

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů



Struktura a vývoj autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v západních Krkonoších

Diplomová práce

Autor: Bc. Štěpán Votava

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

2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Struktura a vývoj autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v západních Krkonoších“ vypracoval samostatně s použitím pramenů uvedených v kapitole Literatura.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Stanislavu Vackovi, DrSc. za možnost vypracování této diplomové práce a za poskytnuté odborné rady. Nakonec bych také rád poděkoval mým kamarádům a hlavně celé své rodině za psychickou a finanční podporu při dosavadním studium.

V Praze dne 19. dubna 2017

Bc. Štěpán Votava

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou struktury a vývoje lesních porostů v autochtonních smrkových porostech v západních Krkonoších – ÚP Harrachov. Struktura a vývoj autochtonních porostů na TVP 1, TVP 2, TVP 3 a TVP 4 pod Voseckou boudou byla zjišťována jednak přímo měřeními na plochách, následně statistickým vyhodnocením a také pomocí simulátoru vývoje SIBYLA s vizualizací porostní struktury v příštích padesáti letech. Pro stanovení struktury stromového patra a vyhodnocení přirozené obnovy byla použita technologie FieldMap. V první části práce je proveden rozbor problematiky vývoje a struktury lesních porostů s akcentem na 8. LVS. V druhé části práce se jedná především o popis zájmového území z hlediska stanovištních a porostních poměrů a uvedení jednotlivých použitých metodických postupů, týkajících se zhodnocení struktury a vývoje lesních porostů.

Výsledky ukázaly, že se porosty na TVP dobře vyrovnaly s imisně-ekologickým stresem, který na ně působil v 70. a 80. letech 20. století a nyní v nich v dostatečné míře probíhají regenerační procesy. Získané výsledky budou sloužit především pro tvorbu přírodě blízkého managementu smrkových porostů ve vrcholových partiích Krkonošských hor, zejména na podmáčených a rašeliništích, ale i v obdobných stanovištních a porostních podmínkách.

Klíčová slova: struktura a vývoj porostů, rašelinné a podmáčené smrčiny, autochtonní porosty, Krkonoše

Abstract

This work deals with the structure and development of forest stands in autochthonous spruce stands in the the western Giant – Forest Administration Harrachov. Structure and development of indigenous vegetation on PRP 1, PRP 2, PRP 3 and PRP 4 was detected by measuring either directly on the land, then a statistical evaluation using the simulator and the development of visualization SIBYLA stand structure in the next 50 years. To determine the structure of the tree layer and evaluation of natural regeneration technology was used FieldMap. The first part is an analysis of the problems of structure and development of forest stands with the emphasis on 8. FVZ. The second part is mainly a description of the area in terms of habitat and the forest stand conditions, with their different methodologies evaluated in structure and development, including natural regeneration.

The results showed that the vegetation on the PRP well cope with environmental stress, air pollution, which they worked in the 70 and 80 the 20th century and now they take place in sufficient regenerative processes. The results will be used mainly for the definition of mountain forest management based on sustainable development in Krkonoše Mts., mainly in peatlands and waterlogged, as well as in similar site and stand conditions.

Key words: structure and development, peat and waterlogged spruce, autochthonous spruce forest, the Krkonoše Mts.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Štěpán Votava

Lesní inženýrství

Název práce

Struktura a vývoj autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v západních Krkonoších.

Název anglicky

Structure and development of autochthonous peat and waterlogged spruce stands in western Krkonoše Mts.

Cíle práce

Získat poznatky o struktuře a vývoji autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v ČR, se zaměřením na tyto porosty silně postižené imisemi v západních Krkonoších, jako podkladu pro plánování a tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech.

Metodika

- Rozbor problematiky struktury a vývoje porostů rašelinných a podmáčených smrčín v Evropě se zaměřením na tyto porosty v Krkonoších, a to s akcentem na zdravotní stav a vitalitu porostů v průběhu imisní kalamity a následné jejich regenerace.
- Charakteristika zájmové oblasti západních Krkonoš a zejména pak stanovištních a porostních poměrů rašelinných a podmáčených smrčín.
- Charakteristika 4 výzkumných ploch v rašelinných a podmáčených smrčínách v západních Krkonoších.
- Standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra a zajištění přirozené obnovy na 4 TVP 50×50 m.
- Aplikace standardních biometrických metod včetně letokruhových analýz a matematicko-statistických metod.
- Vyhodnocení struktury a vývoje porostů na 4 vybraných výzkumných plochách v autochtonních smrčínách v západních Krkonoších, jako podkladu pro plánování a tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech.

Doporučený rozsah práce

Mimimálně 50 stran textu.

Klíčová slova

: struktura a vývoj porostů, rašelinné a podmáčené smrčiny, autochtonní porosty, Krkonoše

Doporučené zdroje informací

- 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: 3: 175–187.
- 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.
- PUTALOVÁ T., VACEK Z., KRÁL J., VACEK S. (2015): Vliv klimatických faktorů a imisí SO₂ na radiální růst rašelinných smrčín v Centrálních Sudetech. In: *Proceedings of Central European Silviculture*. Houšková K., Černý J. Eds., Křtiny 2. 9. – 4. 9. 2015, Mendelova univerzita v Brně, 182–192.
- VACEK S., HŮNOVÁ I., VACEK Z., HEJCMANOVÁ P., PODRÁZSKÝ V., KRÁL J., PUTALOVÁ T., MOSER W. K. (2015): 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: 1127–1142.
- VACEK S., NOSKOVÁ I., BÍLEK L., VACEK Z., SCHWARZ O. (2010): Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts.. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 541-554.
- VACEK S., VACEK Z., BÍLEK L., NOSKOVÁ I., SCHWARZ O. (2010): Structure and development of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56: 11: 518-530.
- VACEK, S. VACEK, Z. SCHWARZ, O. et al. (2009): Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš.. *Folia forestalia Bohemica*. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., č. 11, 288 s.
- VACEK, S. VACEK, Z. SCHWARZ, O. et al. (2010): Struktura a vývoj lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 567 s.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Otakar Schwarz, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 23. 4. 2016

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 23. 02. 2017

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Problematika struktury a vývoje lesních porostů.....	11
3.1. Struktura lesních porostů	11
3.1.1. Věková skladba	13
3.1.2. Prostorová skladba	14
3.1.3. Dřevinná skladba	15
3.2. Vývoj lesních porostů	11
3.2.1. Velký vývojový cyklus	16
3.2.2. Malý vývojový cyklus.....	18
3.2.3. Přirozená obnova lesních porostů	20
3.3. Přírodě blízké hospodaření	21
4. Dendrochronologie (letokruhová analýza).....	21
5. Vliv imisí na zdravotní stav horských smrčín.....	23
5.1. Charakteristika a ekologické vlastnosti smrku ztepilého	27
5.2. Dynamika horských smrčín na podmáčených a rašelinných stanovištích	29
6. Charakteristika zájmového území	30
6.1. Historie Krkonoš	30
6.2. Přírodní poměry	32
6.2.1. Geologie a geomorfologie	32
6.2.2. Pedologie	33
6.2.3. Klimatické podmínky	34
6.2.4. Soubory lesních typů a vegetační stupňovitost.....	35
6.2.5. Rostlinstvo	39
6.3. Porostní poměry.....	40
6.4. Stav lesních porostů.....	41
6.4.1. Poškození abiotickými činiteli.....	41
6.4.2. Poškození biotickými činiteli	42
7. Materiál a metodika.....	45
8. Výsledky	50
8.1. Struktura a vývoj na TVP 1 – Pod Voseckou boudou	50
8.1.1. Porostní a stanovištní podmínky	50
8.1.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu	51

8.1.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu	52
8.1.4. Strukturální diferenciaci porostu.....	54
8.1.5. Letokruhová analýza	58
8.2. Struktura a vývoj na TVP 2 – Pod Voseckou boudou	60
8.2.1. Porostní a stanovištní podmínky	60
8.2.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu	61
8.2.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu	62
8.2.4. Strukturální diferenciaci porostu.....	64
8.2.5. Letokruhová analýza	69
8.3. Struktura a vývoj na TVP 3 – Pod Voseckou boudou	70
8.3.1. Porostní a stanovištní podmínky	70
8.3.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu	71
8.3.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu	73
8.3.4. Strukturální diferenciaci porostu.....	75
8.3.5. Letokruhová analýza	79
8.4. Struktura a vývoj na TVP 4 – Pod Voseckou boudou	81
8.4.1. Porostní a stanovištní podmínky.....	81
8.4.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu	82
8.4.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu	83
8.4.4. Strukturální diferenciaci porostu.....	85
8.4.5. Letokruhová analýza	89
9. Diskuze	91
10. Závěr	93
11. Literatura	95

1. Úvod

Tato práce se zabývá strukturou a vývojem autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v západních Krkonoších.

V Evropě horské lesy zaujímají rozlohu okolo 50 milionů hektarů (z toho 28 mil. ha v zemích EU), což odpovídá bezmála jedné třetině plochy všech lesů kontinentu (VACEK et al. 2003). Mezi pohořími Evropy mají Krkonoše zvláštní postavení. Jejich výjimečnost je podmíněna především nadmořskou výškou. Vždyť je to nejen nejvyšší české pohoří přesahující výšku 1500 m, ale s výjimkou Alp a Karpat nejvyšší pohoří v celé střední Evropě. Proto nejvíc pozoruhodností a zvláštností v celém krajinném rázu Krkonoš, zejména v jejich rostlinném a živočišném světě, je soustředěno ve vrcholových partiích, na nichž se dlouho až do začátku léta drží sněhová pokrývka. Tyto nejvyšší polohy, vystupující nad horní hranici lesa, mají totiž stejně drsné podmínky jako oblasti u polárního kruhu v severní Skandinávii (SÝKORA et al. 1983). Současný stav našich lesů, je podobně jako v sousedních státech střední Evropy, výsledkem kulturního, hospodářského a politického vývoje. Lesní hospodářství v této oblasti nevzniklo již v prostředí přírodních lesů, ale v území dlouhodobě ovlivňováno neregulovatelnou těžbou dřeva a pastvou dobytka (LOKVENC et al. 1992). První výraznější poškození smrkových porostů Krkonoš se projevilo po povětrnostních zvratech v březnu 1977. V důsledku působení imisí za spoluúčasti dalších negativních faktorů (extrémních povětrnostních vlivů a patogenních organismů) došlo v následujících letech k rozsáhlému odumírání lesa. Jednalo se převážně o stanovištně nevhodné – alochtonní smrkové porosty. Při takzvaných imisních kalamitních těžbách bylo v Krkonoších smýceno cca 7 000 ha lesních porostů (VACEK et al. 1990). Naproti tomu autochtonní smrkové porosty, vyskytující se převážně v ochranných lesích, byly vůči imisím pak podstatně tolerantnější (VACEK et al. 2003). V naší krajině trvale narůstají rozpory mezi jejím přirozeným potencionálem a hospodářskými, kulturními a technickými nároky společnosti. Nevyhýbají se ani těm územím, jejichž příroda je dosud v relativně příznivém stavu. Zásahy nabývají postupně takových rozměrů, že příroda sama již nestačí vyrovnávat jejich následky. Dochází k narušení biologické rovnováhy krajiny, k postupnému znehodnocení krajinného prostředí. Za této situace je nezbytné, aby se člověk ujal řízení veškerého dění v krajině s cílem obnovit a trvale udržet rovnováhu mezi přírodními zdroji a požadavky společnosti. Těmito důvody byla motivována i nutnost zřídit v roce 1963 národní park v Krkonoších (FANTA et al. 1969). Horské lesy však nejsou jen lesní porosty v horách, jsou to i rostlinná společenstva významně chránící půdu proti erozi i půdním sesuvům. Lesy pozitivně ovlivňují vodní režim zvláště v pramenných oblastech a snižují nebezpečí záplav v podhorských oblastech. Proto jakákoliv ochranná rozhodnutí musí být zaměřena na posílení

stability horských lesů. Lesy jsou zde rovněž obnovitelnými zdroji lesních produktů a dalších mimoprodukčních funkcí. V oblasti turistiky a rekreace lesy poskytují estetické a kulturní užítky, které podporují pestrost a trvalost rostoucích odpočinkových aktivit. Dodávají charakter krajině, často uvnitř chráněných území, formují smysl pro identitu místních obyvatel v mnoha oblastech naší dlouho obydlené Evropy a jsou zdrojem pracovních příležitostí (VACEK et al. 2003). Hlavním dnešním cílem péče o lesní ekosystémy v Krkonoších je zachovat přírodní a přírodě blízké ekosystémy a ostatní lesní porosty přiblížit stavu přirozenému a zohledňujícím současnou i předpokládanou imisní situaci. Takové ekosystémy budou schopny autoregulace a nebude ke své existenci potřebovat vnější impulsy (GEBAS et al. 2004).

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je získat poznatky o struktuře a vývoji autochtonních rašelinných a podmáčených smrčín v ČR, se zaměřením na tyto porosty silně postižené imisemi v západních Krkonoších, jako podkladu pro plánování a tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištích a porostních poměrech. Dále pak charakteristika zájmové oblasti Krkonoš a to zejména stanovištních a porostních poměrů v 8. LVS v územním pracovišti Harrachov s akcentem na autochtonní, horské podmáčené a rašelinné smrčiny, a to jak z obecného hlediska, tak se zaměřením na nově založené 4 trvalé zkusné plochy o velikosti 50×50 m (2 500 m²), na kterých byla aplikovaná standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra. Hlavním cílem této práce je vyhodnocení vývoje a struktury na vybraných trvalých zkusných plochách, a to z hlediska druhové, prostorové a věkové struktury. Součástí výzkumu je také vyhodnocení letokruhových analýz.

3. Problematika struktury a vývoje lesních porostů

3.1. Struktura lesních porostů

Pojem struktury v původním slova smyslu označuje složení, respektive sestavení určitého celku s víceméně vyvinutým vnitřním uspořádáním. Ve smyslu lesnické ekologie zahrnují lesní struktury veškeré abiotické a biotické složky lesního ekosystému (MIKESKA, VACEK 2007).

Je znakem předcházejících vnitřních změn a vnějších vlivů. Les je širším v chápání abstraktní pojem. Objektem konkrétní pěstební činnosti je určitá část lesa s určitými konkrétními vlastnostmi tj. porost nebo jeho část. Lesní porost, který tvoří keřové nebo stromové patro zabírá blíže vymezenou plochu a porost, při čemž se vyznačuje určitým vnějším a vnitřními charakteristikami. Základní typické charakteristiky souboru stromů jsou obsahově stejné se všemi porosty, ale jejich forma odrážející se v kvalitativní

charakteristice znaků podléhá širokému rozmezí variability. V detailech jsou tyto charakteristiky ve většině aspektů odlišné, v důsledku čeho je každý lesní porost jedinečným, specifickým vzorem variability základních znaků lesa. V pěstebním chápání je porost životním společenstvem lesních dřevin, které si v užším vymezení v rámci lesa vytvořilo v podstatě společné, ale jednotlivém případě osobitě vnější a vnitřní vztahy. Tyto vztahy se vlastním způsobem automaticky regulují bez fyziologické a ekologické přípravy, což se nevyhnutelně ukazuje na vlastnostech vnitřních složek, ale i na vlastnostech prostředí, které porost zabral. Prostřednictvím zásahů do živých složek a prostředí k těmto autoregulačním procesům přistupuje vnější vliv člověka, což podstatně rozšiřuje rozsah základních znaků struktury (KORPEL et al. 1991).

Při analýze rostlinných populací v porostech je nutno očekávat, že jedinci i ve stejnověkové populaci nebudou navzájem rovnocenní. Lišit se mohou ve tvorbě biomasy a rychlosti růstu, takže např. někteří jedinci jsou vyšší a mají více listů a větví než jiní; liší se však také různou fází ontogenetického vývoje tj. někteří jedinci jsou např. ještě ve vegetativní fázi, jiní již generativní fázi, někteří odumírají atd.

Ještě složitější situace je v populacích, které jsou tvořeny nestejně starými jedinci, například rozsahu dvou i více let, popřípadě několika desítek až set let, jak tomu je u populací lesních dřevin.

Nerovnocennost jedinců v populaci tvoří strukturu (skladbu) populace. Strukturu populací můžeme zjišťovat:

- jednorázově v určitém časovém bodě, kdy stanovíme tzv. statickou strukturu. Používá se především u populací dlouhověkých rostlin (dřevin), kde prakticky není možno sledovat změny populace v průběhu celého životního cyklu;
- v průběhu celého životního cyklu populace, kdy stanovíme tzv. dynamickou strukturu (SLAVÍKOVÁ 1986).

Struktura (skladba) porostu je tedy statické zachycení kvantitativních a kvalitativních znaků jako výsledek vývoje a růstu porostu. Struktura porostu je dána jeho původem, věkovým členěním, druhovým složením a prostorovým uspořádáním (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2010).

Celková skladba porostu je určena původem (autochtonním, alochtonním, vegetativním, generativním), věkovým členěním, druhovým složením a prostorovým uspořádáním. Podle toho rozlišujeme zejména:

1. skladbu porostu věkovou,
2. skladbu porostu prostorovou,
3. skladbu porostu dřevinnou (druhovou) - (VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007).

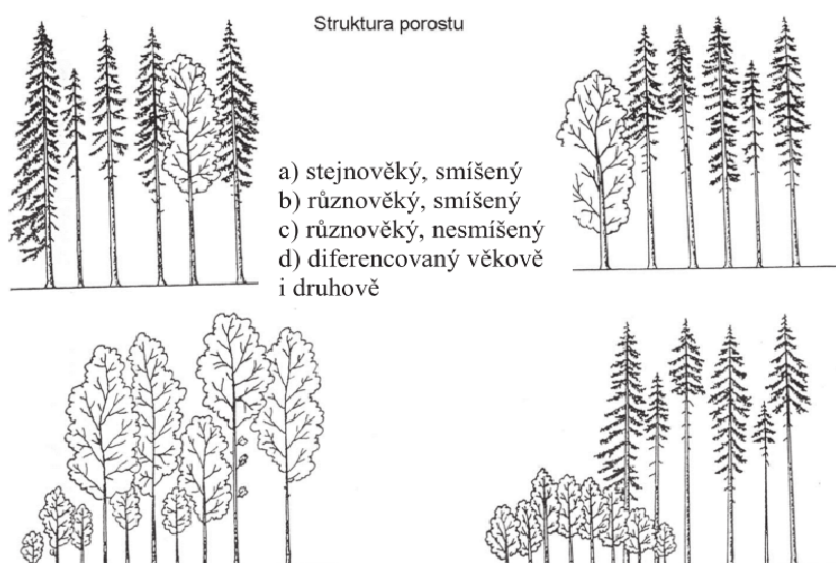
3.1.1. Věková skladba porostu

Věková skladba porostu je charakterizována věkovým členěním, respektive rozdíly věku stromů jednoho nebo více druhů dřevin, které tvoří porost. Vyjadřuje se ve věkových stupních nebo třídách (věková rozpětí 10 nebo 20 let). Podle věkového členění dělíme porosty na různověké a stejnověké (Obr. 1). Věková struktura je i důležitou populační charakteristikou, která ovlivňuje jak mortalitu, tak i životnost, popř. délku vývojového cyklu či života porostu (POLENO, VACEK et al. 2007). U lesních porostů je věková skladba důležitým kritériem charakterizujícím intenzitu hospodaření v minulosti a perspektivu možnosti péče o lesní ekosystémy v budoucnosti. (VACEK et al. 2007).

Růstové fáze lesa jsou rozdílné dlouhotrvající úseky života uměle založeného porostu, které jsou charakteristické podobnými hlavními znaky vnějšího vzhledu, a to zejména růstovým stupněm a vnitřními biologickými vlastnostmi vývojového charakteru. V porostech vzniklých z přirozené, umělé nebo kombinované obnovy se tak rozlišuje sedm základních růstových fází:

1. nálet a kultura založená,
2. nárost a kultura odrostlá,
3. mlazina,
4. tyčkovina,
5. tyčovina,
6. nastávající kmenovina,
7. vyspělá kmenovina.

Vymezeny jsou tak, aby určitý pěstební úkon v převládajícím rozsahu patřil jedné růstové fázi. Růstové fáze tvoří určitý rámec pro realizaci a plánování pěstebních opatření (VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007).

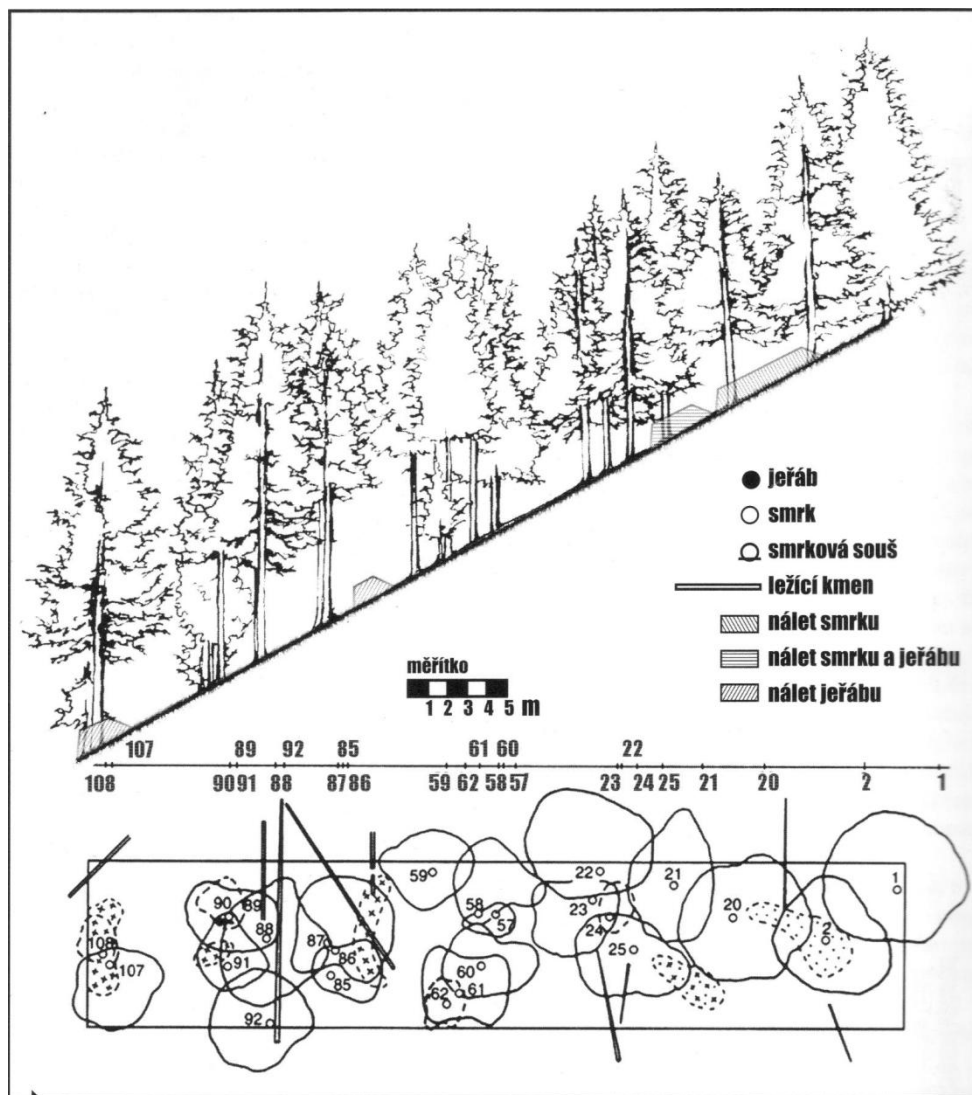


Obr. 1: Struktura porostu – příklad věkové a druhové diferenciaci (KORPEL et al. 1991).

3.1.2. Prostorová skladba porostu

Tato skladba porostu je posuzována ve směru vertikálním (svislém) a horizontálním (vodorovném) – (Obr. 2). Z hlediska vertikálního rozmístění (vertikální struktury) tvorba jednoho nebo více porostních vrstev, kdežto z hlediska horizontálního rozmístění (horizontální struktury) se sleduje hustota porostu, zápoj a zakmenění. Na horizontální rozmístění stromů má největší vliv způsob a postup vzniku porostu a způsob redukce počtu stromů přirozeným vylučováním a cílevědomým zásahem lesního hospodáře (VACEK et al. 2006).

Lesní struktury ve smyslu hospodářské úpravy lesa se vztahují na živé, vertikálně nebo horizontálně uspořádané složky lesního celku. Je třeba je chápat prostorově s tím, že jejich existence je podmíněna řadou faktorů. Podléhají neustálým změnám v čase. V druhově bohatých a nestejnověkých porostech obhospodařovaných maloplošně nebo výběrně s akcentem na kvalitu jednotlivých stromů se nacházejí dobře vyvinuté a převážně stupňovité lesní struktury (VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007).



Obr. 2: Porostní profil autochtonního smrkového porostu v cílovém hospodářském souboru 02 v Krkonoších (upraveno podle VACEK 1990).

3.1.3. Dřevinná skladba porostu

Dřevinná skladba porostu je výčet druhů a jejich zastoupení v porostu. Rozlišujeme tak porosty listnaté (skládající se z dřevin listnatých) a porosty jehličnaté (skládající se z dřevin jehličnatých). Jak listnaté, tak jehličnaté porosty jsou smíšené – různorodé nebo nesmíšené – stejnorodé. Zastoupení dřevin v druhové skladbě se stanoví jako plošný podíl jednotlivých dřevin v porostu. Vyjadřuje se jednak v jednotkách absolutních (kruhová základna v m², biomasa v m³), jednak v jednotkách relativních (%). Základní (hlavní) dřeviny mají zastoupení větší než 30%, přimíšené 10-30 % a vtroušené do 10 % (VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007). V dřevinné skladbě je nezbytné zajistit (nejčastěji kombinovanou obnovu) zastoupení dřevin blízké přirozenému, resp. původnímu složení, zcela vyloučit introdukci geograficky nepůvodních a stanovištně nevhodných dřevin (MÍCHAL, PETŘÍČEK et al. 1999). Strukturně bohaté lesy se v porovnání se strukturně chudými lesy zpravidla vyznačují výrazně vyšší odolností proti působením abiotických a biotických poruch. V důsledku lesotechnických postupů, jako je přirozené zmlazení výběrné využívání lesa na základě dosažené tloušťky kmene, které se stále častěji uplatňují na základě ekologických a ekonomických aspektů (VACEK, PODRÁZSKÝ et al. 2006). Nezbytnou součástí kvality a přirozenosti struktury lesa je i genetická struktura porostu, tedy zastoupení autochtonních nebo alespoň stanovištně odpovídajících jedinců, případně jedinců s klimaxovou či sukcesní strategií. Druh, funkčnost, trvalost a odpovídající vývoj lesních struktur závisí především na příslušných pěstebních cílech (VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007).

3.2. Vývoj lesních porostů

Sukcese (vývoj) je ekologický termín pro spontánní vývoj ekosystému, charakteristický pro přirozenou postupnou obnovu či změnu rostlinných společenstev. Pochází z anglického „succession“, které znamená řetězec, řadu, následnost či posloupnost. Při hodnocení změn se vždy pokoušíme rozlišovat změny vyvolané v ekosystému především změnami vnějšího prostředí (např. změnou podnebí = allogenní sukcese) od změn, jejichž hnacím motorem jsou vnitřní procesy v biocenóze (např. výměna zúčastněných populací = autogenní sukcese) – (MÍCHAL, PETŘÍČEK et al. 1999).

Sukcese (vývoj) se rozděluje na primární a sekundární. U primární sukcese se jedná o nové osídlování Země, např. na ostrovech nově se vynořivších z moří, půdách vytvořených sopečným popelem, na říčních nánosech apod. (FANTA et al. 1969).

