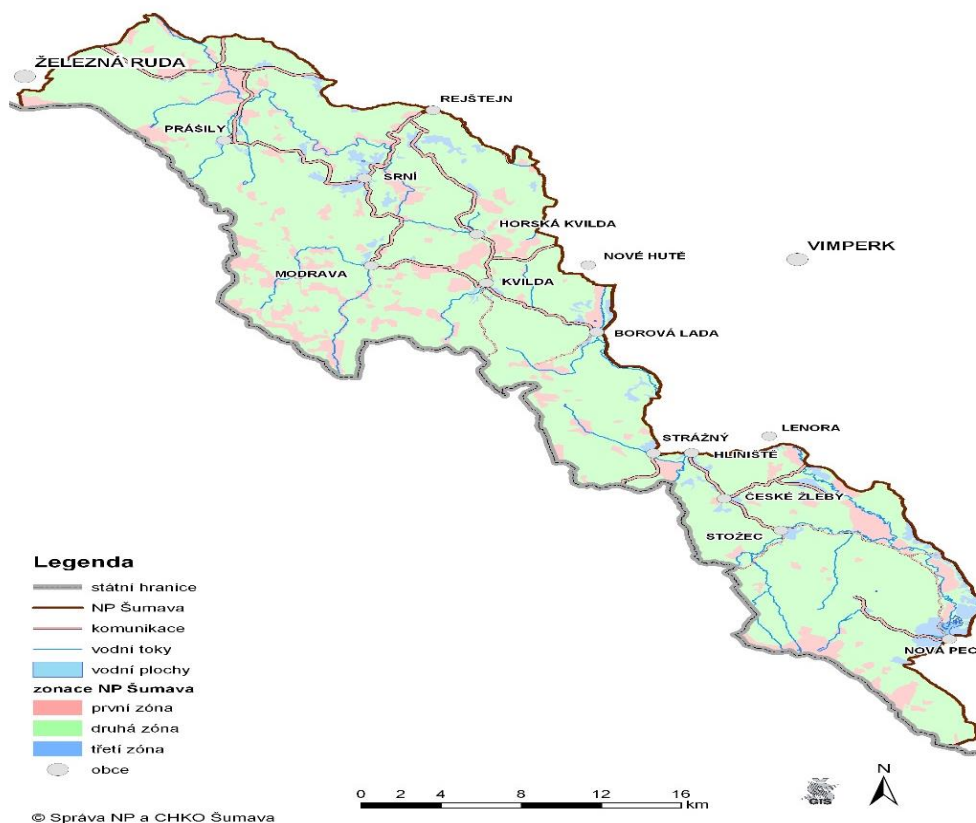


Obrázek 7: Mapa studovaného území (upraveno Kos M.).

Převzato z <https://mapy.cz/turisticka?x=14.1063100&y=48.7911863&z=11&l=0&source=osm&id=16024051> dne 20. 3. 2019.

CHKO Šumava vyhlásilo Ministerstvo školství a kultury 27. 12. 1963. Dne 20. 3. 1991 byl zřízen na části CHKO, vládou ČR č. 163/1991 Sb. a zákonem o ochraně přírody a krajiny č. 114/92 Sb., Národní park Šumava. Z hlediska Ramsarské úmluvy se NP Šumava vyznačuje mimořádnou hodnotou a významnou zachovalostí mokřadů a rašelinišť (Vacek, 2008).

Z hlediska plánu péče o lesní ekosystémy je značně diferencovaný postup hospodaření v NP Šumava. Plán péče vychází ze zonace, souboru lesních typů (SLT) a současného stavu porostu. NPŠ je vymezen do tří zón ochrany přírody (Obr. 8) V první zóně je převážná část ponechána samovolnému vývoji, představující cca 13 % rozlohy NPŠ. Ve druhé zóně je část území, lesních a ostatních ekosystémů pozměněna lidským faktorem. Ve druhé zóně je veliký potenciál rozšiřování se do první zóny. Do třetí zóny tzv. okrajové patří člověkem značně pozměněné území a střediska soustředěné zástavby.



Obrázek 8: Území Národního parku Šumava a jeho zonace platné od roku 1995.

Převzato z http://www.npsumava.cz/gallery/32/9712-b_02_zonace_11_2013.jpg dne 20. 3. 2019.

4.1.1. Klimatické a hydrologické podmínky

PLO 13 – Šumava patří do chladné oblasti, od vnější, nejnižší části území PLO, charakterizovaná smrkovými bučinami (6. LVS) označována CH7, dále do střední části PLO, charakterizovaná bukovým smrčínám (7. LVS) s označením CH6 a následně nejvyšší partie hřebenů Šumavy nesoucí označení CH4 (Quitt, 1971). Oblast má perhumidní podnebí s převládajícím oceánským klimatem. Ve vyšších polohách Šumavy (nad 1100 m n. m.), průměrná roční teplota osciluje od 3,7 do 5,1 °C, úhrn srážek se pohybuje v rozmezí od 1027 do 1486 mm. V nižších polohách (tj. 600 – 1100 m n. m.) se průměrná roční teplota pohybuje v rozmezí 4,4 – 6,5 °C, s úhrnem srážek od 863 do 997 mm. Značné škody lesních porostů způsobují časně a pozdní mrazy, dále i nebezpečný vítr. Šumava se vyznačuje vodohospodářsky významnou lokalitou, jelikož zde prochází evropské rozvodí mezi Severním mořem a Černým mořem. Šumava je hydrologicky významná oblast pozůstatkem četných pramenišť, rašelinišť a zachováním ledovcových jezer (Plešné, Čertovo, Černé, Prášilské, Laka), (Vacek, 2008).

4.1.2. Geomorfologické a geologické podmínky

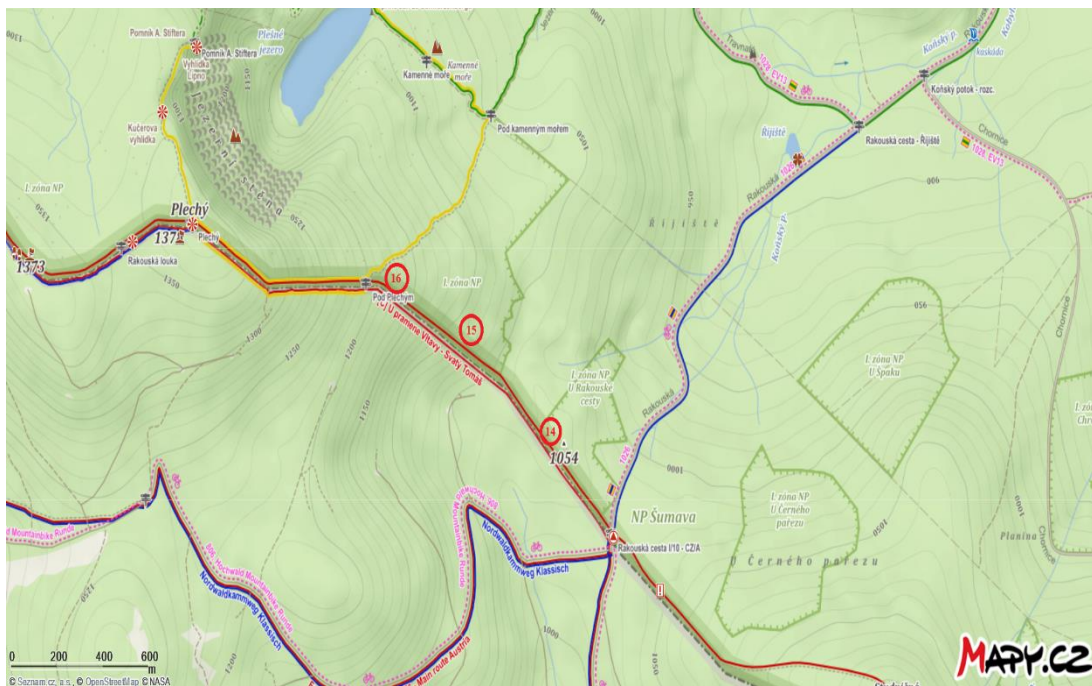
Šumava se zachovala jako zarovnaný povrch horských Plání (nad 1100 m n. m.) s horskými hřbety vyčnívajícími ve směru SZ a JV. Ze severozápadní strany vybíhá Královský Hvozd a v jihovýchodní části vybíhají hřbety hornatiny Trojmezenské, Želnavské a Boubínské (Vacek, 2008). Z hlediska geologického se jedná o masivní horský celek, složený ze silně metamorfovaných krystalických hornin moldanubika, převážně z ortorul, granulitů, migmatitů, rul, pararul, svorových rul a svorů (Demek & Mackovčín, 2006).

4.1.3. Vegetační a typologické poměry

V PLO 13 – Šumava je zastoupena škála od 5. LVS do 9. LVS, z čehož nejrozšířenější je 6. LVS, tedy smrkobukový se zastoupením 56,5 % (39,2 % v NPŠ). Druhý v pořadí je 7. LVS – bukosmrkový se zastoupením 29,2 % (32,5 % v NPŠ). Převládajícími soubory lesních typů (SLT) jsou: 6K – kyselá smrková bučina (24 %), 7K – kyselá buková smrčina, 6S – svěží smrková bučina, 6V – vlhká smrková bučina. Výraznou převahu mají ekologické řady kyselé a extrémní (52 %). Stanovištní řady obohacené vodou, oglejené, podmáčené jsou zastoupeny 29 % a řady živné a obohacené humusem zaujímají 19 % (Vacek, 2008).

4.2 Lokalizace trvale výzkumných ploch

Studované trvalé výzkumné plochy (TVP) se nacházejí v I. zóně ochrany přírody NP Šumava. TVP se nachází na jihovýchodním svahu vrcholu Plechý, přičemž v rámci studované lokality byly vybrány plochy P14, P15 a P16 na LHC Plešný (obr. 9).



Obrázek 9: Mapa studovaných trvale výzkumných ploch na lokalitě Plechý. Jedná se o tři TVP označené čísly 14, 15, 16 (upraveno Kos M.).

Převzato z <https://mapy.cz/turisticka?x=13.8689648&y=48.7691401&z=15> dne 20. 3. 2019.

4.2.1. Popis TVP 14

TVP 14 odpovídá porostu 3C_{4/3/1}, který se nachází na mírném svahu jihozápadní expozice v nadmořské výšce 1053 m. Jedná se o plochu s lesním typem 6S2, kde půdním typem je kryptopodzol. Na ploše je hlavní dřevinou buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) a smrk ztepilý (*Picea abies* L.), dále je vtroušen jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia* L.) a zbytek porostů doplňuje javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) a jedle bělokorá (*Abies alba* Mill.). V porostu je i přes nepřerušovaný zápoj výskyt bylinného a mechového patra. V porostu je převaha skupinovitého smíšení. Věk porostu, který převahuje je 30 let, dále se vyskytují stromy se stářím více než 200 let (Vacek, 2008).

4.2.2. Popis TVP 15

TVP 15 se nachází v porostu 3A_{3/2/1} na zvlněném svahu ve sklonu 10°, při nadmořské výšce 1064 m na jihovýchodní expozici. Lesní typ je 6S2, kdy půdním typem je kryptopodzol. Hlavní dřevinou je buk a vtroušenou dřevinou je smrk. Jeřáb, jedle a javor jsou jednotlivě přimíšené. Na ploše je rozvolněný zápoj, s pokrývností mechů a bylin. Převažující věk porostní etáže je 30 let, avšak na ploše se nachází i několik stromů starších 200 let (Vacek, 2008).

4.2.3. Popis TVP 16

TVP 16 je v porostu 4A_{6/2/1} na jihovýchodním svahu ve sklonu cca 13° a v nadmořské výšce 1118 m. Jedná o plochu výrazněji členitou a balvanitou, než tomu bylo u ploch TVP 14 a TVP 15. Díky tomu je přístup na plochu složitější a jedinci mají i větší rozestupy mezi sebou. Plocha odpovídá lesnímu typu 6S1 s půdním typem kryptopodzol. Dřevinou hlavní je buk a následně přimíšenou dřevinou je smrk. Javor, jedle a jeřáb jsou jednotlivě přimíšené. Nachází se zde výrazná tloušťková diference jednotlivých dřevin. Jedná se o různověký porost. Kvůli nižšímu zápoji je výrazná pokrývnost bylinného patra cca 50 % a mechové patro s pokrývností cca 5 % (Vacek, 2008).

4.3 Sběr dat

Hlavní měření na TVP ve výškovém gradientu hory Plechý probíhalo po ukončení vegetačního období (po opadu listového aparátu) v termínu od 22. do 27. 10. 2018 pomocí technologie Field-Map (IFER). Měření se odehrávalo na 3 TVP o rozměrech 50×50 m, tedy na ploše 0,25 ha. Na této ploše se měřily všechny stromy s výčetní tloušťkou ≥ 8 cm. Přirozená obnova byla měřena u výčetní tloušťky od 5 do 8 cm. Výšky stromů byly změřeny pomocí výškoměru Vertex Laser (Haglöw Sweden) s přesností na 0,1 m a tloušťky změřeny pomocí kovové průměrky Mantax blue (Haglöw Sweden) s přesností na 1 mm. Dále pomocí technologie Field-Map, byla zaměřena pozice všech jedinců stromového patra a přirozené obnovy na jednotlivých TVP. Změřená tloušťka a výška jedinců byla zapsána do softwaru Field-Map, který umožňuje efektivně a rychle sbírat data z porostu a následně je použít pro kancelářské zpracování. Technologie Field-Map byla taktéž použita pro zaměření korunové projekce a odumřelého dříví. U korunové projekce Field-Map zaměřil a vykreslil korunu za pomoci odrazek, které představovaly rozsah koruny v prostoru a to vždy minimálně ze čtyř stran. U stojícího a ležícího







odumřelého dříví byla opět zaměřena pozice a dále třída rozkladu. Ležící odumřelé dřevo bylo zaznamenáváno pouze s délkou ≥ 1 m a tloušťkou na užším konci ≤ 7 cm). Třída (stupeň) rozkladu se hodnotil okulárně. Rozeznáváme 5 stupňů rozkladu u ležícího odumřelého dřeva, resp. 4 stupně u stojícího odumřelého dřeva:

- I. Nenarušený kmen rozkladem – Jde o čerstvě odumřelý strom, nejčastěji větrnou disturbancí. Má mechanicky soudržné dřevo, nenarušené.
- II. Počáteční fáze rozkladu – Dřevo této fáze je stále mechanicky soudržné s borkou, avšak už se zde projevují první známky rozkladu (tlení) a možný výskyt plodnic dřevokazných hub.
- III. Střední fáze rozkladu – Dřevo je pokryto jen lokálně borkou. Vyskytují se dřevokazné houby a jejich plodnice. Na dřevě se začínají vyskytovat epifytické mechy.
- IV. Silně narušená fáze rozkladu – Jde o rozrušené dřevo bez mechanické soudržnosti. Na dřevě je velké množství výskytu plodnic dřevokazných hub, lišejníků, mechů. Na dřevě je možný výskyt zmlazení dřevin.
- V. Konečná fáze rozpadu – Tato fáze se vyznačuje úplným rozpadem struktury odumřelého dřeva. Vytrácí se plodnice dřevokazných hub, kvůli úplné destrukci odumřelého dřeva. Na tlejícím dřevě se objevují různé druhy trav a zmlazení jednotlivých dřevin. Kůra se nevyskytuje nebo jí nelze rozeznat. Tlející dřevo se stává součástí půdního povrchu.

4.4 Analýza dat

U studovaných ploch (TVP 14, 15, 16) byla provedena vizualizace struktury pomocí růstového simulátoru biodynamiky lesa – SYBYLA (Fabrika & Ďurský, 2005). Legenda barev dřevin je na Obr. 10. Pomocí toho softwaru byly také vypočítány produkční charakteristiky porostu včetně diverzity a struktury. Tento růstový simulátor se skládá z několika komponentů. Těmi jsou: generátor struktury lesa, 3-D model struktury lesa, kalkulační model, probírkový model, konkurenční model a přírůstový model. Vstupními údaji v simulátoru jsou informace o jednotlivých stromech (tloušťky, výšky, horizontální a vertikální pozice, výška nasazení korun, korunová projekce, kvalita a zdravotní stav). Výstupy simulátoru jsou poté v grafické a numerické podobě. Část výstupů je tedy tvořena vizualizací stavu porostů v jednotlivých periodách a další část

obsahuje interpretace údajů ve formě tabulek a grafů (struktura porostů, produkce, nákladové a výnosové položky), (Minx, 2006).

	smrk ztepilý		javor klen
	jedle bělokorá		jeřáb ptačí
	buk lesní		vrba jíva

Obrázek 10: Legenda barev dřevin v simulátoru biodynamiky lesa Sibyla.

Z dendrometrických údajů byly vypočteny ukazatelé, které jsou ve výsledcích v tabulkách. Jedná se o tyto dendrometrické veličiny:

- t – průměrný věk porostu,
- d – průměrná výčetní tloušťka porostu (cm) spočítaná, jako kvadratický průměr tlouštěk všech stromů v porostu,
- h – střední porostní výška (cm), spočítaná aritmetickým průměrem výšek všech stromů,
- f – výtvarnice, spočítaná jako poměr skutečného objemu stromu k objemu „ideálního válce“, mající se stromem společnou základnu a výšku,
- v – průměrný objem stromu (m^3) jako podíl celkové zásoby a počtu stromů,
- N – počet jedinců na hektar,
- G – výčetní kruhová základna ($m^2 \cdot ha^{-1}$) vypočítaná jako součet kruhových základen všech stromů v porostu,
- V – objem porostu ($m^3 \cdot ha^{-1}$) jako součet objemů všech stromů v porostu,
- $h:d$ – štíhlostní koeficient jako poměr výšky a tloušťky středního stromu,
- CPP – celkový průměrný přírůst ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$) jako podíl celkové objemové produkce (COP) a věku porostu.

Dalšími kritérii pro hodnocení diverzity (druhová, komplexní) nebo hodnocení struktury jsou výsledky indexů. Horizontální struktura byla na jednotlivých plochách zhodnocena u všech jedinců stromového patra, pahýlů a středů horizontální projekce korun. Byly spočítány, Clark-Evansův index a Ripleyova L - funkce, které reprezentují způsob rozmístění jedinců po ploše porostu. Na grafických výstupech černá linie

zachycuje L - funkci pro reálné vzdálenosti jedinců na TVP, silná modrá čára střední průběh pro náhodné rozdělení stromů v prostoru a dvě slabší středové křivky prezentují 95 % interval spolehlivosti. Když je černá linie rozdělení stromů na TVP pod tímto intervalem, tak indikuje tendenci jedinců k pravidelnému rozmístění, a pokud je nad tímto intervalem, tak tendenci ke shlukovitosti. Kritéria agregačního indexu jsou uvedeny v Tab. 1.

Pro výpočet těchto charakteristik popisující horizontální uspořádání jedinců na ploše byl použit program PointPro 2.2 (ČZU, Zahradník & Puš). 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.

Dále byly v rámci hodnocení biodiverzity spočítány: index tloušťkové diferenciace a výškové diferenciace, index druhové různorodosti, index druhové vyrovnanosti, index druhové bohatosti, Arten-profil index a index celkové porostní diverzity. Kritéria druhových, strukturálních a komplexních indexů jsou uvedeny v Tab. 1.

Tabulka 1: Přehled indexů popisující strukturu a diverzitu porostu včetně kritérií.

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Vertikální diverzita	Arten-profil index	Ap (Pri)	Pretzsch 2006	rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$
Strukturální diference	Tloušťková diference	TM_d (Fi)	Füldner 1995	rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, střední $TM = 0,3-0,5$, vysoká $TM = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $TM > 0,7$
	Výšková diference	TM_h (Fi)	Füldner 1995	
Horizontální struktura	Agregační index	R (C&Ei)	Clark, Evans 1954	střední hodnota $R = 1$, shlukovitost $R < 1$, pravidelnost $R > 1$
Druhá diverzita	Druhá bohatost	D_1 nebo R1 (Mai)	Marfalef 1958	minimum $D = 0$, vyšší $D =$ vyšší hodnota
		D_2 nebo R2 (Mei)	Menhinick 1964	
	Druhá heterogenita	H' (Si)	Shannon 1948	rozpětí 0-1; minimum $H'(\lambda) = 0$, maximum $H' = 1$ – pro 10 dřevin (Hertleyova míra)
		λ (Sii)	Simpson 1949	
	Druhá vyrovnanost	E_1 (Pii)	Pielou 1975	rozpětí 0-1; minimum $E = 0$, maximum $E = 1$
		E_2 (Hii)	Hill 1973	
Komplexní diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch 1997	monotónní struktura $B < 4$, rovnoměrná struktura $B = 4-6$, nerovnoměrná struktura $B = 6-8$, různorodá struktura $B = 8-9$, velmi různorodá struktura $B > 9$

Z hlediska dynamiky vývoje a rozdílnosti mezi jednotlivými TVP, analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO 5 (Lepš & Šmilauer 2003) pro zhodnocení vztahu mezi strukturou porostu (vertikální, horizontální, druhovou a celkovou), produkčními parametry, přirozenou obnovou, odumřelým dřevem a stanovištními charakteristikami. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Výsledky vícerozměrné PCA analýzy byly vizualizovány ve formě ordinačního diagramu.

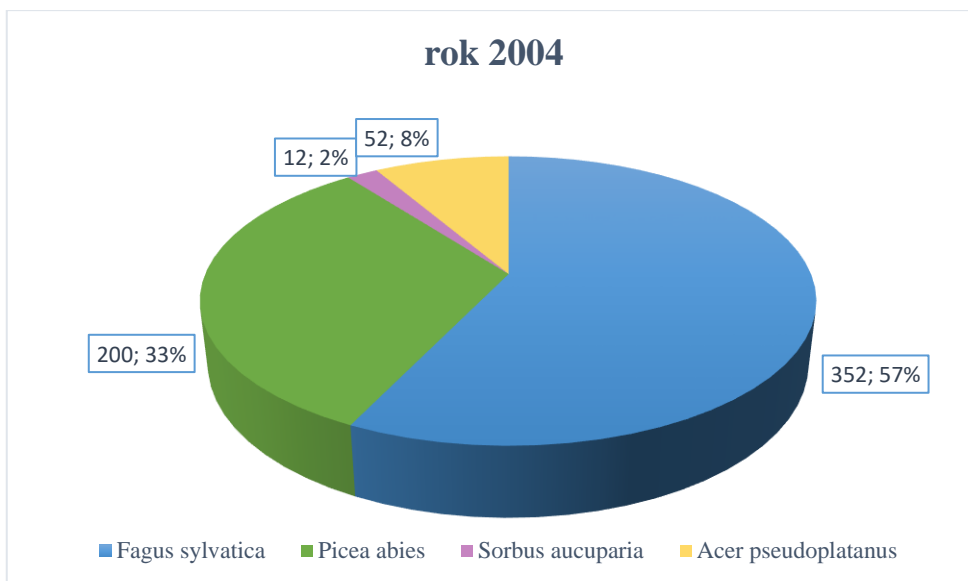
Všechny výsledky zabývající se produkčními parametry a ukazateli denzity u stromového patra, přirozené obnovy a odumřelého dřeva jsou na jednotlivých TVP přepočteny na 1 ha. Dále naměřené výsledky v roce 2018 jsou porovnávány s historickými údaji z roku 2004. Mapové výstupy byly zpracovány v programu ArcGIS (Esri). Grafické výstupy (tloušťkové a výškové histogramy, biometrické hodnocení) byly zpracovány v softwaru MS Excel.

5. Výsledky

5.1 Plechý TVP 14

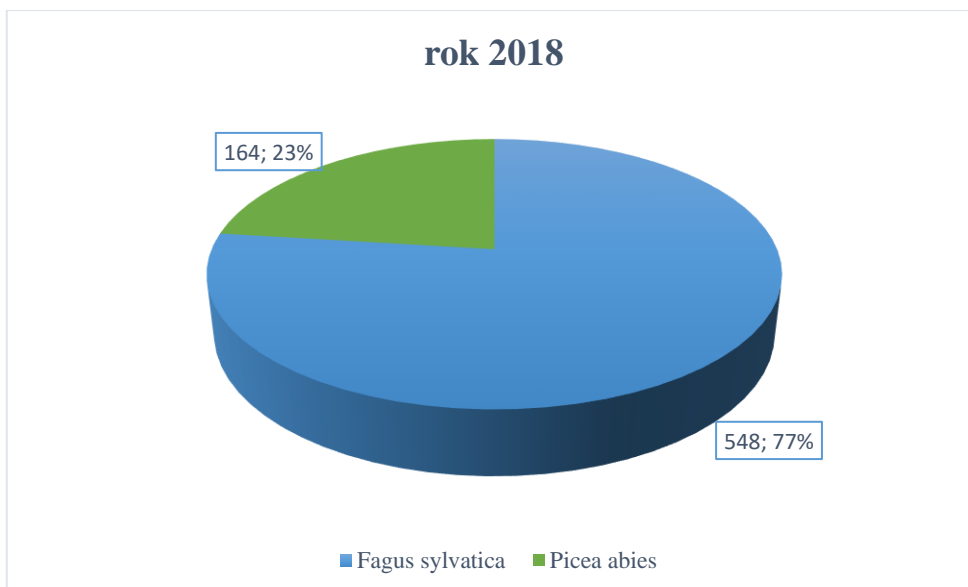
5.1.1. Porostní charakteristika plochy

Porost $3C_{4/3/1}$ je tvořen třemi etážemi, které se vzájemně prolínají a v některých případech tvoří výběrnou strukturu. V porostu je značná absence jedinců střední vrstvy. Zastoupení dřevin z roku 2004 na TVP 14 s výčetní tloušťkou nad 8 cm je zřejmé na Obr. 11. Na ploše je nejvíce zastoupen buk lesní s 352 jedinci, tj. 57 %, dále smrk ztepilý s 200 jedinci (33 %), javor klen s 52 jedinci (8 %) a jeřáb ptačí s 12 jedinci (2 %) na 1 ha. Celkové zastoupení dřevin v roce 2004 činilo 616 jedinců na 1 ha.



Obrázek 11: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.

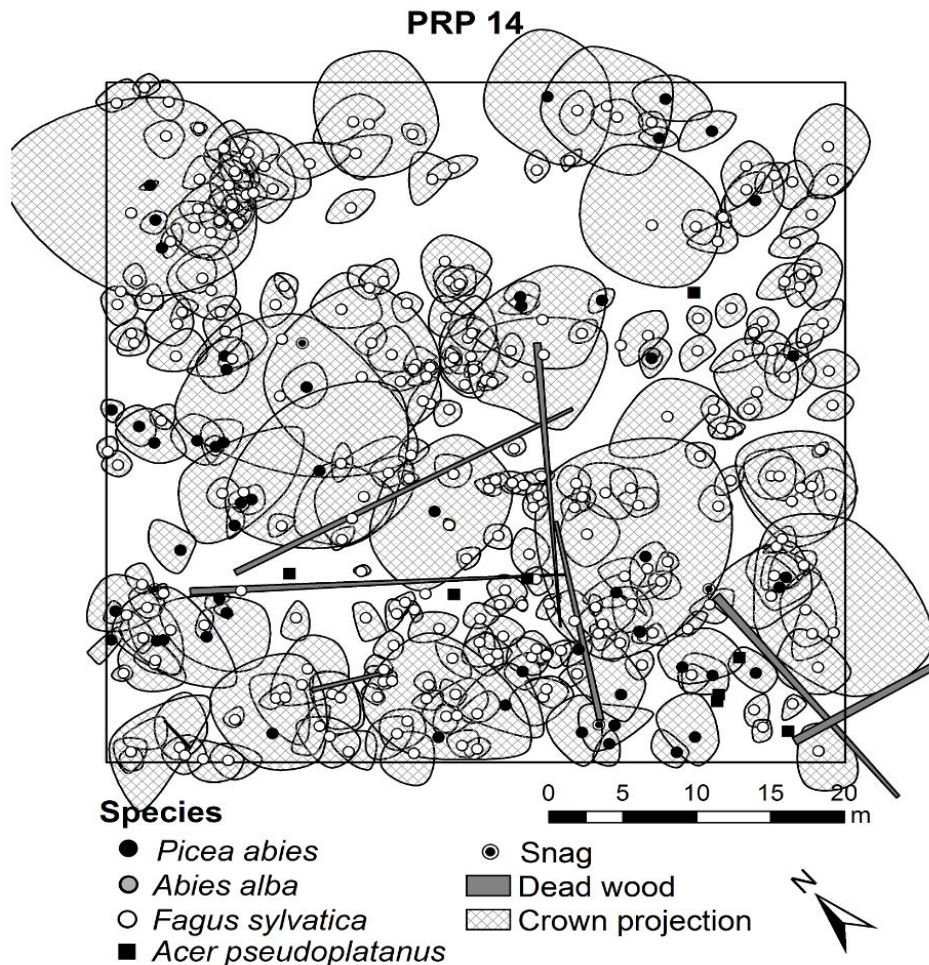
Zastoupení dřevin s výčetní tloušťkou nad 8 cm na TVP 14 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha je uvedeno na Obr. 12. Současné zastoupení smrku ztepilého na ploše je 164 jedinců (23 %) a 548 jedinců buku lesního (77 %). To odpovídá celkovému počtu 712 jedinců na 1 ha.