Při sekundární sukcesi hnací síly ke změně stádií často vycházejí se samotného ekosystému – stávající vegetace ovlivňuje svým vývojem abiotické faktory prostředí. Může také dojít ke gradaci hmyzích škůdců, popř. houbových chorob, čímž je natrvalo ze společenstva vytržena dosud dominující dřevina. Takovýto vývoj můžeme sledovat

při kůrovcové kalamitě ve smrkových porostech, kdy se dostavuje masový nálet přimíšených dřevin. (POLENO, VACEK et al. 2007a).

Pro systémové hodnocení změn dřevinného porostu přírodního lesa propagují (MÍCHAL, PETŘÍČEK et al. 1999) uznání existence dvou vývojových generačních cyklů:

- (A) „velkého“ charakterizovaného sekundární sukcesí, který se uskutečňuje na ploše řádově vyjadřovaného hektary a v časových periodách staletí.
- (B) „malého“, probíhajícího v rámci klimaxu, ten pak probíhá na ploškách vyjádřených desítky arů a v časových periodách staletí.

3.2.1. Velký vývojový cyklus

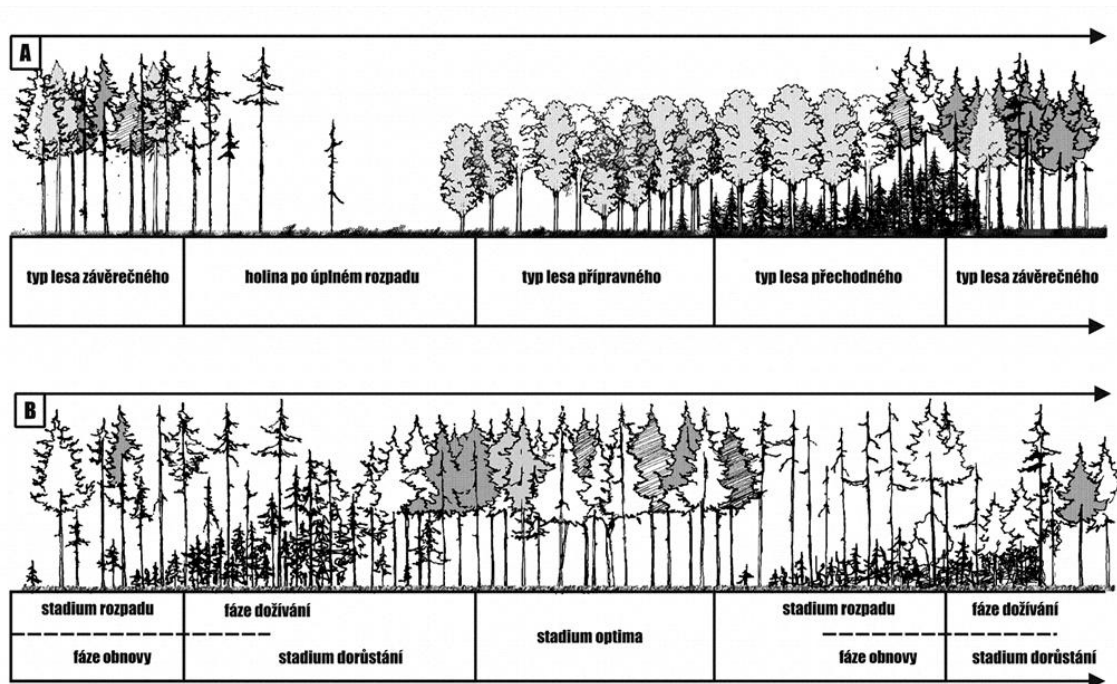
Z důvodu velmi dlouhé životnosti většiny lesních ekosystémů nebylo dosud možné sledovat přímým měřením průběh sukcesních stadií od iniciálního stadia až po stadium konečné. Bude to snad možné v budoucnosti na základě dlouhodobých pracovních programů. Všechny naše dosavadní znalosti jsou odvozeny z více nebo méně krátkodobých šetření, která jsou poskládána do časových řad (stejně jako při konstrukci růstových tabulek). Poznání přírodního stavu lesa poskytuje lesníkům znalost výchozího bodu škály možných odvozených stavů lesa pod vlivem lidské činnosti na daném typu stanoviště. Tento výchozí bod je pro území s chráněnými ekosystémy (např. I. zóny národních parků, chráněných krajinných oblastí a národních přírodních rezervací) také stavem cílovým. Pro systémové hodnocení změn dřevinného porostu přírodního lesa má zásadní význam existence dvou vývojových cyklů (velkého a malého) - (POLENO, VACEK et al. 2011).

Velký vývojový cyklus lesa (Obr. 3) začíná na lesní půdě zbavené souvislého lesního porostu dřevin po jeho katastrofickém rozpadu. Ten je v přírodních podmínkách způsoben např. velkými smrštěmi, požáry, přemnožením některých herbivorů (druhů hmyzu). Některé typy lesních ekosystémů mají značné predispozice k výskytu těchto událostí, některé jsou na ně dokonce přizpůsobeny a jejich obnova je na ně odkázána. Kromě bylinné a travní vegetace na tyto změny reagují některé dřeviny, využívají dočasnou absenci druhů konkurenčně silnějších a využívají volný prostor, niku. Nastupuje ekologická sukcese vedoucí k obnově lesního prostředí a to až k závěrečnému, klimaxovému společenstvu (KLIMO 1994).

Tvoří ho tři následující stadia:

- Stadium přípravného lesa - je spojeno s invazí dřevin označovaných jako pionýrské či přípravné. Jsou relativně odolné vůči extrémům fyzikálního prostředí a jsou méně náročné i na půdní podmínky - v našich poměrech to jsou především různé druhy jako jíva, bříza, osika, na vlhčích stanovištích i olše, podobně i modřín a borovice,
- Stadium přechodného lesa - přes extenzitu využívání prostoru ovlivňují tyto dřeviny prostředí natolik, že získává opět charakter prostředí lesního a vznikají podmínky pro obnovu náročnějších dřevin, zpravidla polostinných a stinných (javor, smrk, buk, jedle aj.),
- Stadium závěrečného (klimaxového) lesa - postupně dorůstají a předrůstají přípravné dřeviny a postupně je zcela potlačí a probíhá obnova pouze dřevin klimaxových. Klimaxový les je v daných podmínkách zpravidla nejproduktivnější a vyznačuje se maximální akumulací biomasy. Bývá zpravidla i nejstabilnějším typem ekosystému, jaký se v daných podmínkách může vytvořit (KLIMO 1994).

Pravděpodobnost dosažení klimaxu závisí na intervalech narušování a délce sukcese. Jsou-li intervaly narušování biocenózy průměrně výrazně kratší, než je očekávaná délka sukcese, je pravděpodobnost nastolení klimaxu minimální. Proto v oblastech s extrémními přírodními podmínkami nebo s dlouhodobým a velkoplošným antropogenním působením, lze s vznikem klimaxů sotva počítat. I přesto mají společenstva v těchto oblastech dlouhodobě více méně stabilní charakter závislý na trvalém vnějším narušování a jsou označována jako paraklimax. Na ekotypech s hlubokými a vyspělými půdami je konečné stadium sukcese v rovnováze s klimatem. Takové stadium pak označujeme jako klimatický klimax (LAŠTŮVKA, KREJČOVÁ 2000).



Obr. 3: Převažující formy 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, SIMON, REMEŠ et al. 2007).

3.2.2. Malý vývojový cyklus

Malý vývojový cyklus lesa probíhá v rámci klimaxu na ploškách vyjádřených desítkami arů a v časových periodách staletí. Na průměrných klimaxových stanovištích přecházejí přípravné porosty přirozeným vývojem do lesa závěrečného s úplnou dominancí stinných dřevin, zastoupených převážně jedinci, kteří vyrůstali v mládí v zástínu. Proto se stromy v závěrečném lese většinou v dřevné části svých kmenů vyznačují hustými letokruhy, vyjadřující často extrémně dlouhou dobu, kterou přežily v zástínu mateřského porostu. Takový klimaxový porost může jako les závěrečný teoreticky přežívat bez časového omezení. V žádném případě to však neznamená jeho neměnnost, jelikož i v rámci klimaxu dochází k cyklickému střídání tří základních vývojových stadií a v jejich rámci opět různých vývojových fází. Zpravidla maloplošná změna vývojových fází a stadií na určité ploše vytváří již zmiňovaný malý vývojový cyklus zřetelně odlišující svými strukturálními vlastnostmi (POLENO, VACEK et al. 2011).

Z výše uvedeného vyplývá, že ani klimaxový les není útvarem neměnným. Na základě studia dynamiky přírodních lesů, nenarušovanými většími katastrofami, doložilo, že obnova probíhá v rámci tří specifických základních vývojových stadií (KORPEL 1989).

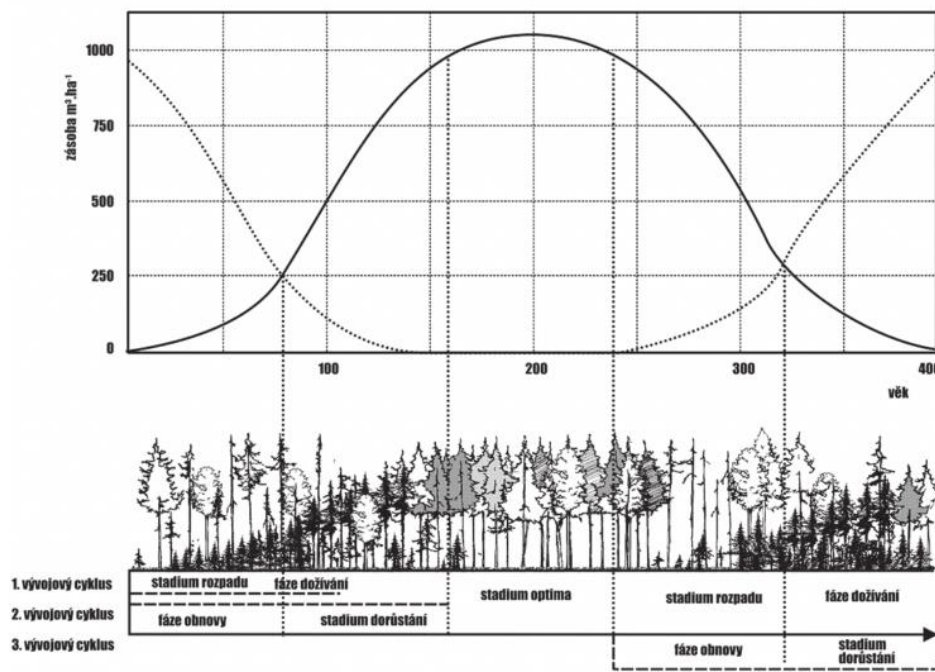
1. Stadium optima (Obr. 4) – Jednotlivé dřeviny a jejich jedinci se vyznačují výrazně delší dobou života, než je doba jejich intenzivního růstu.

Dochází tak k vytvoření výškově vyrovnaného porostu, s větší tloušťkovou diferencovaností a zejména s velkými věkovými rozdíly. Toto stádium je charakterizováno poměrně malým počtem stromů velkých dimenzí na plošné jednotce lesa, výrazně převládají stromy nejvyšších tloušťkových tříd.

2. Ztrácí se vrstevnatá výstavba a často se vytváří horizontální zápoj podobný stejnověkému hospodářskému lesu s horizontálním zápojem. Typická je malá intenzita světla dopadajícího na povrch půdy. Na konci tohoto stádia se porost dostává do fáze stárnutí, kdy začínají odumírat jednotlivé stromy, a nastupuje přirozená obnova.

3. Stadium rozpadu (Obr. 4) – Zásoba a počet kmenů starší generace rychle klesá, zvyšuje se počet a růst generace nové. Z jejího hlediska je porost ve fázi obnovy. Rozmístění skupin a jedinců původního a nastupujícího porostu je po ploše rozmístěno nepravidelně. Zásoba odumírajících stromů není v plné míře nahrazována přírůstem stromů mladých a někdy výrazněji, někdy méně patrně klesá. Na povrchu půdy se hromadí mrtvé dřevo.

4. Stadium dorůstání (Obr. 4) – Dominance původního porostu klesá, podíl porostu nového se zvyšuje. Dostává se tak do stádia dorůstání, do strmého vzestupu, kdy zásoba spodní a střední vrstvy rychle roste. Zápoj je stupňovitý až vertikální (event. výběrná fáze, výběrná struktura). V tomto stádiu je největší tloušťková, výšková i plošná diferenciacie. Z hlediska staršího porostu, pokud jsou jeho jedinci ještě přítomni, jde o fázi dožívání (JENÍK 1998).



Obr. 4: Časový sled, návaznost a prolínání vývojových cyklů (vývojových stádií a fází) na příkladu přírodního lesa (smrku, jedle a buku) v 5. – 6. LVS (upraveno podle KORPEL 1989; VACEK, SIMON, REMEŠ 2007).

Vývojové cykly jednotlivých generací se překrývají, mezi dvěma stádii stejné kvality na témž stanovišti je tedy menší časový interval, než je délka vývojového cyklu. Z hlediska vývoje lesa je důležité i rozmístění jednotlivých stádií a fází po ploše (textura přírodního lesa). Odpovídá vývojovému stavu jednotlivých částí a typu a intenzitě vývojových procesů. Je výsledkem předcházející dynamiky a dokládá historii vývoje lesa včetně antropických vlivů. Naznačuje i vztah ke stabilitě, čím je maloplošnější, tím je vývoj pozvolnější a stabilnější, zároveň s ní souvisí i větší druhová pestrost a větší terénní členitost. Velkoplošná textura naopak indikuje změny náhlejší a méně stabilní les. V našich poměrech se jednotlivé strukturální typy střídají na rozlohách asi 300 až 700 m², ve smrčinách 0,5 ha a více. Obecně platí, že plošný podíl jednotlivého stádia (fáze) odpovídá i časovému podílu na trvání celého vývojového cyklu (KORPEL, SANIGA 1995).

3.2.3. Přírozená obnova lesních porostů

Přírozená obnova lesa je způsob vytvoření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu. V přírozeném lese probíhá samovolně, v lese hospodářském je spojena s cílevědomou činností lesního hospodáře (VACEK et al. 2006). Přírozená obnova tvoří důležitou součást pěstební činnosti směřující k vytváření trvale udržitelného a zdravého lesa, schopného plnit kromě produkce dřeva i ostatní ekologické a environmentální funkce lesa. Přírozená obnova umožňuje reprodukovat kvalitní porosty, složené z geneticky a stanovištně vhodných ekotypů a lokálních populací dřevin (VACEK, LOKVENC, SOUČEK et al. 1995). Každý druh dřeviny má odlišné životní nároky a každý také plní různé funkce. Přírozená obnova je jedním ze základních stavebních kamenů péče o porosty v rámci bezzásahového režimu národních parků. Využití přírozeného zmlazení stromů představuje nejjednodušší, ekonomicky nejvýhodnější a především přírodě nejbližší cestu rovnoměrné obnovy lesních porostů (KAJZAROVÁ 2012).

Obnovní postupy v horských lesích ČR vycházejí ze stěžejních principů trvale udržitelného obhospodařování lesů. Při jejich aplikaci jde zejména o změnu věkové a prostorové a druhové skladby, maximálně možné využívání přírozené obnovy i ostatních principů autoregulace. Cílem výchovy na podmáčených stanovištích horských smrčin, kde víceméně probíhá nepřetržitá obnovní doba, je vzhledem k plnění významných funkcí protierozních, půdoochranných, klimaticko-ochranných a protilavinových vhodné tyto porosty ponechat přírozenému vývoji (VACEK et al. 2003).

3.3. Přírodě blízké hospodaření

Poznání přírodního stavu lesa poskytuje lesníkům znalost spontánních vývojových tendencí všech ekosystémů, které se uplatňují ve všech porostních typech, kterými je výchozí přírodní stav obvykle díky lidské činnosti nahrazen. Proto jsou poznatky o struktuře a vývoji přírodních lesů pro současné středoevropské lesní hospodářství jedním z nejdůležitějších vodítek. Zejména na těchto poznatcích bude záviset volba přírodě blízkých způsobů hospodaření, které mají mimo jiné zaručovat maximální biologickou a ekologickou rozmanitost lesních ekosystému (VACEK, MALÍK, KAŠÍKOVÁ et al. 2006).

Přírodní les je z hlediska teorie poznání závažnou pojmovou skupinou, jelikož cílevědomého a plánovitého usměrňování a využívání lesa jsou spolehlivé poznatky o přirozené dynamice struktury, o vlastnostech dřevin, o zákonitostech růstu a vývoje lesních společenstev v různých stanovištních podmínkách. Pěstování lesa a biologie, které jsou základním účinným nástrojem produkce dřeva a environmentálních a ekologických funkcí lesa, pokud nechtějí ztratit vědecký charakter, musí vycházet z poznání zákonitosti růstu, regenerace a vývoje přírodního lesa (KORPEL 1989; VACEK et al. 2006).

Dlouhodobým cílem managementu v lesích národních parků a národních přírodních rezervací je jejich ponechání samovolnému vývoji na významné části jejich výměry. Řešení problematiky ekologických kritérií pro rozhodování o jejich ponechání spontánním procesům vychází z poznání zákonitostí přírodních či původních lesů, zejména pak z posouzení jejich základních znaků a vlastností. Jedná se především o relativní stálost druhového složení společenstev, relativní vyrovnanost dřevní složky, relativní různověkost a relativní maloplošnost jednotlivých vývojových stádií a fází. Výslednicí zákonitosti vývoje původních lesů je princip autoregulace. Les je totiž v našich klimatických podmínkách v podstatě jedinou vegetační formací, která je schopná trvale se udržet svými životními procesy a vnitřními silami za předpokladu, že se výrazně nezmění porostní a stanovištní podmínky (VACEK, MOUCHA et al. 2012). Společným vrcholným cílem ochrany přírody i lesního hospodářství je zachování lesního biomu, bez jehož naplnění nelze ani antropocentrické funkce lesů (produkční funkce a mimoprodukční funkce), ale ani biocentrické požadavky ochrany lesních společenstev, lesních biotopů a druhů organismů (VACEK et al. 2006).

4. Dendrochronologie (letokruhová analýza)

V nejširším významu je dendrochronologie věda, která se zabývá datováním letokruhů a studiem informace obsažené ve struktuře datovaných letokruhů s aplikacemi do mnoha vědních oborů (KAENNEL, SCHWEINGRUBER 1995). Do současné doby se

vyvinulo mnoho samostatných podoborů dendrochronologie, z nichž nejpropracovanější jsou dendroklimatologie a dendroarcheologie.

Obecný postup při letokruhové analýze je možné popsat v následujících krocích:

- formulace problému a stanovení strategie odběru vzorků (vývrty nebo kotouče)
- datování vzniku letokruhů (synchronizace) metodou křížového datování (vzájemné porovnávání více letokruhových sérií)
- odběr vzorků, jejich popis, uložení, příprava na měření (zbroušení povrchu vývrty či kotouče, příp. další zvýraznění hranic letokruhů)
- proměření šířek letokruhů
- další statistické a matematické zpracování podle povahy řešeného problému
- odstranění věkového trendu (standardizace) a výpočet letokruhových indexů, výsledkem je tzv. letokruhová chronologie
- zpracování výsledků letokruhové analýzy a jejich interpretace (DRÁPELA, ZACH 1995).

Stavba letokruhů a jejich šířka jsou závislé na druhu dřeviny, pěstebních opatřeních, věku jedince, stanovištních podmínkách sociálním postavení stromu v porostu a poloze na kmeni. S přibývajícím věkem se absolutní hodnoty letokruhů snižují, mění se také poměr jarního a letního dřeva. Šířka letokruhů se mění také v závislosti na zeměpisné šířce a nadmořské výšce, které se navzájem kombinují. Rozhodující je vždy vliv nějakého extrémního klimatického faktoru. V oblasti mírného pásma se hodnoty letokruhů se vzrůstající nadmořskou výškou snižují v důsledku snižující se průměrné teploty vzduchu. Naopak v oblastech aridních je limitujícím faktorem růstu množství srážek. S rostoucí nadmořskou výškou se hodnoty šířek letokruhů zvětšují (ŠMELKO 1982).

Šířka letokruhu a % letního dřeva slouží jako ukazatel mechanických a fyzikálních vlastností dřeva. Již dříve byly popsány spojitosti mezi šířkou letokruhu a procentickým vyjádřením podílu letního dřeva. S tím úzce souvisí hodnoty mechanických a fyzikálních vlastností (ŠLEZINGEROVÁ, GANDELOVÁ 2002).

Letokruhové série mohou vykazovat kolísavé šířky letokruhů nebo jsou naopak letokruhy rok od roku stejné. Množství klimatologické informace v nich uložené se tak podstatně liší (Obr. 5). V nejvyšších částech stromu jsou přírůsty ve věku 50 let oproti přírůstům ve výčetní výšce až několikanásobně vyšší. Ve vyšším věku již často horní partie nedosahují takových hodnot jako tloušťkový přírůst ve výčetní výšce (ŠMELKO 1975).



Obr. 5: Rozdílná citlivost tvorby letokruhů, senzitivní řada odpovídá růstu na extrémnějším stanovištích (SCHWEINGRUBER 1983).

Výhoda letokruhových analýz spočívá především v přesné rekonstrukci meziroční variability přírůstu a v možnosti získání dlouhých řad pozorování. Kromě samotného studia trendů v utváření přírůstu jsou letokruhové analýzy používány ve studiích hledajících vztahy mezi růstem a parametry prostředí (zásoba živin v půdě, koncentrace CO₂, klima znečištění ovzduší apod.) - (SPIECKER 1999).

3. Vliv imisí na zdravotní stav horských smrčín

Jehličnaté lesy doznaly snad nejvíce změn ze všech krkonošských biotopů, od počátku kolonizace hor člověkem až po smutnou éru odumírání horských smrčín v důsledku znečištění ovzduší. Již první zásahy z období velkoplošného mýcení lesů ve středověku a pozdější obnova porostů, která probíhala ne vždy vhodným způsobem, přispěly k rychlému postupu imisního odumírání horských smrčín (FLOUSEK et al. 2010). Nápadně se zhoršujícího stavu lesů v horských polohách jsme byli svědky již od počátku sedmdesátých let (v Krušných horách již od poloviny 60. let). Dynamický rozpad lesa, snižování jeho produkčních a selhávání environmentálních a ekologických funkcí a mizení genofondu dřevin zde mělo hrozné celospolečenské a ekologické dopady (PEŘINA et al. 1984). Západní část pohoří byla imisemi zatížena pravděpodobně od roku 1972 v souvislosti s provozem elektráren poblíž jihozápadních polských a německých východních hranic. Tyto elektrárny ještě koncem osmdesátých let emitovaly ca 900 tis. t SO₂ ročně (BALCAR, VACEK, HENŽLÍK 1994).

Od západu k východu vlivu imisí ubývalo. Vyplývá to z obsahu síry ve vzorcích kleče, které byly tehdy sebrány ve stejném počtu a za podobných orografických situací ve východních a západních Krkonoších. Průměrný obsah ze západní části byl o polovinu vyšší než ve východní a hodnoty měly širší variační rozpětí. Předběžný obraz dokreslovaly analýzy smrkového jehličí, podle kterých se v této době relativně nejčistším prostorem Krkonoš jevilo jihovýchodní závětrí Sněžky (TESAŘ 1981).

Od poloviny 70. let 20. století se ale výrazně zvýšil rozsah škod na lesních porostech, v důsledku výrazného rozvoje průmyslu, a začalo velkoplošné umírání lesů, především v Severní Americe a ve střední Evropě. Tato novodobá poškození lesa se projevovala v daleko větším měřítku než při starším poškození lesů těžbou. Vyznačovala se kontinentálním rozsahem, rychlým šířením, postižením všech hlavních

druhů dřevin, zejména ve vyšších polohách, a dlouhodobým přetrváváním. Projevy symptomů akutního poškození lesních porostů imisemi a odumírání těchto porostů gradovalo v 80. letech a počátkem 90. let 20. Století (VACEK, ULBRICOVÁ, PODRÁZSKÝ et al. 2015).

Postiženy byly především horské oblasti. Tyto oblasti jsou vysoce významné z hlediska vodohospodářského a lesní porosty zde plní v první řadě funkce ekologické. Z nich má největší význam funkce půdoochranná a dále pak funkce hydrologická, které zabezpečuje správný režim vodních toků včetně protipovodňové ochrany podhůří. (FANTA et al. 1969).

Je však nutné zdůraznit, že vážné poškození a odumírání jehličnatých lesů v Krkonoších postihlo další složky těchto ekosystémů – chemické vlastnosti půdy a její vodní režim, život půdních organismů, projevilo se v ochuzení mykoflóry horských lesů, která má nezastupitelnou roli ve výživě bylin i dřevin, vedlo ke snížení prostorové a druhové diverzity živočišných a rostlinných druhů (FLOUSEK 1994). Schopnost biocenózy snášet zátěž závisí na jejím druhovém složení, na rozmnožovací schopnosti dominujících populací směrodatných pro ekosystémový provoz, na věkové rozrůzněnosti populací a hlavně na náchylnosti biocenózy k narušení a její schopnosti zotavit se po škodlivé míře zátěže (LARCHER 1988).

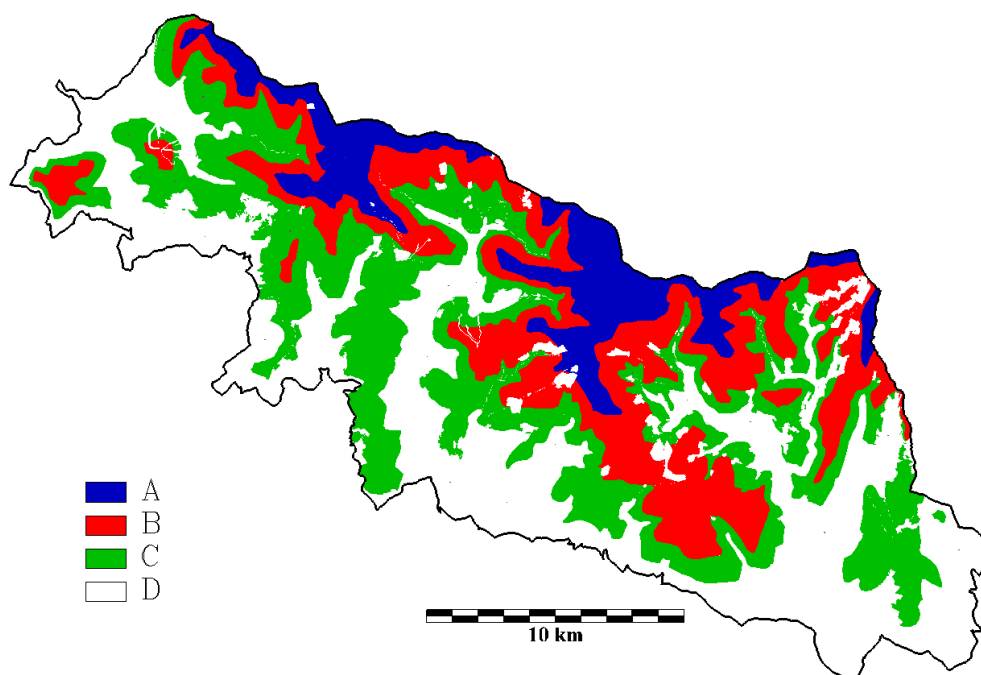
Podle dynamiky zhoršování (či zlepšení) zdravotního stavu se lesy – v souladu s citovanou již vyhláškou Mze č. 78/1996 Sb. – zařazují do těchto pásem ohrožení imisemi:

- do pásma ohrožení A se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 5 let,
- do pásma ohrožení B se zařadí lesní pozemky s porosty s výrazným imisním zatížením v příznivějších podmínkách, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 6 – 10 let,
- do pásma ohrožení C se zařadí lesní pozemky s porosty s imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 11 – 15 let,
- do pásma ohrožení D se zařadí lesní pozemky s porosty s nižším imisním zatížením, kde poškození dospělého smrkového porostu se zvýší průměrně o 1 stupeň během 16 až 20 let. Do tohoto pásma se zahrnují i takové lesní pozemky s porosty, kde je vliv imisí patrný, ale dynamiku zhoršování zdravotního stavu lesních porostů zatím nelze přesně definovat.

V oblastech, kde se v okruhu 2 km smrkové porosty nevyskytují, se tyto lesy zařazují do pásem ohrožení podle rychlosti rozpadu dospělých borových nebo listnatých porostů.

Pásma ohrožení imisemi byla ve všech ohrožených částech ČR postupně rozlišena v pojetí, že jsou to územní celky, kde vliv imisí v interakci s ostatními faktory, zejména meteorologickými, vyvolává víceméně homogenní podmínky pro rychlost jeho dalšího vývoje a vznik poškození (JIRGLE, KUČERA 1972).

Intenzita působení imisí v Krkonoších se v období let 1979 – 1989 různila zejména podle vegetačních stupňů, uspořádání, konfigurace terénu, věku a původu porostu i jeho dřevinné skladby. Tehdy se předpokládalo, že v extrémních imisně ekologických poměrech pásma ohrožení A, popř. i části B (zejména v oblasti vrcholového fenoménu) bude smrkové hospodářství v nejbližších desetiletích omezeno. Zde v průběhu imisně ekologické kalamity musely být zajištěny alespoň mimoprodukční funkce lesa porosty přípravných i cílových dřevin. Ne zcela převažující zbývající ploše (především v pásmu ohrožení D a C), potencionálně vyhrazené smrkovému hospodářství, jeho provozování záleželo především na dosažení ekosystémové stability (cf. PEŘINA et al. 1984; TESAŘ 1989).



Obr. 6: Pásma ohrožených lesních porostů v Krkonoších z r. 1991 (údaje ÚHÚL Brandýs n. L.; VACEK et al. 2003).

V antropogenně pozmeněných podmínkách, zejména v lesích pod vlivem průmyslových imisí, je při výchově využíván také efekt vzájemného krytí, který se zakládá na poznatku, že jednotlivé vzájemně si konkurující stromy v porostu si současně poskytují ekologický kryt a ochranu proti přímému působení škodlivých látek (VACEK et al. 2007). Zvýšené imisní zatížení v mladém věku, kdy jsou lesní dřeviny velmi vitální, většinou nepůsobí růstové deprese ani výrazné škody. Vzhledem k rychlému růstu mlazin cílových dřevin i porostů náhradních dřevin se průnik imisí snižuje až do zapojení korun. V pozdějším věku, kdy již vitalita stromů klesá, je opět

potřebné více využívat efekt vzájemného krytí (SLODIČÁK, NOVÁK 2000). V jednotlivých pásmech ohrožení imisemi A, B a C (Obr. 6) smrkových porostů by se mělo postupovat následovně:

Pásmo ohrožení A

- Pro smrkové porosty v pásmu ohrožení imisemi A je typický proces rozpadu (zhoršení zdravotního stavu o 2 stupně za 10 let). Mladší porosty ve věku do cca 30 let jsou v těchto podmínkách vitálnější než porosty středního věku a starší. Kvůli tomu se aktivní výchova v pásmu A zaměřuje pouze na nejmladší porosty, ve kterých by po zásahu v závislosti na stanovišti zůstalo na 1 ha až 2 700 (v 7. – 8. LVS) a více předrůstavých a úrovnových stromů s olistěním 70 %. V podmínkách 7. – 8. LVS je vzhledem k pomalejšímu růstu stromů a méně příznivým klimatickým poměrům žádoucí, aby byl počet relativně méně poškozených stromů po zásahu větší (na kyselých a exponovaných stanovištích alespoň 2 700 a na podmáčených, oglejených a živných cca 2 000). Další zásahy (podúrovňové s negativním výběrem) zaměřené na odstranění silně poškozených jedinců (SLODIČÁK, NOVÁK 2000).

Pásmo ohrožení B

- Pro smrkové porosty v pásmu ohrožení imisemi B se začíná obdobně jako v pásmu C na kyselých a exponovaných stanovištích středních poloh (CHS 51, 53) po dosažení h_0 5 m (při výchozí hustotě kolem 4 000 ks na 1 ha; věk cca 15 let). Prvním, velmi silným výchovným zásahem se v první řadě z porostu negativním výběrem odstraní nejméně tolerantní jedinci s defoliací 30%. Zásah se dokončí negativním výběrem v podúrovni, tak aby v porostu zůstalo 1 800 stromů na hektar. Po výchovných zásazích v porostech v pásmu ohrožení imisemi B je žádoucí, aby v porostech zůstávalo více stromů jako rezerva pro další výběr (SLODIČÁK, NOVÁK 2000).

Pásmo ohrožení C

- Na přirozených smrkových stanovištích (7. – 8. LVS) je vzhledem k méně příznivým růstovým poměrům vhodnější vycházet při umělé obnově vycházet z hustoty cca 5 000 stromů na 1 hektar. S výchovou smrkových porostů na kyselých a exponovaných stanovištích CHS 71, 73 je vhodné začít rovněž po dosažení h_0 5 m (na těchto stanovištích je to při výchozí hustotě kolem 5 000 sazenic na 1 ha ve věku 20 let). Na těchto stanovištích je rovněž méně významná funkce dřevoprodukční, proto jsou v programech navrhovány pouze dva zásahy na kyselých a exponovaných stanovištích a tři zásahy na stanovištích podmáčených, oglejených a živných. V případě zlepšování zdravotního stavu je

možné na exponovaných a kyselých stanovištích pokračovat ve výchově pozitivním výběrem v úrovni (SLODIČÁK, NOVÁK 2000).

Na území zasažených imisně ekologickým stresem je lesní hospodářství postaveno před zodpovědné a náročné úkoly s cílem prodloužit životnost poškozených a chřadnoucích nebo ohrožených lesních porostů. Smyslem realizace hospodářských opatření v posledních třech desetiletích bylo a i v současnosti je získat čas pro systematickou obnovu odumírajících porostů s přeměnou druhové skladby na dřeviny odolnější vůči působení imisně ekologického stresu (LOKVENC 1992).

Důsledně je přitom nutno dodržovat původ dřevin a prostorové uspořádání dřevin vzhledem efektu ekologického krytí a vhodnosti mikrostanoviště. Uvedené přirozeně může být využito pouze v těch částech lesa, kde z hlediska zonace a ostatních aspektů lze hospodářskou činnost připustit. Jde o záležitosti zásadní, zejména v II. a III. zóně ochrany KRNAP (VACEK 2000). Upřednostňovány zde však při obnově vždy měli být zdomácnělé a autochtonní druhy dřevin (LOKVENC, VACEK 1992).

Proto na problematiku poškození lesních porostů je nutno pohlížet z hlediska jejich budoucí vitality a stability, udržení vodohospodářské, ekologické, rekreační i produkční funkce. Z toho úhlu pohledu je třeba uvažovat o následujících faktorech, které ovlivňují ekologickou stabilitu porostů:

- globální klima, případně globální klimatické změny, extrémní ve vývoji počasí,
- zátěž z minulosti, imisní situace na dané lokalitě,
- typ poškození lesních porostů a úroveň jejich defoliace,
- dlouhodobější vývoj porostů, jejich zdravotní stav, druhová, věková struktura odpovídající stanovišti,
- stav půd, cykly živin v půdě a obsah zátěžových prvků,
- přiměřený stav výživy lesních porostů,
- zlepšení některých charakteristik daného stanoviště (VACEK, ULBRICOVÁ, PODRÁZSKÝ et al. 2015).

5.1. Charakteristika a ekologické nároky smrku ztepilého

Rod *Picea* má kolem 40 druhů rozšířených s výjimkou tropických oblastí po celé severní polokouli. Jedná se vesměs o statné stromy s šupinatou borkou, kuželovitou korunou a větvemi vyrůstající v pravidelných přeslenech. Jehlice jsou zpravidla čtyřhranné, u některých druhů i zploštělé, a přisedají na letorosty prostřednictvím zvláštních listových polštářků, které mají u jednotlivých druhů odlišnou velikost a tvar. Jehlice zůstávají na větvích několik let (ŠTURSA, NIČOVÁ 2000).

Smrk ztepilý (*Picea abies*) je strom s průběžným přímým kmenem (až 50 m, stáří 200-300, ojediněle 400-800 let), kůrou červenohnědou, v horských polohách až šedavou (SVOBODA 1953). Větve má přeslenité a v dolní části kmene níčí, uprostřed však většinou poměrně rovně odstávající nebo mírně vystoupavé. Starší, přízemní větve se na koncích prudce vztyčují. Jehlice má dlouhé 1-2 cm, značně tuhé, tmavozelené, na průřezu kosočtverečně čtyřhranné, přeslenovité nebo velmi nezřetelně dvoustraně rozčísnuté (KREMER 2003). Samčí květy jsou kulovité (20-25 mm), dlouze stopkaté, nápadně červené složené z velkého množství tyčinek; vyrůstající z úžlabí jehlic loňských větévek, a to obvykle pravidelně po celé koruně. Samičí šišticky jsou zelené nebo červené, vzpřímené, po opylení a dalším růstu se překlánějí a dorůstají na podzim v dřevnatou visící šišku (10-15/3-4 cm) s krátkými krycími šupinami, a později v celku opadávají (SVOBODA 1953).

Původní rozšíření smrku bylo od pahorkatin do hor, kde měl své těžiště rozšíření (klimaxové horské smrčiny); v minulých staletích se však jako rychle rostoucí dřevina intenzivně vysazoval, často v podobě smrkových monokultur, které se záhy staly obvyklou dominantou středoevropské krajiny (ŠTURSA, NIČOVÁ 2000). U přirozeného výskytu smrku se ukázalo, že nadmořská výška není rozhodující, ale velký vliv má především chladné kontinentální klima s dostatečným zásobováním půdy vodou, což nemusí být jen vysoké srážkové úhrny, ale i kořenům dosažitelná hladina proudící podzemní vody (nikoliv stagnující). Na kyprých hlubokých půdách bez vysoké hladiny podzemní vody se kořenový systém smrku podobá kulovitému kořenovému systému borovice. Typický povrchový kořenový systém smrku se vytváří na fyzikálně i fyziologicky mělkých půdách, kde je také smrk silně ohrožen větrem (VICENA, PAŘEZ, KONÔPKA 1979). V oblasti horní hranice lesa má smrk ztepilý sníženou schopnost generativního rozmnožování. Semenné roky jsou v těchto podmínkách velmi řídké a klíčivost semen je v důsledku extrémních ekologických poměrů relativně nízká. Výsledek obnovy zde výrazně ovlivňuje mráz a sníh (POLENO, VACEK et. al. 2009).

V Krkonoších představují horské smrčiny svérázný typ prostředí, kde panují zcela specifické geologické, hydrologické a klimatické podmínky, výrazně ovlivňují složení živé přírody na úrovni jednotlivých druhů rostlin a živočichů i celých ekosystémů (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007). Proto je přírodní les z hlediska teorie poznání závažnou pojmovou skupinou, jelikož základem cílevědomého a plánovitého usměrňování a využívání lesa jsou spolehlivé poznatky o vlastnostech dřevin, o přirozené dynamice struktury, o zákonitosti vývoje a růstu lesních společenstev v různých stanovištních podmínkách. Pěstování lesa společně s biologií, které jsou základním účinným nástrojem produkce dřeva a environmentálních funkcí lesa, pokud nechtějí ztratit vědecký charakter, musí vycházet z poznání zákonitosti růstu, vývoje a regenerace přírodního lesa dané oblasti (KORPEL 1989; VACEK et al. 2006).

5.2. Dynamika horských smrčín na podmáčených a rašelinných stanovištích

Les a jeho život (dynamiku) můžeme zkoumat na výrazně odlišných úrovních časových a prostorových. Na každé úrovni zkoumání ho můžeme vnímat i jako komplikovanou mozaiku struktur uprostřed ještě větší mozaiky. Tato pestrá mozaikovitost je zvláště nápadná v horských lesích, obzvláště v přirozených smrčínách v 8. LVS (MORAVEC et al. 1994).

Dynamika přirozených lesů je velmi složitý proces, který je možné chápat z více, navzájem se prolínajících hledisek. V rámci horských lesních podmínek rozeznáváme následné typy dynamiky: cyklická sukcese, regenerační sukcese a sukcese v užším slova smysle (primární a sekundární). S touto koncepcí se v našich podmínkách často prolínají používané termíny malý a velký vývojový cyklus přírodních lesů (KORPEL 1989, MÍCHAL 1999). Přes řadu společných znaků se liší přírodní lesy na různých stanovištích ve své dynamice (KORPEL et al. 1991, VACEK 2000, VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007, VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009, 2010).

Lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích (rašeliništích, sutích) představují jedinečné ekosystémy, na nichž je pravidelná hospodářská činnost téměř vyloučena. Při odstranění pokryvu by byla narušena rovnováha vodního režimu. Na extrémních stanovištích je jedním z průvodních znaků lesního porostu jeho otevřený porostní zápoj, který je podmíněn výskytem rozvolněné až mezernaté stupňovité struktury. Rozmanitost vertikální struktury je také značná, je závislá na druhové četnosti dřevin (KORPEL et al. 1991). Díky dlouhověkosti jedinců smrků se vytváří na dlouhé období struktura, která může být citlivá na narušení abiotickými i biotickými faktory, významně ovlivňující vývojový cyklus porostu. Ostatní dřeviny se ve vyšších nadmořských výškách 8. LVS uplatňují jen okrajově, větší může být podíl pionýrských dřevin v rámci sukcesního vývoje (cf. VACEK 1991 in VACEK et al. 2006). Na hlubokých rašeliništích je jedinou možnou formou vysoký les s fyzickým porostním věkem (KORPEL et al. 1991).

U smrku se zpravidla rozlišují labilní a stabilní stanoviště. Na labilních dochází nejen k většímu ohrožení větrem, ale vzhledem k tomu, že se jedná převážně o těžké opojené a pseudoglejové půdy, dochází k hromadění humusu v povrchových půdních vrstvách a na půdním povrchu při současném jeho nedostatku v hlubších půdních vrstvách. Půdní biologická aktivita je proto ve smrkovém porostu snížena a dochází k zvýšenému uléhání půdy a tvorbě kongrecí manganu a železa, tím lze vysvětlit barevné skvrny v hlubších vrstvách půdy a vybělení povrchového pseudoglejového horizontu (POLENO et al. 2011).

Ve vyšších horských polohách mají smrkové přírodní lesy (v 7. a 8. LVS) méně diferencovanou strukturu v jednotlivých cyklech i mezi nimi. Smrkový porost se stoupající nadmořskou výškou je strukturně, objemově i početně homogennější a

vzdaluje se po větší část života charakteru výběrného lesa. Jen v krátkém časovém úseku stadia rozpadu a dorůstání se vytváří charakter podrostního lesa. Ve smrkových přírodních lesích se na vymezení vývojových fází a cyklů výrazně podílejí abiotičtí činitelé, jelikož i při bezkalamitním vývoji většina dožívající generace se vyvrací větrem a jen menší část odumírá ve stoje (POLENO, VACEK et al. 2007). Velmi důležitou úlohu v regeneraci přirozených smrkových lesů má odumřelé dřevo, ale i mikrorelief terénu podmíněný vlivem disturbancí (ULANOVÁ 2000).

6. Charakteristika zájmového území

6.1. Historie Krkonoš

Krkonošský národní park byl vyhlášen 17. 5. 1963 na území 363 km²; s ochranným pásmem má rozlohu 548 km² a je nejstarším národním parkem v České republice (PATZELT 2011).

Mimořádná přírodovědná hodnota Krkonoš souvisí s výjimečnou polohou tohoto pohoří uprostřed Evropy, s jeho charakteristickou nadmořskou výškou a geomorfologií. Krkonoše totiž v pozdně glaciálním období fungovaly jako spojující most mezi severskou tundrou, opakovaně zatlačovanou kontinentálním ledovcem směrem k jihu do německé a polské nížiny a alpínskými či subalpínskými ekosystémy šířenými vlivem chladného klimatu z hřebenů Alp, severním směrem do nížin, pahorkatin a středoevropského pohoří (JENÍK 1996).

Díky analýze pylových zrn, které se dochovaly v rašeliništích z období, až několik tisíc let před naším letopočtem se zjistilo, že v boreálním období (7000-6000 př. n. l.) byly v krkonošských lesích zastoupeny borovice, dub, lípa, líska, osika a bříza. Smrk a kleč se na hřebenech Krkonoš objevily 5500-4000 př. n. l. (starší atlantik). Později (teplejší atlantik 4000-2500 př. n. l.) kleč ustoupila buku do nejextrémnějších poloh, kde spolu se zakrslým smrkem nastupují místo dřevin stromovitého vzrůstu. Jako poslední k těmto dřevinám přibyla jedle (2500-800 př. n. l.) Do 13. století byly Krkonoše pokryty pralesy, tvořenými hlavně smrkem (*Picea abies*), jedlí (*Abies alba*) a bukem (*Fagus sylvatica*). V polohách nad 1200 m n. m. přecházely smrkové lesy v klečové porosty (*Pinus mugo*). Dá se říci, že až do 14. století našeho letopočtu k podstatnějším změnám ve složení lesních porostů nedošlo. Teprve člověk svým příchodem do hor začal do pralesů zasahovat. Na jejich místě vznikaly rozsáhlé enklávy sídlišť, luk a pastvin. V 16. století až 18. století využíval člověk les již mnohem intenzivněji především díky rozvoji sklářství, hutnictví a zemědělství (pastevectví ve vrcholových polohách Krkonoš). Konkrétní využití spočívalo v těžbě dřeva, které v dolech sloužilo hlavně

jako palivo a také pro využití důlních šachet zejména v kutnohorských dolech (KAJZAROVÁ 2012).

Postupně se začal projevovat nedostatek dřeva. Kritická situace nastala především v mýtních porostech, které byly přetěženy a kriticky proředěny toulavým způsobem těžby, výběrem jednotlivých kmenů podle dostupnosti a potřeby. Les se sice obnovoval přirozenou cestou, tu však na mnoha místech ohrožovala pastva dobytka. Neuspokojivý stav lesů nebyl problém pouze krkonošským, nýbrž celostátním; vyřešit jej měl v roce 1754 vydaný „Císařský a královský patent lesů a dříví, ustanovení v Království českém se tykající“ a později v roce 1852 Lesní zákon č. 250. Tyto patenty se staly základem systematického hospodaření v našich lesích, jejich státního dohledu a správy, poněvadž až do této doby byly ponechány v péči a na libovůli vlastníků (LOKVENC 1978).

O nové zaměření lesů a zahájení hospodářské úpravy včetně zpracování nových lesnických map se zasloužil lesnický odborník Štěpán Jahnel z Janovic u Rýmařova. Do Krkonoš ho povolal hrabě Jan Nepomuk Arnošt Harrach a jmenoval ho vedoucím lesním úředníkem. Jahnel se pustil do rozsáhlých změn. V roce 1794 nařídil sbírat semena lesních dřevin pro umělou obnovu lesa a k tomu nechal dovézt z Janovicka, oblasti přirozeného areálu modřínu opadavého sudetského, modřínové semeno. Považoval modřín za perspektivní dřevinu pro Krkonoše. Jeho nevýznamnějším činem bylo v letech 1809-1820 vypracování hospodářské úpravy lesů na období třiceti let (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007).

V roce 1868 nastoupil lesmistr Ludvík Schmidt, který pokračoval v díle jeho předchůdců. Snažil se o zavádění smíšených porostů výsadbou jedle, buku, jilmu a jasanu a dosáhl velmi dobrých úspěchů při zalesňování. Za jeho vedení se zalesňovalo i v nejvyšších partiích v oblasti horní hranice lesa; podmáčené plochy i rašeliniště byly předem odvodňovány. V letech 1874-1879 se založilo celkem 137 000 m příkopů. Na suchých lokalitách jednotlivých polesí se naopak používalo zavodňovacích příkopů. Koncepce hospodaření, vytyčená Schmidtem, se udržela prakticky až do druhé světové války (FANTA et al. 1969).

První aktivity výzkumných ústavů v Krkonoších sahají do poloviny 80. let 19. století. Na polesí Rezek rakouský lesnický výzkumný ústav z Maribrunu u Vídně tehdy začal s ověřováním produkčních schopností smíšených porostů buku, jedle, smrku, a klenu. Jeho práce zde končí počátkem 20. století. Dále v letech 1923 – 1947 pokračovaly v těchto studiích lesnické výzkumné ústavy z Prahy. Ty se zde zabývali širší problematikou pěstování a ochrany lesů i hrazení bystřín. Od 30. let minulého století se výzkumem lesních fytoocenóz Krkonoš dlouhodobě zabýval prof. A. Zlatník (cf. ZLATNÍK 1958)

Po mnoha desítkách let, kdy byly původní stabilní, lesní ekosystémy již proměněny na přehoustlé stejnověké smrkové porosty, často nevhodného původu, se lesy staly velmi lehce zranitelnými. Lesní půda byla nadměru okyselována v důsledku zvýšeného

množství jehličnatého opadu a později také díky zhoršení imisní situace, z půdy byly vyplavovány živiny apod. Krkonošské lesy se postupně přestaly být schopné odolávat škodlivým vlivům větru, sněhu, námrazy a druhotně například hmyzích škůdců. Pro krkonošskou přírodu je jednoznačně dosud nejkrutější etapou dvanáctileté období od roku 1979 do roku 1991, kterou můžeme označit jako období ekologické katastrofy způsobené znečištěním ovzduší. Západní část Krkonoš byla silně ovlivňována imisemi od roku 1972 především v souvislosti s provozem tepelných elektráren v Žitavské pánvi (Polsko a bývalá NDR). Vizuálně patrné poškozování lesa se v Krkonoších poprvé sice projevilo již v roce 1977, plošné odumírání smrkových porostů však započalo až v roce 1979 v souvislosti s přemnožení obaleče modřínového (*Zeiraphera diniana*). Následně také došlo ke kalamitnímu přemnožení lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a ploskohřbetky smrkové (*Cephalcia abietis*). Do roku 1994 pak bylo při imisních těžbách nuceně odtěženo cca 7 000 ha lesa. Závažnost situace unie ochrany přírody (IUCN) v roce 1984 zařadila KRNAP mezi nejohroženější národní parky světa (KAJZAROVÁ 2012).

Imisní kalamita vedla k řešení nových výzkumných úkolů v zalesňování. Na základě výzkumu kvality sadebního materiálu a ekologických nároků jednotlivých dřevin, zejména jejich odolnosti vůči imisně ekologickým stresům, byla stanovena použitelnost dřevin pro zalesňování imisních holin a pro podsadby rozpadajících se smrkových porostů. Byl vypracován i návrh optimální skladby sadebního materiálu pro jednotlivé hospodářské soubory. Po ústupu imisně ekologické kalamity byla pozornost směřována především k přírodě blízkým způsobům hospodaření. Při obnově lesa na imisních holinách i pod rozpadajícími se porosty byla dokončena optimalizace druhové skladby a studovány především různé technologie zakládání porostů, respektující rozdílné stanovištní podmínky daných lokalit a specifické funkce lesa (VACEK 1996).

Dnešní lesníci a ochránáři přírody se snaží poučit z předešlých chyb a přiblížit současné nezdravé monokultury původní podobě lesních ekosystémů. Od toho si slibují návrat přirozeného životního koloběhu v lese díky fungujícím přírodním systémům, které zajistí jeho zdravý život (KAJZAROVÁ 2012).

6.2. Přírodní poměry

6.2.1. Geologie a geomorfologie

Krkonoše jsou z geologického hlediska velmi starým pohořím, nicméně jejich geomorfologický vývoj a modelaci lze sledovat pouze za éru kenozoika (třetihor a čtvrtohor), tedy období podstatně mladšího. Vůbec nejstaršími reliéfovými prvky jsou zde zbytky paleogenní paroviny (zarovnané povrchy), které se paradoxně nacházejí přímo na nejvyšších vrcholech pohoří. Ty jsou proto převážně ploché a nikoliv zašpičatělé, jak je to běžné u mladých, alpínských pohoří. Za tu dobu však prošly

Krkonoše složitým vývojem a jejich současná podoba je výsledkem působení celé řady geomorfologických procesů a jejich vzájemné kombinace (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007).

Některé části Českého masívu – okrajová pohoří – měly koncem terciéru, a zvláště v pleistocénu poněkud odlišné vývojové podmínky; působily zde mnohem drsnější klimatické poměry, značná reliéfová energie umožňovala intenzivnější denudaci. Vývoj reliéfu Krkonoš vychází z dění v celém Českém masívu. Na základě těchto poznatků rozeznáváme pak v geomorfologickém vývoji krkonošské oblasti tři etapy:

- období penepfénu (do konce starších třetihor),
- období vzniku pohoří (v mladších třetihorách),
- období říční a ledovcové modelace (konec mladších třetihor a čtvrtohor (CHALUPSKÝ 1965).

Významným geomorfologickým činitelem byla právě ledovcová modelace, ke které došlo v ledových dobách ve čtvrtohorách, kdy byl reliéf modelován jak horskými ledovci (vznik jezer, morén, karů, atd.), tak mrazovými procesy (VACEK et al. 2003).

Krkonoše spolu s některými okolními horskými celky tvoří tzv. krkonošsko-jizerské krystalinikum budované proterozoickými až paleozoickými krystalickými břidlicemi (zvláště ortoruly, fylity, svory, stáří 600 – 1 000 miliónů let). Do krystalinika pronikl během karbonu žulový pluton, vytvářející větší část hlavního hřebene (CHALOUPECKÝ 1965). Horské smrčiny často navazují na balvanová a kamenné moře, zvláště žulová (v Sedmidolí, na Harrachovsku a na polské straně pohoří), ale i kvarcitová i svorová (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007).

6.2.2. Pedologie

Po půdoznalecké stránce se Krkonoše vyznačují mnoha charakteristickými rysy. Vývoj všech půd je silně ovlivněn především chladným, velmi drsným a vlhkým klimatem zejména ve vyšších polohách pohoří. V souvislosti s velkými výškovými rozdíly na krátkou vzdálenost a přitom poměrně jednoduchými petrografickými poměry se velmi zřetelně vyvinula výšková (vertikální) půdní stupňovitost od podhorských až vysokohorské půdy. Zvláštností Krkonoš je v Čechách ojedinělý výskyt arktických půd a subarktických vrchovišť převážně reliktního charakteru (SÝKORA et al. 1989).

Zastoupení pedogenetických jednotek, respektive půdních typů vychází z terénního mapování půdních poměrů a fytocenóz na území KRNAP i Karkonoszkego parku narodowego. Odběr vzorků na různých výzkumných plochách v polské i české části Krkonoš byl od roku 1979 prováděn různými pracovníky a půdní horizonty byly rovněž vylišovány různými pracovníky výzkumu a hospodářské úpravy lesů (VACEK et al. 2007).

Z výzkumu vyplynulo, že v nejnižších partiích převládají kambizemě (hnědé lesní půdy), výše přecházejí do kryptopodzolů a nejvyšší polohy pokrývají podzoly. Víceméně ostrůvkovitě se vyskytují ostatní půdní typy (Obr. 8). Vesměs se jedná o půdy silně kyselé, na živiny výrazně sorpčně nasycené a chudé (VACEK, PODRÁZSKÝ 1994, VACEK, PODRÁZSKÝ, MATĚJKA 2000).

V horských oblastech bývá pH půdy nižší (půda kyselejší), zejména díky okyselování půdy srážkami, dále také vlivem působení opadu a růstu dřevin, které jsou pro vyšší nadmořské výšky vhodné (nejčastěji smrku ztepilého) – (VACEK, SIMON 2009). Na zájmovém území se nachází půdní typ glej modální rašelinný, ten představuje půdy, jejichž vznik je podmíněn vysoko dosahující hladinou spodní vody v důsledku vysokých srážek a konfigurace terénu. V oblasti Krkonoš je popsán v první řadě výskyt glejů modálních (GLm, dále glejů kambických (GLk), které mají pod horizontem Ahg nehluboký horizont Bvg a glejů histických (GLo) s rašelinným T horizontem o mocnosti 0,25 – 0,5 metrů (VACEK et al. 2007).