Obrázek 12: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.

5.1.2. Diverzita porostu

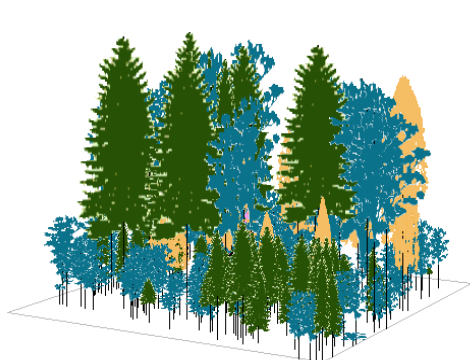
Na Obr. 13, je znázorněna horizontální struktura horní etáže buk-smrkového porostu. Je patrné, že horní etáž zastupuje buk lesní s největším zastoupením, dále smrk ztepilý a s minimálním počtem i jedle bělokorá. Porost je značně věkově diferencovaný. Z hlediska malého vývojového cyklu se jedná o stadium rozpadu s pokročilou fází obnovy až počáteční stadium dorůstání.



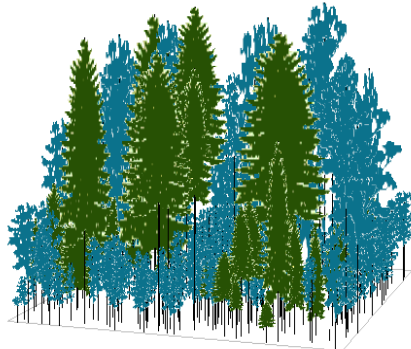
Obrázek 13: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 14.

Na Obr. 14 a 15 je znázorněna vizualizace vertikální výstavby porostu v roce 2004 a 2018. Vertikální struktura z roku 2004 zachycuje minoritní počet javorů, který není zřejmý v roce 2018. Dále porost na Obr. 14 je více výškově diferencovaný, než tomu je na Obr. 15. Na TVP 14 se v rámci malého vývojového cyklu přeměnila druhová skladba, zejména mortalitou javoru a utlačováním spodní vrstvy smrku. Dominantní zastoupení v

porostu na TVP 14 má buk lesní v letech 2004 i 2018. U přestárlé kmenoviny dochází k odumírání jedinců.



Obrázek 14: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 14 v roce 2004.



Obrázek 15: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 14 v roce 2018.

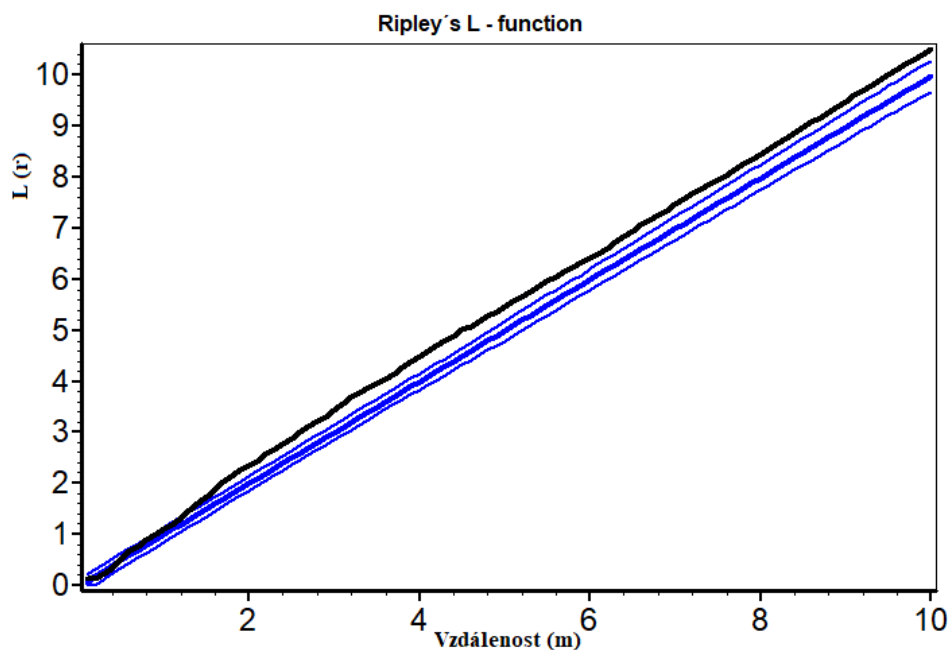
Hodnoty indexů popisující diverzitu smíšeného porostu na TVP 14 jsou uvedeny v Tab. 3. Hodnoty Arten-profil indexu ukázaly, že se vertikální struktura v průběhu času významně nezměnila. Porost na TVP 14 lze hodnotit jako výrazně vertikálně rozrůzněný. Z hlediska komplexní diverzity se potvrdila různorodá struktura porostu, blíží se velmi různorodé struktuře v roce 2004, která ovšem v průběhu čtrnácti let mírně poklesla. Tloušťková i výšková diference je v obou letech na střední hodnotě, zatímco tloušťková diference klesá, výšková diference roste. To je výsledkem dorůstání spodní vrstvy porostu. Druhová heterogenita se během čtrnácti let výrazně snížila u obou indexů (H' , λ). Jedná se o porost s nízkou druhovou různorodostí a vyšší vyrovnaností, který se podle hodnot indexů měnil jen minimálně. Indexy D_1 a D_2 pojednávají o nízké druhové bohatosti na TVP 14.

Tabulka 2: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 14.

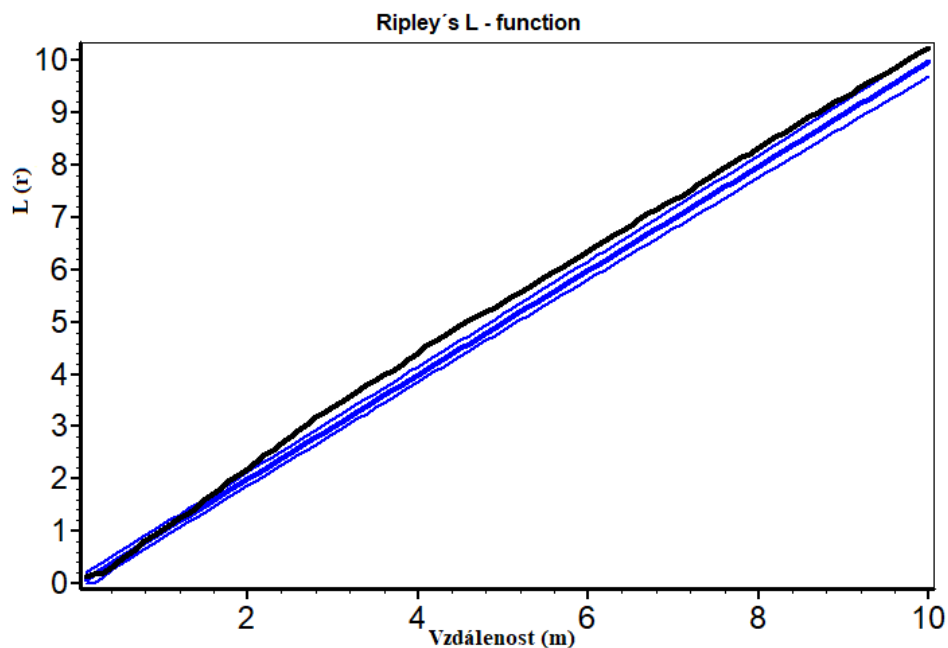
TVP 14	Rok	2004	2018
Indexy	Ap (Pi)	0,733	0,705
	B (J&Di)	8,976	8,034
	TM _d (Fi)	0,409	0,400
	TM _h (Fi)	0,358	0,365
	H' (Si)	0,432	0,288
	λ (Sii)	0,600	0,469
	E ₁ (Pii)	0,718	0,604
	E ₂ (Hii)	0,880	0,939
	D ₁ (Mai)	0,426	0,280
	D ₂ (Mei)	0,118	0,084
	R (C&Ei)	0,894	0,969

Vysvětlivky: A – Arten-profil index, B – index prostní diverzity, R – agregační index, TM_d – index tloušťkové diferenciace, TM_h – index výškové diferenciace, H' – index druhové heterogenity, λ – index druhové heterogenity, E₁ – index druhové vyrovnanosti, E₂ – index druhové vyrovnanosti, D₁ – index druhové bohatosti, D₂ – index druhové bohatosti.

Z hlediska horizontální struktury podle Clark-Evansova indexu je rozmístění jedinců na ploše shlukovité v roce 2004 a náhodné v roce 2018. Pro oba roky (2004 a 2018) platí, že Ripleyova *L*-funkce znázorňuje shlukovité (agregované) rozmístění jedinců na ploše, zhruba od vzdálenosti 2 m (Obr. 16 a 17). Při nižším rozestupu je prostorové rozmístění stromů na TVP náhodné.



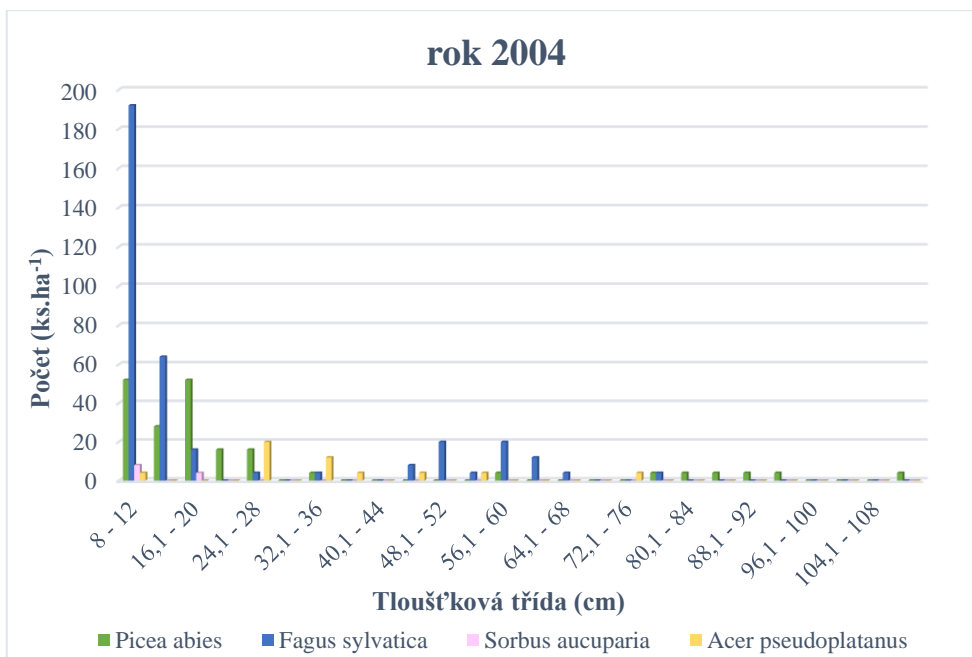
Obrázek 16: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená *L* - funkcí pro TVP 14 v roce 2004.



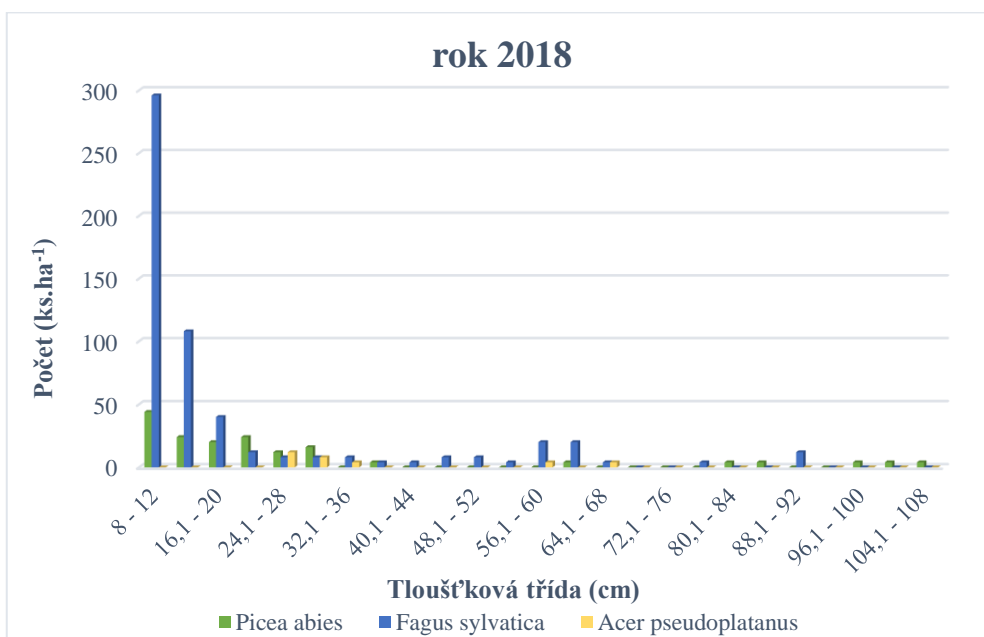
Obrázek 17: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 14 v roce 2018.

5.1.3. Biometrická charakteristika porostu

Základní biometrické charakteristiky buk-smrkového porostu změřeny v letech 2004 a 2018 na TVP 14 jsou znázorněny na Obr. 18–27. Největší zastoupení má tloušťková třída v rozmezí od 8 do 20 cm v obou letech. Avšak v roce 2018 registrujeme vyšší zastoupení jedinců, zejména v této tloušťkové třídě. Dominantní dřevinou je buk lesní, který po roce 2004 zvyšuje své zastoupení a potlačuje tak schopnost růstu ostatních dřevin. V roce 2018 je evidovaná mortalita jeřábu a javoru způsobená dominancí buku.

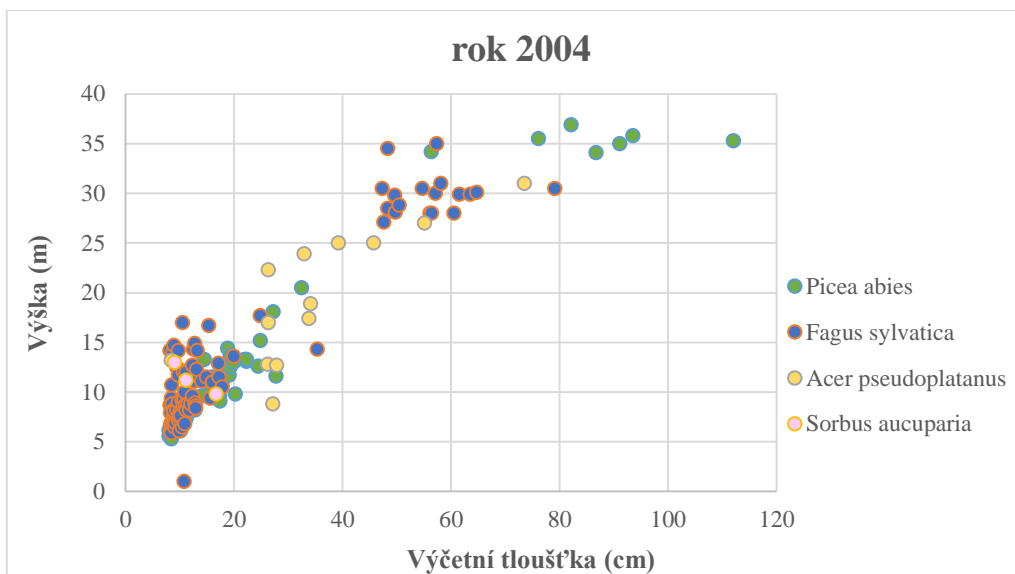


Obrázek 18: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2004.

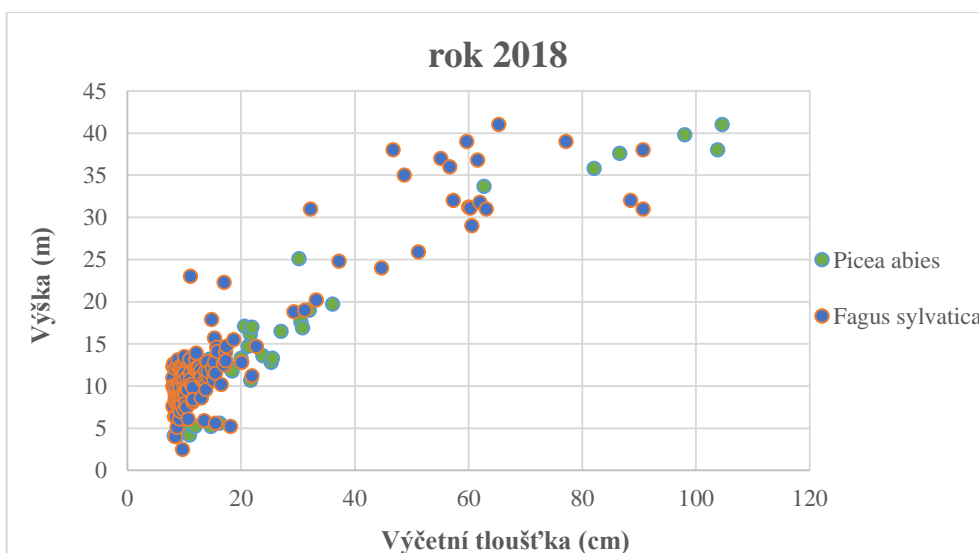


Obrázek 19: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2018.

Na Obr. 20–21 je znázorněna výčetní tloušťka a výška porostu. S rostoucí výškou stromů se zvedá i výčetní tloušťka, která stoupá zhruba do tloušťky 70 cm a poté má tendenci stagnovat.

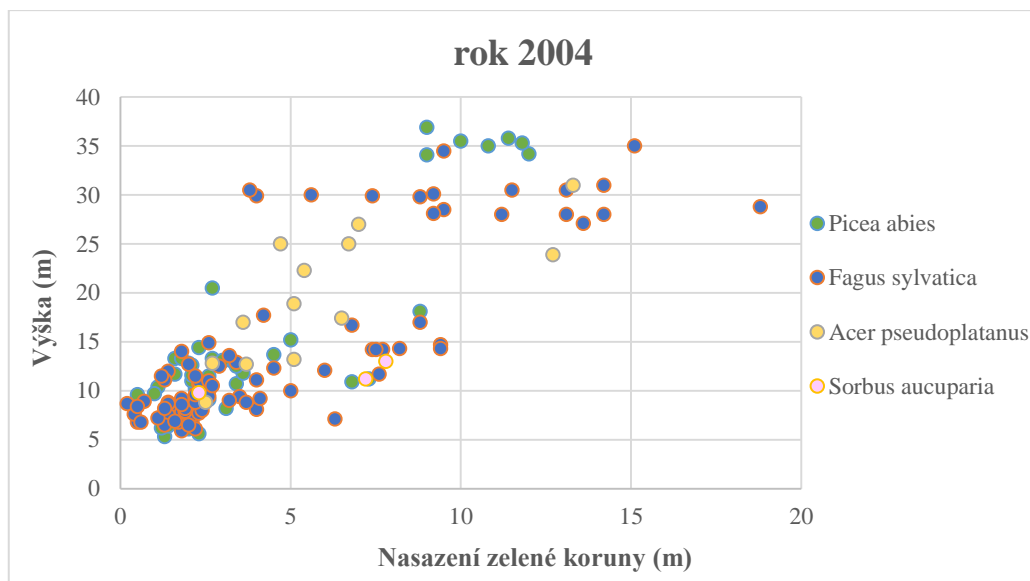


Obrázek 20: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2004.

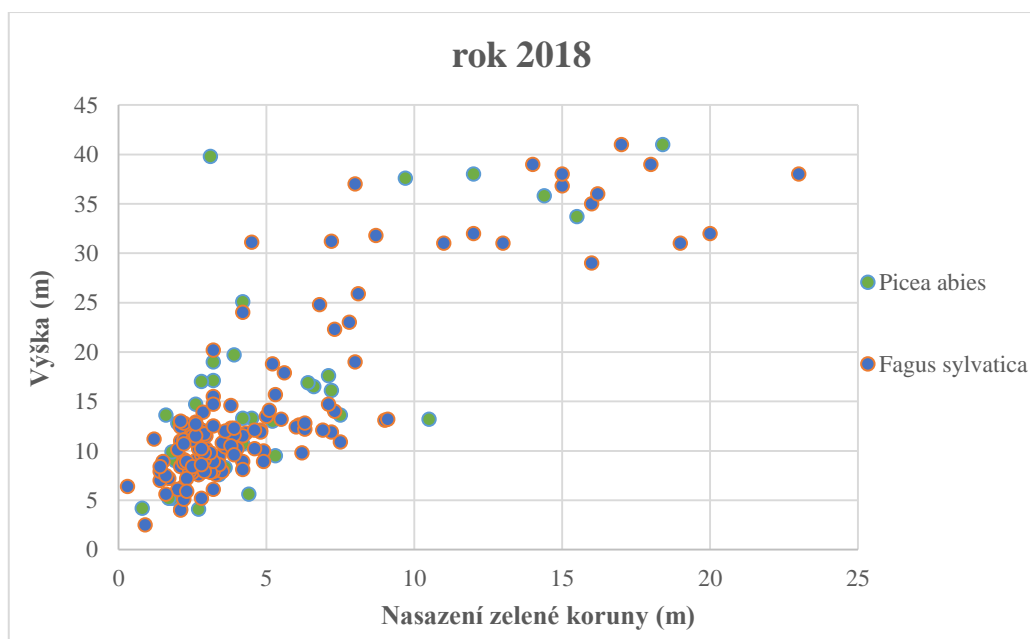


Obrázek 21: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin v bukosmrkovém porostu na TVP 14 v roce 2018.

Obr. 22–23 znázorňují vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů. Nasazení zelené koruny stromů se různí v obou letech a je velmi variabilní. V roce 2004 se pohybuje nasazení zelené koruny u spodní etáže mezi 1–5 m, u horní etáže zhruba mezi 9–14 m. V roce 2018 je vyšší zastoupení spodní etáže s nasazením zelené koruny v rozmezí 1,5–7 m. Horní etáž porostu je velmi variabilní s nasazením zelené koruny od 11 do 20 m.

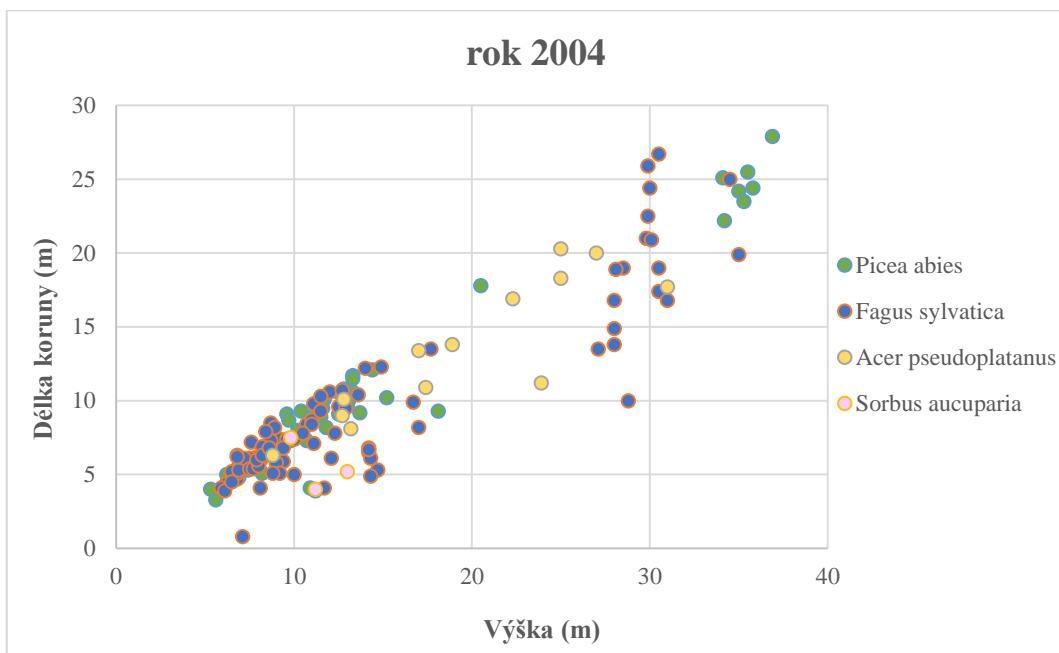


Obrázek 22: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.

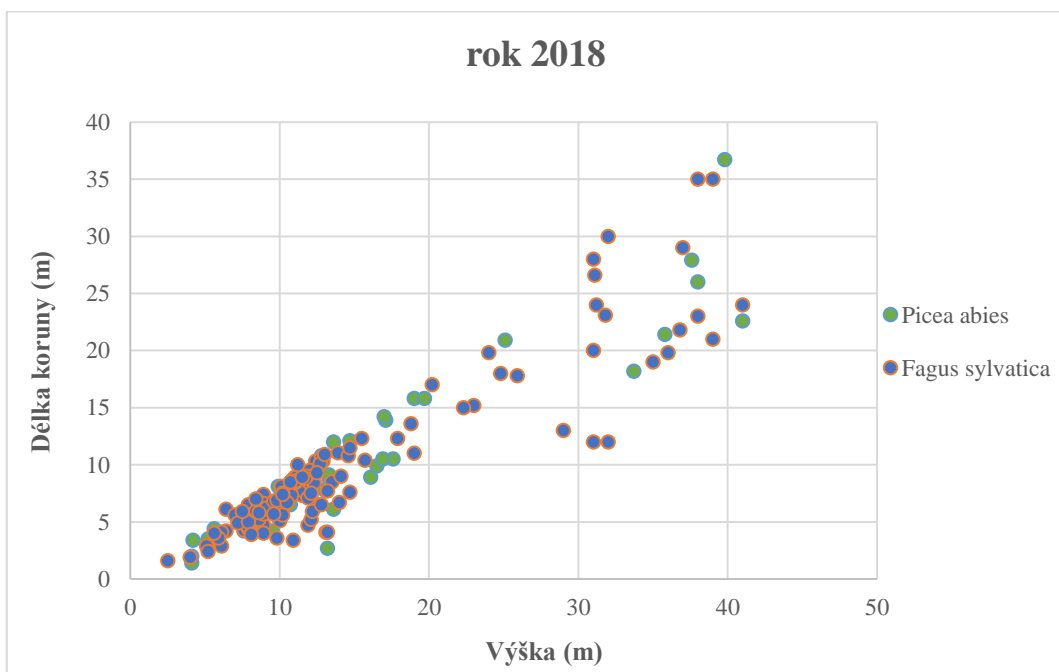


Obrázek 23: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.

Délka koruny v závislosti na výšce stromů (Obr. 24–25) je zřejmá v obou letech a ve všech etážích. V roce 2018 je viditelná zvyšující se délka koruny v závislosti na výšce, zejména u spodní etáže. Tato závislost je zřejmá i u méně četných jedinců (jeřábu) ve střední etáži v roce 2004.



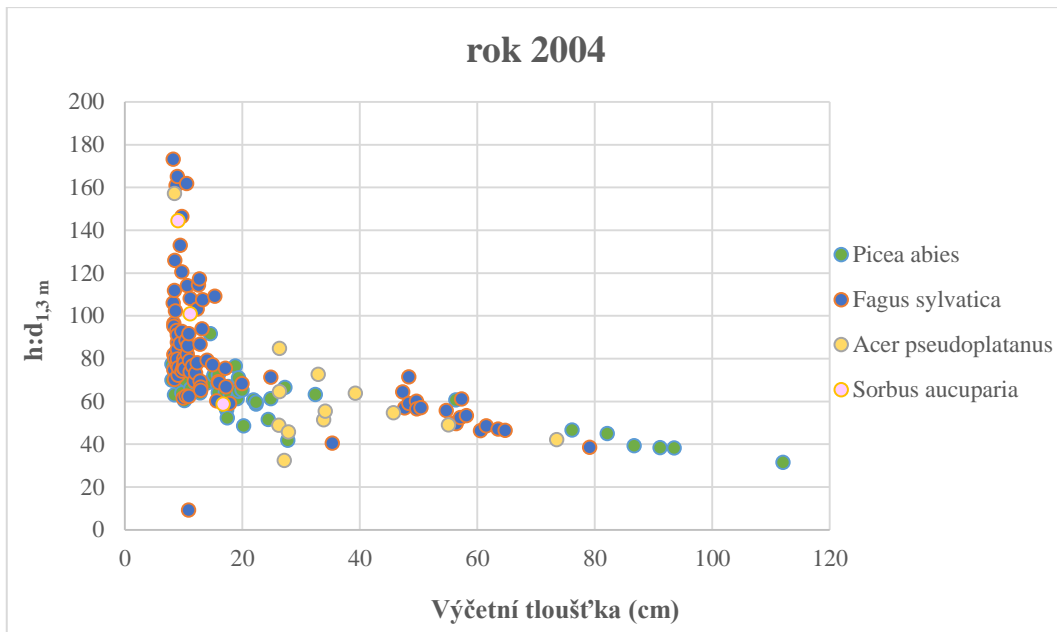
Obrázek 24: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.



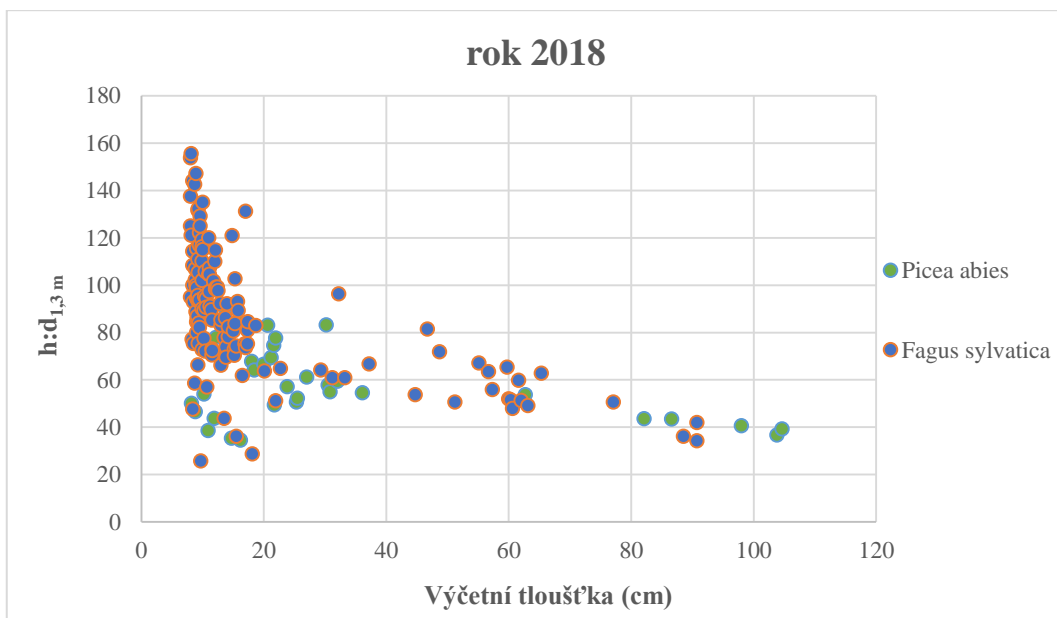
Obrázek 25: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny v bukosmrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.

Z let 2004 a 2018 plyne, že štíhlostní kvocient ve spodní etáži je velmi závislý na výšce. Hodnoty štíhlostního kvocientu jsou v hodnotách od 60 do 160. U stromů s výčetní

tloušťkou od 50 cm je znát zřetelně pokles štíhlostního kvocientu v závislosti na tloušťce. Celkově štíhlostní kvocient v závislosti na výčetní tloušťce exponenciálně klesá.



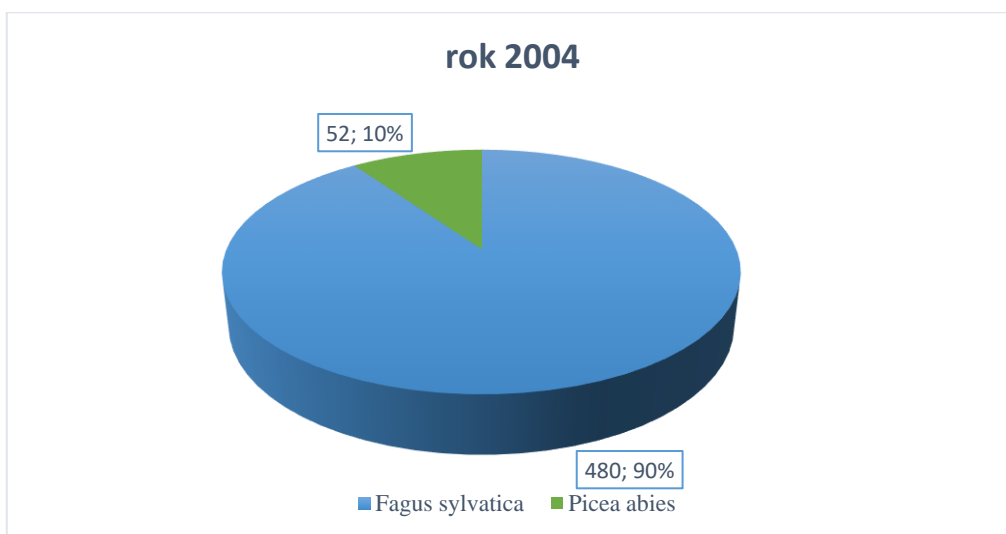
Obrázek 26: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem v buk-smrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2004.



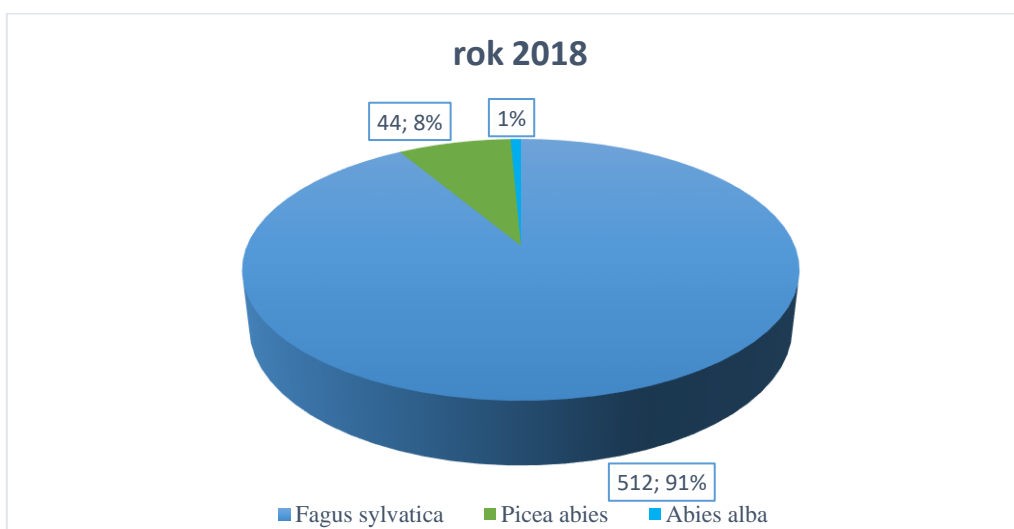
Obrázek 27: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem v buk-smrkovém porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 14 v roce 2018.

5.1.4. Přirozená obnova

Zastoupení přirozené obnovy je vyjádřeno na Obr. 28–29, kdy výčetní tloušťka je vyjádřena v rozmezí od 5 do 8 cm. Zastoupení přirozené obnovy pro rok 2004 činí 480 jedinců na 1 ha buku lesního tj. 90 % a zbylých 10 %, což odpovídá počtu 52 jedincům na 1 ha smrku ztepilého. V roce 2018 došlo k mírnému nárůstu buku a poklesu smrku na 44 jedinců na 1 ha. Buk lesní zvýšil své zastoupení na 512 jedinců na 1 ha, odpovídající 91 %. V roce 2018 se vyskytla se zanedbatelným počtem jednoho kusu i jedle bělokorá.



Obrázek 28: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 14 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.

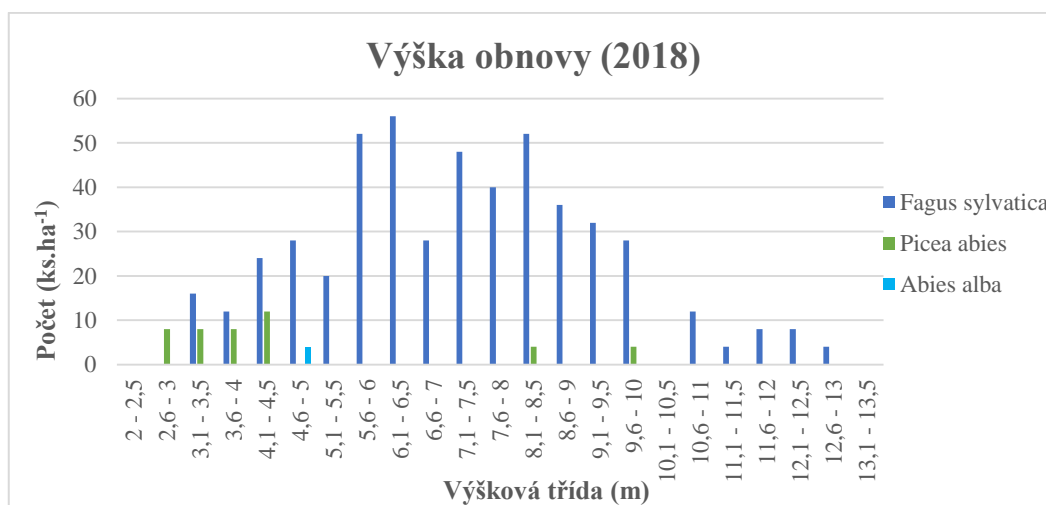


Obrázek 29: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 14 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.

Na Obr. 30–31 jsou zachyceny histogramy výškové struktury přirozené obnovy v letech 2004 a 2018. Největší četnost jedinců je zachycen ve výškové třídě od 5,1 do 7 m pro dřevinu buk v roce 2004. Pro dřevinu buk je největší zastoupení ve výškové třídě od 5,6 do 6 m (Obr. 30) s počtem 84 jedinců na 1 ha. Dřevina smrk je zastoupena v nižších výškových třídách, hranicí je výšková třída 7 m. V roce 2018 (Obr. 31) celkově klesl počet jedinců přirozené obnovy. Největší zastoupení pro rok 2018 má opět buk, zejména ve výškových třídách od 5,6 do 8,5 m. Ve výškových třídách od 2,6 do 4,5 m je zaznamenáno vyšší zastoupení smrku oproti roku 2004. V roce 2018 je zaznamenána přítomnost jedle ve výškové třídě od 4,6 do 5 m.



Obrázek 30: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 14 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.



Obrázek 31: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 14 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.

5.1.5. Odumřelé dřevo

Kompletní přehled stojícího a ležícího odumřelého dříví na TVP 14 v letech 2004 a 2018 je uveden v Tab. 4. Ležící mrtvé dřevo nebylo evidováno v roce 2004. V roce 2018 se na ploše nacházelo 15,2 m³ (z toho 7,65 m³ smrku a 7,55 m³ buku) ležícího mrtvého dřeva. V přepočtu na 1 ha činilo ležící mrtvé dřevo 60,82 m³. Pro rok 2004 se evidovalo stojící mrtvé dřevo o objemu 42,24 m³.ha⁻¹. V roce 2018 činilo množství stojícího mrtvého dřeva 28,93 m³.ha⁻¹. Podíl ležícího dřeva tvořil 68 % z celkového objemu odumřelého dřeva (podíl stojícího 32 %). Z celkové zásoby porostu (zahrnující zásobu živých stromů a odumřelého dřeva) podíl odumřelého dřeva činil 13 %.

Tabulka 3: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 14 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stojící mrtvé dřevo		Ležící mrtvé dřevo	
		V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)	V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)
2004	Picea abies	10,56	42,24	X	X
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				
2018	Picea abies	7,23	28,93	15,20	60,82
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				

V Tab. 5 jsou znázorněny stupně rozkladu ležícího odumřelého dřeva. V roce 2004 se převážná část odumřelého dřeva vyskytovala ve střední třídě rozkladu, ve prospěch buku. V roce 2018 se stupeň dekompozice posunul na silně narušenou třídu rozkladu, což odpovídá postupující přirozené obnově porostu.

Tabulka 4: Stupně rozkladu ležícího mrtvého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 14 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stupeň rozkladu					Celkem
		1	2	3	4	5	
2004	Picea abies (ks)	0	2	1	2	1	6
	Fagus sylvatica (ks)	2	3	8	2	1	16
	Sorbus aucuparia (ks)	0	0	1	1	0	2
	Acer pseudoplatanus (ks)	0	0	1	0	0	1
2018	Picea abies (ks)	0	2	0	2	1	5
	Fagus sylvatica (ks)	1	0	0	1	1	3

5.1.6. Produkční hodnoty

V Tab. 6 jsou zaznamenány základní porostní charakteristiky pro sdružený porost na TVP 14. Základní hodnoty jsou uvedeny zvlášť pro dřeviny buk a smrk. Hodnoty zásoby porostu činí v roce 2018 $704 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což znamená nárůst o $121 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oproti roku 2004. Kruhová základna v roce 2018 dosahovala $53,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (nárůst o 7%). Počet jedinců se výrazně zvýšil u buku, kdežto podíl smrk mírně klesl v průběhu čtrnácti let. Celkový průměrný přírůst v roce 2018 činil $3,05 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Tabulka 5: Růstová tabulka pro sdružený buk-smrkový porost na TVP 14 v roce 2004 a 2018.

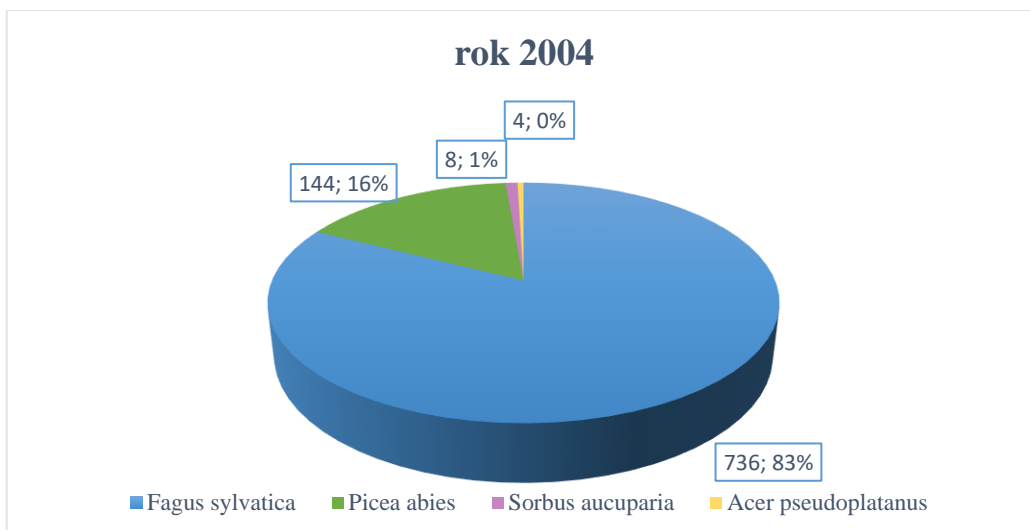
Dřevina	Rok	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CPP
Buk	2004	215	18,8	9,60	1,286	0,343	832	23,1	285	0,5	1,33
	2018	229	20,1	10,83	1,287	0,442	1056	33,4	467	0,5	2,04
Smrk	2004	220	32,8	12,05	0,899	0,916	248	20,8	227	0,4	1,03
	2018	233	35,2	13,35	0,878	1,140	208	20,0	237	0,4	1,02
Celkem	2004	218	23,6	10,60	1,098	0,509	1144	50,0	583	0,4	2,67
	2018	231	23,2	11,22	1,170	0,555	1268	53,4	704	0,5	3,05

Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu, d – průměrná výčetní tloušťka (cm), h – střední porostní výška (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromů (m^3), N – počet stromů na 1 ha, G – výčetní kruhová základna ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), V – objem porostu ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), h:d – štíhlostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

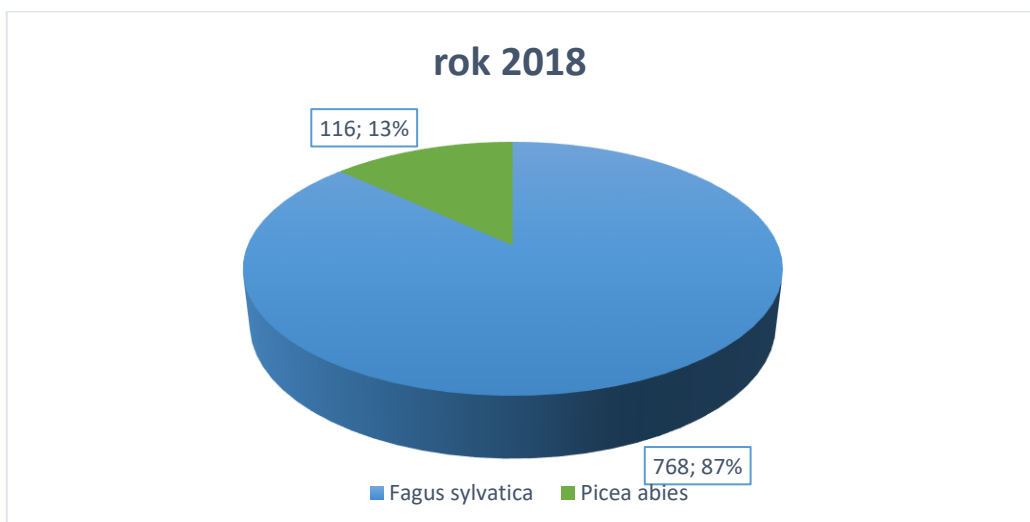
5.2 Plechý TVP 15

5.2.1. Porostní charakteristika plochy

Porost 3A_{3/2/1} je tří etážový smíšený porost na mírně členitém terénu. Zastoupení jednotlivých dřevin v porostu je na Obr. 32–33. Pro rok 2004 je základní dřevinou buk s celkovým počtem 736 jedinců (83 %) na 1 ha, dále vtroušeně smrk se 144 jedinci (16 %) na 1 ha a jednotlivě přimíšené dřeviny jeřábu a javoru. V roce 2018 jsou zaznamenány mírné nárůsty buku s počtem 768 jedinců (87 %) na 1 ha a smrku s počtem 116 jedinců (13 %) na 1 ha. Jednotlivě přimíšené dřeviny javorů a jeřábů nejsou známy v roce 2018. Celkový počet stromů s výčetní tloušťkou od 8 cm na TVP 15 činí $884 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ pro rok 2018.



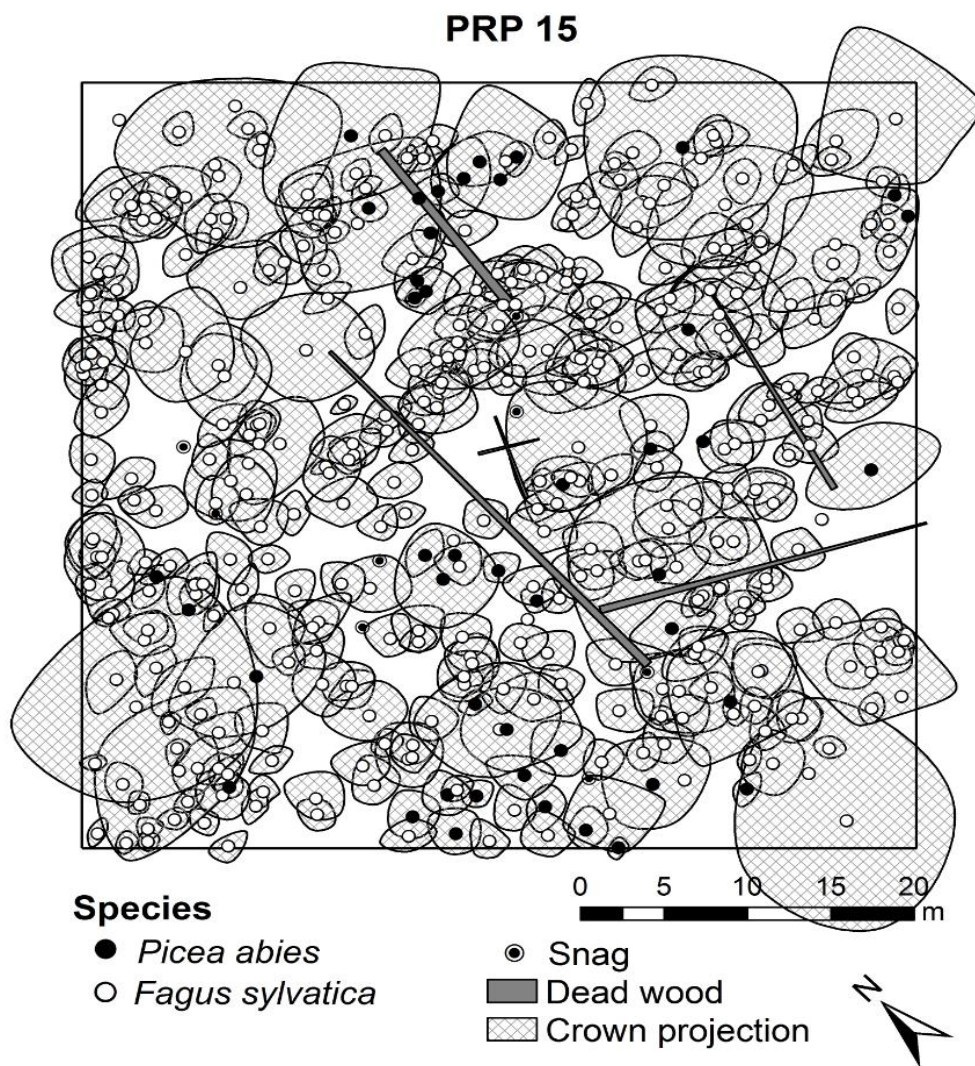
Obrázek 32: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.



Obrázek 33: Zastoupení dřevin na TVP 14 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.

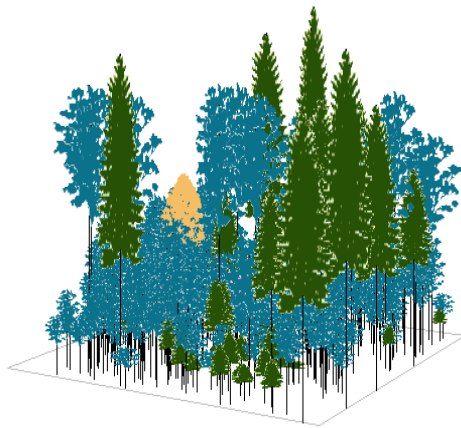
5.2.2. Diverzita porostu

Na Obr. 34 je znázorněna horizontální struktura smíšeného porostu. Porost je věkově a prostorově diferencovaný. Horní etáž porostu tvoří vyspělá kmenovina, která je v počátečním stadiu rozpadu. V důsledku rozvolněného zápoje, dochází ve střední vrstvě ke stadiu dorůstání. Prosvětlená místa vyplňuje přirozená obnova buku a smrku. Porost je z hlediska malého vývojového cyklu ve stadiu dorůstání, avšak jedinci z mateřského porostu postupně odumírají a ovlivňují tak věk i vývoj odrůstání stromů.

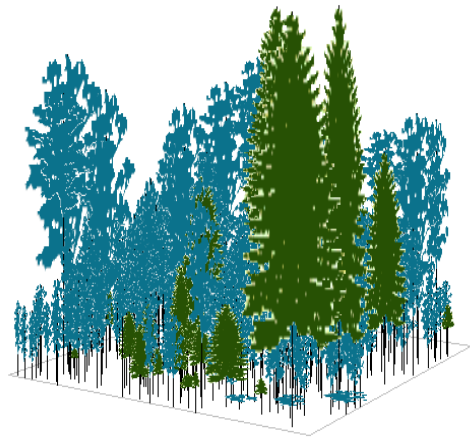


Obrázek 34: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 15.

Na Obr. 35–36 je zobrazena vertikální struktura smíšeného porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 15. Na Obr. 35 je nejvíce zastoupen buk s menším zastoupením smrku a dále v počtu jednoho jedince i javor. V porostu je nejvíce zastoupena střední etáž, kde jedinci plně využívají produkčního prostoru. Horní vrstvu porostu tvoří několik jedinců vyspělé kmenoviny ve středně pokročilé fázi dožívání. Obr. 36 ukazuje vývoj porostu, který je více prostorově a věkově diferencovaný, než rok 2004. V porostu z roku 2018 došlo k zesílení jedinců horní etáže na úkor mortality jedinců ve střední vrstvě a snížení tak jejich počtu. Porost se díky dobré schopnosti autoregulace, vyvíjí přiměřeně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu. Prosvětlená místa v porostu hojně osídlila přirozená obnova buku lesního.



Obrázek 35: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 15 v roce 2004.



Obrázek 36: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 15 v roce 2018.