6.2.3. Klimatické podmínky

Střední Evropa patří do klimatického mírného pásu, pro nějž je typické střídání ročního období (jaro, léto, podzim, zima). Charakteristická je i bohatá velkoprostorová výměna vzduchových hmot především zonálním směrem (po rovnoběžce) a v menší míře směrem meridionálním (po polednicích). Transport vzduchových hmot různých vlastností (např. různé vlhkosti, teploty vzduchu a obsahu pevných částic) spolu se současně probíhající jejich transformací podmiňuje velkou proměnlivost počasí v poměrně krátkých časových intervalech (FANTA et al. 1969).

Krkonoše jsou v porovnání s ostatními horstvy naší české republiky výjimečné velkým rozsahem nadmořských výšek od 400 (údolí Jizery) do 1602 m n. m. (Sněžka). Průměrná roční teplota se pohybuje od 6 °C v nejnižších polohách do 0 °C v polohách nejvyšších. Průměrné roční srážky se pohybují od 800 mm v nejnižších polohách a od 1 200 až 1 400 mm na horských hřebenech. Délka vegetační doby je ve výšce 500 m průměrně 143 dnů, v 700 m 120 dnů, v 1 000 m 102 dnů, v 1 500m 15 dnů. Na vrcholu Sněžky v 1 600 metrech je zanedbatelná. Výška sněhové pokrývky dosahuje 200 – 300 cm (MIKESKA 2000).

Větrné poměry území jsou v důsledku velké členitosti území složité. Převládají jihozápadní a severozápadní směry větrů. Výrazné je pak působení lokálních větrných systémů západního směru, tzv. anemo-orografických systémů (JENÍK 1961).

Říční síť Krkonoš vznikla ve třetihorách a čtvrtohorách. Jde o horní úseky toků, které mají charakter bystřin. Na některých místech v subalpínském i v montánním stupni vznikla rašeliniště, která jsou většinou hlavními prameništi vodních toků (VACEK et al. 2003).

6.2.4. Soubory lesních typů a vegetační stupňovitost

Rostlinstvo je závislé na horninovém podkladu a na podnebí. Každé horstvo má výrazné vertikální členění rostlinstva, protože se v něm odráží klesání teploty vzduchu a půdy s nadmořskou výškou. Dlouhodobá měření ukázala, že na každých 100 m nadmořské výšky klesne průměrná roční teplota vzduchu asi o půl stupně, a to se pochopitelně odráží jak na faunu tak flóru (SÝKORA et al. 1989).

Faktory neživého prostředí, které rozhodují o růstu a vývoji lesa, si mezi sebou vytvářejí stále vzájemné vztahy pro komplexní působení. Mohou mezi sebou vytvořit optimální kombinaci pro mnohé jedince biocenózy lesa a poskytnout jim tak velmi dobré životní podmínky. Mohou se však zkombinovat i tak, že pro vývoj života v ekosystému lesa (pro jedince populace, druhy, společenstva) vytvoří určité hranice – širší či užší. Projevem souhry více faktorů je regionální a lokální klima, které spolu s půdou tvoří stanoviště lesa (VACEK et al. 2011).

V souvislosti s poměrně jednoduchými petrografickými poměry, značnými výškovými rozdíly na krátkou vzdálenost, velmi chladným a vlhkým klimatem se zde zřetelně vyvinula vertikální půdní stupňovitost od podhorských až po vysokohorské půdy (VACEK et al. 2006).

Z hlediska vertikálního členění vegetace jsou v Krkonoších čtyři zřetelně vytvořené výškové (vegetační) stupně:

1. Stupeň submontánní (400 až 800 m n. m.) – Vyznačuje se zejména lesy smíšenými a listnatými s teplomilnějšími druhy, pronikajícími sem z pahorkatiny a sestupujícími sem druhy horskými, kulturními loukami, místy i poli a pastvinami. Teplomilnější flóra sem proniká několika širokými údolími orientovaný k severu.
2. Stupeň montánní (800 až 1 200 m n. m.) – Tento stupeň se vyznačuje souvislými lesy, dnes převážně smrkovými, místy i bučinami, většinou degradovanými, a florou lesní a horskou; poměrně hojně sestupuje do těchto poloh i hojná flóra ruderální.
3. Stupeň subalpínský (1 200 až 1 450 m n. m.) – U tohoto stupně se vyskytují souvislé klečové porosty a flórou subalpínskou až alpínskou; vystupuje sem flóra poloh montánních a do míst kolem sídlišť flóra ruderální.
4. Stupeň alpínský (1 450 až 1 602 m n. m.) – tento stupeň je v Krkonoších jen naznačen, a to jen na těch nejvyšších hřebenech a vrcholech. U těchto poloh je charakteristické, to že na nich neroste již ani kleč a vytvářejí se tam většinou jen kamenné hole s nezapojenými porosty (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007).

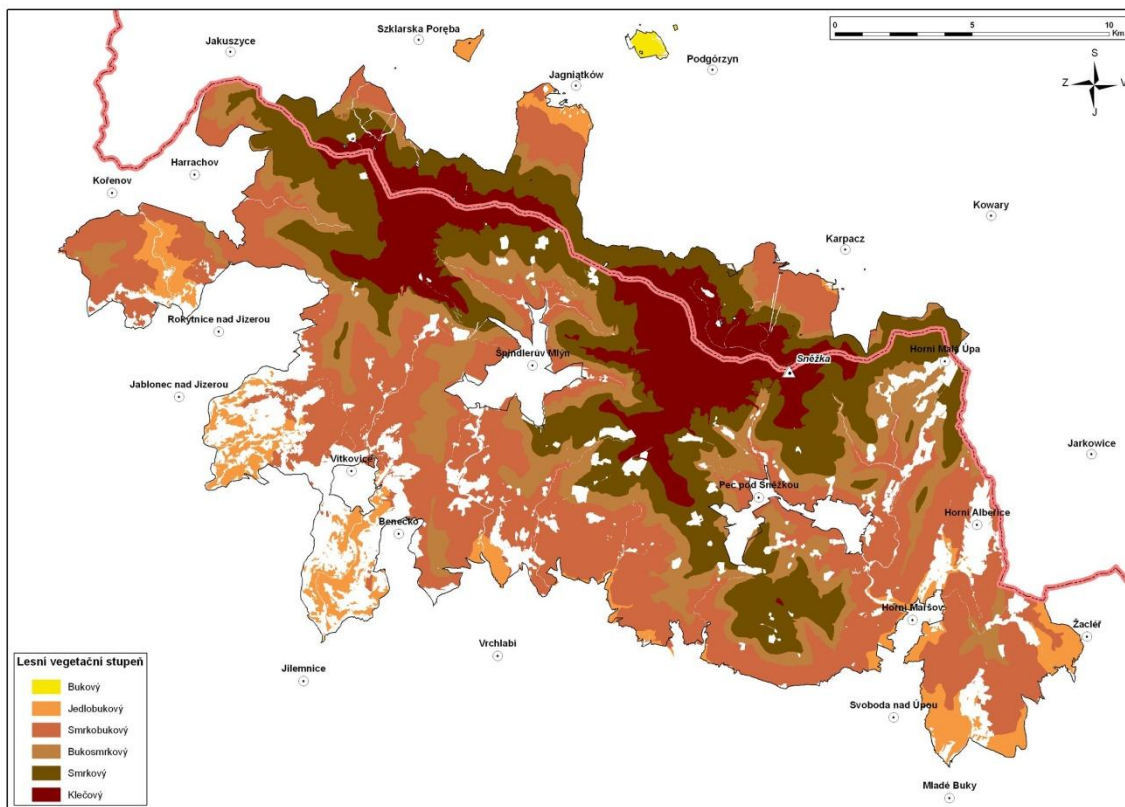
V závislosti na změnách mezoklimatu vertikální členitosti vegetace rozlišujeme tzv. lesní vegetační stupně (Obr. 7 a Tab. 1). Jednotlivým vegetačním stupňům odpovídá klimaxová vegetace. Ta je především charakterizována svou dřevinou složkou. Nejlépe

je vyvinuta klimaxová vegetace na stanovištích kyselé a živné řady (Tab. 2). Hranice lesního vegetačního stupně nelze obecně stanovit rozmezím nadmořské výšky. Rozdíly ve výškovém rozložení vegetačních stupňů jsou vyvolány oceanitou, makroklimatem či kontinentalitou klimatu, polohou a hmotností pohoří, orientací svahů, reliéfem terénu a dalšími vlivy. (ZATLOUKAL, VOKOUN 1997).

1. LVS dubový (DB) – v tomto stupni převažuje v klimaxové vegetaci dub zimní. Z dalších zástupců to jsou dub pýřitý, dále habr, na jižní Moravě dub cer a v lužních lesích jasan úzkolistý.
2. LVS bukodubový (bkDB) – v klimaxovém uspořádání převažuje dub zimní. Přimíšenou dřevinou je buk a habr. V některých oblastech není habr přirozeně zastoupen a je tam nahrazen lípou srdčitou.
3. LVS dubobukový (dbBK) – v dřevinné skladbě převažuje buk a příměsí je dub zimní, dále pak lípa a habr. Objevuje se zde i jedle, zejména na oglejených půdách.
4. LVS bukový (BK) – v klimaxové vegetaci převažuje buk. Vtroušená dřevina je tu lípa velkolistá. Na oglejené řadě buk ztrácí svou vitalitu a převládající dřevinou je jedle.
5. LVS jedlobukový (jdBK) – v původní vegetaci byly základními dřevinami buk a jedle. Už se zde nevyskytuje habr a prakticky ani dub. Pomístně se začíná vyskytovat smrk.
6. LVS smrkobukový (smBK) – klimaxové společenstvem je smíšený les, tvořený hlavně smrkem, bukem a jedlí (tzv. hercynská směs). Buk je dostatečný vitální, udržuje se v úrovni.
7. LVS bukosmrkový (bkSM) – ve směsi smrku, buku a jedle už převažuje smrk. Buk je zde méně tvárný a většinou ustupuje do podúrovně. Dále zde klesá zastoupení jedle.
8. LVS smrkový (SM) – v původní vegetaci zcela převažuje smrk. Buk a jedle chybí, nebo se vyskytuje jen pomístně a v podúrovni. Místy se vyskytuje slabá příměs javoru klenu. V horní hranici lesa se porosty přirozeně rozvolňují a výrazně se snižuje jejich výška.
9. LVS klečový (KLEČ) – zde zcela převažuje kosodřevina, vtroušen je jeřáb, dále bříza a keřovité vrby (KUPKA 2008).

Charakteristika lesních vegetačních stupňů je patrná u tab. 2 a jejich uspořádání vyplývá z obr. 7. Nejrozšířenější jsou LVS: 6. – smrkobukový (42,5 %), 8. – smrkový (20,7 %), a 7 – bukosmrkový (19,2 %). Soubory lesních typů jsou uvedeny na obr. 8. Dominantní jsou soubory lesních typů (SLT) 6K – kyselá smrková bučina (18,8 %) a 7K – kyselá buková smrčina (10,6 %). Výrazně převládají kyselá

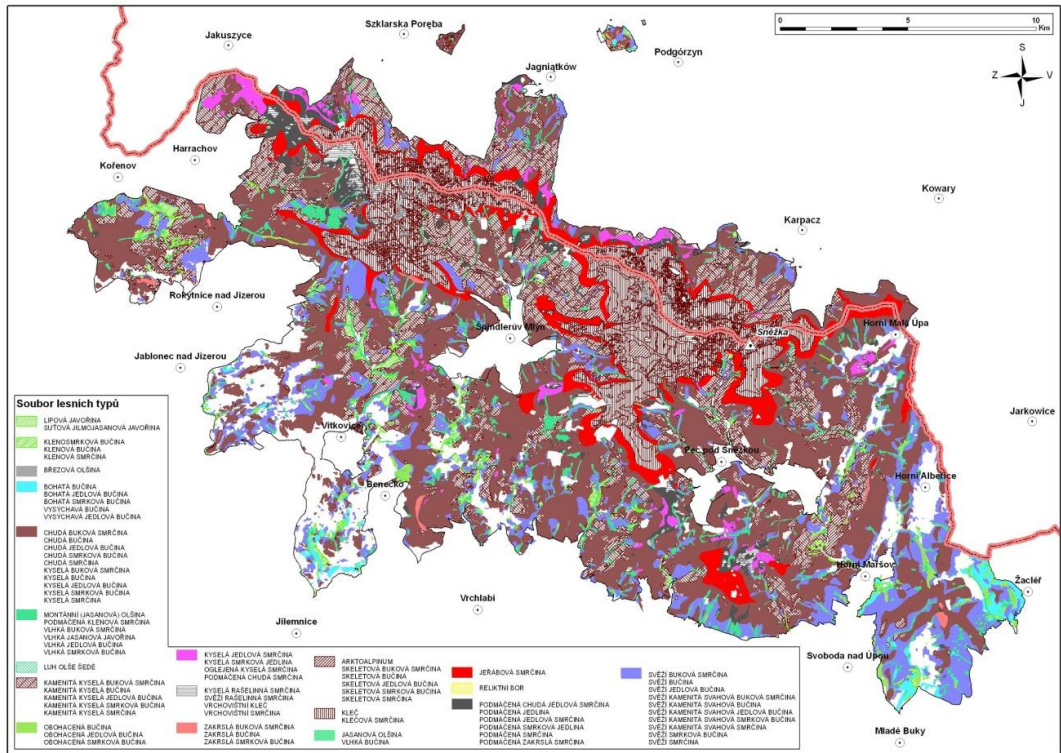
stanoviště (ekologická řada kyselá a extrémní řada) – 72 %, oproti živným (ekologická řada živná a obohacená humusem) – 17 % a ovlivněným vodou (ekologické řada obohacená vodou, oglejená a podmáčená resp. rašelinná) – 11 % (MIKESKA 2000).



Obr. 7: Lesní vegetační stupně Krkonoš (GIS Správa KRNAP Vrchlabí).

Tabulka 1: Charakteristika lesních vegetačních stupňů Krkonoš/Karkonozs (data HANIŠ et al. 1997).

Lesní vegetační stupně		Výměra	Zastoupení	Nadmořská výška	Průměrná teplota	Roční srážky	Vegetační doba
		ha	%	m	°C	mm	dny
0	bory	2,25	+	520–600	6,0–6,5	700–900	140–150
4	bukový	86,33	0,2	220–600	6,0–6,5	700–900	140–150
5	jedlobukový	2 493,56	6,7	600–700	5,5–6,0	700–900	130–140
6	smrkobukový	13 296,78	35,8	700–900	4,5–5,5	900–1 200	115–130
7	bukosmrkový	6 751,08	18,2	900–1 050	4,0–4,5	900–1 200	100–115
8	smrkový	9 198,01	24,7	1 050–1 250	2,5–4,0	1 200–1 500	60–100
9	klečový	5 345,49	14,4	1 250–1 602	< 2,5	>1 500	< 60



Obr. 8: Soubory lesních typů Krkonoš (GIS Správa KRNAP Vrchlabí).

Tabulka 2: Ekologické řady a stanovištní kategorie vyskytující se v Krkonoších (data HANIŠ et al. 1997).

Ekologická řada	symbol	Stanovištní kategorie	podíl v %
Extrémní	Z	Zakrslá	12,71
	Y	Skeletová	0,96
Kyselá	M	Chudá	0,85
	K	Normální	43,38
	N	Kamenitá	16,46
	I	Uléhavá	+
Zivná	S	středně bohatá	11,78
	F	Svahová	2,51
	B	Normální	1,39
	H	Hlinitá	0,03
Obohacená Humusem	D	Hlinitá	1,45
	A	Kamenitá	2,08
	J	Suťová	0,18
Obohacená vodou	L	Lužní	0,08
	U	Údolní	0,01
	V	Vlhká	1,88
Oglejená	P	Kyselá	0,56
	O	středně bohatá	+
Podmáčená	T	Chudá	1,41
	G	středně bohatá	1,37
	R	Rašelinná	0,91

6.2.5. Rostlinstvo

Krkonoše přes svou relativně malou rozlohu oplývají neobvykle bohatou vegetací v kontextu ostatních hercynských pohoří. Roste zde více než 1 250 taxonů cévnatých rostlin, což je téměř polovina druhů původní flóry ČR a několikanásobně vyšší počet druhů rostlin výtrusných – mechorostů, řas, lišejníků, hub, atd. (FLOUSEK et al. 1994).

Bylinné patro horských smrčín je poměrně chudé v důsledku celého souboru stanovištních podmínek (velké množství pomalu se rozkládajícího jehličí, uvolňování kyselých látek, vyplavování živin do spodních vrstev půdních horizontů). V plné intenzitě se zde uplatňuje podzolizační půdní proces, podporovaným vlhkým klimatem (1000 – 1400 mm srážek za rok) a nízkými teplotami. Výsledkem jsou výrazné horské podzolové půdy – humusové, humusoželezité až železité, místy i rašelinné podzoly. Na živiny ochuzená podzolová vrstva (horizont) je dobře patrná na obrácené straně stromových vývrátů v podobě nápadné šedobílé vrstvy (SÝKORA et al. 1989).

V Krkonoších se druhové složení cévnatých rostlin v jednotlivých typech horských smrčín velmi liší. V horských třtinových smrčínách patří k dominantním druhům třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a keříčky brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Z kaprad'orostů je to především kaprad' rozložená (*Dryopteris dilatata*), žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*). Rašelinné a podmáčené smrčiny prozrazuje přítomnost bílých, chmýřovitých plodenství suchopýru pochvatého (*Eriophorum vaginatum*) a úzkolistého (*E. angustifolium*), sedmikvítek evropský *Trientalis europaea* (Obr. 9), z ostříc převládá ostřice obecná (*Carex nigra*), zobánkatá (*C. rostrata*) a šedavá (*C. canescens*), sítiny zastupuje sítina niťovitá (*Juncus filiformis*) a kostrbatá (*J. squarrosus*), častými jsou keříčky vlochyně (*Vaccinium uliginosum*) - (FLOUSEK, HARTMANOVÁ, ŠTURSA, POTOCKI et al. 2007).



Obr. 9: Sedmikvítek evropský (*Trientalis europaea*) v zájmovém území (foto: Š. Votava).

6.3. Porostní poměry

V České republice jsou Krkonoše významným přírodním a kulturně historickým regionem. V roce 1963 na rozloze 36 300 ha byl vyhlášen Krkonošský národní park, k němuž přibýlo později i ochranné pásmo o výměře 18 400 ha (SCHWARZ 1997).

Stav lesních ekosystémů, zejména pak prostorové, věkové, druhové a ekotypové skladby, začal výrazněji ovlivňovat od 14. století. Nejvýznamnější změny byly způsobeny zejména rozsáhlými těžbami pro potřeby kutnohorských dolů ve 2. polovině 16. století, kdy byly ve východních Krkonoších vytěženy všechny dostupné porosty (LOKVENC 1978).

V dnešní době tvoří lesní porosty v Krkonoších téměř souvislý lesní komplex zaujímající submontánní, montánní, subalpínský a alpínský stupeň, který se nachází nad hranicí 1500 m n. m. Z hlediska výškové stupňovitosti můžeme lesy v Krkonoších rozdělit do pěti lesních vegetačních stupňů, a to na 5. bukový, 6. jedlobukový, 7. smrkojedlový, 8. smrkový a 9. klečový (ŠOUREK 1967).

Co se týká přirozené dřevinné skladby v Krkonoších, tak své přirozené místo má smrk ztepilý pouze v 8. LVS a částečně v 7. LVS. V dalších částech (6.LVS) by měl tvořit spolu s jedlí bělokorou pouze příměs k převládajícímu buku lesnímu. Avšak v současné době je druhová skladba KRNAP výrazně přeměněna a celkové zastoupení smrku v Krkonoších je téměř 80%. Kdežto původní zastoupení bylo jen cca 50%. V dnešní době je snahou krkonošských lesníků na vhodných stanovištích měnit druhovou skladbu na přírodě blízkou. Proto na vhodných místech vnášejí formou podsadeb jedle, jeřáby, buky, javory a další dřeviny (KAJZAROVÁ 2012).

Pozměněná dynamika a narušená stabilita lesních porostů Krkonoš vyžaduje důslednou péči o lesní porosty. Při aplikaci všeobecně platných principů trvale péče o prostředí v NP a v jeho ochranném pásmu se vychází z rozdílných přístupů trvale udržitelného managementu dle jednotlivých zón. Tento způsob péče o lesní ekosystémy v budoucnosti předpokládá vznik druhově, prostorově a věkově rozdílných lesních porostů a tím nezbytný přechod z dosavadního systému prostorového rozdělení lesa na základě věkových tříd k větším jednotkám plně respektující přírodní podmínky a základní ekologické požadavky vycházející z autoregulačních procesů (VACEK et al. 2006).

6.4. Stav lesních porostů

6.4.1. Poškození abiotickými činiteli

Z abiotických činitelů má pro existenci lesních ekosystémů v Krkonoších největší význam vítr (NOŽIČKA 1959).

K dalším abiotickým činitelům patří lesní požáry, krupobití, sněhový útlak, pozdní mráz a holomráz. Přímá ochrana proti nim je velmi omezená, a proto hlavní význam mají různá pěstební opatření s profylaktickým působením (POLENO, VACEK et al. 2009).

V Krkonoších jsou větrné poměry značně složité. To vyplývá jednak z bohaté členitosti terénu, který ovlivňuje i rychlost proudění, jednak z celkové funkce pohoří jako překážky. Kromě toho působí v horách na vítr do značné míry i tření, jehož vliv s výškou klesá. Překážkový vliv pohoří se projevuje ve vzniku vírů, které se vytváří před překážkami i za nimi. Ve vírech se vytváří místní zesílení nebo zeslabení větru. Tento typ vzdušného proudění se v Krkonoších projevuje někdy jako padavý vítr, který v závětrných prostorech působí často značné škody na lesních porostech (Obr. 10) - (VULTERIN 1950).

Z historických podkladů vyplývá, že nahodilých těžeb v důsledku větrných polomů bývalo na konci minulého a na počátku tohoto století v průměru 23 % celkově vytěžené hmoty. V historických přehledech jsou uváděny 3 rozsáhlé kalamity, které postihly celé Krkonoše (v letech 1786, 1868 a 1925) a dalších 12 kalamit zřejmě více jak polovinu hor. Celkem je historicky doloženo 45 větrných kalamit mezi lety 1786 a 1931. U některých je směr vichřice uveden, u některých ho lze dedukovat. Ovšem vítr byl usměrňován i konfigurací terénu, takže jedna a táž vichřice působila v různých místech různými směry. Dále je historicky potvrzeno, že se směr větru často mění i během jeho působení (SCHWARZ 1997).

Vliv lesních porostů na rychlost větru je tím výraznější, čím menší jsou plochy bezlesí mezi dvěma porosty (OTTA 1994).

Proto jedinou možnou prevencí je péče o vnitřní stavbu celého porostu (prostorovou, věkovou i druhovou) a vyloučení holosečného hospodaření (SCHWARZ 1997).



Obr. 10: Škody způsobené větrem v Krkonoších – vývrát (foto: Š. Votava)

6.4.2. Poškození biotickými činiteli

Škody biotické se v Krkonoších vždy vyskytovaly v menší míře než škody abiotické. Největší význam mají škody způsobené lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*), v imisních polohách obalečem modřínovým (*Zeiraphera diniana*), pomístně ploskohřbetkou smrkovou (*Cephalcia abietis*) a zvěří - (SCHWARZ 1997).

1. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) – K přemnožení lýkožrouta smrkového v Krkonoších docházelo pouze po velkých včas nezpracovaných kalamitách, a to v letech 1786, 1868 a 1870 (zároveň suchá léta), 1888 až 1894, 1918 a 1922 (SCHLEGER 1974a). Historické zkušenosti jsou dostatečným argumentem pro důrazný boj proti kůrovci alespoň dočasně především v oblasti „přestárlých“ autochtonních porostů, než se podaří podstatně zvýšit věkovou, prostorovou a druhovou diferenciaci lesních porostů paralelně s obnovou ptačí a hmyzí fauny. Tvorbou přirozených lesních ekosystémů vytváříme i přirozené podmínky pro lýkožrouta smrkového (NOVÁKOVÁ et al. 1997). Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) patří ve střední Evropě mezi nejvýznamnější lesní škůdce, působící škody hlavně na smrkových porostech starších 60 let (ZÁHRADNÍK 2004). Tento brouk z podčeledi kůrovcovitých (*Scolytinae*) z řádu brouci (*Coleoptera*) je typickým sekundárním škůdcem, který přednostně napadá vývraty a zlomy způsobené větrem nebo sněhem. Na takových polomech vzniká pro lýkožrouta smrkového dostatek vhodného prostředí pro jeho vývoj a případné přemnožení (SKUHRÁVÝ 2002). K poškození dřeviny dochází během vývoje lýkožrouta, při

zakládání matečných chodeb a při žíru larev (PFEFFER 1955). Ochranná zásahy proti kůrovci spočívají především v prevenci a v zamezení nástupu gradace. V případě omezeného cílevědomého zasahování proti kůrovci je možné relativně rychle (desítky let) vytvořit věkově, prostorově a druhově diferenciované porosty, které budou podstatně více odolné proti další velkoplošné gradaci výskytu různých „škůdců“ (VACEK et al. 2007).

2. Obaleč modřínový (*Zieraphera diniana*) – Obaleč modřínový prokazatelně velkou měrou urychlil odumírání smrku ztepilého v imisemi silně zatížených horských polohách Krkonoš a Jizerských hor (SCHWARZ 1997). V horských ekosystémech by měl být zastoupen jen v malé abundanci. Motýli obaleče modřínového migrují za potravou a rozmnožování na vzdálenosti až několika set kilometrů (uletí až 18 km za hodinu). Mírně navýšený stav obaleče modřínového byl v Krkonoších zaznamenán v roce 1934. V letech 1977 byla zjištěna ohniska jeho přemnožení na Harrachovsku, v horské části polesí Špindlerův Mlýn a Lánov a na polesích Malá Úpa a Pec pod Sněžkou a v těchto oblastech byl i nejdelší opakovaný žír. V letech 1978 se plocha napadená obalečem modřínovým zvětšila na plochu přibližně 12 500 ha (KALINA et al. 1985). Housenky obaleče modřínového po několik let opakovaně ožíraly jehličí nejmladších letorostů středně a později rašících formě (časně rašící formy smrku jsou pro něj nevhodné z důvodu rychlého „zpevnění“ jehlic). Žíry se bohužel nejvíce let opakovaly na stanovištích nejextrémnějších lokalitách nejvíce zatížených imisemi. Tam, kde potřebují stromy pro svou existenci největší množství asimilačního aparátu (nejvíce ročníků jehličí), ztrácely nejstarší ročníky jehličí vlivem imisí a nejmladší jehlice v důsledku žíru housenek obaleče modřínového. Prevencí proti obdobným škodám v budoucnu může být opět druhově, prostorově a věkově diferenciovaný lesní ekosystém s nízkými založenými korunami a s velkým asimilačním aparátem smrků (SCHWARZ 1997).
3. Ploskohřbetka smrková (*Cephalcia abietis*) – Ploskohřbetka smrková respektive její housenice se živí pouze staršími jehlicemi (KAJZAROVÁ 2012). Při přemnožení rovněž může způsobit kalamitní škody. Preferuje převážně starší stejnorodý a stejnověký smrkový porosty, výrazně se přemnožuje v 60-110letých horských a podhorských smrčinách v nadmořské výšce cca 600-1000 m n. m.; největší škody způsobuje v mezernatých porostech na slunných svazích (BERCHA, LASÁK 2006). V Krkonoších ještě v první polovině devadesátých let byly v nejohroženějších lokalitách použity letecky aplikované chemické postřiky (Dimilin, mortalita 78 %) a postřik entomopatogenní houbou *Paecilomyces*

farinosus (mortalita 64 %). V dnešní době je prováděna každoroční kontrola ploskohřbetky na 60 sondách (VACEK 2007, SCHWARZ 1997).