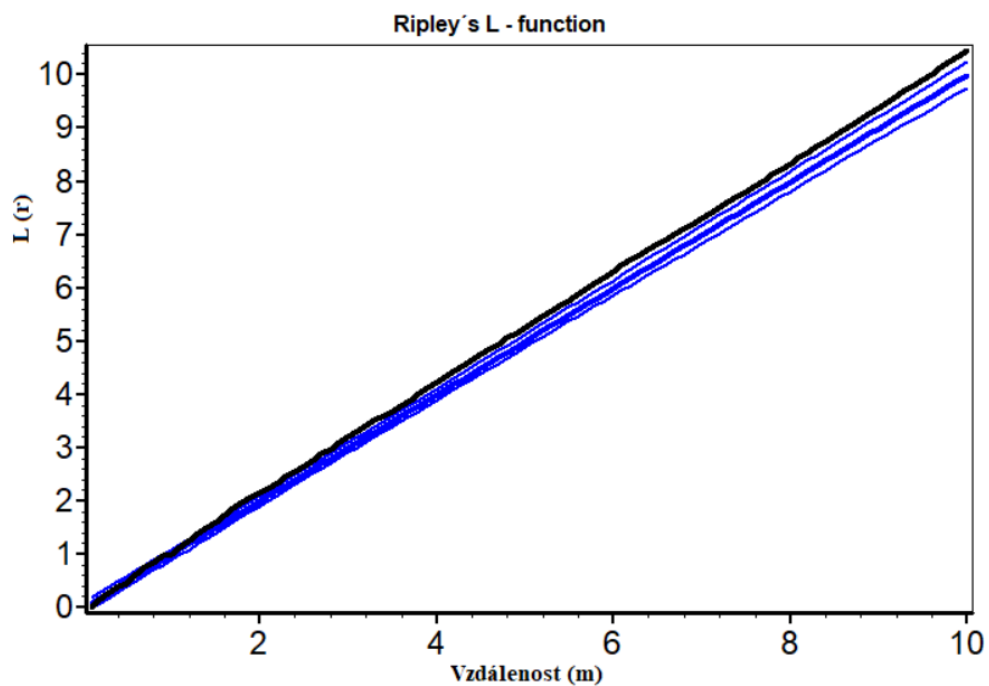
Vývoje hodnot strukturálních indexů na TVP 15, v letech 2004 a 2018, jsou uvedené v Tab. 8. V rámci biodiverzity se hodnotila dřevina smrk. Podle Arten-profil indexu je vertikální diverzita rozrůzněná, přičemž v roce 2018 se jednalo o výrazně rozrůzněnou prostorovou diverzitu. U porostní diverzity se v roce 2004 jednalo o porost s různorodou strukturou, v roce 2018 k výrazné nerovnoměrnosti porostu. Podle kritérií strukturální diferenciacce, hodnota indexů tloušťkové i výškové diferenciacce mírně narostla od roku 2004 do roku 2018. Podle indexu druhové heterogenity se jedná o porost s nižší až střední diverzitou a střední druhovou vyrovnaností v roce 2004. Ovšem v roce 2018 se druhová diverzita vyšplhala na maximální hranici. Jedná se tedy o porost maximálně druhově vyrovnaný na úkor velmi nízké druhové bohatosti. Nízké druhové bohatosti odpovídá i nízká hodnota indexu (0,051) v roce 2018.

Tabulka 6: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 15.

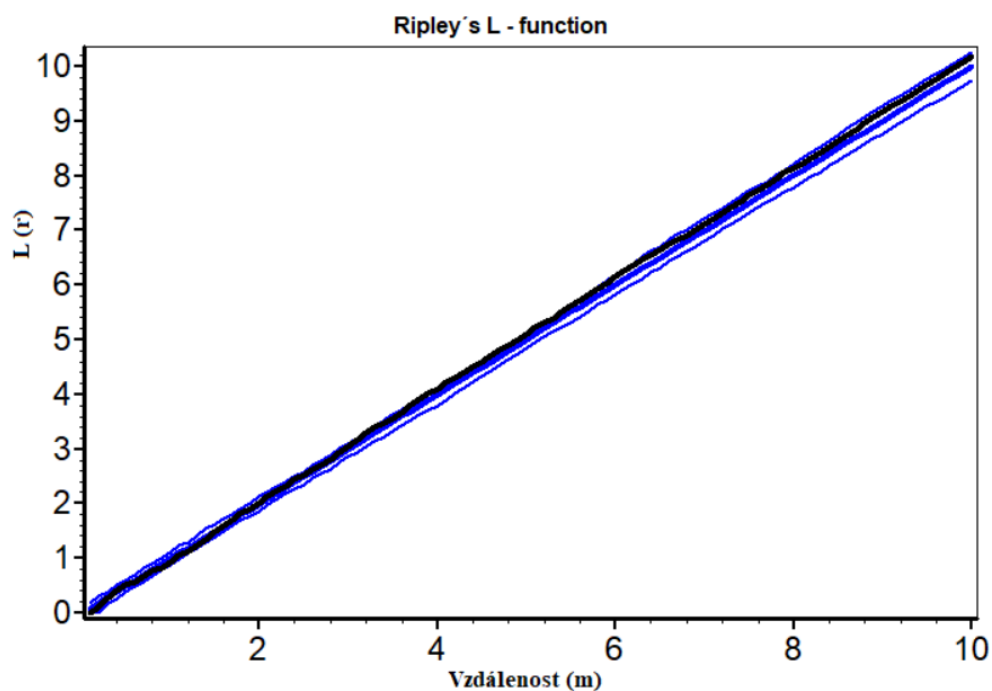
TVP 15	Rok	2004	2018
Indexy	Ap (Pi)	0,598	0,757
	B (J&Di)	8,831	6,604
	TM _d (Fi)	0,336	0,368
	TM _h (Fi)	0,343	0,347
	H' (Si)	0,324	0,301
	λ (Sii)	0,509	0,500
	E ₁ (Pii)	0,538	1,000
	E ₂ (Hii)	0,937	1,000
	D ₁ (Mai)	0,404	0,136
	D ₂ (Mei)	0,098	0,051
	R (C&Ei)	0,939	1,000

Vysvětlivky: A – Arten-profil index, B – index porostní diverzity, R – agregační index, TM_d – index tloušťkové diferenciace, TM_h – index výškové diferenciace, H' – index druhové heterogenity, λ – index druhové heterogenity, E₁ – index druhové vyrovnanosti, E₂ – index druhové vyrovnanosti, D₁ – index druhové bohatosti, D₂ – index druhové bohatosti.

Podle indexu Clark-Evansova je rozmístění jedinců na ploše shlukovité v roce 2004 (Tab. 8). Ovšem v roce 2018 je rozmístění jedinců na TVP 15 zcela náhodné. Z Ripleyovy *L*-funkce vyplývá (Obr. 37–38), že v roce 2004 je náhodné rozmístění stromů při rozestupu do 2 m; při vyšším rozestupu je rozmístění jedinců shlukovité (agregované). Pro rok 2018 platí, že Ripleyova *L*-funkce vytváří náhodné rozmístění jedinců na ploše.



Obrázek 37: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 15 v roce 2004.

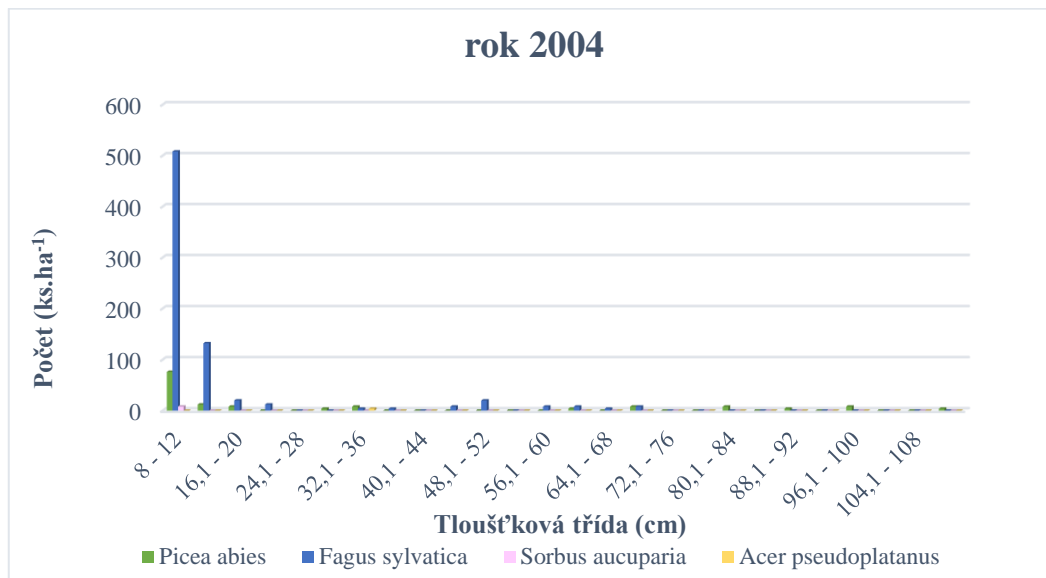


Obrázek 38: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 15 v roce 2018.

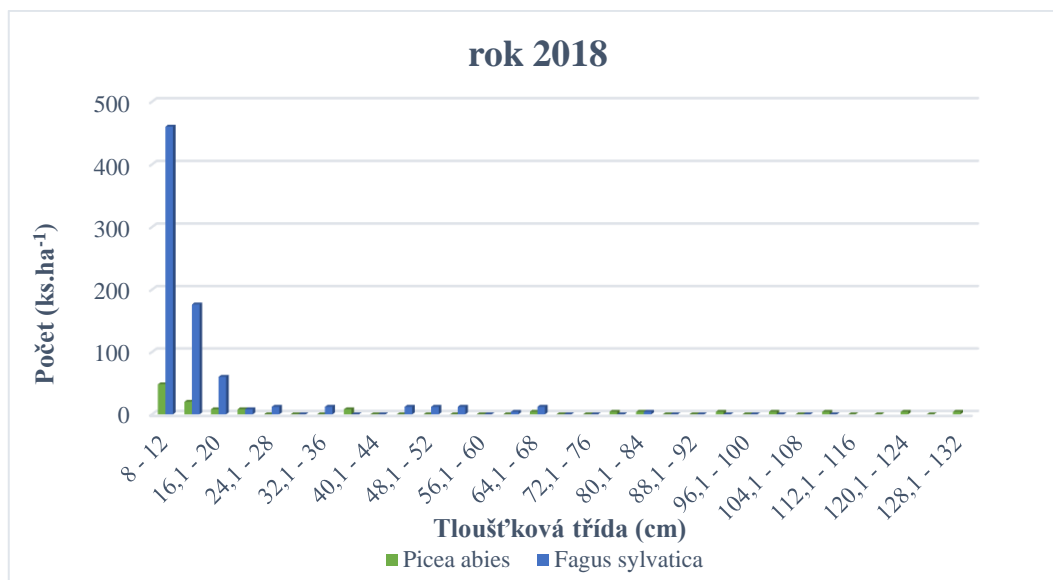
5.2.3. Biometrická charakteristika porostu

Na Obr. 39–48 jsou zachyceny základní biometrické charakteristiky smíšeného porostu na TVP 15 v letech 2004 až 2018. Z histogramu vyplývá, že dominantní dřevinou

je buk, přičemž největší zastoupení je v tloušťkových třídách od 8 do 16 cm (Obr. 39–40). Ostatní tloušťkové třídy vykazují jen nízký počet jedinců na 1 ha v roce 2004. V roce 2018 je mírný nárůst, zejména zastoupení buku až do tloušťkové třídy 68 cm.



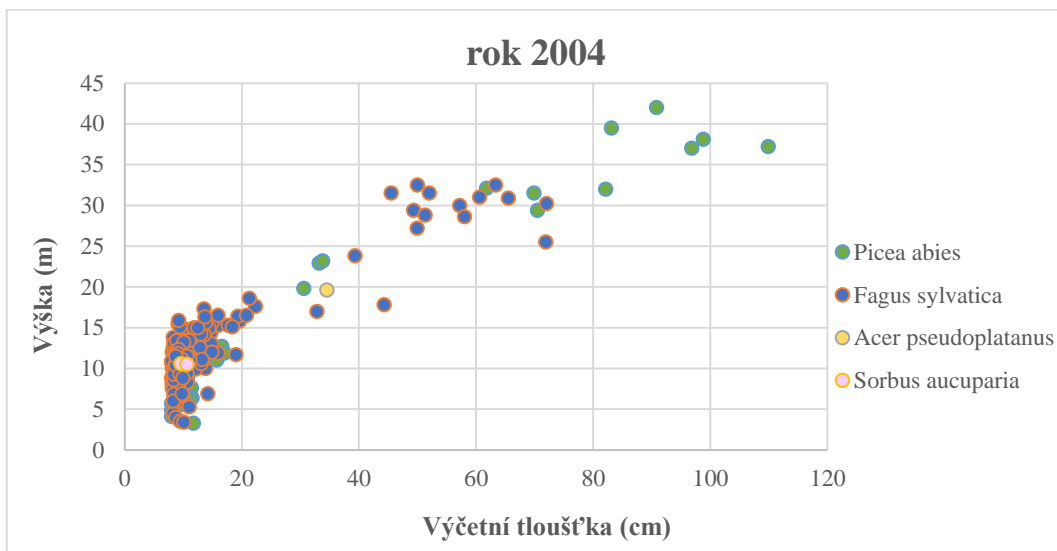
Obrázek 39: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2004.



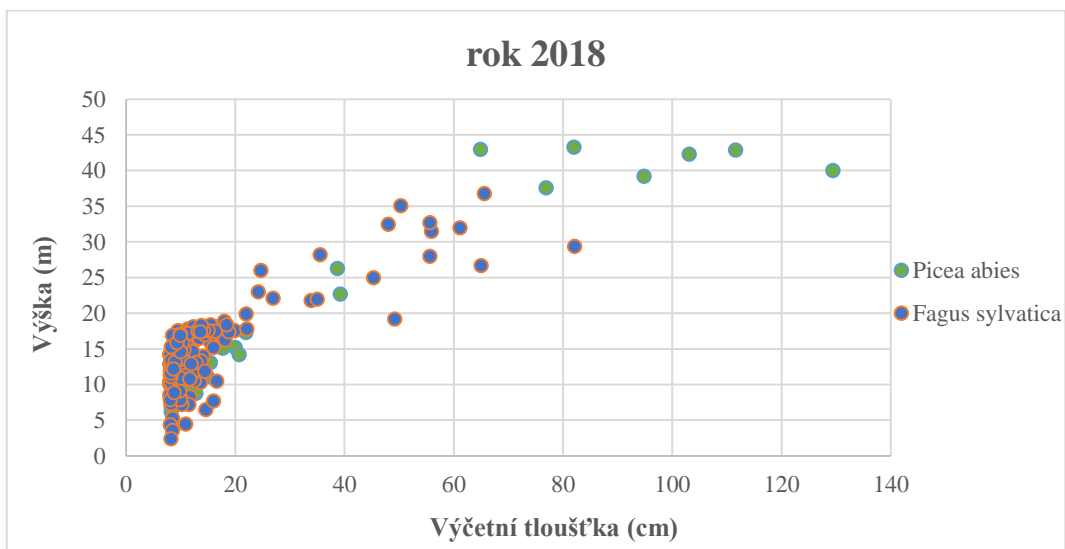
Obrázek 40: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2018.

Obr. 41–42 znázorňují vztah mezi výčetní tloušťkou a výškou stromů na TVP 15. Vzhledem k velkému zastoupení přirozené obnovy se převážná část jedinců nachází v

nižší tloušťkové třídě do 20 cm. S rostoucí výškou stromů se zvedá i výčetní tloušťka, která stoupá zhruba do tloušťky 70 cm u buku a poté má tendenci stagnovat. U smrku je tendence růstu vyšší, díky spodní etáži buku. Pro smrk je výška konstantní od 90 cm výčetní tloušťky.

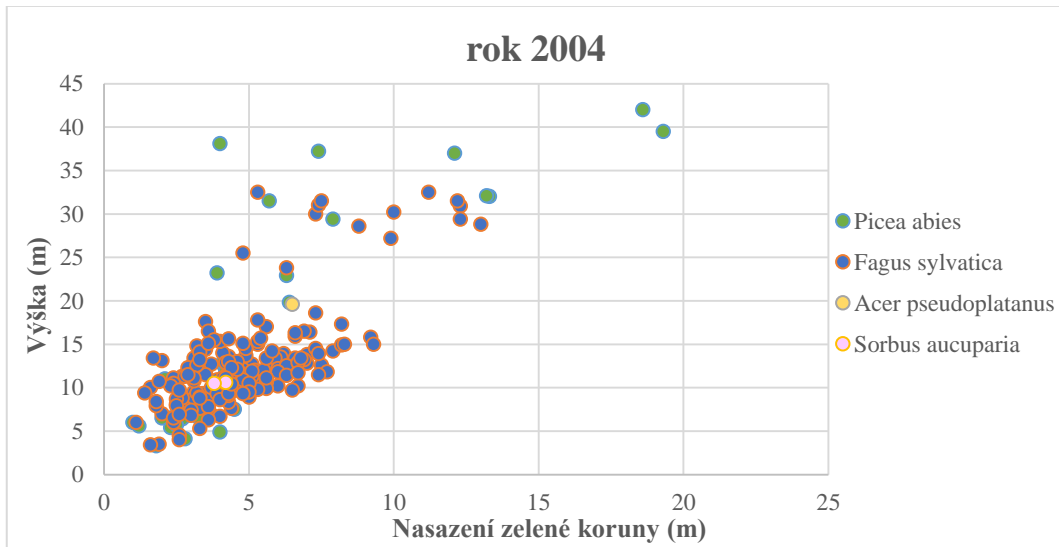


Obrázek 41: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2004.

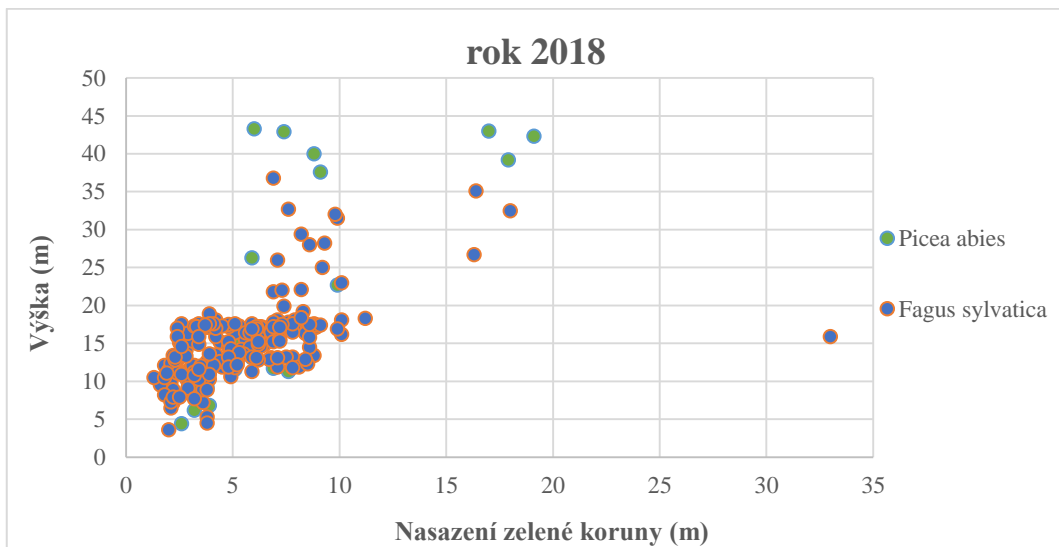


Obrázek 42: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 15 v roce 2018.

Obr. 43–44 vyjadřují vztah mezi výškou a nasazením zelené koruny. Nasazení zelené koruny dolní etáže je v rozmezí od 2 do 10 m ve prospěch buku a je výrazně variabilnější v roce 2004. Ve střední až horní etáži je výrazná variabilita s nasazením zelené koruny od 5 do 20 m. Horní etáž je absolutně zastoupena dřevinou smrk.

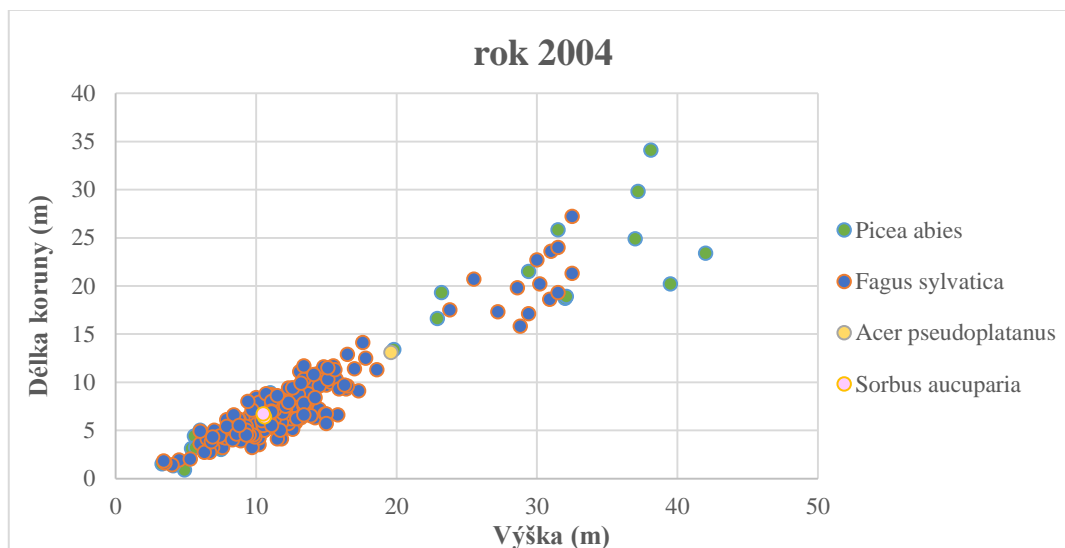


Obrázek 43: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.

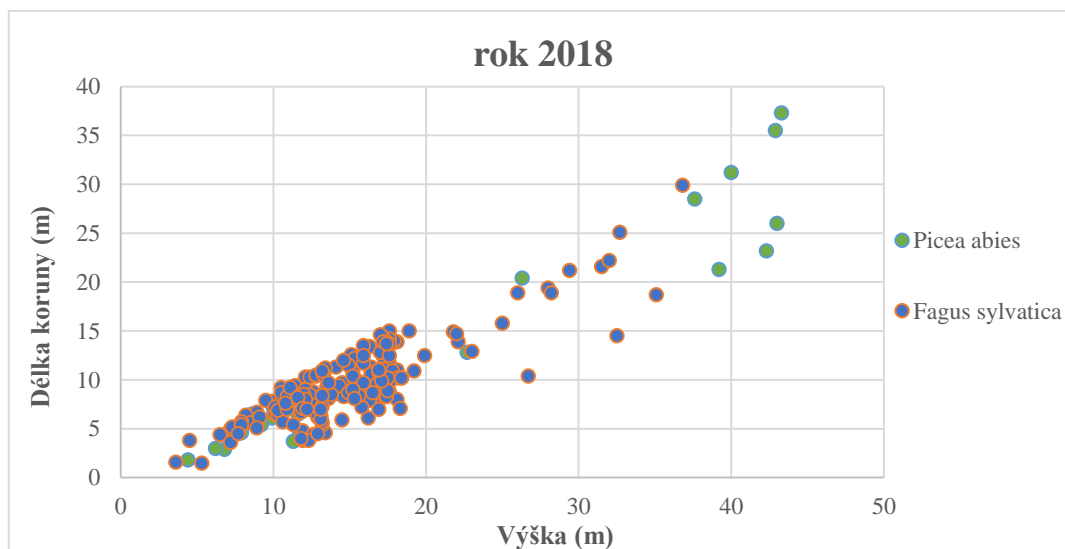


Obrázek 44: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.

Vztah mezi délkou koruny a výškou stromu je vyjádřen na Obr. 45–46. Z obou grafů vyplývá, že délka koruny je přímo úměrná výšce stromu. To platí v horní i spodní etáži porostu. Tato závislost (přímé úměry) koresponduje i s méně častými jedinci jeřábu a javoru v roce 2004.

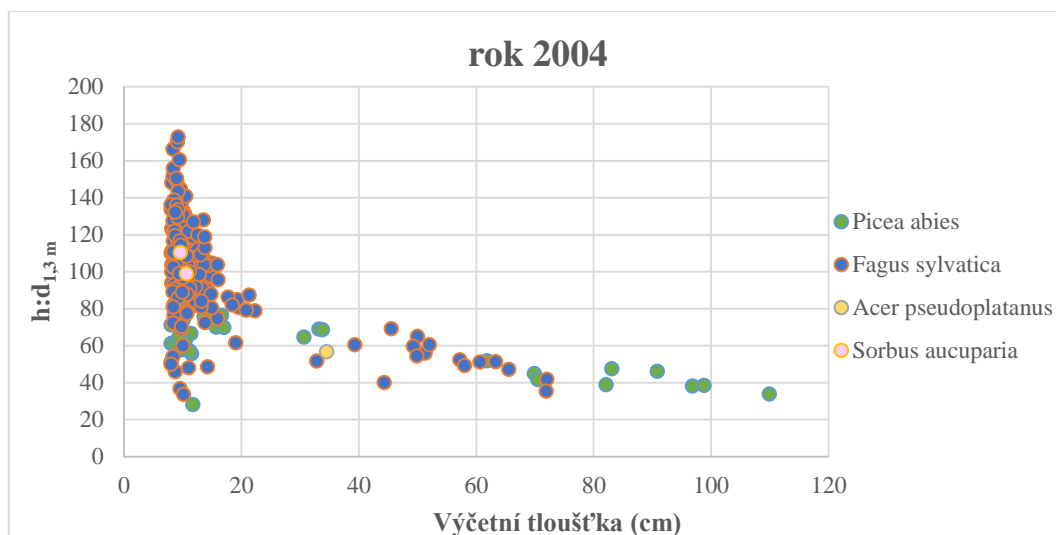


Obrázek 45: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.

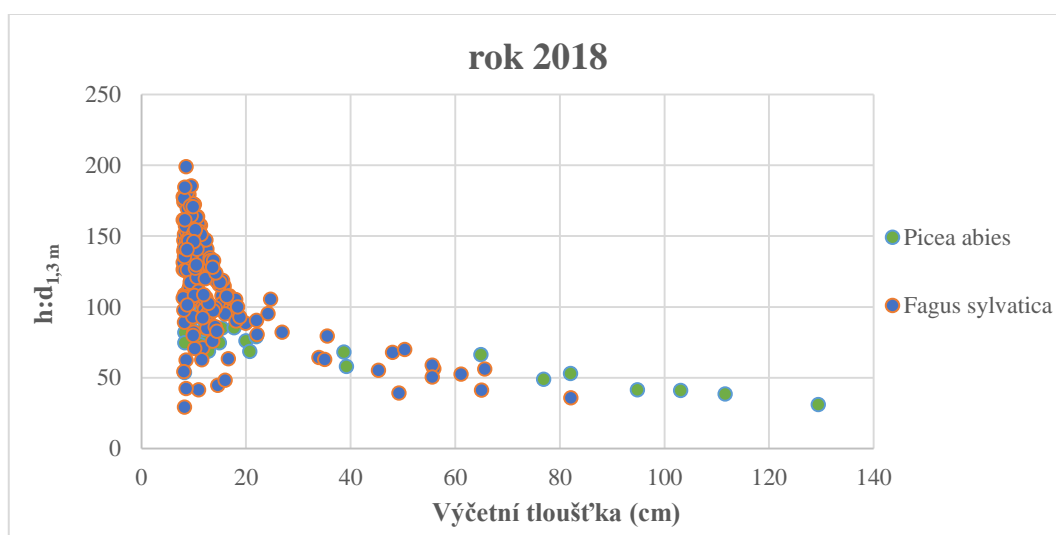


Obrázek 46: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.

Z Obr. 47–48 vyplývá vztah mezi výčetní tloušťkou a štíhlostním kvocientem. Pro oba roky platí, že štíhlostní kvocient závisí na výšce ve spodní etáži. Hodnoty štíhlostního kvocientu jsou nejčastěji v rozmezí od 30 do 180. Naopak u stromů s výčetní tloušťkou od 30 cm je znatelný pokles štíhlostního kvocientu v závislosti na tloušťce. Celkově štíhlostní kvocient v závislosti na výčetní tloušťce exponenciálně klesá.



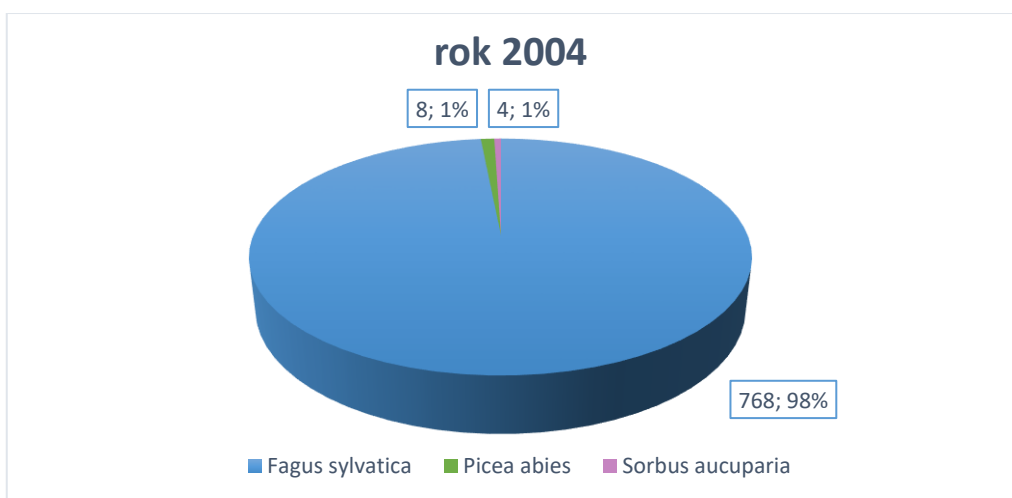
Obrázek 47: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3\text{ m}}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2004.



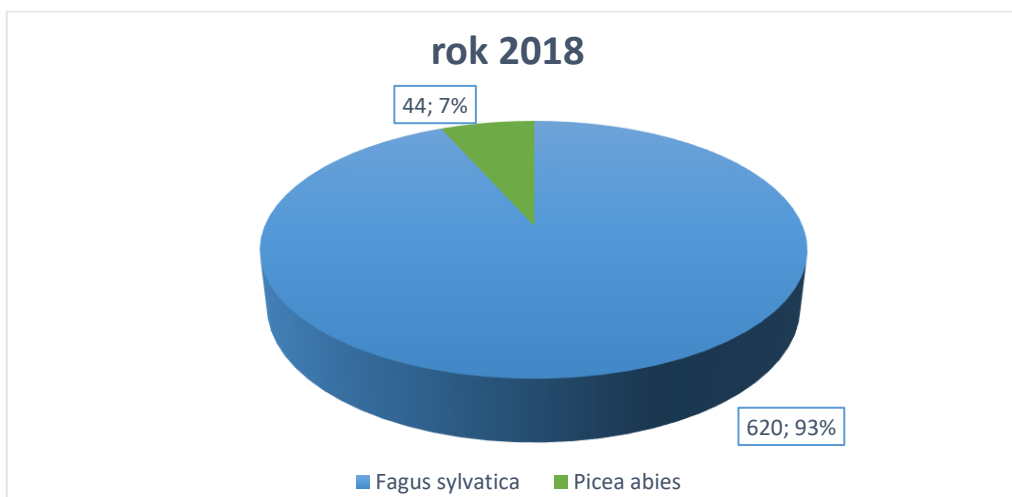
Obrázek 48: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3\text{ m}}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 15 v roce 2018.

5.2.4. Přirozená obnova

Zastoupení dřevin přirozené obnovy je vyjádřeno na Obr. 49–50. Hlavní dřevinou je buk, který je zastoupen 768 jedinci na 1 ha, tj. 98 %. V roce 2018 zastoupení buku mírně kleslo na 93 % ve prospěch smrku, který dosáhl počtu 44 jedinců (7%) na 1 ha. Jednotlivě přimíšen je jeřáb (1 %) v roce 2004. Uvolněný zápoj na TVP 15 má za následek větší rozšíření bylinného patra a hlavně četné přirozené zmlazení, převážně buku.



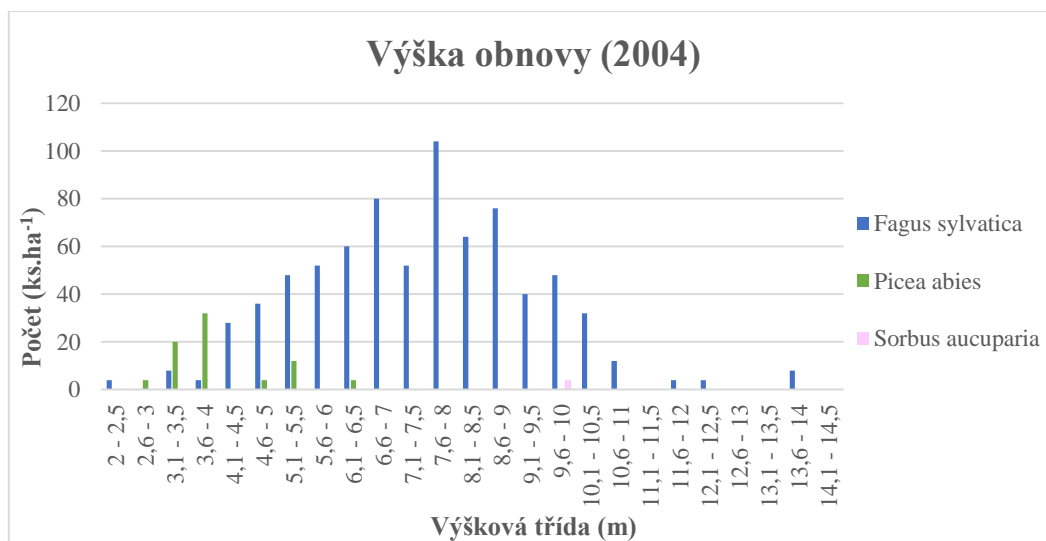
Obrázek 49: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 15 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.



Obrázek 50: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 15 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.

Obr. 51–52 znázorňují četnosti přirozené obnovy v různých výškových třídách na TVP 15 pro roky 2004 a 2018. Přirozená obnova je zastoupena nejvyšší četností buku

(104 ks.ha⁻¹) ve výškové třídě od 7,6 do 8 m v roce 2004. Největší zastoupení smrku je v nižší výškové třídě. Smrk má rozsah od 3,1 do 8 m, přičemž ve vyšších výškových třídách se nenachází. Ve výškové třídě 9,6 – 10 m je přítomnost jeřábu. V roce 2018 je zaznamenán významný posun četnosti přirozené obnovy buku do vyšších výškových tříd, zejména od 10,6 do 16 m výšky obnovy.



Obrázek 51: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 15 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.



Obrázek 52: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 15 v roce 2018 v přepočtu na 1 ha.

5.2.5. Odumřelé dřevo

V Tab. 9 je uveden přehled objemů stojícího a ležícího mrtvého dřeva na TVP 15. V roce 2004 se na TVP 15 nacházelo 18,37 m³ ležícího mrtvého dřeva, což činilo 73,49 m³.ha⁻¹. Šlo o dřeviny smrk, buk a javor, přičemž největší objem ležícího dřeva připadal smrku, jehož objem činil 11,01 m³ na TVP 15. Objem stojícího mrtvého dřeva činil 0,56 m³.ha⁻¹. V roce 2018 nastal výrazný pokles ležícího dřeva o polovinu a zároveň vzrostl objem stojícího dřeva. Objem ležícího dřeva je 9,19 m³, což činí 36,76 m³.ha⁻¹ (z toho 6,89 m³ smrku) v roce 2018. Oproti roku 2004 se výrazně změnil objem stojícího mrtvého dřeva o 115,32 m³.ha⁻¹. Podíl ležícího dřeva tvořil 24 % z celkového objemu odumřelého dřeva (podíl stojícího 76 %). Z celkové zásoby porostu (zahrnující zásobu živých stromů a odumřelého dřeva) podíl odumřelého dřeva činil 27 %.

Tabulka 7: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 15 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stojící mrtvé dřevo		Ležící mrtvé dřevo	
		V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)	V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)
2004	Picea abies	0,14	0,56	18,37	73,49
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				
2018	Picea abies	28,97	115,88	9,19	36,76
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				

V Tab. 10 je uvedena četnost jednotlivých dřevin v závislosti na stupni rozkladu ležícího odumřelého dřeva. V roce 2004 se absolutní část mrtvého dřeva nacházela v počáteční fázi rozkladu s nejvyšším počtem smrku. V roce 2018 se celý dekompoziční proces posunul, zejména u smrku na silně narušenou až konečnou fázi rozpadu.

Tabulka 8: Stupně rozkladu ležícího odumřelého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 15 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stupeň rozkladu					Celkem
		1	2	3	4	5	
2004	Picea abies (ks)	1	6	0	0	0	7
	Fagus sylvatica (ks)	0	2	0	0	0	2
	Sorbus aucuparia (ks)	0	0	0	1	0	1
2018	Picea abies (ks)	0	0	0	2	2	4
	Fagus sylvatica (ks)	0	0	1	1	0	2

5.2.6. Produkční hodnoty

V Tab. 11 se udávají hodnoty pro sdružený smíšený porost zvláště pro dřeviny buk, smrk a celkově za porost TVP 15. Celková zásoba porostu činí v roce 2018 $563 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, což znamená nárůst zásoby z roku 2004 o $24 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Kruhová základna v roce 2018 dosahovala $46 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ (pokles o 3 %) Horní etáž porostu tvoří vyspělá kmenovina smrku, což dokazuje snížený počet jedinců a vysoký věk smrku. Z roku 2004 je zaznamenán vysoký podíl přirozené obnovy buku ($1444 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$), který vyplnil prosvětlená místa v porostu. Během čtrnácti let, došlo u buku ke zvýšení štíhlostní kvocientu v důsledku četné přirozené obnovy. Celkový průměrný přírůst v roce 2018 činil $2,68 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Tabulka 9: Růstová tabulka pro sdružený smíšený porost na TVP 15 v roce 2004 a 2018.

Dřevina	Rok	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CPP
Buk	2004	191	14,5	10,19	1,040	0,175	1444	24,0	253	0,7	1,32
	2018	199	14,6	12,41	0,856	0,178	1392	23,2	248	0,9	1,25
Smrk	2004	205	37,8	12,08	1,000	1,356	208	23,1	282	0,3	1,38
	2018	219	43,5	14,89	0,912	2,018	156	22,9	315	0,3	1,44
Celkem	2004	198	19,1	10,45	1,078	0,323	1668	47,5	539	0,5	2,72
	2018	210	19,5	12,66	0,961	0,363	1548	46,0	563	0,6	2,68

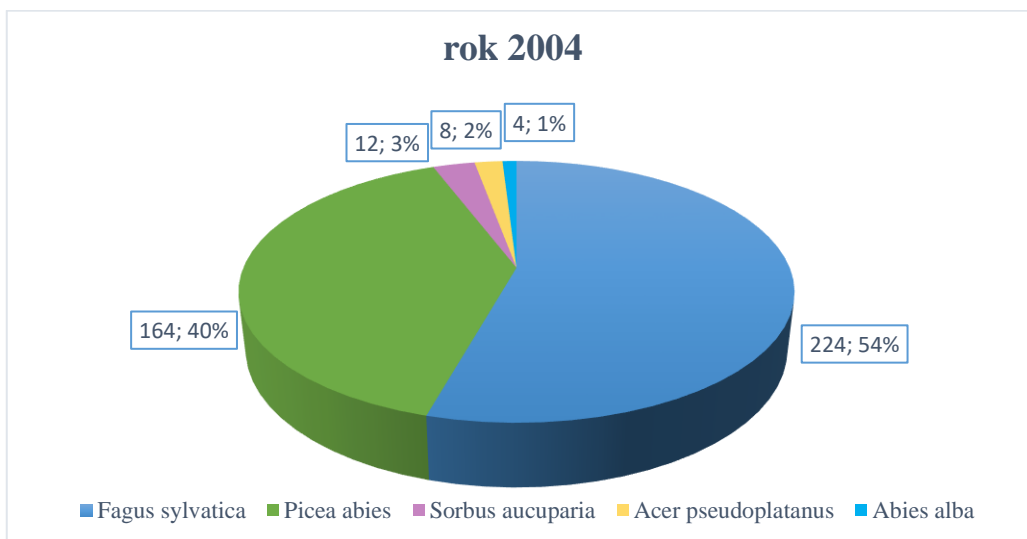
Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu, d – průměrná výčetní tloušťka (cm), h – střední porostní výška (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromů (m^3), N – počet stromů na 1 ha, G – výčetní kruhová základna ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), V – objem porostu ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), h:d – štíhlostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).

5.3 Plechý TVP 16

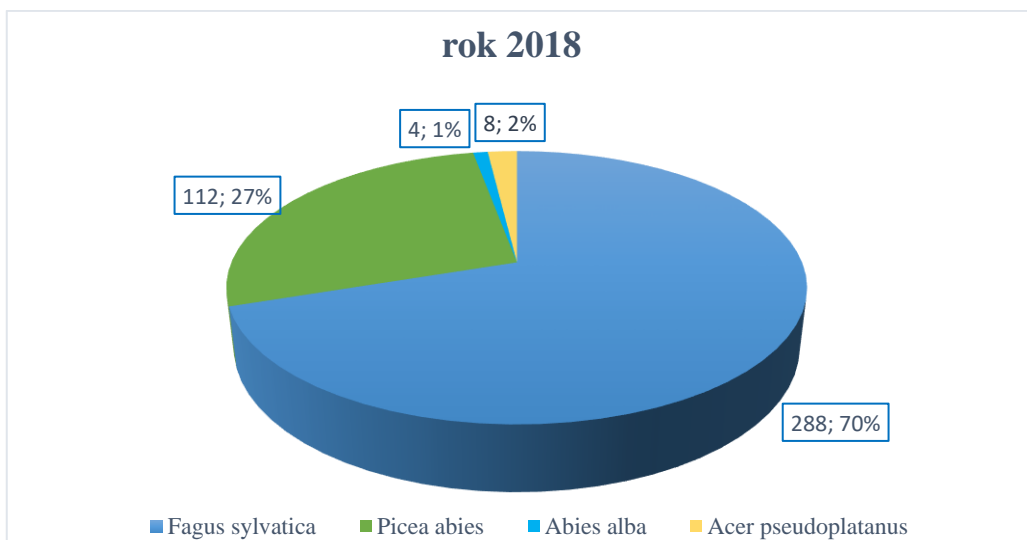
5.3.1. Porostní charakteristika plochy

Porost 4A_{6/21} je ve velmi členitém terénu s obtížnější přístupností. Jedná se o věkově i prostorově diferencovaný smíšený porost buku a smrku s příměsí dřevin javoru, jeřábu a jedle. Jde o 3 etážový porost s věky 15/25/206 let. Obr. 53–54 představují zastoupení jednotlivých dřevin na TVP 16 v letech 2004 a 2018. Hlavní dřevinou je buk s počtem $224 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (54 %), dále přimíšený smrk s počtem $164 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (40 %) a jednotlivě přimíšený jeřáb ($12 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$; 3 %), javor ($8 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$; 8 %) a nakonec jedle ($4 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$; 1 %) v roce 2004. Zastoupení dřevin se v roce 2018 změnilo ve prospěch hlavní dřeviny buku. Četnost buku vzrostla na $288 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (70 %), naopak počet smrku se snížil na $112 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$

(27 %). Zastoupení jednotlivě přimíšených dřevin jedle a javoru zůstalo stejné, jako v roce 2004, avšak jeřáb už se v roce 2018 nevyskytoval. Celkové zastoupení činí 412 ks.ha⁻¹ při výčetní tloušťce od 8 cm.



Obrázek 53: Zastoupení dřevin na TVP 16 v roce 2004, přepočteno na 1 ha.

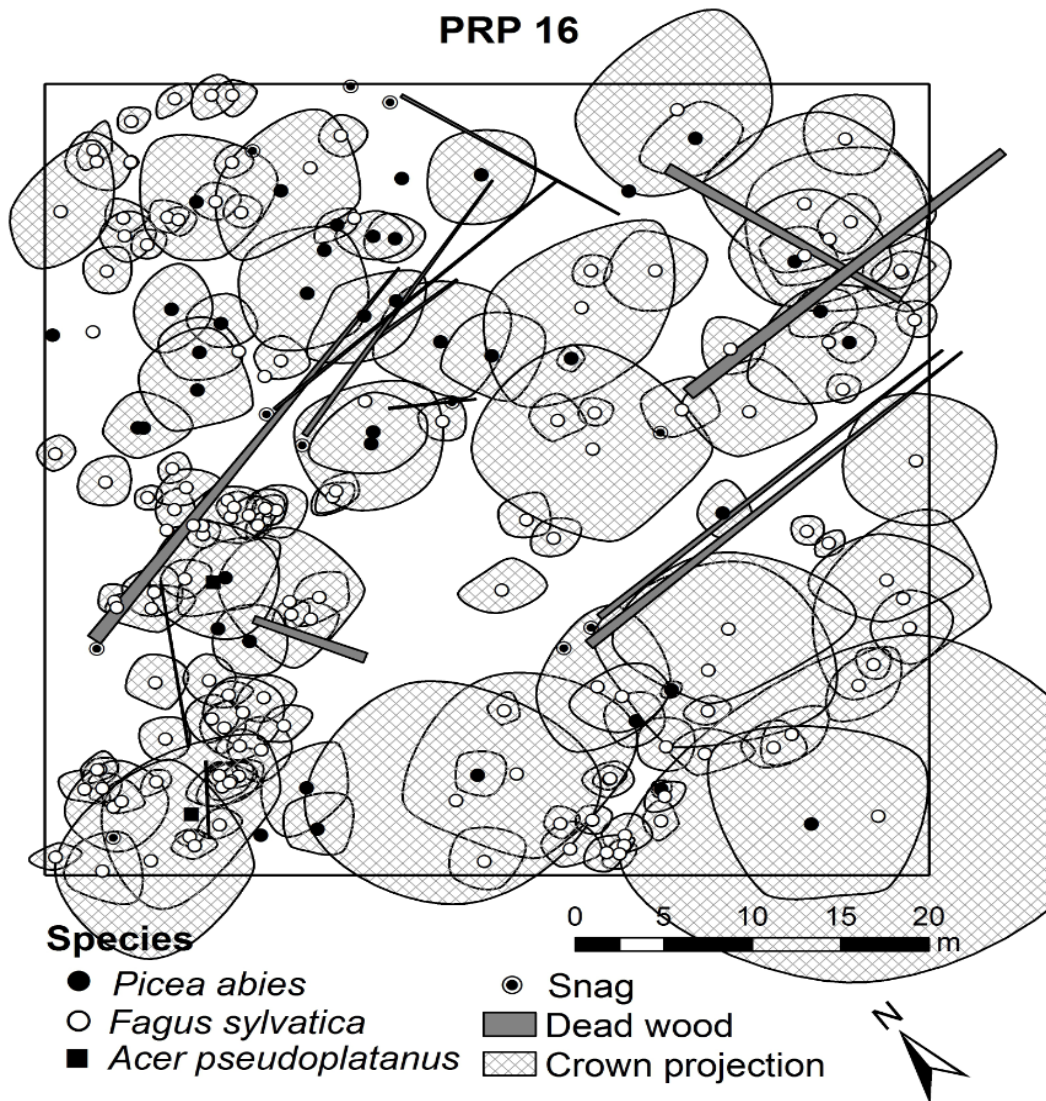


Obrázek 54: Zastoupení dřevin na TVP 16 v roce 2018, přepočteno na 1 ha.

5.3.2. Diverzita porostu

Horizontální struktura smíšeného porostu na TVP 16 je znázorněna na Obr. 55. Porost je druhově, věkově, strukturně i texturně výrazně diferencovaný. V porostu je

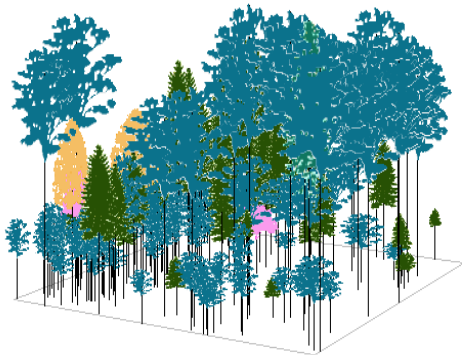
významné zastoupení etáží s velkým množstvím ležícího mrtvého dřeva. Horní etáž porostu je ve značné míře zastoupená tlustou kmenovinou buku, doplněná ve střední vrstvě smrkem. Z hlediska malého vývojového cyklu je porost ve stadiu rozpadu s počáteční fází obnovy.



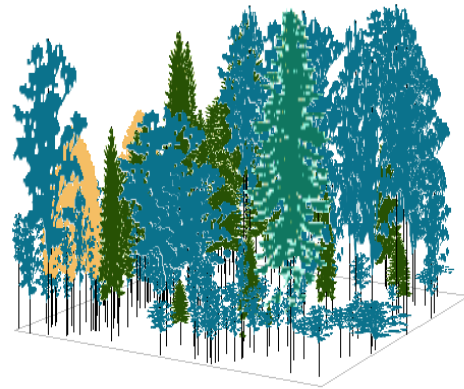
Obrázek 55: Horizontální struktura smíšeného porostu v roce 2018 na TVP 16.

Obr. 56–57 zobrazuje vertikální strukturu ve smíšeném autochtonním porostu na TVP 16 v letech 2004 a 2018. V porostu je smíšení dřevin hloučkovité až individuální. Vizualizace stavu porostu z roku 2004 zobrazuje maximální využití produkčního prostoru. Během čtrnácti let dochází k odumírání jedinců horní etáže, taktéž k výraznému proředování spodní etáže. V roce 2018 je možné zaznamenat přirozenou obnovu, zejména buku a v malé míře i smrku. V následujících letech se může předpokládat, že

přirozená obnova odroste a začne se zapojovat. Smrk tedy využije svého úrovňového, či mírně podúrovňového postavení a udrží své zastoupení v porostu, kde převládající dřevinou bude buk. Lze očekávat, že ostatní dřeviny (jedle, javor, jeřáb) budou zcela potlačeny.



Obrázek 56: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 16 v roce 2004.



Obrázek 57: Vizualizace vertikální struktury smíšeného porostu na TVP 16 v roce 2018.

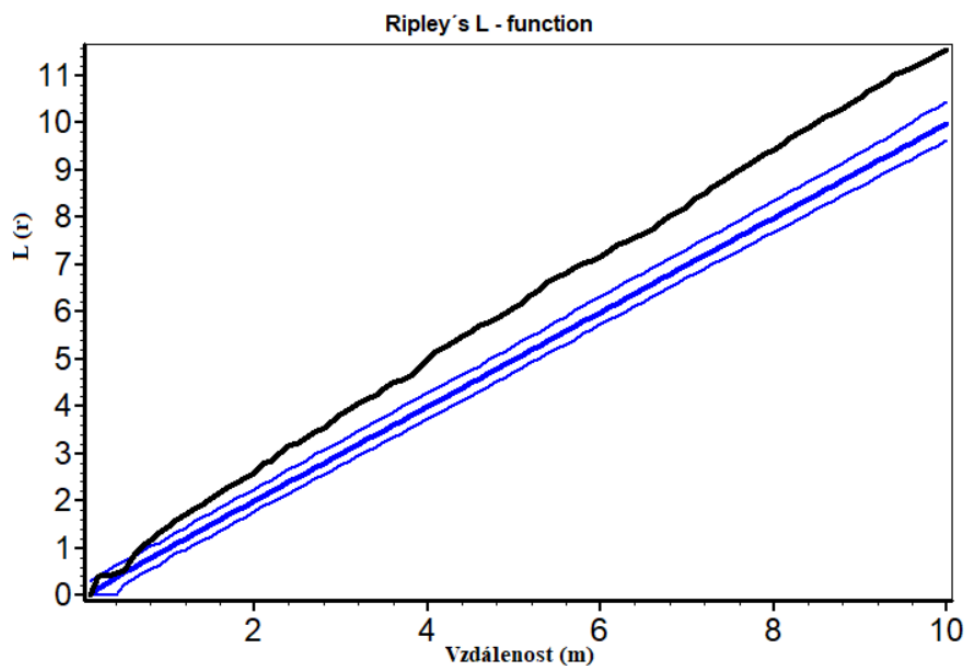
Přehled hodnot strukturálních indexů ve smíšeném porostu na TVP 16 je uveden v Tab. 13. Podle Arten-profil indexu je vertikální diferenciace rozrůzněná, výrazněji rozrůzněná v roce 2018. Prostorová proměnlivost porostu je velice vysoká, díky bohaté přirozené obnově buku a smrku v podúrovni porostu. Jedná se o porost se střední hodnotou tloušťkové i výškové diferenciace. Porost se vyznačuje nižší druhovou heterogenitou, která se mírně zvyšuje. Dále střední a zvyšující se druhovou vyrovnaností v roce 2018. Jde o porost středně druhově vyrovnaný s nižší druhovou bohatostí, vypovídající hodnotou indexu 0,154.

Tabulka 10: Vývoj hodnot indexů popisující biodiverzitu porostu v roce 2004 a 2018 na TVP 16.

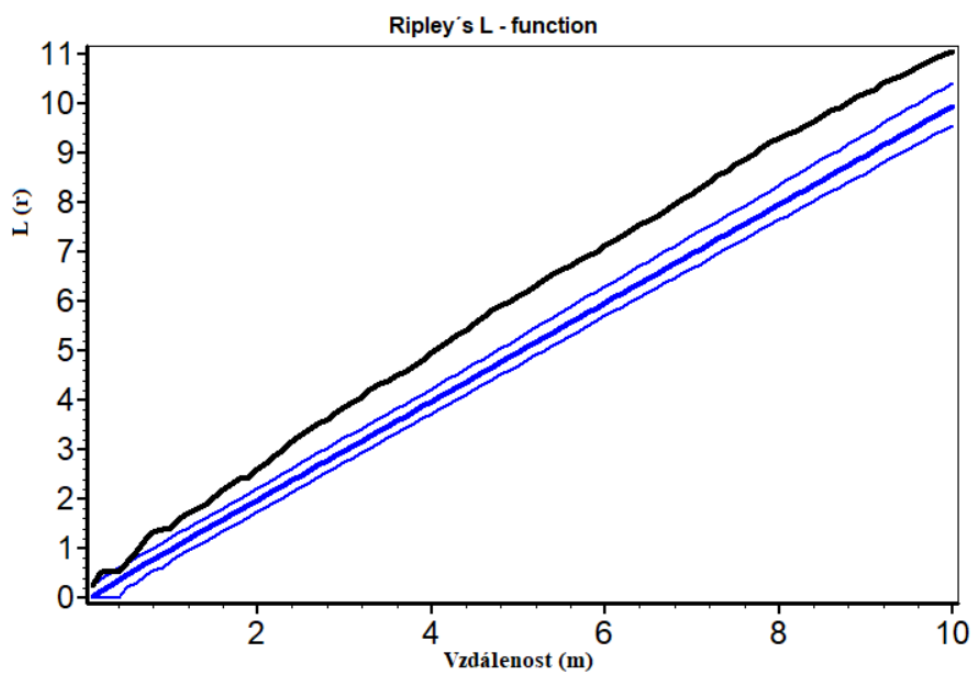
TVP 16	Rok	2004	2018
Indexy	Ap (Pi)	0,560	0,619
	B (J&Di)	7,652	7,882
	TM _d (Fi)	0,413	0,433
	TM _h (Fi)	0,355	0,406
	H' (Si)	0,355	0,360
	λ (Sii)	0,455	0,468
	E ₁ (Pii)	0,508	0,598
	E ₂ (Hii)	0,661	0,681
	D ₁ (Mai)	0,612	0,460
	D ₂ (Mei)	0,191	0,154
	R (C&Ei)	0,907	0,884

Vysvětlivky: A – Arten-profil index, B – index porostní diverzity, R – agregační index, TM_d – index tloušťkové diferenciace, TM_h – index výškové diferenciace, H' – index druhové heterogenity, λ – index druhové heterogenity, E₁ – index druhové vyrovnanosti, E₂ – index druhové vyrovnanosti, D₁ – index druhové bohatosti, D₂ – index druhové bohatosti.