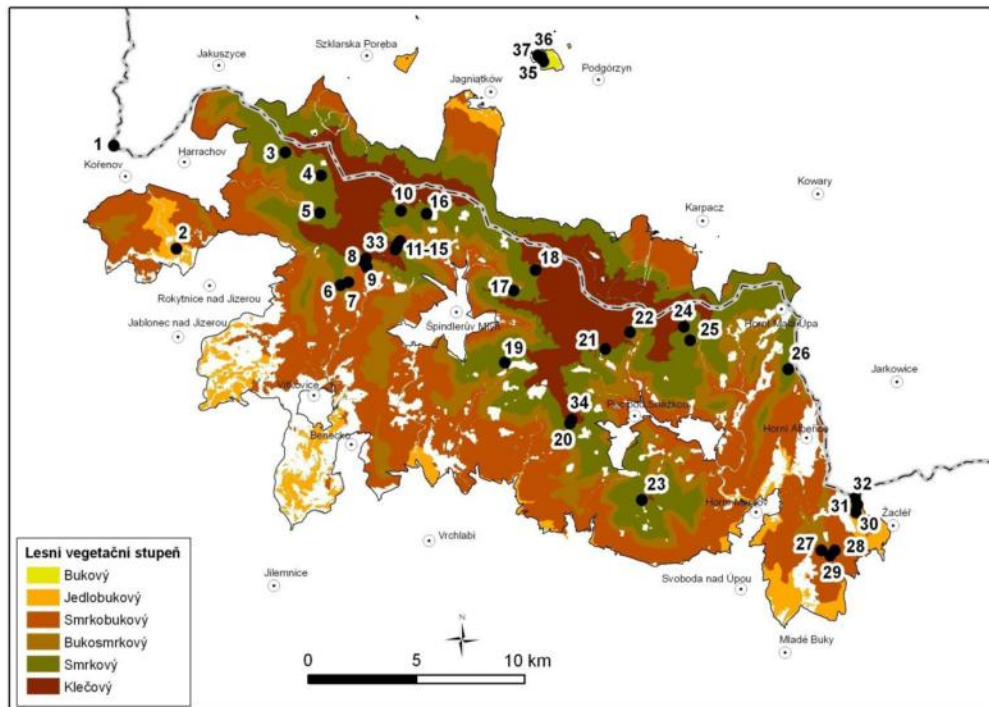
4. Škody způsobené zvěří – Škoda v užším slova smyslu nastává až v době, kdy příroda sama nedokáže vyrovnat poškození, která jsou způsobena zvěří. Proto rozlišujeme pojem poškození jako újmu fyziologickou, tj. každé porušení zdárného vývoje dřeviny popřípadě porostu, mající za následek snížení dřevní produkce nebo její jakosti a pojem škoda, čímž se rozumí zmenšení užitné hodnoty (MALÍK 2006). Z hlediska škod je v Krkonoších rozhodující druhem jelen evropský (srnčí zvěř má hlavní areál rozšíření v nižších méně problematických polohách). Proto je směřován výzkum především na vysokou zvěř, zejména na její migraci a na optimalizaci početních stavů. V Krkonoších jsou dnes škody působené vysokou zvěří soustředěny do letního období (okusem). Zimní škody jsou prakticky eliminovány díky soustavě prezimovacích obůrek. Kromě škod okusem a ohryzem (Obr. 11) jsou na některých lokalitách Krkonoš působeny škody i na ojedinělých autochtonních smrkových nárostech vytloukáním paroží. Proto je cílem mysliveckého hospodaření v KRNAP dosažení rovnováhy mezi zvěří a přírodním prostředím při zajišťování optimální věkové a sociální struktury zvěře (SCHWARZ 1997).



Obr. 11: Ukázka škod jelení zvěří v Krkonoších - ohryz (foto: Š. Votava.)

4. Materiál a metodika

Struktura a vývoj přirozených smrkových porostů pro účely této práce byly nově založeny a hodnoceny na trvalých výzkumných plochách s označením TVP 1 – 4, které byly umístěny u TVP Pod Voseckou boudou 3, která je součástí souboru 38 TVP, jež reprezentují bukové, smíšené (smrkobukové a bukosmrkové) a smrkové porosty v různých stanovištních podmínkách, s různým stupněm vlivu imisí a odlišnou úrovní následné acidifikace. V průběhu vývoje se tedy vyznačují rozdílnou dynamikou (Obr. 12).



Obr. 12: Situace trvalých výzkumných ploch diferencovaně podle lesních vegetačních stupňů v národních parcích Krkonoš (Krkonošský národní park a Karkonoszki Park Narodowy) – (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

TVP 1 – 4 náleží pod územní pracoviště Harrachov, nacházejí se na svahu s jihozápadní expozicí, sklon se pohybuje přibližně od 11° do 20°. Nadmořská výška se zde pohybuje okolo 1180 m n. m. Geologický podklad tvoří biotitická žula a půdními typy je zde gleje, oraganozemě a podzoly, které zde často vytvářejí mozaiku.

Při zakládání výzkumných ploch (dále jen TVP) byly použity standartní dendrometrické metody a to pro stanovení struktury horní etáže stromového patra. Všechny trvalé výzkumné plochy jsme vytyčovali o rozměrech 50 × 50 m tj. 0,025 ha. Měření ploch v terénu probíhalo pomocí technologie Field–Map. Základním úkolem této technologie je mapování monitorovacích či inventarizačních ploch. Na plochách jsou zaměřovány zájmové objekty, jsou určeny jejich souřadnice a ukládány do mapových vrstev (KUŽELKA et al. 2014). Následně byla naměřena poloha všech stromů na TVP 1 – 4, jejichž výčetní tloušťka přesáhla 5 cm. Výčetní tloušťky byly měřeny

kvalitní průměrkou značky Haglöf s přesností na 1 mm a výšky pomocí výškoměru Vertex III s přesností na 0,5 m.

Tato naměřená dendrometrická data byla následně použita k výpočtu těchto porostních ukazatelů:

- h střední porostní výška (aritmetický průměr výšek všech stromů),
- d průměrná výčetní tloušťka (kvadratický průměr tlouštěk všech stromů),
- f výtvarnice jako poměrné číslo vyjadřující podíl objemu stromu k objemu válce, jenž má se stromem společnou základnu a výšku,
- V hektarová zásoba sdruženého porostu jako součet podružného a hlavního porostu za pomoci regresní rovnice (PETRÁŠ, PAJTIK 1991),
- G hektarová výčetní kruhová základna jak součet kruhových základem všech stromů,
- v průměrný objem stromu jako podíl zásoby a počtů stromů v porostu,
- $h:d$ – štíhlostní kvocient jako poměrné číslo mezi výškou a tloušťkou středního stromů,
- CPP celkový průměrný přírůst jako podíl celkové objemové produkce porostu a jeho věku,
- COP celková objemová produkce jako zásoba hlavního porostu ve věku t zvětšená o sumu všech zásob podružného porostu do věku t ,
- CBP celkový běžný přírůst jako rozdíl celkové objemové produkce ve dvou periodách dělené délkou periody (5 let).

Vizualizace struktury studovaných porostů a simulace jejich vývoje byla provedena pomocí růstového modelu SIBYLA (FABRIKA, ĎURSKÝ 2005). Tento simulátor biodynamiky lesa – SIBYLA se skládá z několika základních komponentů, kterými jsou: konkurenční model, přírůstový model, 3-D model struktury lesa generátor struktury lesa, kalkulační model a probírkový model. Počátečními vstupními údaji jsou informace o jednotlivých stromech (výšky, tloušťky, vertikální a horizontální pozice, výška nasazení korun, kvalita stromů, průměr korun a jejich zdravotní stav). Výstupy růstových simulací mají grafickou a numerickou podobu. První část výstupů tvoří vizualizace stavu porostů v jednotlivých periodách a druhou interpretace údajů o

naturální produkci, nákladových a výnosových položkách a o struktuře porostů ve formě tabulek a grafů (cf. MINX 2006).

Vizualizace a zhodnocení stavu porostů bylo provedeno v pětiletých intervalech od založení TVP po současnost. Také byla spočítána predikce vývoje po 20 letech za předpokladu samovolného vývoje v ekologicky stabilním prostředí. Dále jsme měřili polohu a tloušťku odumřelých stojících a padlých stromů. U odumřelých padlých stromů jsme dále zjišťovali stupeň rozkladu dřevní hmoty a u odumřelých stojících pak stupeň rozkladu koruny. Tyto údaje se dále zapsali do technologie Field-Mapu (VOTAVA 2015).

Následně u 12 úrovnových stromů z každé modelové TVP byly po skončení vegetačního období pomocí Presslerova nebozezu odebrány vývrty ve výčetní výšce (130 cm) kolmo na osu kmene po svahu i proti svahu (Obr. 13). Vývrty byly následně změřeny a zhodnoceny v dendrochronologické laboratoři FLD ČZU. Letokruhové přírůstové série byly jednotlivě křížově datovány (pro odstranění chyb spojené s výskytem chybějících letokruhů) s využitím statistických testů v programu PAST application (KNIBBE 2007). Jednotlivé křivky z TVP byly dále standardně detrendovány a byla z nich vytvořena průměrná letokruhová série v programu ARSTAN (GRISSINO-MAYER et al. 1996). Průměrné letokruhové série z TVP byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními srážkami a teplotami) podle jednotlivých let a pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).



Obr. 13: Odběr vývrvtů pomocí Presslerova nebozezu značky Haglůf po skončení vegetačního období v zájmové oblasti (foto: Š. Votava)

U všech jedinců stromového patra byla na TVP 1 – 4 zhodnocena horizontální struktura a následně spočítány: Pielou-Mountfordův index, Clark-Evansův index, HopkinsSkellamův index a Ryleyova L-funkce (RIPLEY 1981, LEPŠ 1996). Očekávané hodnoty těchto indexů byly spočítány pomocí numerických simulací ke každé ploše zvlášť. Příslušné očekávané hodnoty těchto indexů byly spočítány pomocí numerických simulací pro každý jednotlivý případ zvlášť. V tabulkách je k jednotlivým TVP uveden vždy sloupec očekávané hodnoty, který označuje hodnotu indexu pro náhodné uspořádání. Sloupec s označením dolní a horní mez označuje interval kolem této očekávané hodnoty, v němž stále ještě není možné zamítnout náhodnost uspořádání. Jakmile hodnota indexu překročí horní mez intervalu, lze (na hladině významnosti 0,05) – (Tab. 3) konstatovat, že bodová struktura je agregovaná (pro Pielou-Mountfordův index a HopkinsSkellamův index), respektive regulární (pro Clark-Evansův index). Pokud hodnota meze nedosáhne dolního intervalu, znamená to regularitu v případě Pielou-Mountfordův indexu a Hopkins-Skellamova, respektive agregace v případě Clark-Evansova indexu (cf. VACEK et al. 2009, 2010).

Tab. 3: Odpovídající uspořádání horizontální struktury porostu a intervaly hodnot indexů

Index	Uspořádání:	Náhodné	Agregované	Pravidelné
Hopkins–Skellam		$A = 0.5$	$A > 0.5$	$A < 0.5$
Pielou–Mountford		$\alpha = 1$	$\alpha > 1$	$\alpha < 1$
Clark–Evans		$R = 1$	$R < 1$	$R > 1$
David–Moore		$ICS = 0$	$ICS > 0$	$ICS < 0$

Diverzita porostu ve vztahu k četnosti jejich zastoupení, dřevinné skladbě, vertikálnímu a horizontálnímu uspořádání byla hodnocena na úrovni již zmiňovaných indexů:

- R – agregační index podle CLARKA, EVANSE (1954), který vychází z teoretické znalosti rozdělení pravděpodobnosti vzdáleností od náhodně vybraného stromu k jeho nejbližšímu sousedovi při splnění podmínky čisté náhodné struktury porostu dané Poissonovým rozdělením pravděpodobností. Pokud index nabývá hodnoty 1 (průměrná vzdálenost k nejbližšímu sousedovi se rovná očekávané vzdálenosti podle Poissonova rozdělení) je rozmístění pat stromů v porostu náhodné. Liší-li se hodnota indexu statisticky významně od hodnoty 1, pak neodpovídá struktura Poissonovu rozdělení pravděpodobnosti a tudíž není utvářena čistě náhodnými efekty. Přitom hodnoty $R > 1$ vypovídají o určité pravidelnosti rozmístění stromů (projevuje se vzájemná separace stromů). Hodnoty $R < 1$ poukazují na slukovité uspořádání (VACEK et al. 2007),

- A – standardizovaný Arten - profil index (PRETSCH 2006) jako relativní míra diverzity udávající, nakolik se hodnocený porost blíží stavu maximální možné diverzity, pracuje s počtem zastoupení dřevin a bere v potaz i výškové členění porostu. Obecně platí, že čím vyšší je hodnota tohoto indexu, tím vyšší je diverzita společenstva (VACEK et al. 2007),
- B – index porostní proměnlivosti (JAEHNE, DOHRENBUSCH 1997) jako komplexní míra diverzity porostu ($B > 5$ – výrazně strukturované porosty). Tento index v sobě spojuje čtyři dílčí faktory, které se nejvýrazněji podílejí na diverzně porostu (dřevinné složení, vertikální uspořádání, prostorové uspořádání, korunová diferenciacce).

V programu SIBALA byly predikovány a vypočteny hodnoty pro indexy:

- CP – plocha projekce,
- CC – zápoj,
- K – index korunové diferenciacce,
- TMh – index výškové diferenciacce,
- TMd – index tloušťkové diferenciacce,
- SDI – index hustoty prostu. Tento index vychází z poměru očekávaného počtu stromů. (REINEKE 1933).

8. Výsledky

8.1. Struktura a vývoj na TVP 1 – Pod Voseckou boudou

8.1.1. Porostní a stanovištní poměry



Obr. 14: Interiér autochtonního smrkového porostu na TVP 1 – Pod Voseckou boudou (foto: Š. Votava).

TVP 1 – Pod Voseckou boudou byla založena v roce 2014 a leží ve středně členitém terénu, na svahu s jihozápadní expozicí v nadmořské výšce okolo 1180 m n. m. Náleží k LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová a půdním typem je zde glej organozemní (Obr. 14). Jedná se o porost fenotypové třídy B. Střední výška porostu je 11,6 m a střední tloušťka porostu je zde 33,1 cm. Co se týče zastoupení stromů na TVP 1, tak to činí 388 ks/ha.

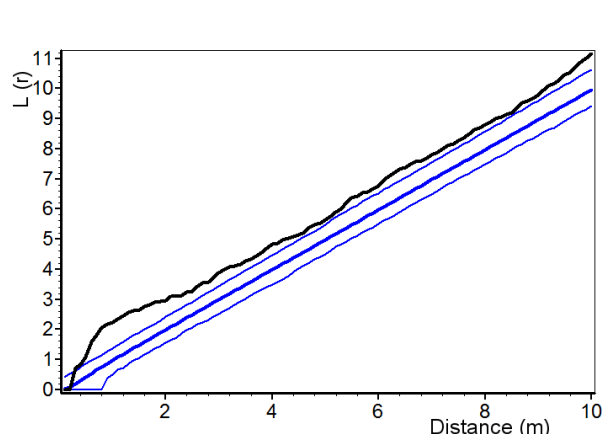
Porost lze charakterizovat jako značně rozvolněnou vyspělou kmenovinu s pomístní přirozenou obnovou, která roste na méně podmáčených míst. Velikou roli na těchto podmáčených a rašelinných stanovištích hraje odumřelé dřevo a to z důvodu toho, že vytváří ideální podmínky pro růst semenáčků a vzniká menší riziko toho, že zde semenáčky odumřou kvůli větší koncentraci vody. Horní etáž tvoří 176 let starý porost smrku ztepilého. Spodní etáž pomístně tvoří pouze smrk ztepilý. Zastoupení smrku ztepilého je zde tedy 100 %. Z hlediska malého vývojového cyklu lesa se porost nachází ve stadiu rozpadu s fází obnovy.

Pokryvnost bylinného patra je zde vysoká (95 %), převažují v něm druhy rostoucí na podmáčených a rašelinných stanovištích a to zejména třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) - (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

8.1.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu

Na většiny plochy porostu převládá diferencovaná struktura. Věk většiny jedinců smrku zde kolísá kolem 200 let.

Hodnoty indexů horizontální struktury jedinců stromového patra jsou uvedeny v Tab. 4. Podle všech tří zjišťovaných strukturálních indexů (David-Moore, Clark-Evansova, Pielou-Mountfordova a Hopkins-Skellamova) je rozmístění jedinců na TVP 1 Pod Voseckou boudou agregované. Agregované uspořádání jedinců stromového patra podle jejich vzdálenosti potvrzuje také Ripleyho L-funkce (Obr. 15).



Obr. 15: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 1 vyjádřená L-funkcí.

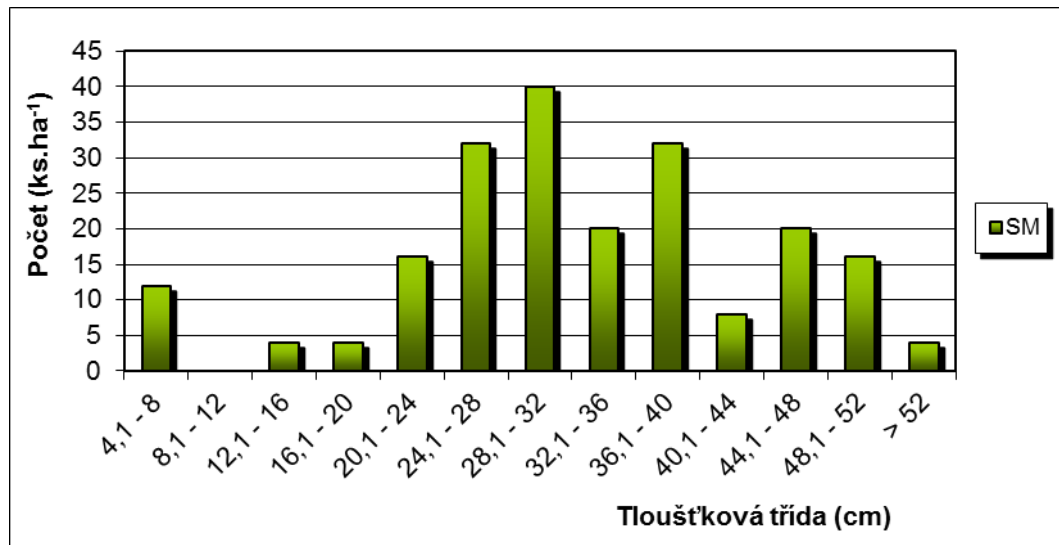
Tabulka 4: Indexy popisující horizontální strukturu smrkového porostu na TVP 1.

Index	Zjištěné hodnoty	Očekávané hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins-Skellam	0,669*	0,500	0,407	0,605
Pielou-Mountford	1,784*	1,111	0,843	1,504
David-Moore	0,755*	1,043	0,942	1,157
Clark-Evans	0,592*	-0,001	-0,241	0,301

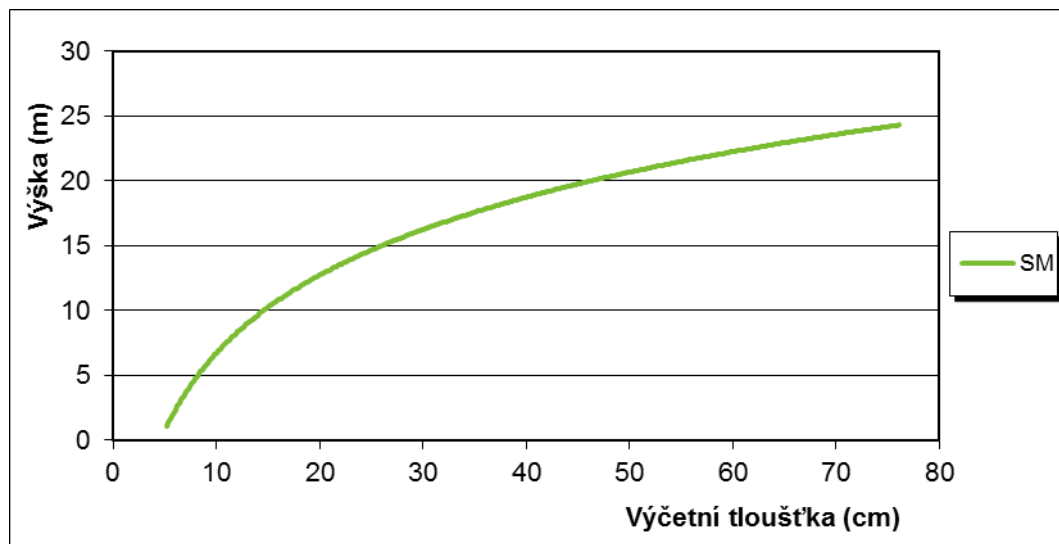
* statisticky významné

Rozdělení do tloušťkových tříd zachycují Obr. 16. a 17. Rozdělení v tloušťkových třídách bylo poměrně nerovnoměrné. Nejvíce zastoupeny byly tloušťky od 28,1 cm do 32 cm. Nejslabší třídy se skoro nevyskytují vzhledem ke stadiu optima tohoto porostu a také kvůli málo narušenému zápoji. Z větších tloušťek jsou zde zastoupeny tloušťky od

40 cm do 52 cm a pouze pár jedinců s tloušťkou větší než 52 cm. Histogram zachycující stav v roce 2014 větší nárůst tlouštěk v rozmezí 20 až 40 cm.



Obr. 16: Histogram tloušťkových tříd ve smrkovém porostu na TVP 1.

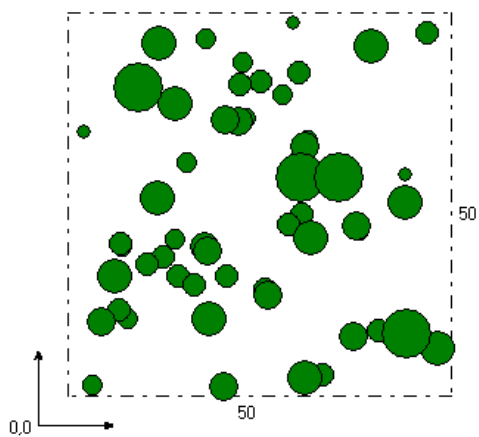
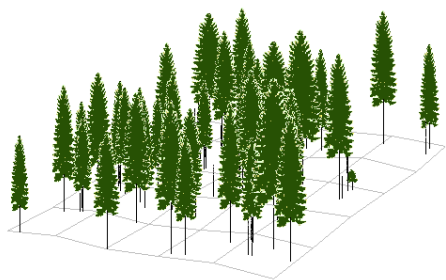


Obr. 17: Vztah mezi výčetní tloušťkou a výškou stromů ve smrkovém porostu na TVP 1.

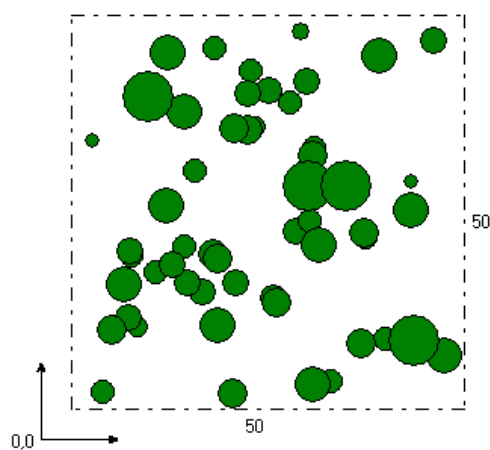
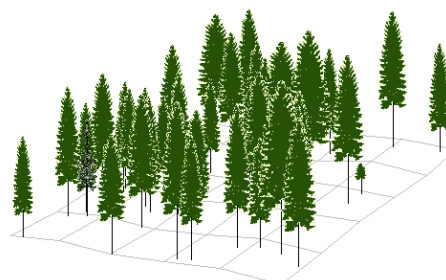
8.1.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu

Autochtonní smrkový porost, II. zóna NP. Zastoupení dřevin rámcově odpovídá přirozené druhové skladbě v rámci malého vývojového cyklu. Porost je výrazně věkově a prostorově diferencovaný. Ve stromovém patře tvoří značně diferencovanou kmenovinu v počátečním stadiu rozpadu a na silně prosvětlených místech se ojediněle vyskytuje jednotlivá přirozená obnova smrku ztepilého (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

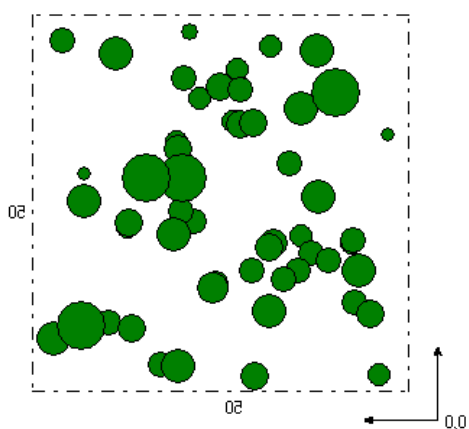
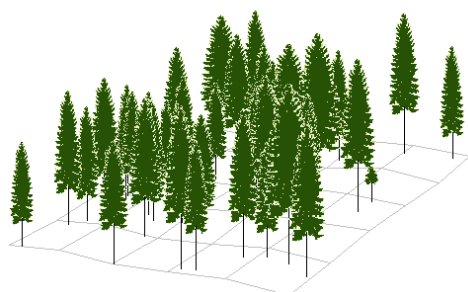
Na vizualizaci (Obr. 18 – Obr. 23) můžeme vidět růstovou predikci po 10 letech od roku 2014 až do roku 2064 můžeme vidět, že porost by měl mít dobré autoregulační schopnosti, vyvíjet se bude úměrně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu.



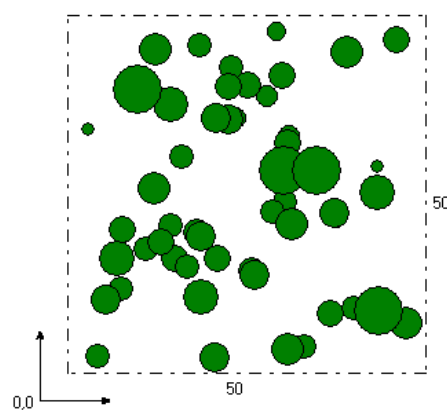
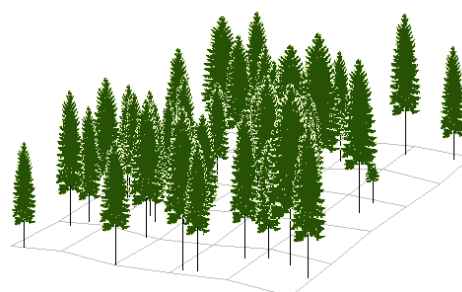
Obr. 18: Vizualizace aktuálního stavu smrkového porostu na TVP 1 v roce 2014.