Podle hodnot Clark-Evansova indexu jde o porost s mírně shlukovitou, horizontální strukturou s pokračující dynamikou ve stadiu rozpadu (Tab. 13). Podle Ripleyovy *L*-funkce a postupující dynamikou se trend agregace zvyšuje. To vyplývá z Obr. 58–59, která znázorňuje právě agregované (shlukovité) rozmístění jedinců na TVP 16.



Obrázek 58: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 16 v roce 2004.

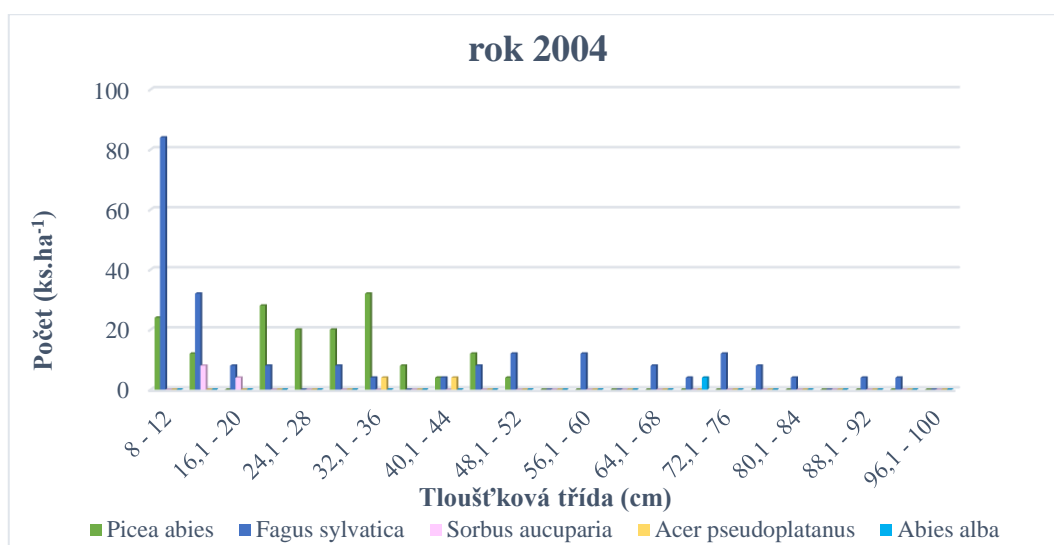


Obrázek 59: Horizontální struktura stromového patra vyjádřená L - funkcí pro TVP 16 v roce 2018.

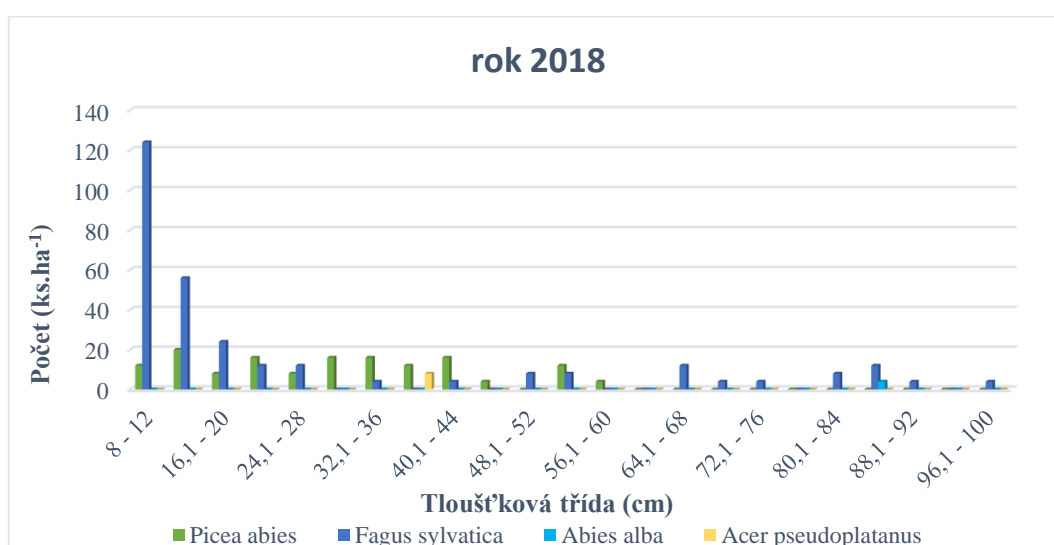
5.3.3. Biometrická charakteristika porostu

Základní biometrické charakteristiky ve smíšené autochtonním porostu buku a smrku na TVP 16, znázorněny v roce 2004 a 2018 jsou na Obr. 60–69. Z pohledu

tloušťkové struktury (Obr. 60–61) je porost značně diferencovaný. Největší zastoupení tvoří nejslabší tloušťkové třídy, zejména buk, smrk s příměsí javoru a jeřábu. Nejvíce zastoupené tloušťkové třídy jsou od 8 do 36 cm pro rok 2004. Od tloušťky 36 cm je zastoupení dřevin minimální. Pro rok 2018 je stav obdobný, ačkoliv nejvíce zastoupená tloušťková třída je od 8 do 20 cm a jedná se výhradně o buk a smrk. Následné tloušťkové třídy od 20 cm jsou zastoupeny minimálně. Pro oba roky platí, že nejtlustší třídy jsou výhradně v kompetenci buku.

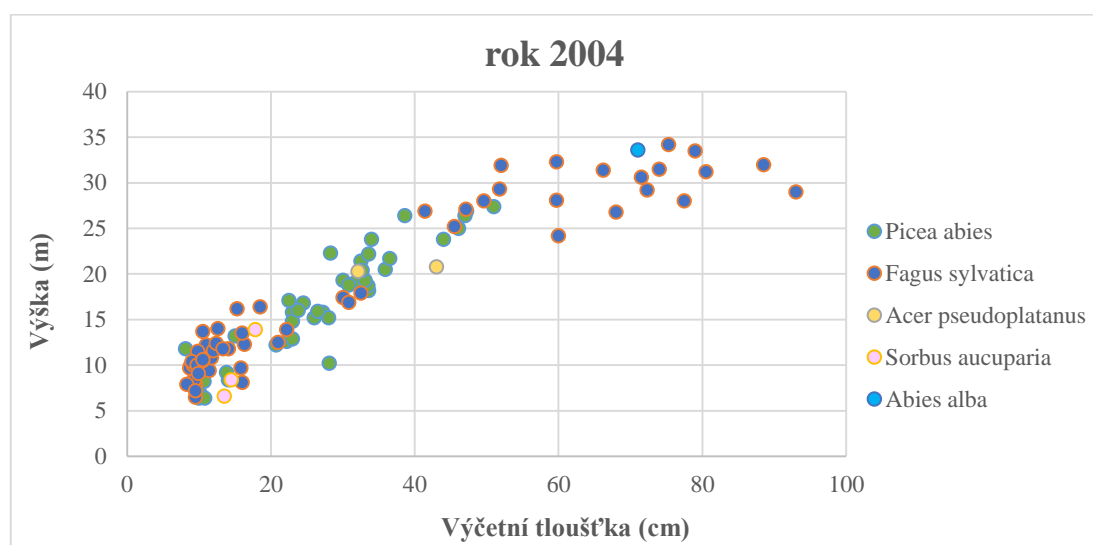


Obrázek 60: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2004.

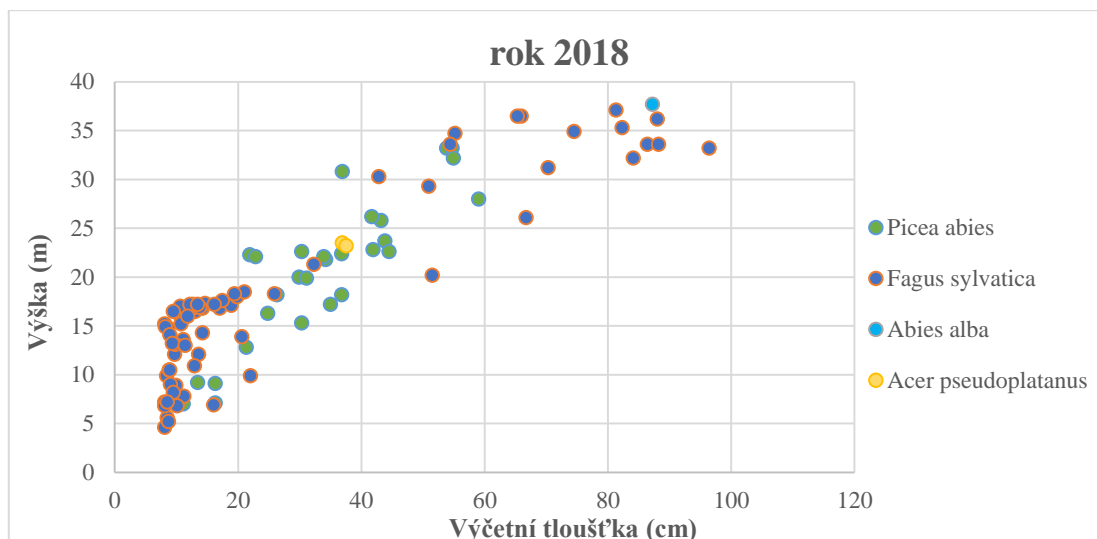


Obrázek 61: Histogram tloušťkových tříd dle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2018.

Obr. 62–63 vyjadřuje vztah mezi výškou stromů a výčetní tloušťkou na TVP 16. Trend vztahu je výrazný v obou letech. Výška stromů se v závislosti na výčetní tloušťce výrazně zvyšuje. Zmírnění a trvalá stagnace růstu přichází zhruba od výčetní tloušťky 50 cm v roce 2004. V roce 2018 je stagnace růstu zhruba od 60 cm výčetní tloušťky. V roce 2018 je horní etáž výhradně zastoupená bukem a jedlím. Smrk je zastoupen ve střední a spodní etáži.

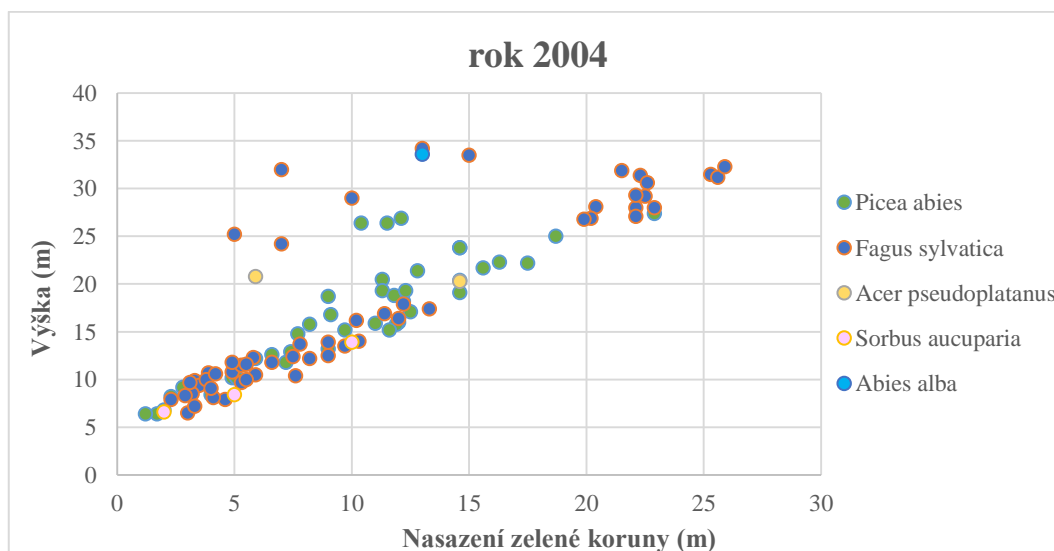


Obrázek 62: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2004.

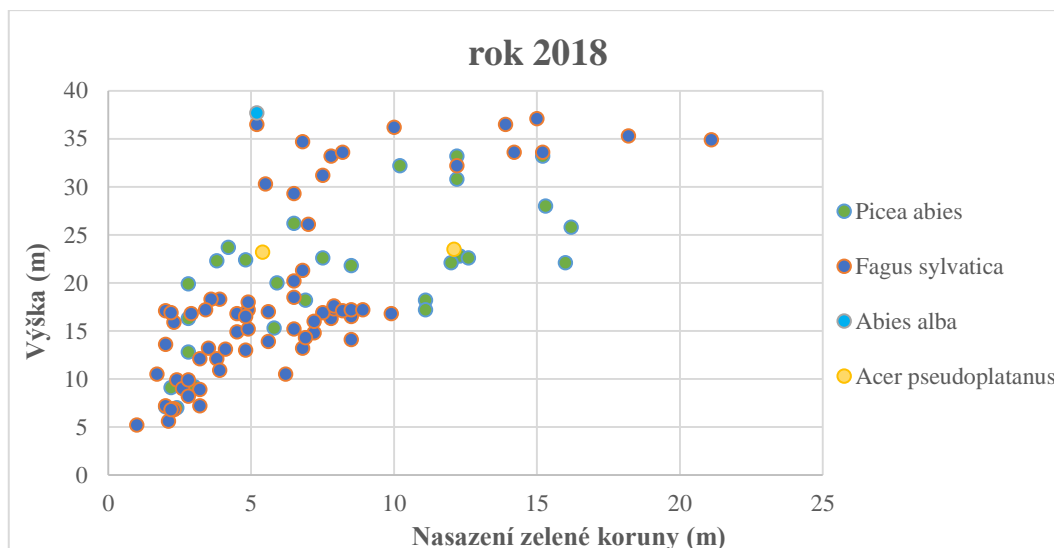


Obrázek 63: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a výškou stromů diferencovaně podle dřevin ve smíšeném porostu na TVP 16 v roce 2018.

Vztah mezi výškou stromu a nasazením zelené koruny je vyjádřen na Obr. 64–65. U horní etáže porostu je nasazení zelené koruny vysoce variabilní, zejména pak v roce 2018. V roce 2004 se pohybuje nasazení zelené koruny od 5 do 25 m. V roce 2018 je nasazení zelené koruny od 5 do 20 m, ovšem s výraznější výškovou diferenciací.

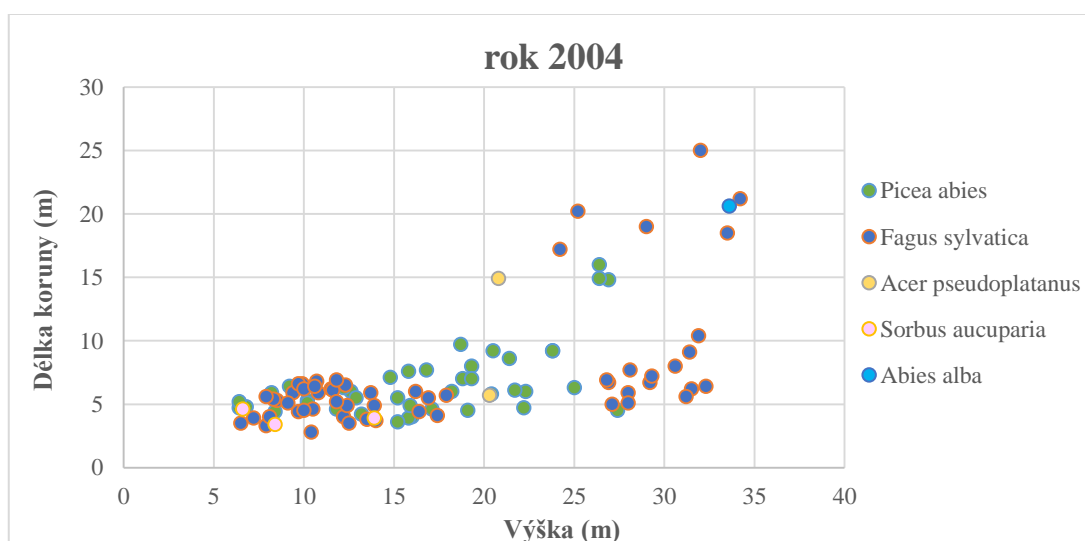


Obrázek 64: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.

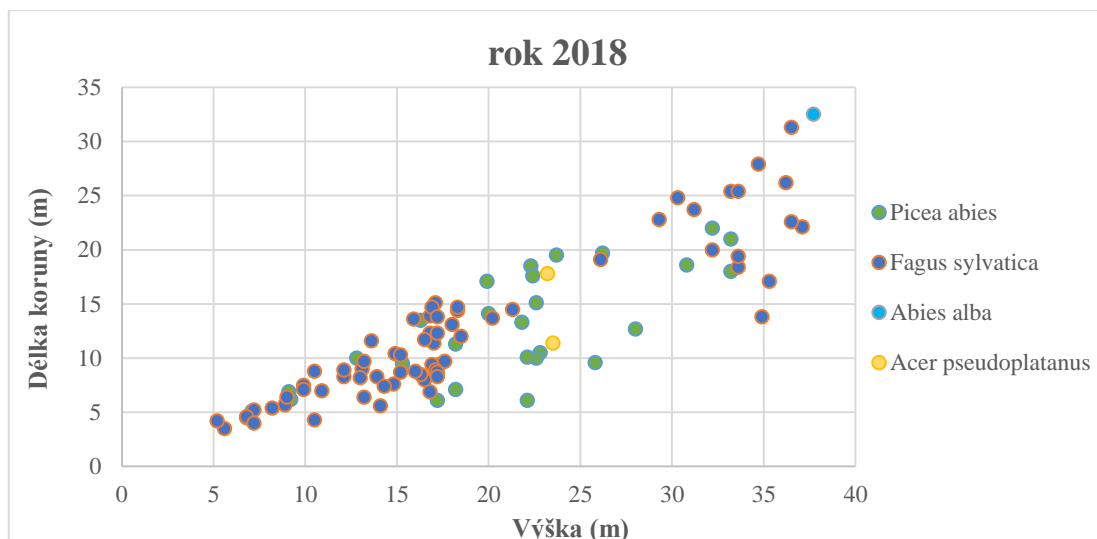


Obrázek 65: Vztah mezi nasazením zelené koruny a výškou stromů ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.

Z Obr. 66–67 je patrné, že délka koruny se zvyšuje v závislosti na výšce stromu. V roce 2004 je závislost méně patrná, než v roce 2018. V roce 2018 je výrazná závislost u buku ve spodní etáži, nikoliv však v horní etáži, kde je buk velice variabilní. U jedle je závislost délky koruny a výšky velice výrazná, zejména v horní etáži, kde má tendenci rychlejšího stoupání.

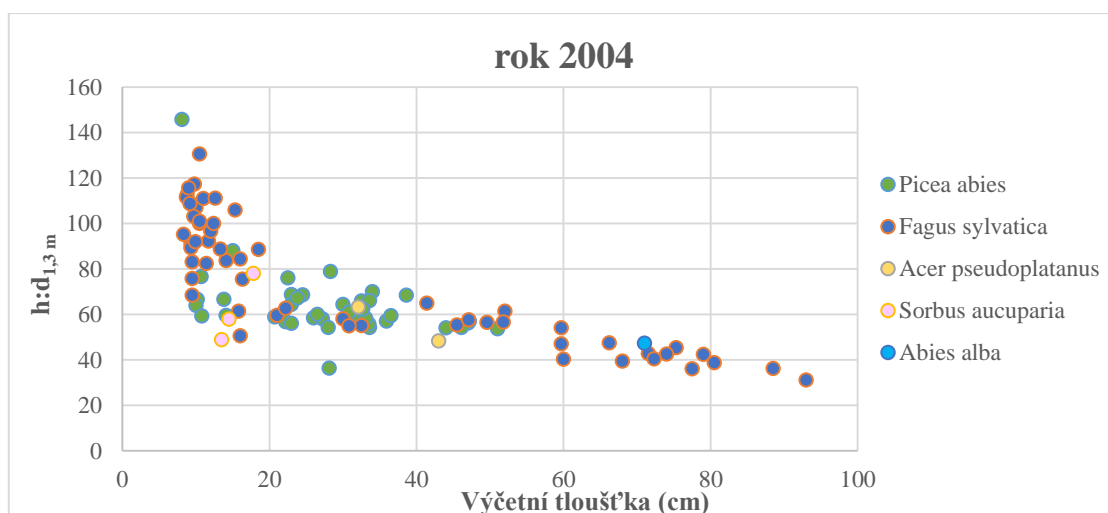


Obrázek 66: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.

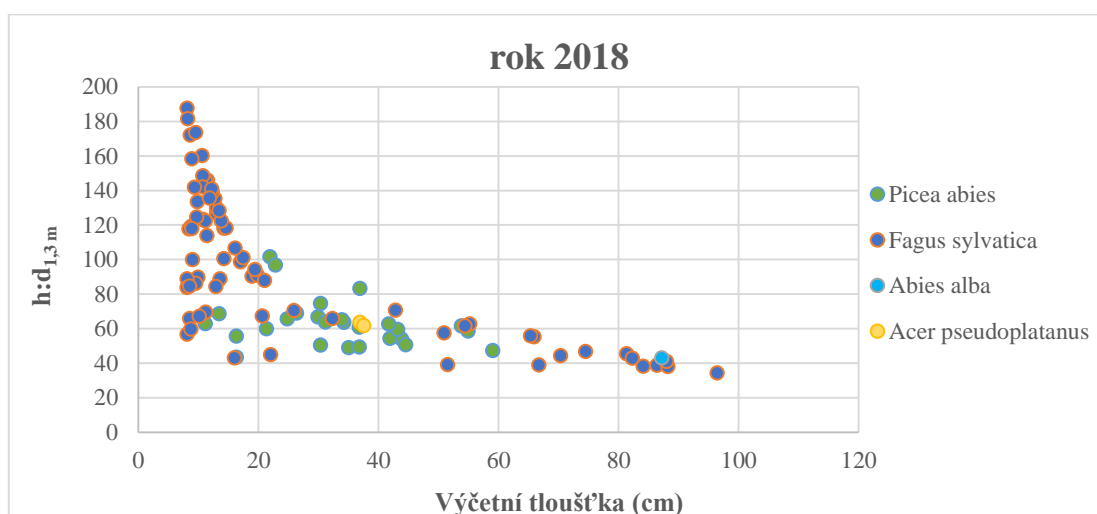


Obrázek 67: Vztah mezi výškou stromu a délkou koruny ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2018.

Štíhlostní kvocient v poměru s výčetní tloušťkou je na Obr. 68–69. U spodní etáže porostu, je velmi výrazná závislost u štíhlostního kvocientu v závislosti na výšce stromů. V roce 2004 jsou hodnoty v rozmezí od 50 do 140, přičemž u stromů s výčetní tloušťkou 20 cm, je zřetelný pokles štíhlostního kvocientu v závislosti na tloušťce. Poněkud výraznější hodnoty jsou v roce 2018, kdy se vyskytují v rozpětí od 40 do 180. U jedinců s výčetní tloušťkou 20 cm se zřetelně snižuje štíhlostní kvocient v závislosti na tloušťce. Celkově štíhlostní kvocient v závislosti na výčetní tloušťce exponenciálně klesá.



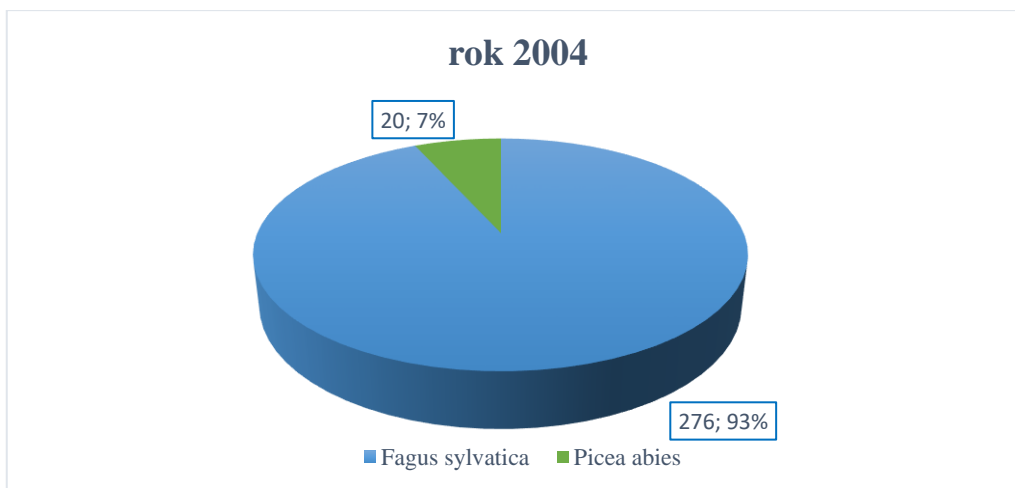
Obrázek 68: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2004.



Obrázek 69: Vztah mezi výčetní tloušťkou (jedinci s $d_{1,3m}$ od 8 cm) a štíhlostním kvocientem ve smíšeném porostu diferencovaně podle dřevin na TVP 16 v roce 2018.

5.3.4. Přírozená obnova

Zastoupení dřevin přírozené obnovy na TVP 16 je znázorněné na Obr. 70–71 v roce 2004 a 2018. Zastoupení celkového počtu jedinců na ploše je 296 ks.ha^{-1} v roce 2004 a 264 ks.ha^{-1} v roce 2018. Dominantní dřevinou je v obou letech buk lesní a přimíšenou dřevinou smrk ztepilý. V roce 2004 činilo zastoupení buku 276 ks.ha^{-1} (93 %) a smrku 20 ks.ha^{-1} (7 %). V roce 2018 nastal mírný pokles, kdy zastoupení buku kleslo na 252 ks.ha^{-1} (95 %) a smrk klesl na hodnotu 12 ks.ha^{-1} (5 %). Jde o nejvýše položenou plochu (TVP), kde se nachází převaha přírozené obnovy buku lesního.

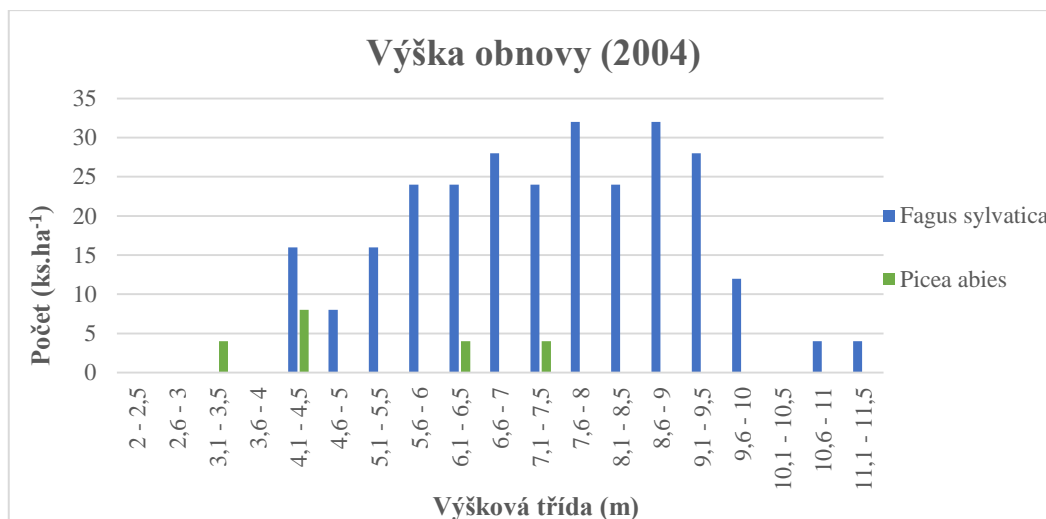


Obrázek 70: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.