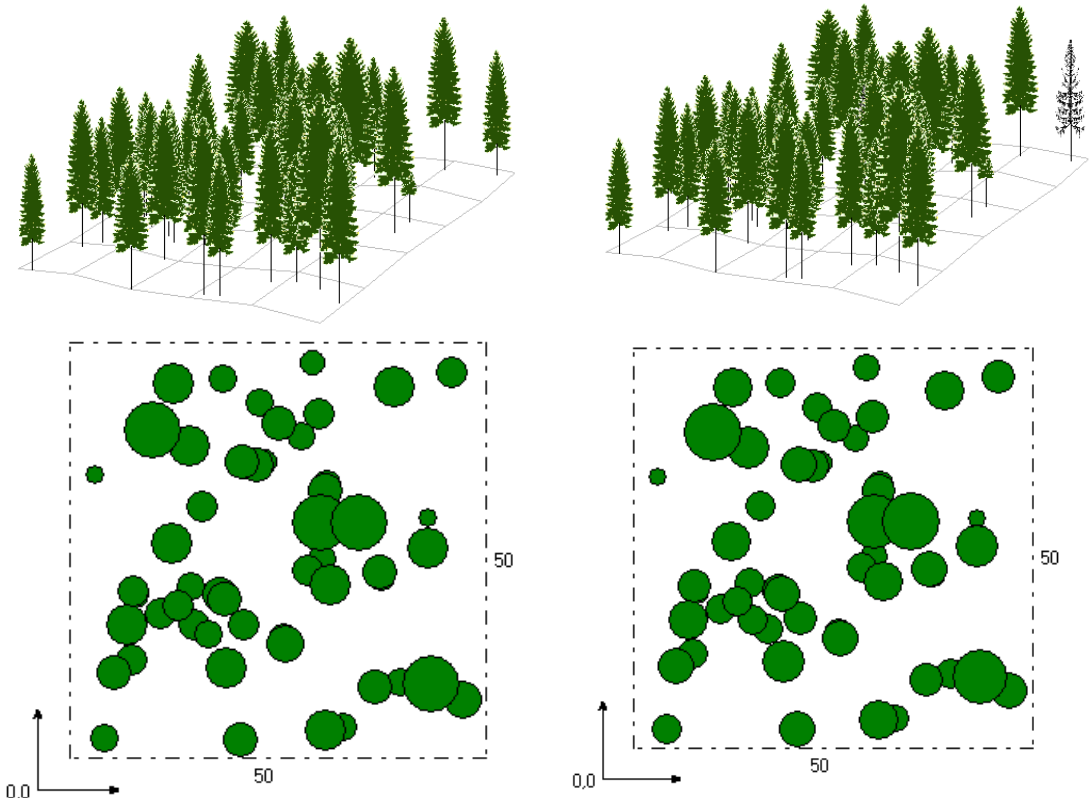
Obr. 19: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 1 v roce 2024



Obr. 20: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 1 v roce 2034.



Obr. 21: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 1 v roce 2044.



Obr. 22: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 1 v roce 2054.

Obr. 23: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 1 v roce 2064.

8.1.4. Strukturální diferenciace porostu

Vývoj hodnot strukturálních indexů (B – index porostní proměnlivosti, A – Artenprofil index, R – Clark-Evansův agregační index, B – index porostní proměnlivosti) v autochtonním smrkovém porostu na TVP 1 – Pod Voseckou boudou je znázorněn na Obr. 24 – Obr. 26 a uveden v Tab. 5. Horizontální struktura tohoto porostu je aktuálně mírně shlukovitá a s pokračující dynamikou porostu ve stadiu rozpadu se bude trend shlukovitosti do r. 2064 mírně snižovat. Jedná se o porost s vysokou prostorovou diverzitou s nárůstem a s dílčími oscilacemi v průběhu vývoje. Porostní proměnlivost tohoto porostu je v současné době mírně nižší, než tomu bude v roce 2064.

Vývoj počtu stromů a zásoby hlavního i podružného porostu je znázorněn na Obr. 27 a Obr. 28 a růstová tabulka vývoje pro sdružený smrkový porost (pro smrk a zároveň celkem) při simulaci samovývoje je uvedena v Tab. 7.

Vývoj denzity stromového patra (CC – taxační zápoj (stupeň zápoje), CP – biologický zápoj, SD – zakmenění, SDI – index hustoty porostu) je uveden v Tab. 6. Z uvedených hodnot je patrné, že se všechny hodnoty budou od roku 2024 zvyšovat

Tabulka 5: Vývoj strukturálních indexů stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.

Rok	Indexy					
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	K (J&Di)
2014	0,693	0,979	5,857	0,402	0,498	2,261
2024	0,888	0,699	5,138	0,343	0,240	1,613
2034	0,892	0,690	4,786	0,334	0,231	1,444
2044	0,892	0,699	4,597	0,331	0,223	1,357
2054	0,876	0,712	4,439	0,320	0,214	1,280
2064	0,885	0,701	4,289	0,295	0,196	1,231

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TMd – index tloušťkové diference, TMh – index výškové diference, K – index korunové diference.

Tabulka 6: Vývoj zápoje a denzity stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.

Rok	Denzita			
	CP	CC	SDI	SD
2014	35,6	0,44	0,50	0,56
2024	38,4	0,48	0,38	0,54
2034	40,6	0,52	0,41	0,55
2044	43,2	0,57	0,44	0,58
2054	44,9	0,60	0,45	0,59
2064	46,7	0,63	0,48	0,61

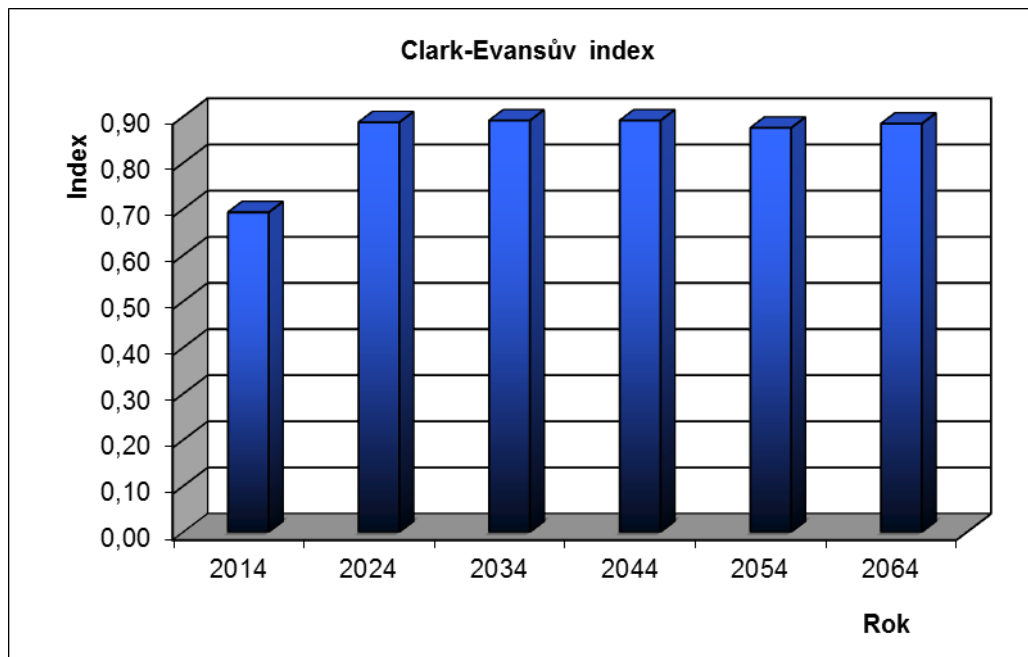
Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

Tabulka 7: Růstová tabulka vývoje sdruženého smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.

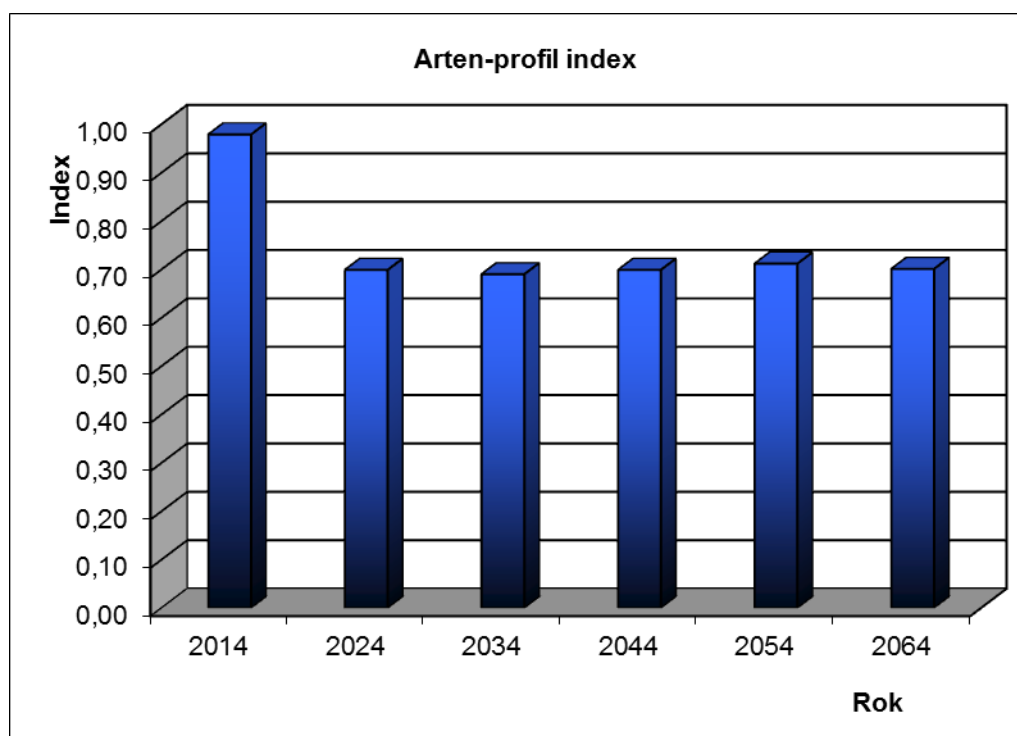
Celkem

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2014	176	33,1	11,6	0,490	0,490	388	33,4	190	35,1	0,0	1,08	190
2024	188	39,4	16,9	0,420	0,865	224	27,3	194	42,9	1,9	1,11	209
2034	198	41,5	17,2	0,413	0,959	220	29,8	211	41,4	1,9	1,15	227
2044	206	43,5	17,4	0,405	1,045	220	32,6	230	39,9	2,0	1,19	246
2054	213	45	17,5	0,401	1,114	216	34,4	241	38,8	1,9	1,25	266
2064	222	47	17,7	0,394	1,212	212	36,7	257	37,7	1,9	1,27	283

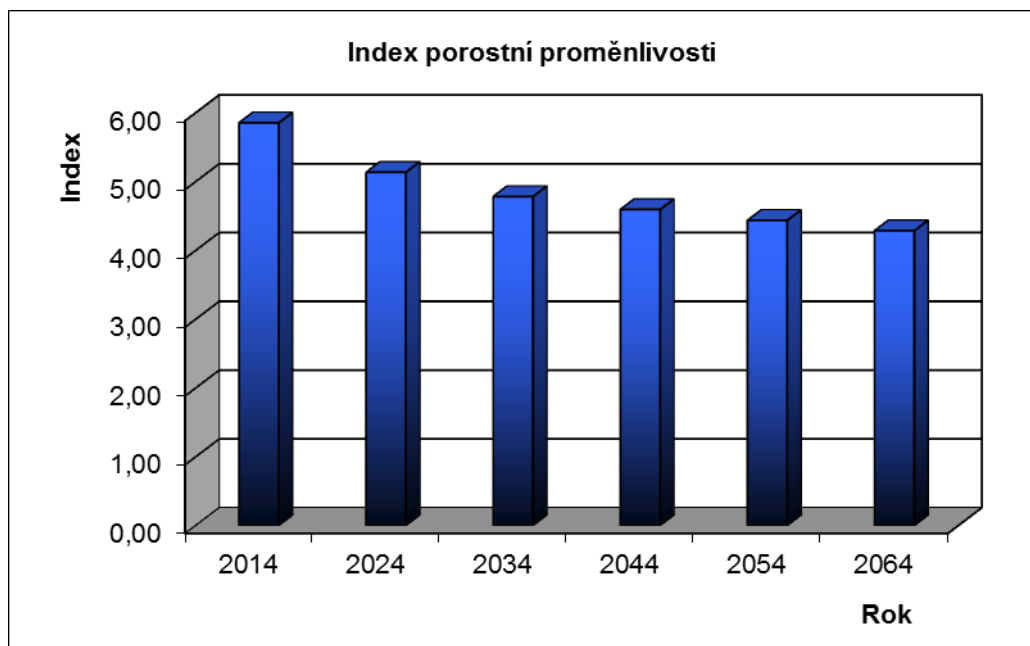
Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst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



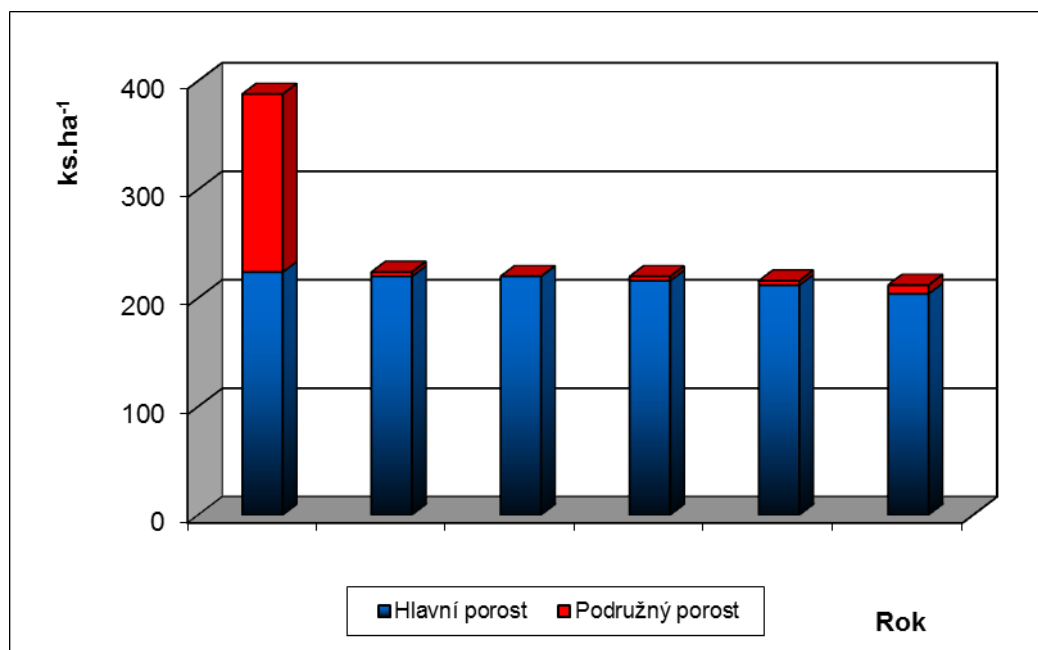
Obr. 24: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.



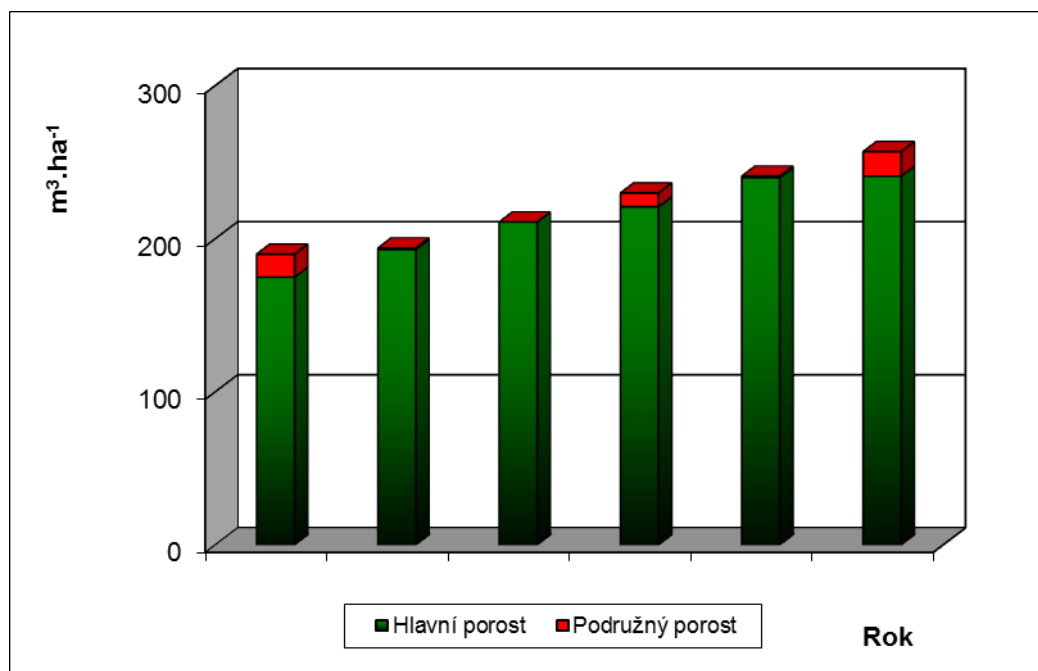
Obr. 25: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.



Obr. 26: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.



Obr. 27: Vývoj počtu jedinců v ks.ha⁻¹ stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.

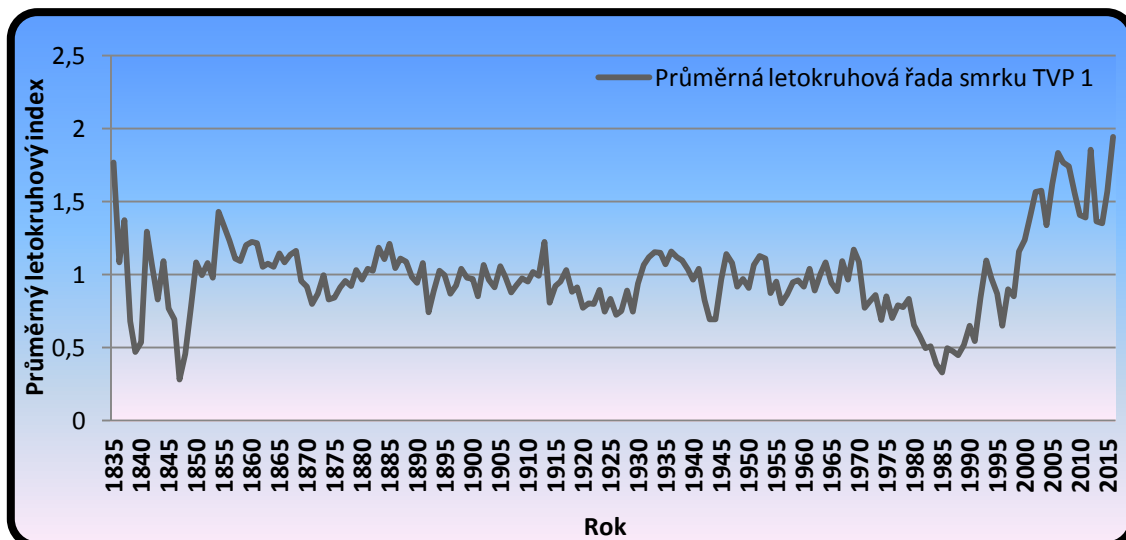


Obr. 28: Vývoj zásoby v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ stromového patra smrkového porostu na TVP 1 při simulaci samovývoje.

8.1.5. Letokruhová analýza

Šířky letokruhů v tom pořadí, jak narůstaly, tedy od středu kmene směrem k obvodu, obdržíme řadu čísel, letokruhovou řadu. Letokruhovou řadu můžeme vyjádřit grafem, a to způsobem používaným téměř od počátku dendrochronologie: vodorovná osa je osou času, svislá je osou šířek letokruhů. Všechny letokruhové řady společně, pokládáme za signál, vše ostatní, čím se naopak vzájemně liší, za šum. Obzvláště charakteristické tvary letokruhových křivek označujeme termínem signatura. V tomto případě jde o signaturu „V“. Tento postup nazýváme průměrováním (sumarizací) letokruhových řad, jehož výsledkem je průměrná letokruhová řada (Obr. 29) – (KYNCL et al. 2017).

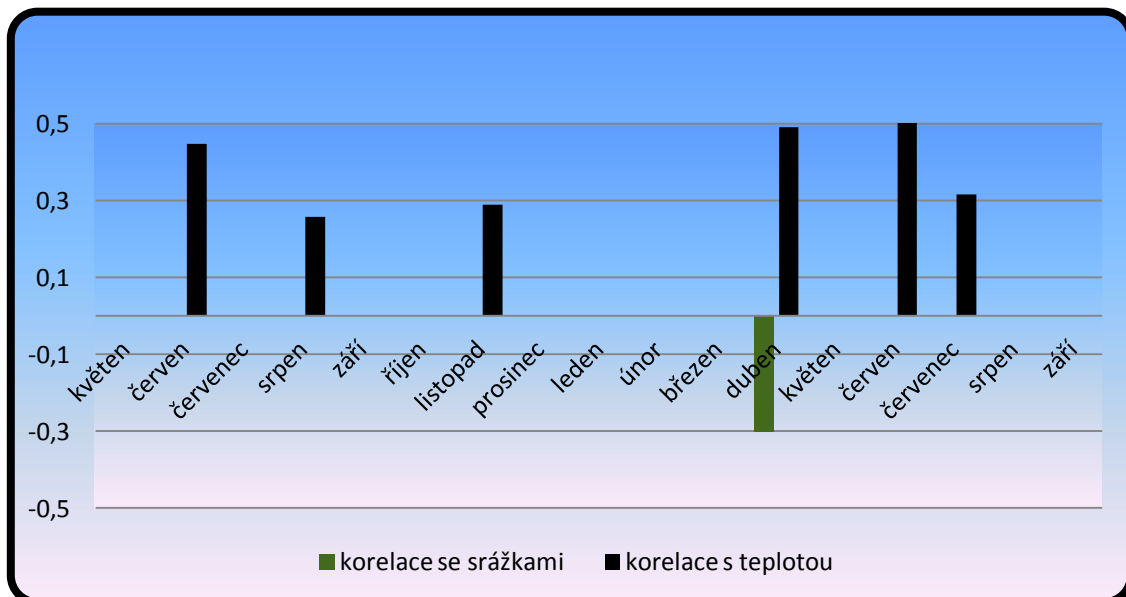
V grafu můžeme vidět, jak imisní kalamita, která začala v 80. letech minulého století, značně ovlivnila přírůst a jak se tento autochtonní smrkový porost v současnosti poměrně dobře vyrovnal s touto zátěží.



Obr. 29: Standardizovaná průměrná stanovištní chronologie smrku ztepilého z TVP 1 z let 1835–2015 vyjádřena letokruhovým indexem.

Průměrné letokruhové série z TVP 1 byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními srážkami a teplotami Obr. 30) podle jednotlivých let a pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).

Ze sloupcového grafu je vidět, že autochtonní smrkový porost na TVP 1 má v průměru v měsíci dubnu nejmenší poměr úhrnu srážek a nejvyšší teploty panují v letních měsících.



Obr. 30: Dendroklim – koeficienty korelace regionální chronologie indexu letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a úhrnem srážek od května do prosince minulého roku a od ledna do srpna daného roku v letech 1835–2015 na TVP 1.

8.2. Struktura a vývoj na TVP 2 – Pod Voseckou boudou

8.2.1. Porostní a stanovištní podmínky



Obr. 31: TVP – Interiér autochtonního smrkového porostu na TVP 2 – Pod Voseckou boudou (foto: Š. Votava).

TVP 2 – Pod Voseckou boudou byla založena v roce 2014 a leží ve středně členitém terénu, na svahu s jihozápadní expozicí v nadmořské výšce okolo 1180 m n. m. Náleží k LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová, půdním typem je zde glej organozemní. Jedná se o porost fenotypové třídy B. Střední výška porostu je 11,6 m a střední tloušťka porostu je zde 33,1 cm. Co se týče zastoupení stromů na TVP 1, tak ta činí 388 ks/ha.

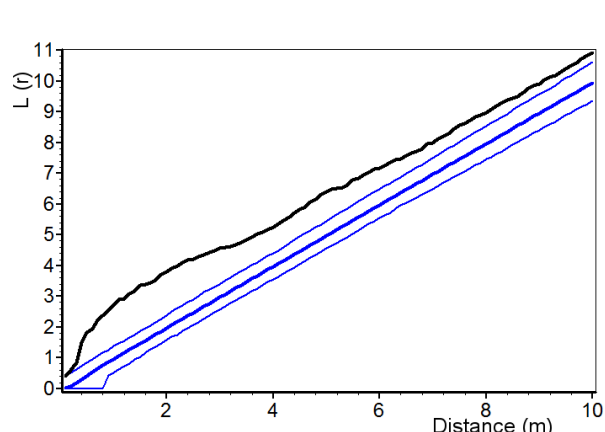
Porost lze charakterizovat jako značně rozvolněnou vyspělou kmenovinu s pomístní přirozenou obnovou, která roste na méně podmáčených míst. Velikou roli na těchto podmáčených a rašelinných stanovištích hraje odumřelé dřevo a to z důvodu toho, že vytváří ideální podmínky pro růst semenáčků a vzniká menší riziko toho, že zde semenáčky odumřou kvůli větší koncentraci vody. Horní etáž tvoří 176 let starý porost smrku ztepilého. Spodní etáž pomístně tvoří taktéž smrk ztepilý. Zastoupení smrku ztepilého je zde tedy 100%. Z hlediska malého vývojového cyklu lesa se porost nachází ve stadiu rozpadu s fází obnovy.

Pokryvnost bylinného patra je zde vysoká (95 %), převažují v něm druhy rostoucí na podmáčených a rašelinných stanovištích a to druhy třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a keříčky brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) – (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

8.2.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu

Na většiny plochy porostu převládá diferencovaná struktura. Věk většiny jedinců smrku zde kolísá kolem 200 let.

Hodnoty indexů horizontální struktury jedinců stromového patra jsou uvedeny v tab. 8. Podle všech tří zjišťovaných strukturálních indexů (David-Moore, Clark-Evansova, Pielou-Mountfordova a Hopkins-Skellamova) je rozmístění jedinců na TVP 1 Pod Voseckou boudou agregované. Agregované uspořádání jedinců stromového patra podle jejich vzdálenosti potvrzuje také Ripleyho L-funkce (Obr. 32).



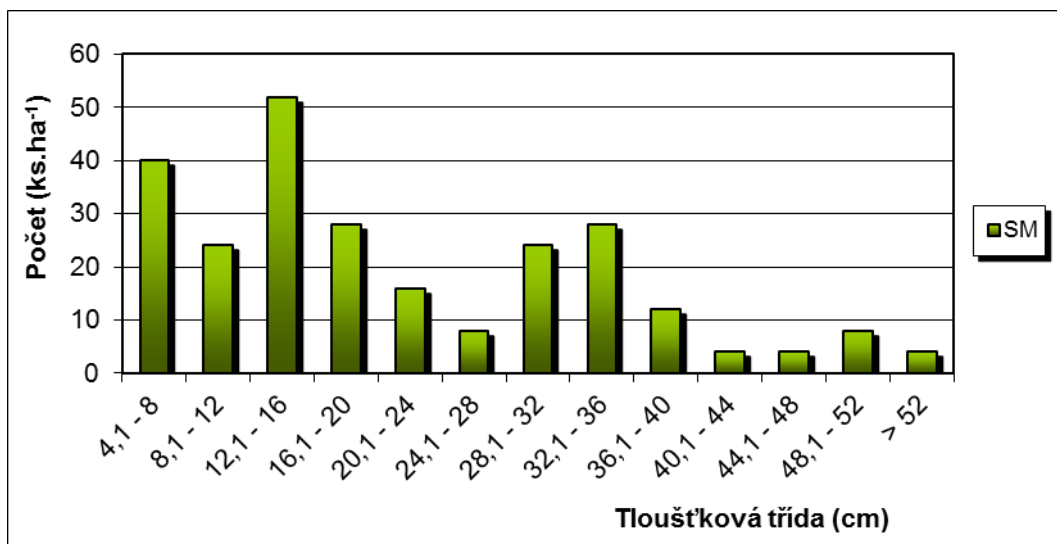
Obr. 32: Horizontální struktura stromového patra na TVP 2 – vyjádřená L-funkcí.

Tabulka 8: Indexy popisující horizontální strukturu smrkového porostu na TVP 2.