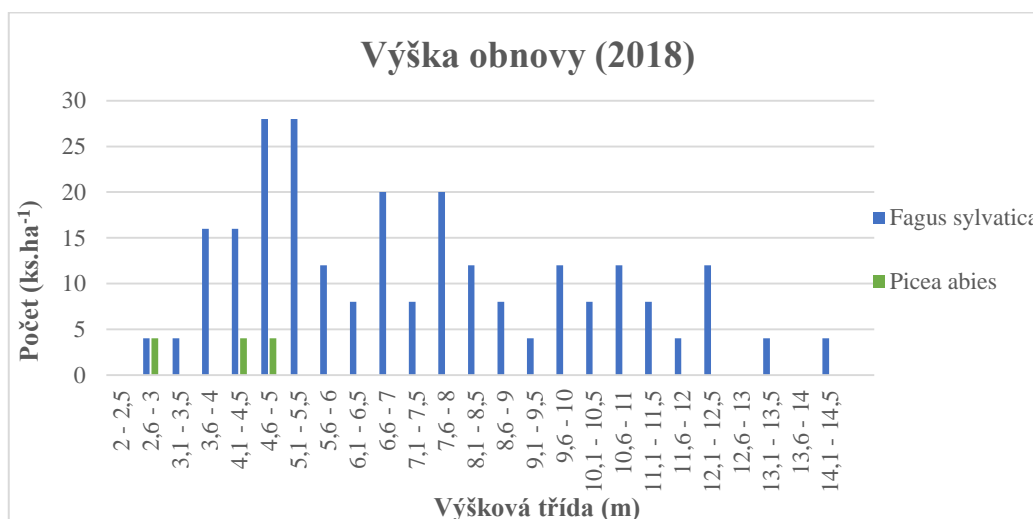


Obrázek 71: Zastoupení dřevin v přirozené obnově na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.

Obr. 72–73 znázorňuje počet dřevin na 1 ha ve výškových třídách na TVP 16. U buku je zastoupená nejvíce výšková třída od 5,6 do 9,5 m v roce 2004. Smrk je nejvíce zastoupen v nižších výškových třídách, zejména ve výškové třídě od 4,1 do 4,5 m. V roce 2018 je výrazný nárůst přirozené obnovy v nižších výškových třídách. Největší počet jedinců na 1 ha je zaznamenán ve výškové třídě od 4,6 do 5,5 m. Významné posunutí do vyšších výškových tříd je znázorněno v roce 2018, kde zastoupení přirozené obnovy připadá výhradně buku.



Obrázek 72: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.



Obrázek 73: Histogram četnosti přirozené obnovy na TVP 16 v roce 2004 v přepočtu na 1 ha.

5.3.5. Odumřelé dřevo

V Tab. 14 jsou uvedena objemy stojícího i ležícího mrtvého dřeva na TVP 16 v roce 2004 a 2018. Celkový objem stojícího mrtvého dřeva činil $19,84 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v roce 2004. V roce 2018 se na ploše nacházelo $7,48 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ležícího dřeva, což je o zhruba polovinu méně hmoty, než v roce 2004. Oproti tomu, došlo ke zvýšení objemu ležícího mrtvého dřeva o $21,05 \text{ m}^3$ na plochu. V roce 2004 se na ploše nacházelo $4,67 \text{ m}^3$, což znamenalo v přepočtu $18,69 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. V roce 2018 se na ploše evidovalo $25,72 \text{ m}^3$ ležícího dřeva, z toho $23,94 \text{ m}^3$ náleželo smrku. Celkový objem činil $102,88 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. V roce 2018 tvořil podíl ležícího dřeva 93 % z celkového objemu odumřelého dřeva (podíl stojícího 7 %). Z

celkové zásoby porostu (zahrnující zásobu živých stromů a odumřelého dřeva) podíl odumřelého dřeva činil 17 %.

Tabulka 11: Přehled objemů stojícího a ležícího odumřelého dřeva na TVP 16 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stojící mrtvé dřevo		Ležící mrtvé dřevo	
		V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)	V (m ³)	V (m ³ .ha ⁻¹)
2004	Picea abies	4,96	19,84	4,67	18,69
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				
2018	Picea abies	1,87	7,48	25,72	102,88
	Fagus sylvatica				
	Acer pseudoplatanus				

V Tab. 15 jsou znázorněny stupně rozkladu pro jednotlivé dřeviny na TVP 16. V roce 2004 se na ploše nachází jeden kmen smrku v silně narušené fázi rozkladu. Poněkud větší část odumřelého dřeva je ploše z roku 2018, kdy největší podíl náleží smrku. Jde o čerstvě spadané stromy, zejména větrnou a kůrovcovou disturbancí. Další významná část kmenů se nachází ve druhém stupni rozkladu, tedy v počátečním stadiu rozkladu dřevní hmoty. Buk je v porovnání se smrkem v pokročilejším stadiu rozpadu, jelikož proces dekompozice probíhá výrazně rychleji.

Tabulka 12: Stupně rozkladu ležícího odumřelého dřeva pro jednotlivé dřeviny na TVP 16 v letech 2004 a 2018.

Rok	Dřevina	Stupeň rozkladu					Celkem
		1	2	3	4	5	
2004	Picea abies (ks)	0	0	0	1	0	1
2018	Picea abies (ks)	6	2	1	1	1	11
	Fagus sylvatica (ks)	0	2	0	0	1	3

5.3.6. Produkční hodnoty

V Tab. 16 jsou uvedeny produkční hodnoty TVP 16 pro sdružený porost zvláště pro dřeviny buk, smrk a celkem za porost. Hodnoty zásoby porostu činí v roce 2018 651 m³.ha⁻¹, což znamená nárůst o 85 m³.ha⁻¹ během čtrnácti let. Kruhová základna v roce 2018 dosahovala 46,9 m².ha⁻¹ (nárůst o 3 %). Počet jedinců se výrazně zvýšil u buku, kdežto podíl smrk mírně klesl v průběhu čtrnácti let. Celkový průměrný přírůst v roce 2018 činil 2,99 m³.ha⁻¹.rok⁻¹.

Tabulka 13: Růstová tabulka pro sdružený smíšený porost na TVP 16 v roce 2004 a 2018.

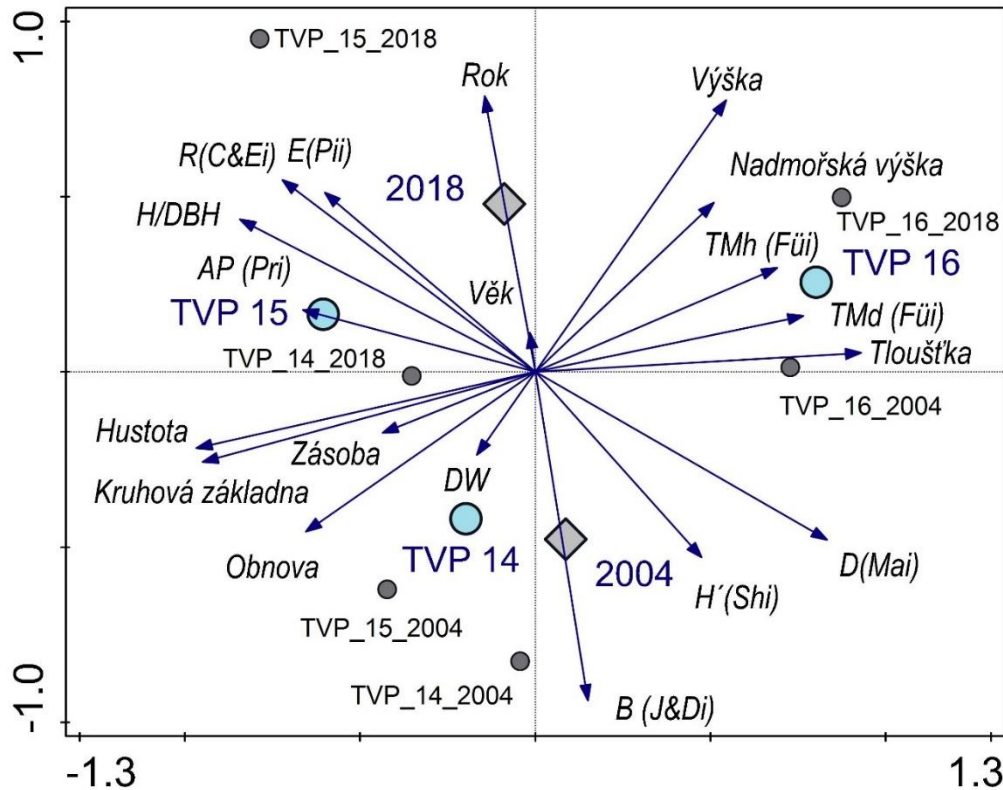
Dřevina	Rok	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CPP
Buk	2004	204	29,1	12,36	1,128	0,927	480	31,8	445	0,4	2,18
	2018	217	27,6	13,03	1,179	0,919	540	32,1	496	0,5	2,29
Smrk	2004	204	28,0	15,61	0,510	0,490	184	11,3	90	0,6	0,44
	2018	220	34,5	19,16	0,496	0,888	124	11,5	110	0,6	0,50
Celkem	2004	204	29,1	13,40	0,922	0,822	688	45,8	566	0,5	2,77
	2018	218	29,8	14,42	0,958	0,963	676	46,9	651	0,5	2,99

Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu, d – průměrná výčetní tloušťka (cm), h – střední porostní výška (m), f – výtvarnice, v – průměrný objem stromů (m³), N – počet stromů na 1 ha, G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹), V – objem porostu (m³.ha⁻¹), h:d – štihllostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst (m³.ha⁻¹.rok⁻¹).

5.4 Interakce mezi diverzitou, strukturou a produkcí na TVP v průběhu vývoje

Výsledky PCA analýzy TVP 14 až 16 z oblasti Plechého jsou prezentovány formou ordinačního diagramu na Obr. 74. První ordinační osa vysvětluje 44 %, první dvě osy 63 % a čtyři osy dohromady vysvětlují 93 % variability dat. V průběhu času (během 14 let) došlo k poklesu celkové diverzity porostu (B index), druhové různorodosti (H' index) a druhové bohatosti (D index), naopak došlo k nárůstu z hlediska druhové vyrovnanosti (E index), průměrné výšky porostu a posunu horizontální struktury porostu směrem k pravidelnosti. S rostoucí nadmořskou výškou TVP se zvyšuje tloušťková a výšková diferenciacie porostu, avšak klesá zásoba porostu, kruhová základna a počet stromů. Štihllostní koeficient byl pozitivně korelován s ukazatelem vertikální struktury (AP index). Nejmenší vysvětlující proměnou byl věk porostu a odumřelé dřevo. Celkově k

největší změně ve vývoji porostu došlo na TVP 15 s dominantním smrkem a následně na TVP 14, naopak k nejmenší dynamice došlo na nejvýše položené TVP 16 s největším podílem buku.



Obrázek 74: Ordinační diagram zobrazující výsledky z PCA analýzy závislostí mezi stanovištními poměry (nadmořská výška), porostními charakteristikami (výška, věk, tloušťka, hustota, zásoba, kruhová základna, obnova, štihllostní kvocient) a strukturálními indexy (A – Arten-profil index, B – index porostní diverzity, TM_d – index tloušťkové diferenciacce, TM_h – index výškové diferenciacce, H' – index druhové heterogenity, E_1 – index druhové vyrovnanosti, D_1 – index druhové bohatosti) na TVP 14, 15, 16 v roce 2004 a 2018.

6. Diskuse

Všechny výsledky ve smíšených porostech TVP 14, 15, 16, vypovídají o vývoji porostu v rámci limitů malého vývojového cyklu za pomoci autoregulace (Vacek et al., 2008). Vývoj ve smrkových porostech se od malého vývojového cyklu výrazně liší, což je způsobeno gradací kůrovce, potažmo kůrovcovou disturbancí. Proto tedy všechny TVP (14, 15 a 16) v drtivé většině ovládlo zastoupení buku, přičemž rok 2004 se vyznačoval vyšším zastoupením i jiných dřevin např. smrku, javoru, jedle. Prostorová struktura je na všech TVP významně diferencovaná, jelikož spodní etáž tvoří vysoký počet jedinců a v

horní etáži se vyskytují poslední zbytky přestárlé kmenoviny. Výrazná diferencovanost porostu koresponduje se zastoupením buku, pro který je typická struktura o více než jedné etáži a různověká skladba (Korpel' & Saniga, 1993). Buk je zastoupen převážně v hlavní úrovni porostu, opomineme-li jeho přirozené zmlazení. Při stoupání buku do vyššího gradientu se neprojevuje posun do podúrovně porostu. Právě takto diferencovaný porost spolu se zastoupením buku, plní významnou funkci, jako je dobrá stabilita. To ovšem neplatilo v letech 1989 až 1999, kdy převážnou část těchto porostů poškodila námraza a těžký, mokrá sněž (Vacek, 1999). U ostatních listnáčů (javoru, jeřábu) je tendence taková, že napříč stoupajícím gradientem dochází k posunu do nižších vrstev struktury porostu, přičemž klesá i zastoupení.

Průměrná zásoba smíšených porostů na zkoumaných TVP dosahovala 563 – 704 m³.ha⁻¹. Při porovnání se smíšenými porosty v Orlických horách, Vacek (2017) uvádí nižší zásobu v rozmezí 478-565 m³.ha⁻¹ a Králíček et al. (2017) dokonce pouze 303-536 m³.ha⁻¹. Podobná zásoba byla zjištěna také ve smíšených bukosmrkových porostech v Jizerských horách, kde se pohybovala v rozmezí 497 – 604 m³.ha⁻¹ (Slanař et al., 2017). Naopak vyšší porostní zásoba byla zjištěna ve smíšených porostech na Slovensku (600-853 m³.ha⁻¹), (Saniga, 1999) či v Srbsku (800 m³.ha⁻¹), (Pantič et al., 2011).

Smíšené porosty TVP 14–16 lze považovat za stabilní společenstva s minimální změnou druhové skladby. To dokazuje i štíhlostní koeficient, který byl pozitivně korelován s ukazatelem vertikální struktury (Ap index). Podle Arten-profil indexu byla vertikální diferenciaci na všech TVP rozrůzněná (Ap 0,619-0,757). Podobné hodnoty Ap indexu (0,577-0,789) udávají smíšené smrkobukové porosty z Orlických hor (Králíček et al., 2017). Vysoké zastoupení přirozené obnovy na TVP 15 je ukazatelem vitality a stability porostu (Štícha et al., 2010).

Při porovnání druhové skladby na TVP 14–16 lze najít odlišnosti, které nekorrespondují do zařazení příslušného lesního vegetačního stupně (LVS). Zejména TVP 16, která neodpovídá zařazení do 8 LVS, poněvadž na ploše nepřevládá smrk. Podle toho se provedla korelace, kdy byl vylišen jiný LVS (Vacek et al., 2008). Na všech plochách je kritický nedostatek jedle bělokoré, krom TVP 16, kde dochází k lepší přirozené obnově. Její zastoupení by mělo být výrazně vyšší v tomto výškovém gradientu. Při porovnání druhové zastoupení horní etáže a obnovy, u přirozené obnovy došlo k výraznému nárůstu podílu buku. Zvýšený podíl buku u přirozené obnovy dokumentuje také Vacek et al.

(2019) z Jizerských hor. Expanze buku byla potvrzena také v ostatních horských oblastech (Vacek et al., 2017; Dulamsuren et al., 2017)

Odumřelé dřevo se na TVP nacházelo v rozmezí 90-153 m³.ha⁻¹. Například ve smíšených porostech ve stadiu rozpadu v Krkonoších objem odumřelého dřeva dosahoval 206 m³.ha⁻¹ (Vacek et al., 2015), přičemž v obdobných podmínkách Orlických hor to bylo v průměru pouze 59 m³.ha⁻¹ (Králíček et al., 2017). Za kompletní rozpad, zejména horního patra porostu stojí gradace lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) nebo větrné disturbance. Z hlediska malého vývojového cyklu jsou výrazně ovlivněny, přirozené cykly rozpadu a proces dekompozice tlejícího dřeva v NP Šumava Podíl odumřelého ležícího a stojícího dřeva tvořil v průměru 200/152 m³.ha⁻¹, přičemž poměr stojícího a ležícího odumřelého dřeva je vyšší ve prospěch ležícího dřeva na plochách TVP 14, 16 v roce 2018. Králíček et al. (2017) z Orlických hor také uvádí vyšší podíl ležícího odumřelého dřeva v rozmezí 73-83 %. Na TVP 15 se poměr stojícího a ležícího dřeva odvíjel ve prospěch stojícího dřeva. Za masivní mortalitou stojí korunové a kmenové zlomy u buku ve střední etáži. Z hlediska významnosti odumřelého dřeva přispěl fakt, že na TVP 15 se v roce 2018, nacházelo 153 m³.ha⁻¹ odumřelého dřeva, což zvýšilo podíl přirozené obnovy na dané TVP. Z hlediska významnosti k tomu přispěl vyšší potenciál zmlazení smrku ztepilého (*Picea abies*). Dobrá regenerace přirozené obnovy na TVP 15 potvrzuje i růstová tabulka, která ukazuje vysoké množství jedinců na ploše tj. 1548 ks.ha⁻¹ v roce 2018. Odumřelé dřevo tak potvrzuje svoji významnost pro zachování a zvyšování druhové diverzity, přičemž poukazuje na vysokou přirozenost porostů (Bače et al., 2012).

V rámci hodnocení diverzity (druhová, komplexní) nebo hodnocení struktury byly spočítány indexy, které v převaze potvrdili převážně agregované (shlukovité) rozmístění jedinců po ploše s trendem vývoje směrem k pravidelnosti. U TVP 15 se jednalo o náhodné uspořádání v roce 2018. Vysvětlení shlukovitěho uspořádání na TVP 14 a 16 je způsobeno odrostlými jedinci přirozené obnovy na místech, kde došlo k narušení zápoje. Podle Buluška et al. (2016) je shlukovité uspořádání v přírodě blízkých lesích způsobeno edafickými a extrémními klimatickými podmínkami či převládající počáteční růstovou fází porostu. Pro dolní etáž či přirozenou obnovu je typická agregovaná struktura, naopak horní etáž směřuje při optimálních stanovištních podmínkách v průběhu vývoje k pravidelné distribuci (Wijdeven 2004; Vacek et al., 2015). Přejchod z agregovaného na náhodné rozmístění byl zaznamenán i v Německu v práci von Oheimb et al. (2005).

Náhodné rozmístění u TVP 15 je typické pro většinu porostů v počátečním stadiu rozpadu (Šebková et al., 2011; Králíček et al., 2017).

Výsledky PCA analýzy (Obr. 74) ukázaly, že během 14 let došlo k poklesu celkové diverzity porostu (B index), druhové různorodosti (H' index) a druhové bohatosti (D index). S rostoucí nadmořskou výškou TVP se zvyšuje tloušťková a výšková diferenciacie porostu, avšak klesá zásoba porostu, kruhová základna a počet stromů. Toto tvrzení je způsobeno vývojovým cyklem, kdy jsou tyto změny součástí přirozené dynamiky v přírodě blízkém lese (Vacek et al., 2010). Nejmenší dynamiku potvrdila nejvýše položená TVP 16 podobně jako v práci Vacka et al., (2015).

7. Závěr

V Národním parku Šumava se vylišují dva základní managementy lesních ekosystémů, a to péče o lesy přírodě blízké a péče o lesy přírodě vzdálené. Tyto managementy vychází ze zonace, přírodních podmínek (SLT) a současného stavu porostů. Tato diplomová práce byla zaměřena na samovolný vývoj, který je právě v kompetenci I. zóny Národního parku Šumava.

Na studovaných trvale výzkumných plochách z oblasti Plechého bylo zjištěno, že smíšené porosty mají autoregulační schopnost v rámci malého vývojového cyklu. Z hlediska výškové gradientu hory Plechý, všechny studované TVP se vyznačují příznivým štíhlostním koeficientem a bohatou vertikální strukturou, což má pozitivní vliv na stabilitu porostu. Tomu odpovídá také druhová skladba porostu a jeho smíšení. V důsledku disturbancí a synergického působení vyšších teplot vzduchu, častějším výskytům epizod sucha, spolu s gradací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) se projevil značný pokles zastoupení smrku ztepilého (*Picea abies*). Nedostatečné zastoupení bylo zaznamenáno u jedle bělokoré (*Abies alba*).

Z výsledků vyplynulo, že na TVP 14–16 jsou určité rozdíly v přirozené dynamice i když mají řadu společných rysů. Celkově k největší změně ve vývoji porostu došlo na TVP 15 s dominantním smrkem a následně na TVP 14, naopak k nejmenší dynamice došlo na nejvýše položené TVP 16 s největším podílem buku. Během 14 let došlo k poklesu celkové diverzity porostu, druhové různorodosti a druhové bohatosti. Naopak celkově byl zaznamenán nárůst druhové vyrovnanosti a posun horizontální struktury porostu z agregovanosti směrem k náhodnému uspořádání.

Z hlediska stability, struktury a vývoje porostu jsou studované TVP ponechané samovývoji významných modelovým územím v rámci I. zóny Národního parku Šumava. Z hlediska nových poznatků zaměřených na přídě blízký management je důležité v tomto dlouhodobém výzkumu pokračovat.

8. Seznam použité literatury

ANGELSTAM, P. & KUULUVAINEN, T. (2004): Boreal forest disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures: a European perspective. *Ecological Bulletins* 117-136 s.

BAČE R., SVOBODA M., POUŠKA V., JANDA P., ČERVENKA J. (2012): Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment? - *Forest Ecology and Management*, 266: 254-262 pp. DOI: [10.1016/j.foreco.2011.11.025](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.025)

BARNA, M. (2011): Natural regeneration of *Fagus sylvatica* L.: a Review. *Austrin Journal of Forest Science*, 128: 71-91 s.

BAUHUS, J., PUETTMANN, K., MESSIER, C. (2009): Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* 258:525–537 pp.

BERCHA, J. (2006): Jedle bělokorá. *Lesnická práce* [online], roč. 85, č.01/06 [28. 3. 2016]. Dostupné z www: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-85-2006/lesnicka-prace-c-01-06/konference-jedle-belokora-2005>.

BUČEK, A., LACINA, J., MÍCHAL, I. (1996): An Ecological Network in the Czech Republic. *Veronica Brno*, 11. zvláštní vydání, 45 s.

BULUŠEK, D., VACEK, Z., VACEK, S., KRÁL, J., BÍLEK, L. (2016): Spatial pattern of relict beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Sudetes of the Czech Republic and Poland. *J. For. Sci.* v tisku.

CUKOR, J., BALÁŠ, M., KUPKA, I., TUŽINSKÝ, M. (2017): The condition of forest stands on afforested agricultural land in the Orlické hory Mts. *Journal of Forest Science*, 63:1–8.

ČERNÝ, A. (1989): Současný zdravotní stav jedle bělokoré na území ČSSR. *Lesnická práce*, 68: 402–407 s.

ČERNÝ, D. (2007): Jedle kolem horní hranice výskytu – oblast Šumava. Lesnická práce. [online], roč. 86, č. 02/07, [28. 3. 2016]. Dostupné z [www: http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-02-07/jedle-kolem-horni-hranice-vyskytu-oblast-sumava](http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-02-07/jedle-kolem-horni-hranice-vyskytu-oblast-sumava).

DALE, V. H., JOYCE, L. A., McNULTY, S., NEILSON, R. P., AYRES, M. P., FLANNIGAN, HANSON, P. J., IRLAND, L. C., LUGO, A. E., PETERSON, CH. J., SIMBERLOFF, D., SWANSON, J. F., STOCKS, B. J., WOTTON, B. M. (2001): Climate Change and Forest Disturbances. *BioScience* 51(9), 723-734 s.

DELCOURT, H. R., DELCOURT, P. A., WEBB, T. (1983): Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetation change in space and time. *Quat. Sci. Rev.* 1: 153-175 pp.

DEMEK, J. & MACKOVČIN, P. (2006): Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: AOPK ČR. 582 s.

DULAMSUREN, C., HAUCK, M., KOPP, G., RUFF, M., LEUSCHNER, C., (2017): 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 – Structure and Function*, 31: 673–686 pp.

ECKSTEIN, K. (1890): Zur Biologie der Gattung Chermes L. *Zoologischer Anzeiger* 13(328): 86–90 s.

FABISZEWSKI, J. & WOJTUN, B. (2000): Loss of floristic diversity in the Krkonosze Mts. (SW Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 2000, vol. 45,165-178 s.

FABRIKA, M. & ĎURSKÝ, J. (2005): Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator. *Journal of Forest Science*, 51: 10: 431–445.

FORST, P., CABAN, J., MICHALÍK, P. (1985): Ochrana lesů a přírodního prostředí: učebnice pro stř. les. školy. Praha: SZN. Lesnictví, myslivost a vodní hosp., 409 s.

FRANKLIN, J. F., SPIES, T. A., VAN PELT, R., CAREY, A. B., THORNBURGH, D. A., BERG, D. R. et al. (2002): Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, 155: 399–423 pp.

GILLHAM, C. M. (1980): The Biology of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.). The ecology of *Sorbus aucuparia*, taxonomy of *Sorbus* section *aucuparia*, and the use of those species as amenity trees. MSc Thesis, University of Liverpool, Liverpool, UK.

- GLONČÁK, P. (2009): Dynamika vegetácie prírodných horských smrečín. Dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, 93 s.
- GRIME, J. P., HODGSON, J. G., HUNT, R. (1988): Comparative Plant Ecology: a Functional Approach to Common British Species, London.
- GROOT BRUINDERINK, G. W. T. A. & HAZEBROEK, E. (1995): Modelling carrying capacity for wild boar *Sus scrofa* in a forest/heathland ecosystem. – Wild I. Bio I. I: 81-87 pp.
- HLADILIN, V. (1996): Péče o lesní ekosystémy národního parku Šumava. *Silva Gabreta*. 1996, č. 1, 227-230 s., ISSN 1211-7420.
- HOFMEISTER, Š., SVOBODA, M., SOUČEK, J., VACEK, S. (2008): Spatial pattern of Norway spruce and silver fir natural regeneration in uneven aged mixed forests of northeastern Bohemia. *Journal of Forest Science*, 54: 92-101 s.
- CHMELAŘ, J. (1981): Dendrologie s ekologií lesních dřevin: (prozatímní učební text), část II., Hospodářský významné listnáče. Brno: Vysoká škola zemědělská.
- CHRISTENSEN, M., HAHN, K., MOUNTFORD, E. P., ÓDOR, P., STANDO-VÁR, T., ROZENBERGAR, D., DIACI, J., WIJDEVEN, S., MEYER, P., WINTER, S., VRŠKA, T. (2005): Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 2005, vol. 210, 267-282 s.
- JANKOVSKÝ, L. (2005): Chřadnutí a choroby jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.). In: Neuhöferová P. (ed.): Jedle bělokorá – 2005. European Silver Fir – 2005. Sborník referátů, Srní, Oct. 31 – Nov. 1, 2005: 43–48 s.
- JAWORSKI, A. & KARCZMARSKI, J. (1995): Budowa, struktura, dynamika i możliwości produkcyjne górnoreglowych borów świerkowych w Babiogórskim Parku Narodowym. *Acta Agraria et Silvestria, Series Silvestris*, 33: 75–113 s.
- JAWORSKI, A. & KOŁODZIEJ, Z. (2002): Natural loss of trees, recruitment and increment in stands of primeval character in selected areas of the Bieszczady Mountains National Park (South-Eastern Poland). *Journal of Forest Science*, 48(4): 141–149 pp.
- KNOKE, T., AMMER, C., STIMM, B., MOSANDL, R. (2008): Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *European Journal of Forest Research* 127, 89–101 pp.