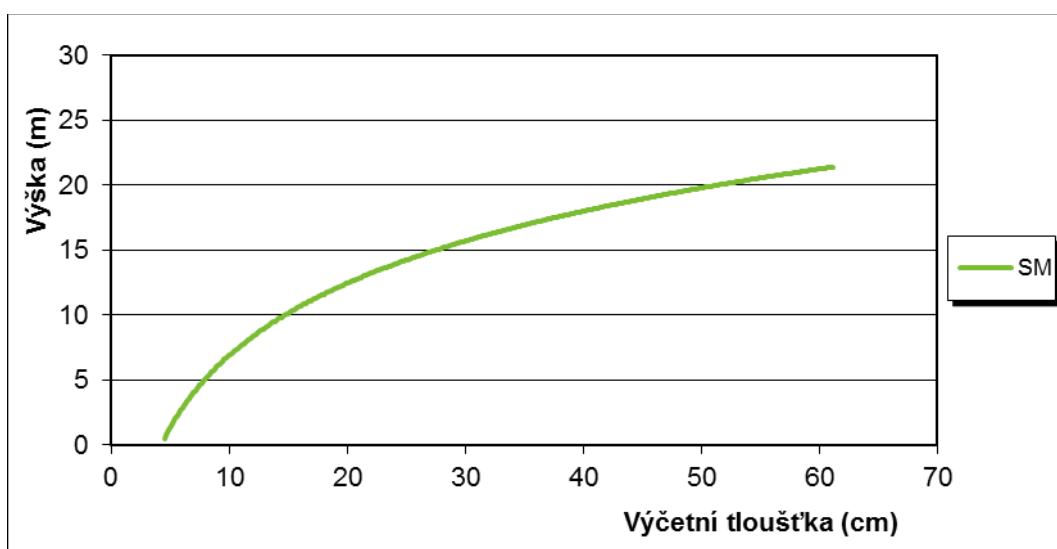
Index	Zjištěné hodnoty	Očekávané hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins-Skellam	0,669*	0,500	0,407	0,605
Pielou-Mountford	1,784*	1,111	0,843	1,504
David-Moore	0,755*	1,043	0,942	1,157
Clark-Evans	0,592*	-0,001	-0,241	0,301

* statisticky významné

Rozdělení do tloušťkových tříd zachycuje obr. 33 a 34 Rozdělení v tloušťkových třídách bylo poměrně nerovnoměrné. Nejvíce zastoupeny byly tloušťky od 12,1 cm do 36 cm. Nejslabší třídy této TVP mají lehce navrch. Z větších tlouštěk jsou zde zastoupeny, tloušťky od 40 cm do 52 cm a pouze pár jedinců s tloušťkou větší než 52 cm. Histogram zachycující stav v roce 2014 větší nárůst tlouštěk v rozmezí 12 až 24 cm.



Obr. 33: Histogram tloušťkových tříd ve smrkovém porostu na TVP 2.

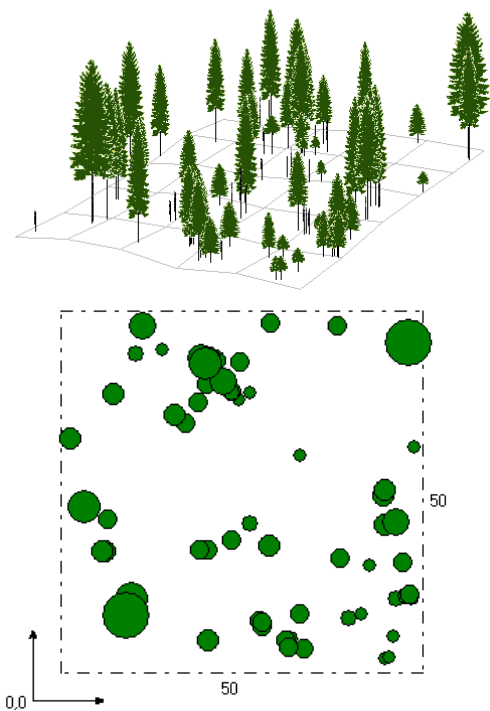


Obr. 34: Vztah mezi výčetní tloušťkou a výškou stromů ve smrkovém porostu na TVP 2.

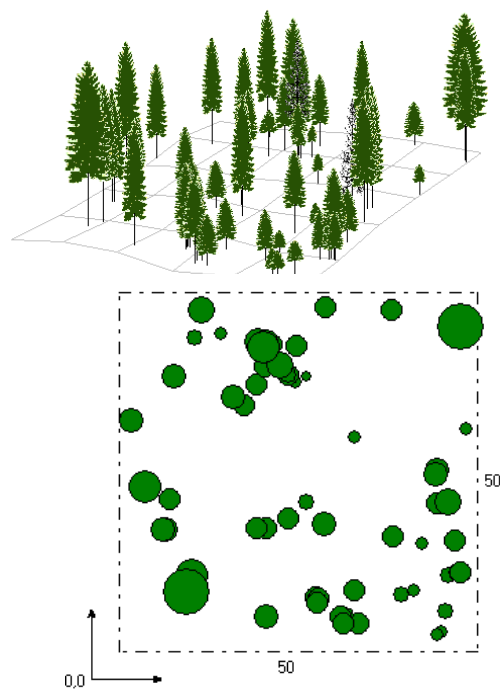
8.2.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu

Autochtonní smrkový porost, II. zóna NP. Zastoupení dřevin rámcově odpovídá přirozené druhové skladbě v rámci malého vývojového cyklu. Porost je výrazně věkově a prostorově diferencovaný. Ve stromovém patře tvoří značně diferencovanou kmenovinu v počátečním stadiu rozpadu a na silně prosvětlených místech se ojediněle vyskytuje jednotlivá přirozená obnova smrku ztepilého (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

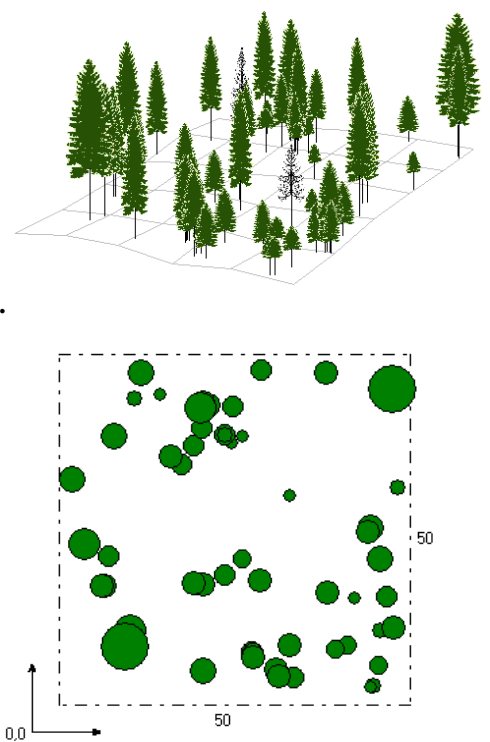
Na vizualizaci (Obr. 35 – Obr. 40) můžeme vidět růstovou predikci po 10 letech od roku 2014 až do roku 2064, na které je zřejmé, že porost by měl mít dobré autoregulační schopnosti a měl by se vyvíjet úměrně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu.



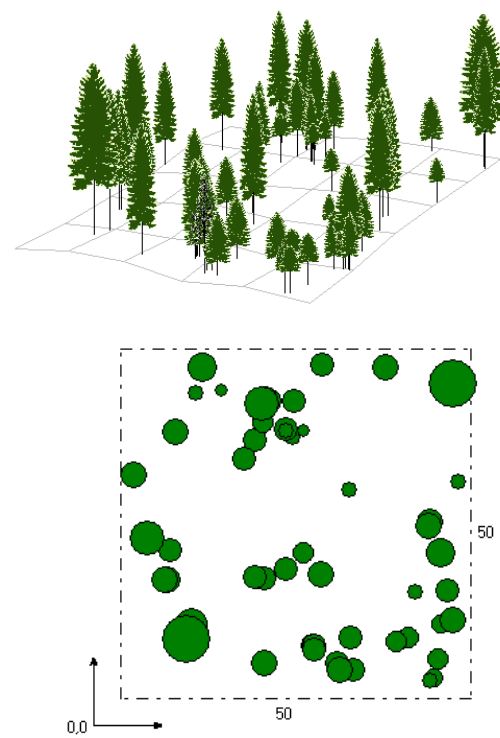
Obr. 35: Vizualizace aktuálního stavu smrkového porostu na TVP 2 v roce 2014.



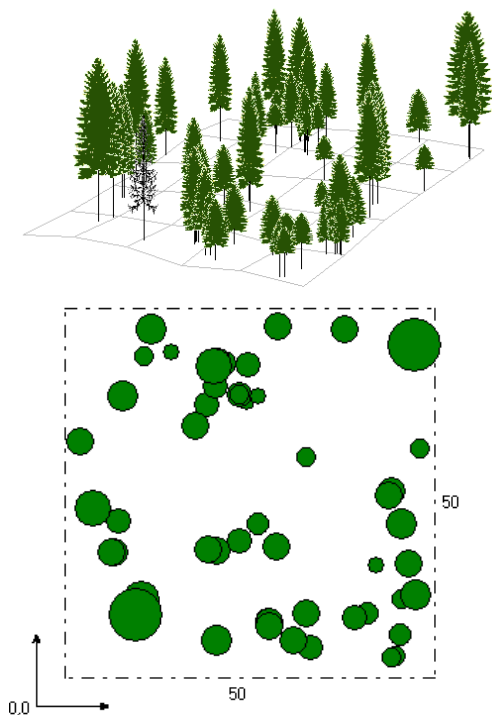
Obr. 36: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP P 2 v roce 2024.



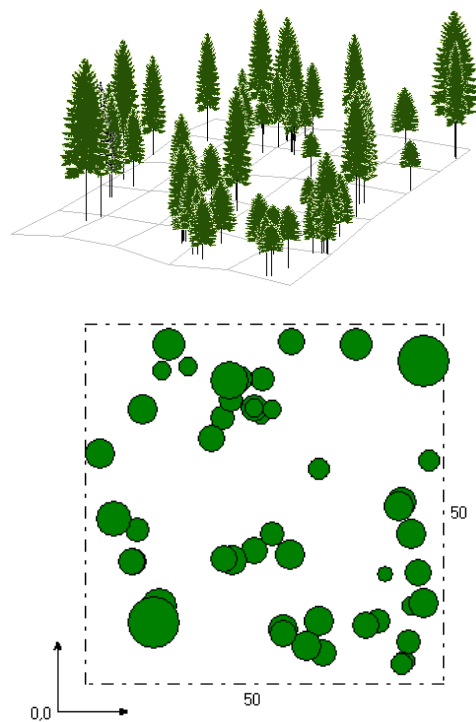
Obr. 37: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 2 v roce 2034.



Obr. 38: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 2 v roce 2044.



Obr. 39: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 2 v roce 2054.



Obr. 40: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 2 v roce 2064.

8.2.4. Strukturální diferenciace porostu

Vývoj hodnot strukturálních indexů (B – index porostní proměnlivosti, A – Artenprofil index, R – Clark-Evansův agregační index, B – index porostní proměnlivosti) v autochtonním smrkovém porostu na TVP 2 – Pod Voseckou boudou je znázorněn na Obr. 41 – 43 a uveden v Tab. 9. Horizontální struktura tohoto porostu je aktuálně mírně shlukovitá a s pokračující dynamikou porostu ve stadiu rozpadu se bude trend shlukovitosti do r. 2064 mírně snižovat. Jedná se o porost s vysokou prostorovou diverzitou s nárůstem a s dílčími oscilacemi v průběhu vývoje. Porostní proměnlivost tohoto porostu je v současné době mírně nižší, než tomu bude v roce 2064.

Vývoj počtu stromů a zásoby hlavního i podružného porostu je znázorněn na Obr. 44 a 45 a růstová tabulka vývoje pro sdružený smrkový porost (pro smrk a zároveň celkem) při simulaci samovývoje je uvedena v Tab. 11.

Vývoj denzity stromového patra (CC – taxační zápoj (stupeň zápoje), CP – biologický zápoj, SD – zakmenění, SDI – index hustoty porostu) je uveden v Tab. 10. Z uvedených hodnot je patrné, že se všechny hodnoty budou od roku 2024 zvyšovat

Tabulka 9: Vývoj strukturálních indexů stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.

Rok	Indexy					
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	K (J&Di)
2014	0,644	0,991	5,962	0,354	0,355	2,278
2024	0,721	0,951	5,236	0,315	0,283	1,716
2034	0,715	0,938	5,065	0,323	0,267	1,653
2044	0,772	0,905	4,916	0,327	0,250	1,633
2054	0,774	0,913	4,787	0,324	0,240	1,618
2064	0,776	0,877	4,715	0,326	0,226	1,597

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TMd – index tloušťkové diferenciace, TMh – index výškové diferenciace, K – index korunové diferenciace.

Tabulka 10: Vývoj zápoje a denzity stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.

Rok	Denzita			
	CP	CC	SDI	SD
2014	28,1	0,33	0,30	0,31
2024	30,9	0,37	0,24	0,30
2034	32,6	0,39	0,25	0,31
2044	34,3	0,42	0,27	0,32
2054	37,2	0,47	0,29	0,33
2064	39,5	0,50	0,31	0,34

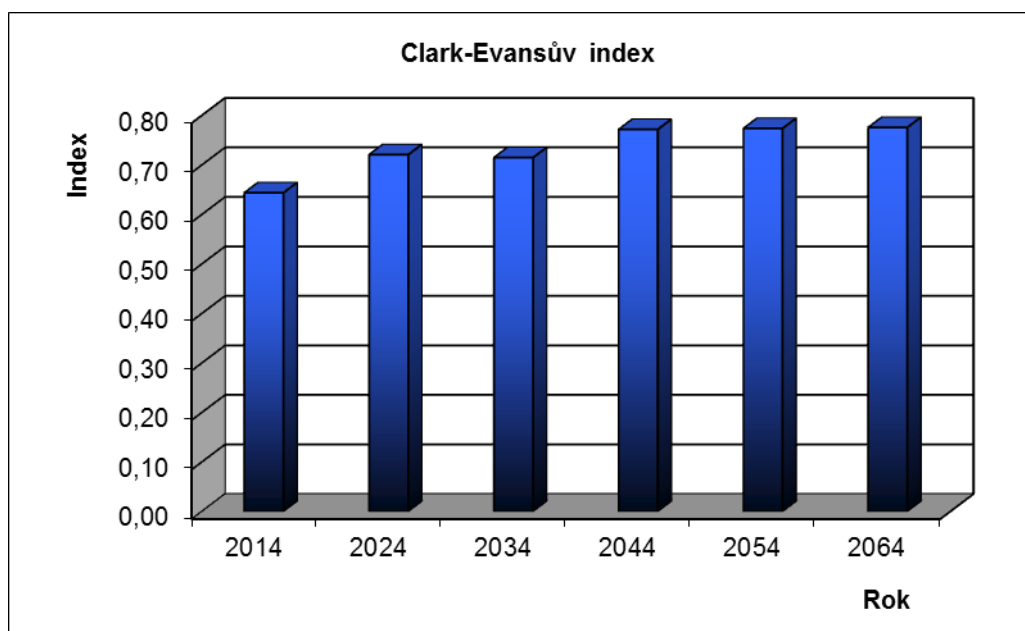
Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

Tabulka 11: Růstová tabulka vývoje sdruženého smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.

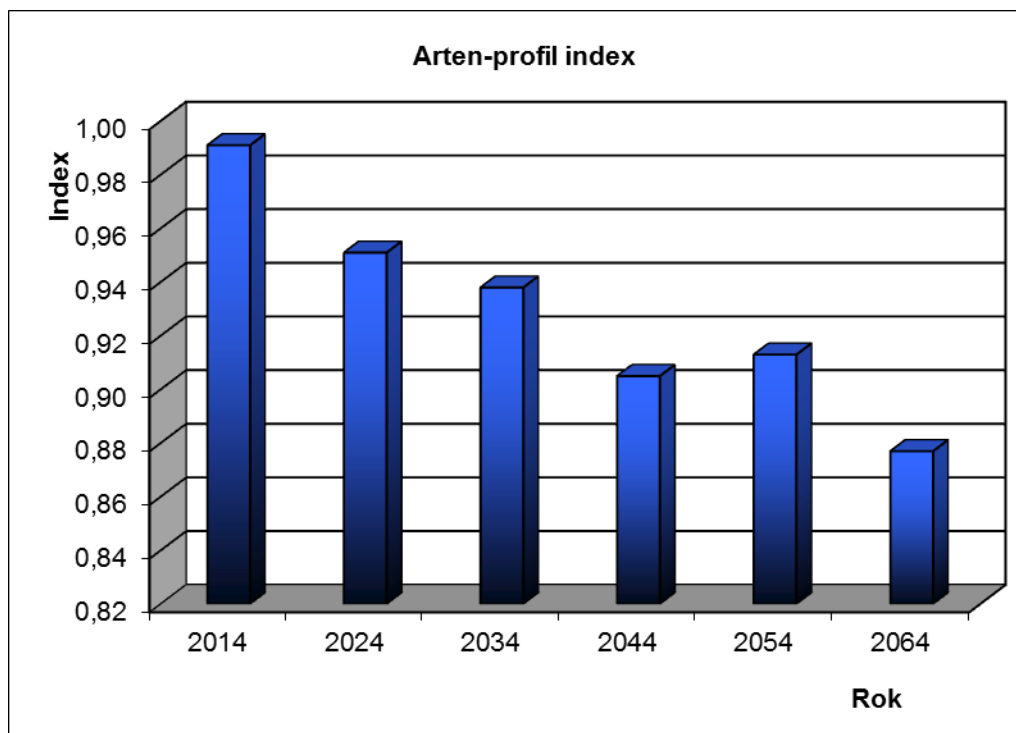
Celkem

Rok	Sdružený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2014	156	24,3	8,5	0,599	0,235	380	17,6	89	34,9	0,0	0,57	89
2024	165	27,3	11,3	0,549	0,364	256	14,9	93	41,5	1,1	0,60	99
2034	173	29,1	12,0	0,521	0,414	244	16,2	101	41,1	1,1	0,64	110
2044	175	30,5	12,4	0,496	0,448	236	17,1	106	40,5	1,1	0,69	121
2054	182	32,5	12,8	0,476	0,506	232	19,2	117	39,5	1,2	0,73	132
2064	190	34	13,1	0,464	0,550	228	20,6	125	38,4	1,3	0,76	145

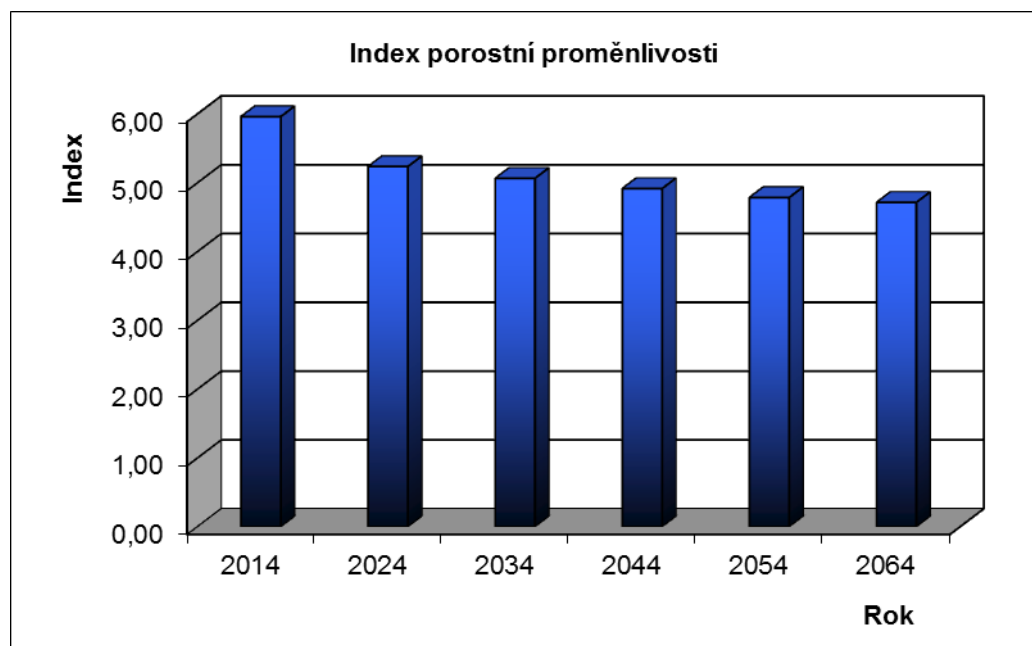
Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst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



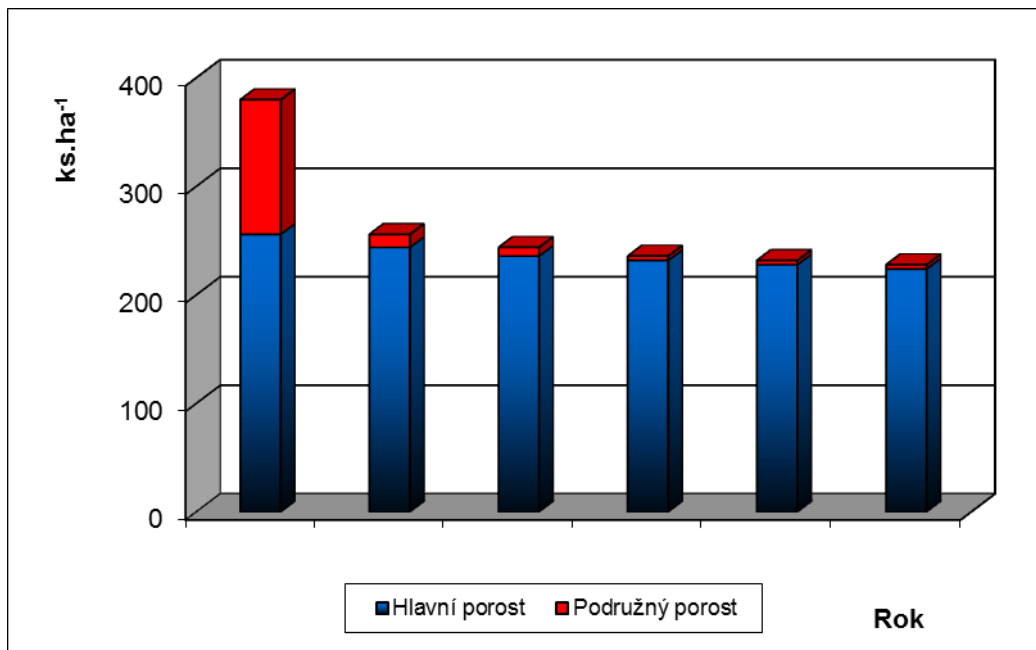
Obr. 41: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.



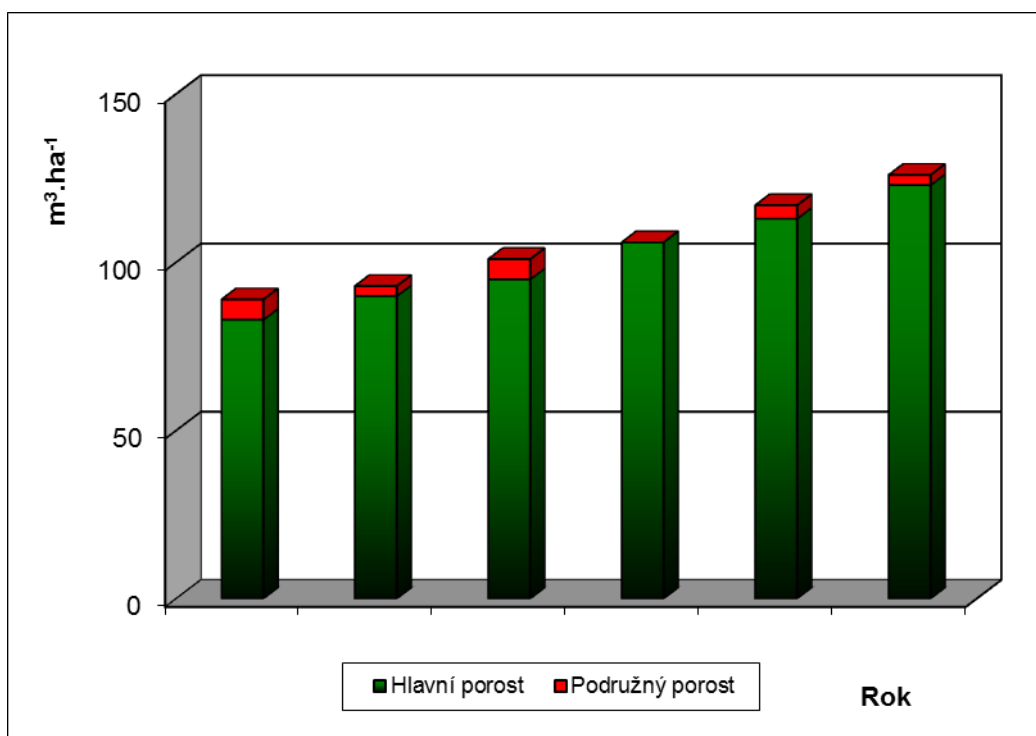
Obr. 42: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.



Obr. 43: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.



Obr. 44: Vývoj počtu jedinců v ks.ha⁻¹ stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.

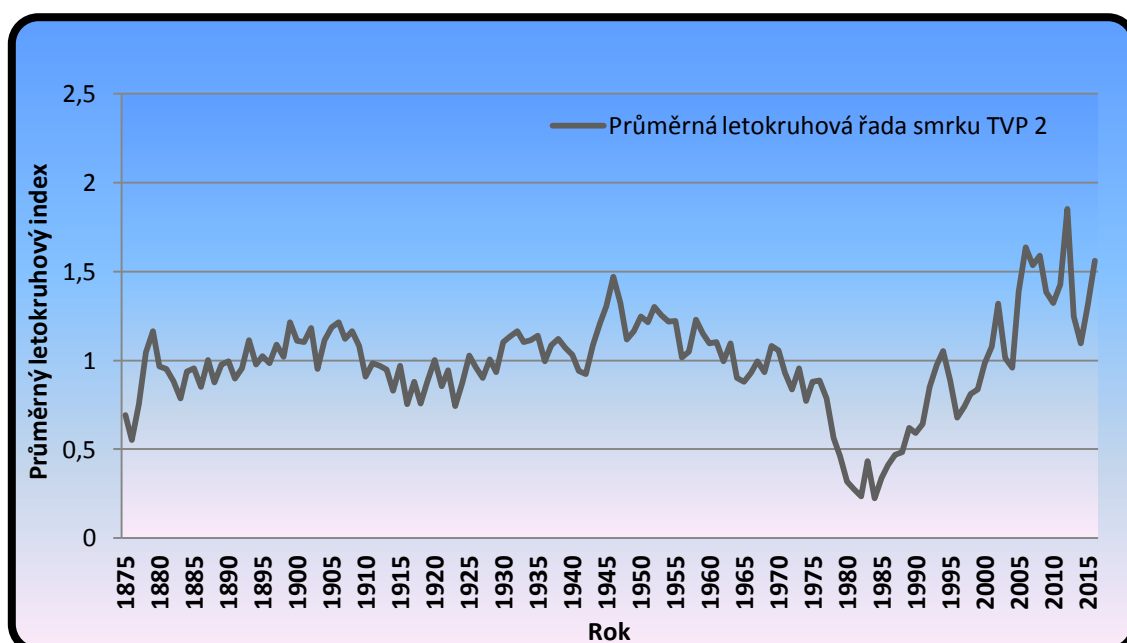


Obr. 45: Vývoj zásoby v m³.ha⁻¹ stromového patra smrkového porostu na TVP 2 při simulaci samovývoje.

8.2.5. Letokruhová analýza

Šířky letokruhů v tom pořadí, jak narůstaly, tedy od středu kmene směrem k obvodu, obdržíme řadu čísel, letokruhovou řadu. Letokruhovou řadu můžeme vyjádřit grafem, a to způsobem používaným téměř od počátku dendrochronologie: vodorovná osa je osou času, svislá je osou šířek letokruhů. Všechny letokruhové řady společně, pokládáme za signál, vše ostatní, čím se naopak vzájemně liší, za šum. Obzvláště charakteristické tvary letokruhových křivek označujeme termínem signatura. V tomto případě jde o signaturu „V“. Tento postup nazýváme průměrováním (sumarizací) letokruhových řad, jehož výsledkem je průměrná letokruhová řada (Obr. 46.) – (KYNCL et al. 2017).