- KOBLÍŽEK, J. (2006): Jehličnaté a listnaté dřeviny našich zahrad a parků. 2., rozš. vyd. Tišnov: Sursum. ISBN 80-7323-117-4.
- KONIAS, H. (1952): Zkušenosti získané při praktickém provádění obnovy lesních porostů se zřetelem jejich prostorové úpravě. *Lesnická práce*, roč. 31, č. 8, s. 363–367.
- KORPEL, Š. (1989): *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda – Slovenská akadémia vied, 328 s.
- KORPEL, Š. (1995): *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Föschel: 310 s.
- KORPEL, Š. (1995): *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, GFV, 310 s.
- KORPEL, Š., et al. (1991): *Pestovanie lesa*. 1. Vyd. Bratislava: Príroda, 465 s.
- KORPEL, Š. & SANIGA, M. (1993): *Výběrný hospodářský způsob*. VŠZ – lesnická fakulta Praha a Matice lesnická Písek, Praha.
- KRÁL, J., VACEK, S., VACEK, Z., PUTALOVÁ, T., BULUŠEK, D., ŠTEFANČÍK, I. (2015): Structure, development and health status of spruce forests affected by air pollution in the western Krkonoše Mts. in 1979–2014. *Lesnický časopis Forestry Journal*, 61: 175–187 pp.
- KRÁLÍČEK, I., VACEK, Z., VACEK, S., REMEŠ, J., BULUŠEK, D., KRÁL, J., PUTALOVÁ, T. (2017): Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate. *Dendrobiology*, 77, 119-137 pp.
- KYZLÍK, L. & MICHÁLEK, J. (1963): *Lesnícka botanika*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 465 pp.
- LEIBUNDGUT, H. (1993): *Europäische Urwälder*. Paul Haupt, Bern.
- Lesnický naučný slovník*, 1994. Praha: Agrospoj. ISBN 80-7084-111-7.
- LEPŠ, J. & ŠMILAUER, P. (2003): *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press, 269 p.
- LINDENMAYER, D. B. & FRANKLIN, J. F. (2002): *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island Press, Washington, D. C.

- LÖW, J., MÍCHAL, I., BUČEK, A., LACINA, J. (1995) Rukověť projektanta místního územního systému ekologické stability: Metodika pro zpracování dokumentace. 1.vyd. Brno: Nakladatelství Doplněk, 1995, 122 s. ISBN 80-85765-55-1.
- MATERNA, J. (1999) Development and causes of forest damage in the Ore Mts. *J. For. Sci.*, 45: 147–152 pp.
- MATUSZKIEWICZ, J. M., KOWALSKA, A., KOZŁOWSKA, A., ROO-ZIELIŃSKA, E., SOLON, J. (2013): Differences in plant-species composition, richness and community structure in ancient and post-agricultural pine forests in central Poland. *For. Ecol. Manage.*, 310: 567–576.
- MC VEAN, D. N. & RATCLIFFE, D. A. (1962): *Plant Communities of the Scottish Highlands*. HMSO, London, UK.
- MCCARTHY, J. (2001): Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forest. *Environ. Rev.*, 9: 1–59 pp.
- MINX, T. (2006): Modelování struktury a vývoje lesních porostů pomocí růstového simulátoru SIBYLA. In: Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany. Sborník referátů. Brno 6. 12. 2006, Vacek, S. (ed.), Brno, Praha, MZLU a ČZU, 7–10 s.
- MÍCHAL, I. & PETŘÍČEK, V. (1999): Péče o chráněná území II. Lesní společenstva. Agentura ochrany přírody a krajiny v ČR, Praha 1999, 714 s.
- MÍCHAL, I. (1993): Největší známé stromy Evropy, *Živa*, 3/1993, 100-102 s.
- MÍCHAL, I. (1994): *Ekologická stabilita*. 2. rozš. vyd. Brno: Veronica, 1994. 276 s.
- MORAVEC, J. et al. (1994): *Fytocenologie*. – Academia, Praha.
- MORIN, P. J. (1999): *Community Ecology*. Blackwell Science, Inc. Malden, MA. 424 pp.
- MUSIL, I. & HAMERNÍK, J. (2003): *Lesnická dendrologie 1 Jehličnaté dřeviny. Přehled nahosemenných (i výtrusných dřevin)*. 177 s. ISBN 80-213-0992-X-2ed.
- MUSIL, I. & HAMERNÍK, J. (2007): *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: lesnická dendrologie 1*. Vyd. 1. Praha: Academia, 352 s.

- MUSIL, I. & MÖLLEROVÁ, J. (2005): Listnaté dřeviny. (Lesnická dendrologie 2.) [Broad-leaved trees and shrubs. (Forest dendrology 2.)] Česká zemědělská univerzita, Praha [Czech University of Agriculture, Prague], FLE: 1-217 s.
- MUSIL, I. (2002): Lesnická dendrologie, Praha: Česká zemědělská univerzita, 177 s.
- MUSIL, I. (2003): Dendrologické srovnávací tabulky. 3. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 165 s.
- NĚMEC, J., HRIB, M. (ed), et al. (2009): Lesy v České republice. Praha: Consult Praha. 398 s. ISBN 80-903482-5-4.
- OLIVA, J. & COLINAS, C. (2007): Decline of silver fir (*Abies alba* Mill.) stands in the Spanish Pyrenees: Role of management, historic dynamics and pathogens." *Forest Ecology and Management*, 252 (1): 84-97.
- OLIVA, J., CAMARERO, J. J., STENLID, J. (2012): Understanding the role of sapwood loss and reaction zone formation on radial growth of Norway spruce (*Picea abies*) trees decayed by *Heterobasidion annosum* s.l. *Forest Ecology and Management* 274: 201–209 pp.
- PANTIĆ, D., MEDAREVIĆ, M., BANKOVIĆ, S., OBRADOVIĆ, S., ŠLJUKIĆ, B., & PEŠIĆ, B. (2011): Structural, production and dynamic characteristics of the strict forest reserve 'Račanska šljivovica' on Mt. Tara. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, (103), 93-114 pp.
- PAULE, L. (1992): Genetika a šľachtenie lesných drevín. *Príroda*, Bratislava, 304 s.
- PELC, F. (1999): Lesy v chráněných krajinných oblastech pro třetí tisíciletí. In: *Přírodě blízké způsoby hospodaření v lesích chráněných krajinných oblastí*. Průhonice 30. 3. 1999, Moucha, P. (ed.), Praha, SCHKO ČR, ČLS, s. 7–16 s.
- PIOVENSAN, G., DI FILIPPO, A., ALESANDRINI, A., BIONDI, F., SCHIRONE, B. (2005): Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth *Fagus* forest in the Apennines. *Journal of Vegetation Science* 16: 13–28 pp.
- PODRÁZSKÝ, V. (1996): Vývoj půdního chemismu v bukových, smíšených a smrkových porostech Krkonoš. *Lesnictví – Forestry*, 42, 1996, č. 2, 92 – 99 s.
- PODRÁZSKÝ, V. (1999) Obnova horských lesů v NP Šumava. *Lesnická práce*, 78 (3): 107–109 s.

- POLÁK, T., CUDLÍN, P., MORAVEC, I., ALBRECHTOVÁ, J. (2007): Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains. *Trees*, 21: 23–35 s.
- POLENO, Z. (1993): Ekologicky orientované pěstování lesů. *Lesnictví-Forestry*, roč. 39, č. 11, 475–480 s.
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. (2009): Pěstování lesů III.: Praktické postupy pěstování lesů. *Lesnická práce, s.r.o. Kostelec nad Černými lesy*, 952 s.
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. (2011): Pěstování lesů. I., Ekologické základy pěstování lesů. 2., upr. a dopl. vyd. *Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce*, 319 s.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., BÍLEK, L. (2007 a): Pěstování lesů I. Ekologické základy pěstování lesů. *Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy*.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., MIKESKA, M., KOBLIHA, J., BÍLEK, L. (2007 b): Pěstování lesů II. Teoretická východiska pěstování lesů. *Lesnická práce, s.r.o., Kostelec nad Černými lesy*.
- POLENO, Z., VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J., ŠTEFANČÍK, I., MIKESKA, M., KOBLIHA, J. et al. (2009): Pěstování lesů III. Praktické postupy pěstování lesů. *Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy*.
- PRETZCH, H. (2009): *Forest Dynamics, Growth and Yield: From Measurement to Model*. Springer Verlag, Berlin, Germany, 664 pp.
- PROSPERO, S., RIGLING, D., HOLDENRIEDER, O. (2003): Population structure of *Armillaria* species in managed Norway spruce stands in the Alps. *New Phytologist*, 158 (2): 365–373 s.
- PRŮŠA, E. (1985): *Die böhmischen und mährischen Urwälder-ihre Struktur und Ökologie*. Verlag der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Praga.
- QUITTE, E. 1971: *Klimatické oblasti Československa*, 73 pp.
- RUBIN, B. D., MANION, P. D., FABER-LANGENDOEN, D. (2006): Diameter distributions and structural sustainability in forests. *Forest Ecol. Manag.* 222, 427–438 pp.
- RUGANI, T., DIACI, J., HLADNIK, D. (2013): Gap Dynamics and Structure of Two Old-Growth Beech Forest Remnants in Slovenia. *PLoS ONE*, 8(1): e52641.

- SANIGA, M., (1999): Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy Dobročského pralesa. Zvolen, Technická univerzita: 64 p.
- SEVMOUR, R. S. & HUNTER, M. L. Jr. (1999): Principles of ecological forestry. In *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Hunter, M. L. Jr (ed.). Cambridge University Press, 22–61 pp.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1986, 1987, 1989): Die Fichte, (Bd. I,II/1, II. /2). Paul Parey: Hamburg und Berlin.
- SCHÜTZ, J. P. (2002): Silvicultural tools to develop irregular and diverse forest structures. *Forestry* č. 75, 329-337 s.
- SKALICKÝ, V. & SKALICKÁ, A. (1988): Picea A. Dieter – smrk. – In: HEJNÝ S. SLAVÍK B. (eds.): Květena ČR 1, Academia, Praha, 317–322 pp.
- SLANAŘ, J., VACEK, Z., VACEK, S., BULUŠEK, D., CUKOR, J., ŠTEFANČÍK, I., KRÁL, J. (2017). Long-term transformation of submontane spruce-beech forests in the Jizerské hory Mts.: dynamics of natural regeneration. *Central European Forestry Journal*, 63(4), 213-225.
- SLAVÍKOVÁ, J. (1986): Ekologie rostlin. Praha: SPN, 366 s.
- SCHNEIDER, J., et al. (2006): Vliv větrných kalamit na lesní ekosystémy přírodní rezervace Holý Kopec. Článek ve sborníku: Bioclimatology and Water In The Land., s. 69. ISBN 80-89186-12-2
- SOUČEK, J., ŠPULÁK, O., LEUGNER, J., PULKRAB, K., SLOUP, R., JURÁSEK, A., MARTINÍK, A. (2016): Dvoufázová obnova lesa na kalamitních holinách s využitím přípravných dřevin. Certifikovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 35 s. Lesnický průvodce 10/2016. ISBN 978-80-7417-119-2.
- SVATOŇOVÁ H., et al. (2011): Integrovaná přírodověda 4 – Počasí a podnebí. Brno: Muni press. 2011. 84 s.
- SVOBODA, M. & POUŠKA, V. (2008): Structure of a Central-European mountain spruce old-growth forest with respect to historical development. *Forest Ecology and Management* 255 (7): 2177-2188.
- SVOBODA, M. (2007): Efekt disturbancí na dynamiku horského smrkového lesa s převahou smrku. *Aktuality šumavského výzkumu*, Srní 4. - 5. 10. 2007.

SVOBODA, P. (1957): Lesní dřeviny a jejich porosty: část 3. Praha: Státní zemědělské nakladatelství v Praze, 660 s.

ŠEBKOVÁ, B., ŠAMONIL, P., JANÍK, D., ADAM, D., KRÁL, K., VRŠKA, T. UNAR, P. (2011): Spatial and volume patterns of an unmanaged submontane mixed forest in Central Europe: 160 years of spontaneous dynamics. *Forest Ecology and Management*, 262(5), 873-885 pp.

ŠMELKO, Š. (2000): Dendrometria. TU Zvolen, 2000, 399 s. ISBN 80-228-0962-4.

ŠRŮTKA P. et al. (2009): Kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum* /Fr./ Bref. Sensu lato). In: Vacek, Simon et al. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce. Kostelec nad Černými lesy, 2009, 336–343 s.

ŠTEFANČÍK, I., VACEK, S., PODRÁZKÝ, V., KLOUČEK, T. (2014): Dopad výchovy na kvantitativnu produkciu bukovej (*Fagus sylvatica* l.) žrdkoviny v oblasti Vihorlatských vrchov (Slovensko). *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (3):198-204 s.

ŠTÍCHA, V., KUPKA, I., ZAHRADNÍK, D., VACEK, S. (2010): Influence of micro-relief and weed competition on natural regeneration of mountain forests in the Šumava Mountains. *J. For. Sci.* 56, 218–224.

TROTSIUK, V., HOBI, M. L., COMMARMOT, B. (2012): Age structure and disturbance dynamics of the relic virgin beech forest Uholka (Ukrainian Carpathians). *Forest Ecol Manag* 265, 181-190 pp.

ÚHÚL: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2017, Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 2018, 118 s.

ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P. K. (1980): Chemical changes due to acid precipitation in a loess derived soil in central Europe. *Soil Sci.*, 130: 193–199 pp.

ÚŘADNÍČEK, L. & MADĚRA, P. (2001): Woody species of the Czech Republic. (Dřeviny České republiky). Písek, Matice lesnická, spol. s r.o., 333 pp (in Czech).

VACEK, S. (1999): Přírodě blízký les, kritéria jeho hodnocení a cesty k jeho přiblížení s ohledem na problematiku habrových doubrav. In: Vybrané problémy ochrany přírody a krajiny s ohledem na Český kras. Svatý Jan pod Skalou, 26. 10. 1999, Svatý Jan pod Skalou, SCHKO Český kras, ČAZV, s. 7–13.

- VACEK, S. & BALCAR, V. (1992): Příspěvek k ekologii lesních dřevin v Krkonoších. In: Studium horských lesních ekosystémů a jejich poškození v České republice. Ed. K. Matějka. České Budějovice, Ústav krajinné ekologie ČSAV 1992, 91–96 s.
- VACEK, Z., BULUŠEK, D., VACEK, S., HEJCMANOVÁ, P., REMEŠ, J., BÍLEK, L. et al., 2017b: Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134: 75–96 pp.
- VACEK, S. & HEJCMAN, M. (2012): Natural layering foliation, fertility and plant species composition of a *Fagus sylvatica* and above the alpine timberline in the Giant (Krkonoše) Mts., Czech Republic. *European Journal of Forest Research*, 799–810 s.
- VACEK, S., MALÍK, V., KÁŠÍKOVÁ, V. (2006): Biotechnické metody přiblížení kulturních forem lesa přírodě blízkému stavu ve ZCHÚ. In: Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 25. 5. 2006, Neuhöferová, P. (ed.), Brno, Praha, MZLU a ČZU, 115–125 s.
- VACEK, S. & MATĚJKA, K. (2010): Health status of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56(11): 555–569 s.
- VACEK, S. & PODRÁZSKÝ, V. (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 74 s.
- VACEK, S. & PODRÁZSKÝ, V. (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 74 s.
- VACEK, S. (1983): Morfologická proměnlivost autochtonních smrkových populací v Krkonoších. *Lesnictví*, 29 (4): 265–284 s.
- VACEK, S. et al. (2016): Dynamika a management přírodních a přírodě blízkých lesů. Praha: ČZU – FLD, 257 s.
- VACEK, S., BÍLEK, L., SCHWARZ, O., HEJCMANOVÁ, P., MIKESKA, M. (2013 a): Effect of Air Pollution on the Health Status of Spruce Stands, A Case Study in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Mountain Research and Development*, 33(1): 40–50 s.
- VACEK, S., BULUŠEK, D., VACEK, Z., BÍLEK, L., SCHWARZ, O., SIMON, J., ŠTÍCHA, V. (2015): The role shelterwood cutting and protection against game browsing

for the regeneration of silver fir = Die Rolle des Schirmschlages und des Wildverbisschutzes für die natürliche Verjüngung der Weisstanne. *Austrian Journal of Forest Science.*, 81-102 s.

VACEK, S., HOFMEISTER, Š., SIMON, J., MINX, T. (2007): Struktura a vývoj porostů s jedlí bělokorou a možnosti jejich obhospodařování v Krkonoších a v Orlických horách. In: Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce. Kostelec nad Černými lesy 17. a 18. 10. 2007, Prknová, H. (ed.), Praha, FLD ČZU, 137–149 s.

VACEK, S., HŮNOVÁ, I., VACEK, Z., HEJCMANOVÁ, P., PODRÁZSKÝ, V., KRÁL, J., PUTALOVÁ, T., MOSER, W. K. (2015 c): Effects of air pollution and climatic factors on Norway spruce forests in the Orlické hory Mts. (Czech Republic), 1979–2014. *European Journal of Forest Research*, 134 (6): 1127–1142 s.

VACEK, S., KREJČÍ, F., MATĚJKA, et al. (2008): Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava. *Lesnická Práce*, Kostelec nad Černými Lesy, 512 s.

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.: 447 s.

VACEK, S., VACEK, Z., BÍLEK, L., HEJCMANOVÁ, P., ŠTÍCHA, V., REMEŠ, J. (2015): The dynamics and structure of dead wood in natural spruce-beech forest stand-a 40 year case study in the Krkonose National Park. *Dendrobiology*, 73: 21-32 pp.

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 pp.

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, 33-45 pp.

VACEK, Z., VACEK, S., SLANAŘ, J., BÍLEK, L., BULUŠEK, D., ŠTEFANČÍK, I., KRÁLÍČEK, I., VANČURA, K. (2019): Igor Štefančík 2, Ivo Králíček 3, Karel Vančura 1: Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. *Central European Forestry Journal*, 65, 129–144 pp.

- 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.: 720 s.
- VACEK, Z. (2017): Structure and dynamics of spruce-beech-fir forests in Nature Reserves of the Orlické hory Mts. in relation to ungulate game. °*Central European Forestry. Journal*, 63(1), 23-34 pp.
- VAN DER MAAREL, E. (1988): Floristic diversity and guild structure in the grasslands of Oland's Stora Alvar. *Acta phytogeogr. Suec.* 76 pp. ISBN 91-7210-076-1.
- VAN DER MAAREL, E. (1996): Vegetation dynamics and dynamic vegetation science. *Acta Bot. Neerl.* 45(4): 421–442 pp.
- VANČURA, K., RABEN, G., GORZELAK, A., MIKULOWSKI, M., CABOUN, V., OLEKSYN, J. (2000): Impacts of air pollution on the forests of Central and Eastern Europe. In: Innes, J. L., Oleksyn, J. (Eds.), *Forest Dynamics in Heavily Polluted Regions (IUFRO Research Series 1)*. CABI Publishing, Wallington, UK, 121–146 pp.
- VANSELOW, K. (1957): Die Verjüngungsformen. Entstehung – Sinn – und Wert. *Allg. Forstzeitschrift*, 12, s. 205–208.
- von OHEIMB, G., WESTPHAL, C., TEMPEL, H., HÄRDITZLE, W. (2005): Structural pattern of a near-natural beech (*Fagus sylvatica*) forest (Serrahn, northeast Germany). *For. Ecol. Manage.* 212, 253–263.
- WANG, X., HAO, Z., ZHANG, J., LIAN, J., LI, B., YE, J., YAO, X. (2009): Tree size distributions in an old-growth temperate forest. *Oikos*, 118:25–36.
- WHITE, P. S. & PICKETT, S. T. A. (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, 3-13 s.
- WIJDEVEN, S. M. J. (2004): Stand dynamics in Fontainebleau. Dynamics in beech forest structure and composition over 17 years in La Tillaie forest reserve, Fontainebleau, France. Green World Research, Alterra, 56 p.
- WOLF, A. (2005): Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. *Forest Ecology and Management*, 215: 212–223 pp.

WU, J., JENERETTE, G. D., DAVID, J. L. (2003): Linking land-use change with ecosystem processes: a hierarchical patch dynamic model. In Integrated land use and environmental models, 99-119 pp., Springer Berlin Heidelberg.

YAMAMOTO, S. I. (2000): Forest gap dynamics and tree regeneration. Journal of Forest Research, 5(4): 223–229 pp.

ZAHRADNÍK, D., VACEK, S., BÍLEK, L., NOSKOVÁ, I., VACEK, Z. (2010): Horizontal structure of forest stands on PRP in the Krkonoše Mts., and its development. Journal of Forest Science, 56 (11): 531–540 s.

ZEZULA, J. (2000): Program trvale udržitelného hospodaření v lesích, LČR 2015, s. p., Hradec Králové.

Webové zdroje:

[<http://www.euforgen.org/species/acer-pseudoplatanus/>](http://www.euforgen.org/species/acer-pseudoplatanus/)

[<http://www.euforgen.org/species/abies-alba/>](http://www.euforgen.org/species/abies-alba/)

[<http://www.euforgen.org/species/picea-abies/>](http://www.euforgen.org/species/picea-abies/)

[<http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica/>](http://www.euforgen.org/species/fagus-sylvatica/)

[<https://mapy.cz/turisticka?x=14.1063100&y=48.7911863&z=11&l=0&source=osm&iid=16024051>](https://mapy.cz/turisticka?x=14.1063100&y=48.7911863&z=11&l=0&source=osm&iid=16024051)

[<https://mapy.cz/turisticka?x=13.8689648&y=48.7691401&z=15>](https://mapy.cz/turisticka?x=13.8689648&y=48.7691401&z=15)

[<http://www.npsumava.cz/gallery/32/9712-b_02_zonace_11_2013.jpg>](http://www.npsumava.cz/gallery/32/9712-b_02_zonace_11_2013.jpg)

9. Seznam příloh

Příloha 1: Národní park Šumava – vrchol hory Plechý.	118
Příloha 2: Národní park Šumava – pohled do TVP 15 na lokalitě hory Plechý.	118
Příloha 3: Národní park Šumava – vrchol hory Plechý.	119
Příloha 4: Národní park Šumava , zleva výstup na horu Plechý a zprava je TVP 16... ..	119
Příloha 5: Národní park Šumava – pohled na Plešné jezero.	120
Příloha 6: Měření pomocí Field-Map technologie.	121
Příloha 7: Pomůcky potřebné k měření.	121

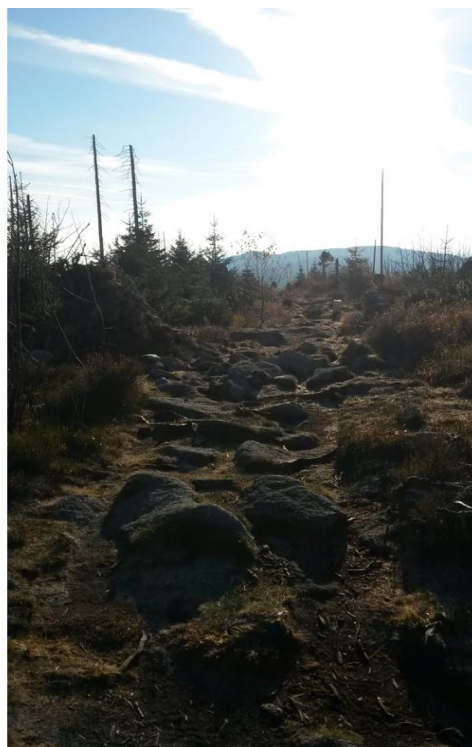
10. Přílohy



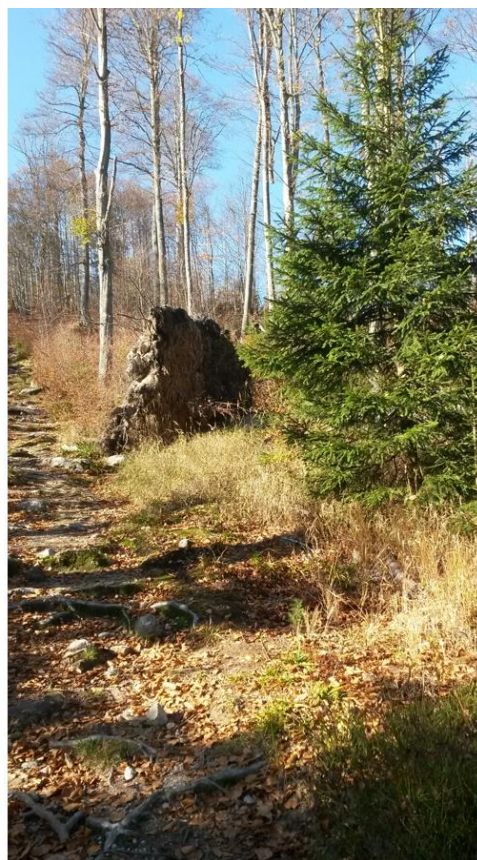
Příloha 1: Národní park Šumava – vrchol hory Plechý.



Příloha 2: Národní park Šumava – pohled do TVP 15 na lokalitě hory Plechý.



Příloha 3: Národní park Šumava – vrchol hory Plechý.



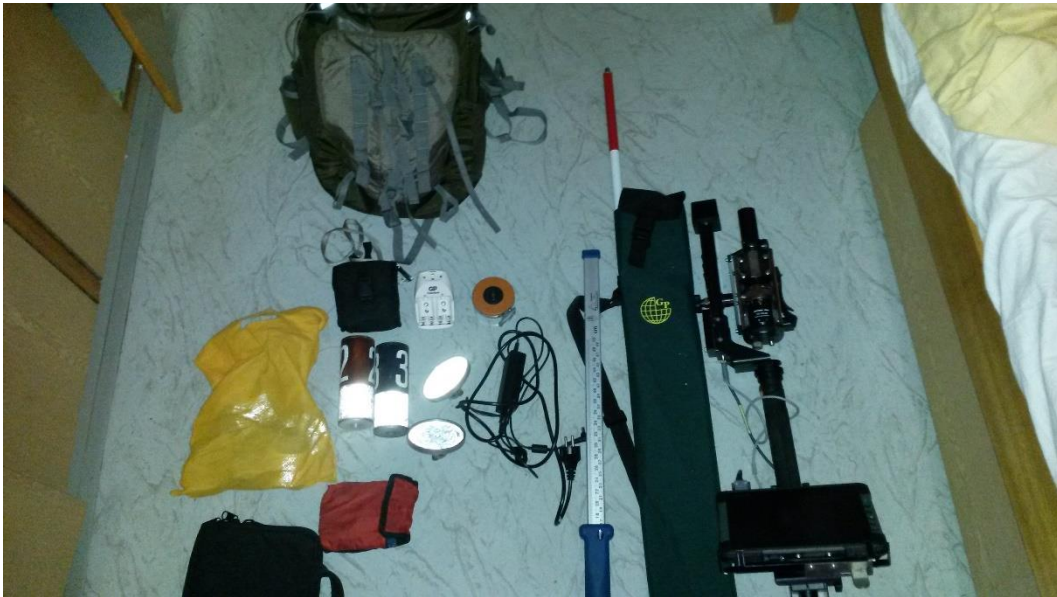
Příloha 4: Národní park Šumava , zleva výstup na horu Plechý a zprava je TVP 16.



Příloha 5: Národní park Šumava – pohled na Plešné jezero.



Příloha 6: Měření pomocí Field-Map technologie.



Příloha 7: Pomůcky potřebné k měření.