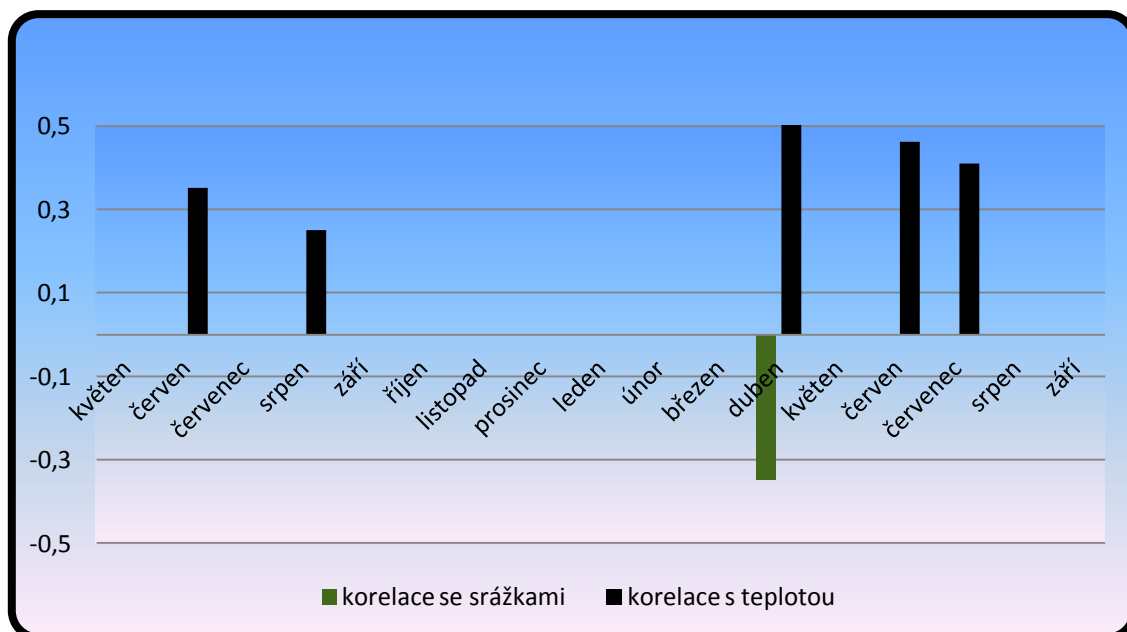
V grafu můžeme vidět, jak imisní kalamita, která začala v 80. letech minulého století, značně ovlivnila přírůst a jak se tento autochtonní smrkový porost v současnosti poměrně dobře vyrovnal s touto zátěží.



Obr. 46: Standardizovaná průměrná stanovištní chronologie smrku ztepilého z TVP 2 z let 1875–2015 vyjádřena letokruhovým indexem.

Průměrné letokruhové série z TVP 2 byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními srážkami a teplotami Obr. 47) podle jednotlivých let a pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).

Ze sloupcového grafu je vidět, že autochtonní smrkový porost na TVP 2 má také v průměru v měsíci dubnu nejmenší poměr úhrnu srážek a nejvyšší teploty panují v letních měsících.



Obr. 47: Dendroklim – koeficienty korelace regionální chronologie indexu letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a úhrnem srážek od května do prosince minulého roku a od ledna do srpna daného roku v letech 1875–2015 na TVP 2.

8.3. Struktura a vývoj na TVP 3 – Pod Voseckou boudou

8.3.1. Porostní a stanovištní podmínky



Obr. 48: Interiér autochtonního smrkového porostu na TVP 3 – Pod Voseckou boudou (foto: Š. Votava).

TVP 3 – Pod Voseckou boudou byla založena v roce 2014 a leží ve středně členitém terénu, na svahu s jihozápadní expozicí v nadmořské výšce okolo 1180 m n. m. Náleží k LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová, půdním typem je zde glej organozemní. Jedná se o porost fenotypové třídy B. Střední výška porostu je 13,2 m a střední tloušťka porostu je zde 37,8 cm. Co se týče zastoupení stromů na TVP 3, tak ta činí 372 ks/ha.

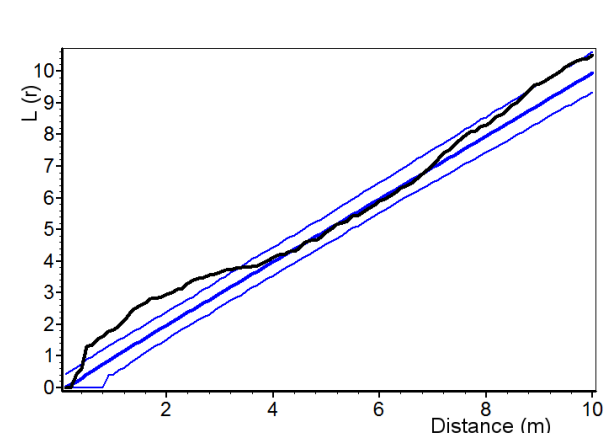
Porost lze charakterizovat jako značně rozvolněnou vyspělou kmenovinu s pomístní přirozenou obnovou, která roste na méně podmáčených míst. Velikou roli na těchto podmáčených a rašelinných stanovištích hraje odumřelé dřevo a to z důvodu toho, že vytváří ideální podmínky pro růst semenáčků a vzniká menší riziko toho, že zde semenáčky odumřou kvůli větší koncentraci vody. Horní etáž tvoří 196 let starý porost smrku ztepilého. Spodní etáž pomístně tvoří taktéž pouze smrk ztepilý. Zastoupení smrku ztepilého je zde tedy 100%. Z hlediska malého vývojového cyklu lesa se porost nachází ve stadiu rozpadu s fází obnovy.

Pokryvnost bylinného patra je zde vysoká (95 %), převažují v něm druhy rostoucí na podmáčených a rašelinných stanovištích a to druhy třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a keříčky brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) – (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

8.3.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu

Na většině plochy porostu převládá diferencovaná struktura. Věk většiny jedinců smrku zde kolísá kolem 200 let.

Hodnoty indexů horizontální struktury jedinců stromového patra jsou uvedeny v tab. 12. Podle všech tří zjišťovaných strukturálních indexů (David-Moore, Clark-Evansova, PielouMountfordova a Hopkins-Skellamova) je rozmístění jedinců na TVP 1 Pod Voseckou boudou agregované. Agregované uspořádání jedinců stromového patra podle jejich vzdálenosti potvrzuje také Ripleyho L-funkce (Obr. 49).



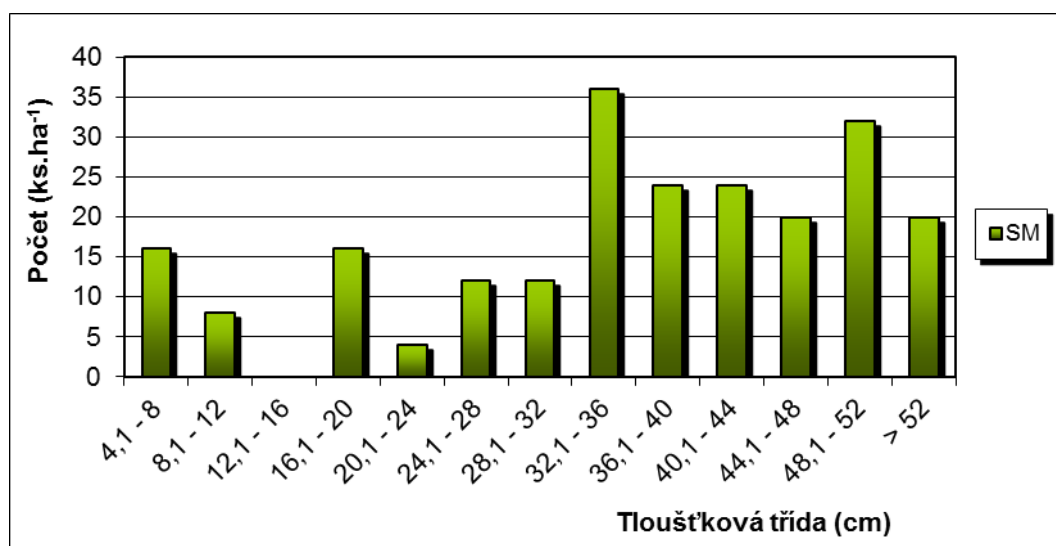
Obr. 49: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 3 vyjádřená L-funkcí.

Tabulka 12: Indexy popisující horizontální strukturu smrkového porostu na TVP 3.

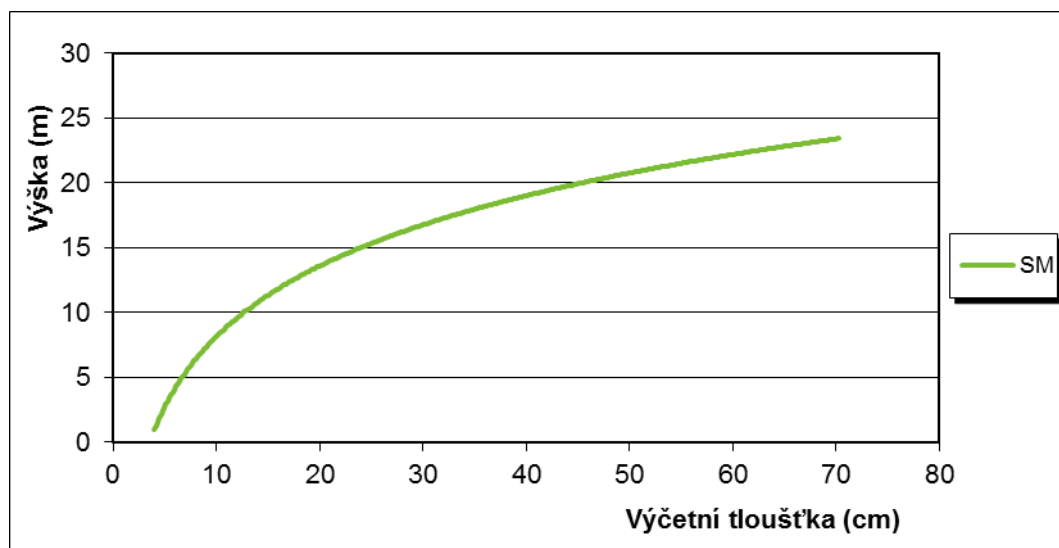
Index	Zjištěné hodnoty	Očekávané hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,500	0,499	0,410	0,608
Pielou–Mountford	1,029	1,116	0,841	1,541
David–Moore	0,882*	1,049	0,925	1,170
Clark–Evans	0,287	-0,005	-0,256	0,287

* statisticky významné

Rozdělení do tloušťkových tříd zachycuje obr. 50 a 51. Rozdělení v tloušťkových třídách bylo poměrně nerovnoměrné. Nejvíce zastoupeny byly tloušťky od 32,1 cm do 36 cm. Nejslabší třídy se skoro nevyskytují vzhledem ke stadiu optima tohoto porostu a také kvůli málo narušenému zápoji. Z větších tlouštěk jsou zde zastoupeny, tloušťky od 48,1 cm do 52 cm a pouze pár jedinců s tloušťkou větší než 52 cm. Histogram zachycující stav v roce 2014 větší nárůst tlouštěk v rozmezí 32 až 52 cm.



Obr. 50: Histogram tloušťkových tříd ve smrkovém porostu na TVP 3.

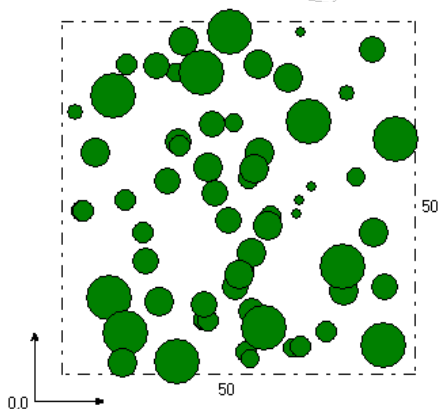
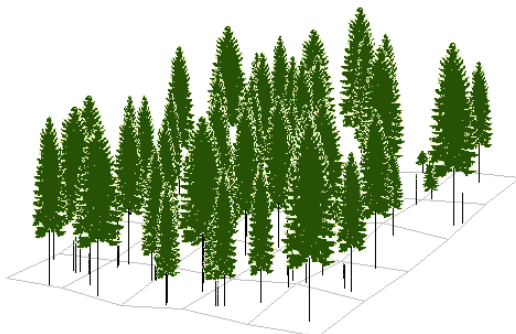


Obr. 51: Vztah mezi výčetní tloušťkou a výškou stromů ve smrkovém porostu na TVP 3.

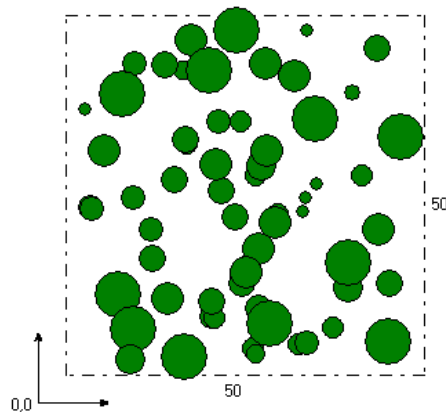
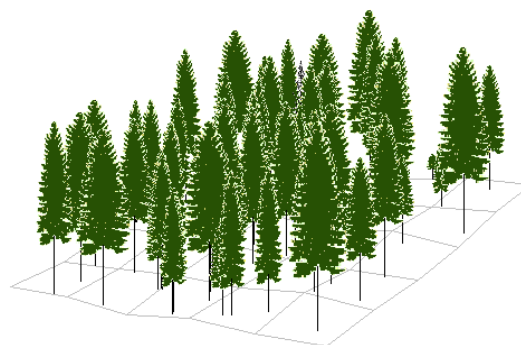
8.3.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu

Autochtonní smrkový porost, II. zóna NP. Zastoupení dřevin rámcově odpovídá přirozené druhové skladbě v rámci malého vývojového cyklu. Porost je výrazně věkově a prostorově diferencovaný. Ve stromovém patře tvoří značně diferencovanou kmenovinu v počátečním stadiu rozpadu a na silně prosvětlených místech se ojediněle vyskytuje jednotlivá přirozená obnova smrku ztepilého (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

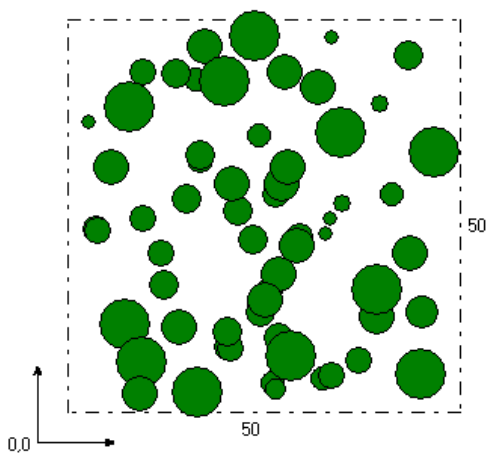
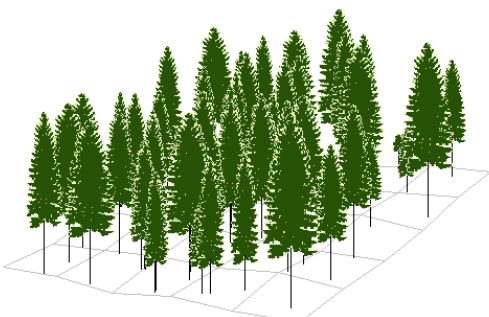
Na vizualizaci (Obr. 52 – Obr. 57) můžeme vidět růstovou predikci po 10 letech od roku 2014 až do roku 2064, na které je zřejmé, že by porost v budoucnu měl mít dobré autoregulační schopnosti a měl by se vyvíjet úměrně vývojovým stádiím malého vývojového cyklu.



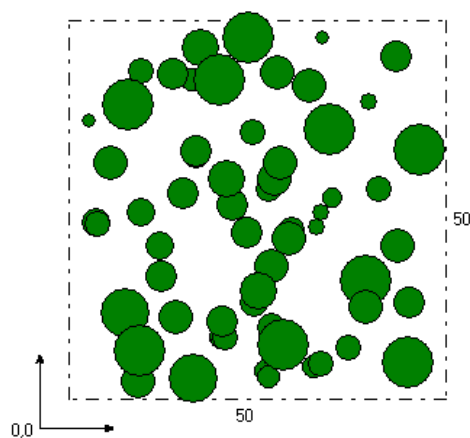
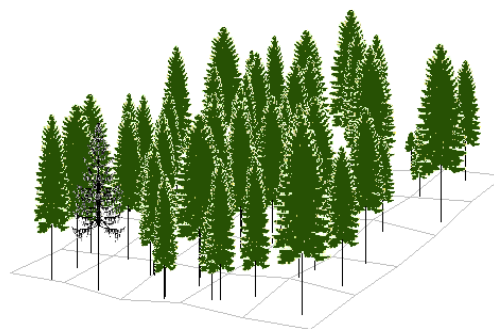
Obr. 52: Vizualizace aktuálního stavu smrkového porostu na TVP 3 v roce 2014.



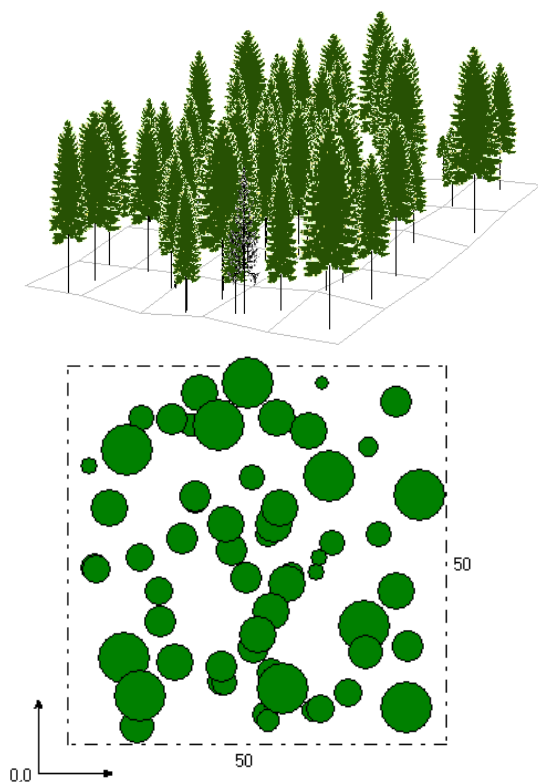
Obr. 53: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 3 v roce 2024.



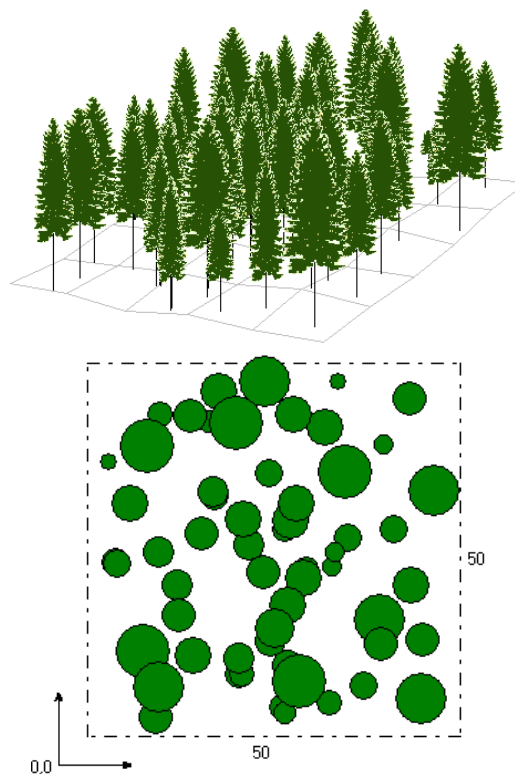
Obr. 54: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 3 v roce 2034.



Obr. 55: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 3 v roce 2044.



Obr. 56: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 3 v roce 2054.



Obr. 57: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 3 v roce 2064.

8.3.4. Strukturální diferenciace porostu

Vývoj hodnot strukturálních indexů (B – index porostní proměnlivosti, A – Artenprofil index, R – Clark-Evansův agregační index, B – index porostní proměnlivosti) v autochtonním smrkovém porostu na TVP 3 – Pod Voseckou budou je znázorněn na Obr. 58 – 60 a uveden v Tab. 13. Horizontální struktura tohoto porostu je aktuálně mírně shlukovitá a s pokračující dynamikou porostu ve stadiu rozpadu se bude trend shlukovitosti do r. 2064 mírně snižovat. Jedná se o porost s vysokou prostorovou diverzitou s nárůstem a s dílčími oscilacemi v průběhu vývoje. Porostní proměnlivost tohoto porostu je v současné době mírně nižší, než tomu bude v roce 2064.

Vývoj počtu stromů a zásoby hlavního i podružného porostu je znázorněn na Obr. 61 a Obr. 62 a růstová tabulka vývoje pro sdružený smrkový porost (pro smrk a zároveň celkem) při simulaci samovývoje je uvedena v Tab. 15.

Vývoj denzity stromového patra (CC – taxační zápoj (stupeň zápoje), CP – biologický zápoj, SD – zakmenění, SDI – index hustoty porostu) je uveden v Tab. 14. Z uvedených hodnot je patrné, že se všechny hodnoty budou od roku 2024 zvyšovat

Tabulka 13: Vývoj strukturálních indexů stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.

Rok	Indexy					
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	K (J&Di)
2014	0,808	0,828	6,012	0,367	0,485	2,405
2024	1,061	0,532	5,059	0,323	0,224	1,572
2034	1,079	0,527	4,835	0,330	0,215	1,492
2044	1,079	0,523	4,601	0,324	0,202	1,396
2054	1,056	0,539	4,497	0,317	0,195	1,355
2064	1,086	0,540	4,402	0,313	0,197	1,329

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TMd – index tloušťkové diferenciace, TMh – index výškové diferenciace, K – index korunové diferenciace.

Tabulka 14: Vývoj zápoje a denzity stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.

Rok	Denzita			
	CP	CC	SDI	SD
2014	46,5	0,63	0,59	0,70
2024	49,2	0,68	0,50	0,70
2034	51,2	0,72	0,52	0,71
2044	53,7	0,77	0,56	0,74
2054	55,2	0,80	0,58	0,75
2064	57,4	0,85	0,61	0,77

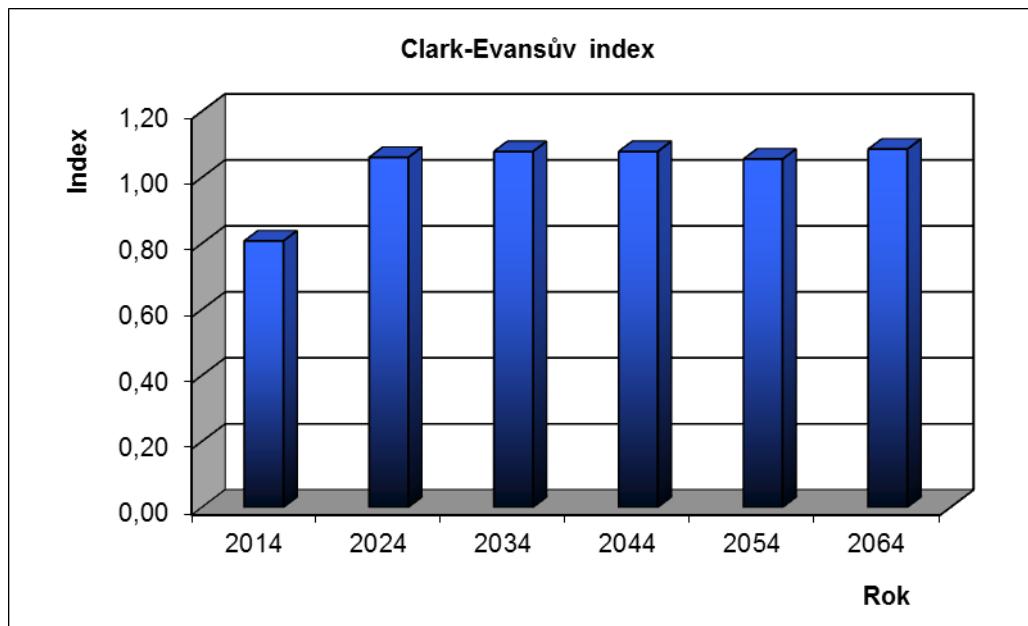
Vysvětlivky: CP – plocha projekce, CC - zápoj, SDI – index hustoty, SD – zakmenění.

Tabulka 15: Růstová tabulka vývoje sduženého smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.

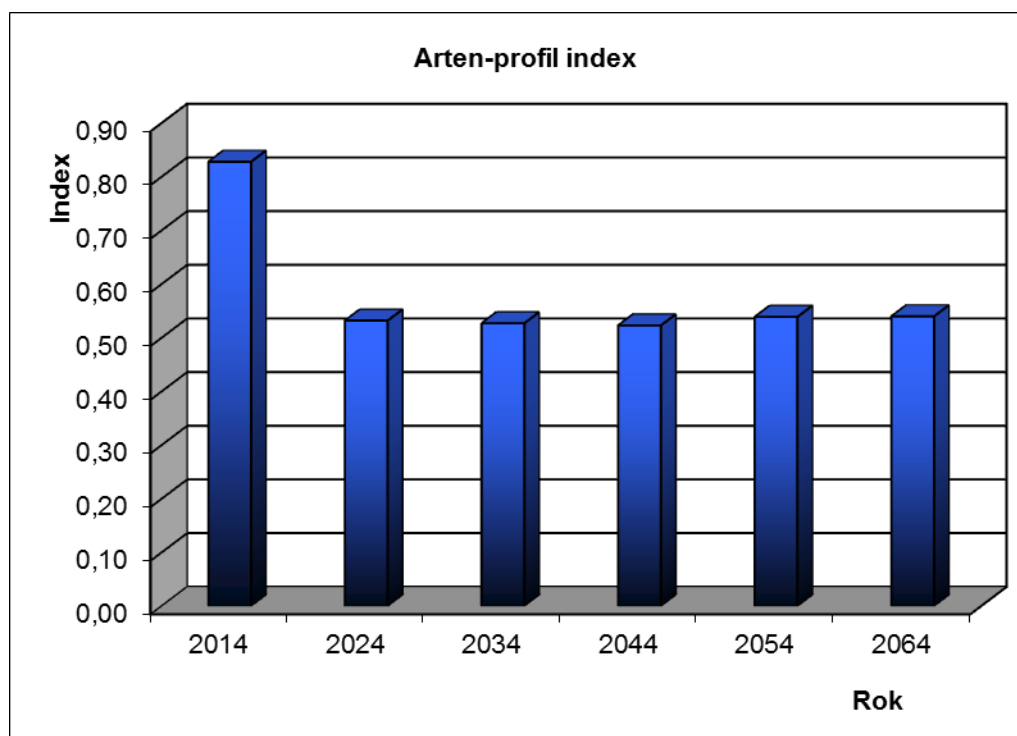
Celkem

Rok	Sdužený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2014	196	37,8	13,2	0,482	0,713	372	41,6	265	34,9	0,0	1,35	265
2024	208	43,5	17,8	0,418	1,104	252	37,3	278	40,9	2,4	1,39	289
2034	217	45,2	18,0	0,413	1,190	248	39,8	295	39,8	2,3	1,44	312
2044	226	47,0	18,2	0,406	1,283	248	43,0	318	38,7	2,5	1,48	335
2054	234	48,7	18,3	0,401	1,365	244	45,3	333	37,6	2,5	1,54	361
2064	244	50,6	18,5	0,397	1,473	240	48,2	353	36,5	2,5	1,57	384

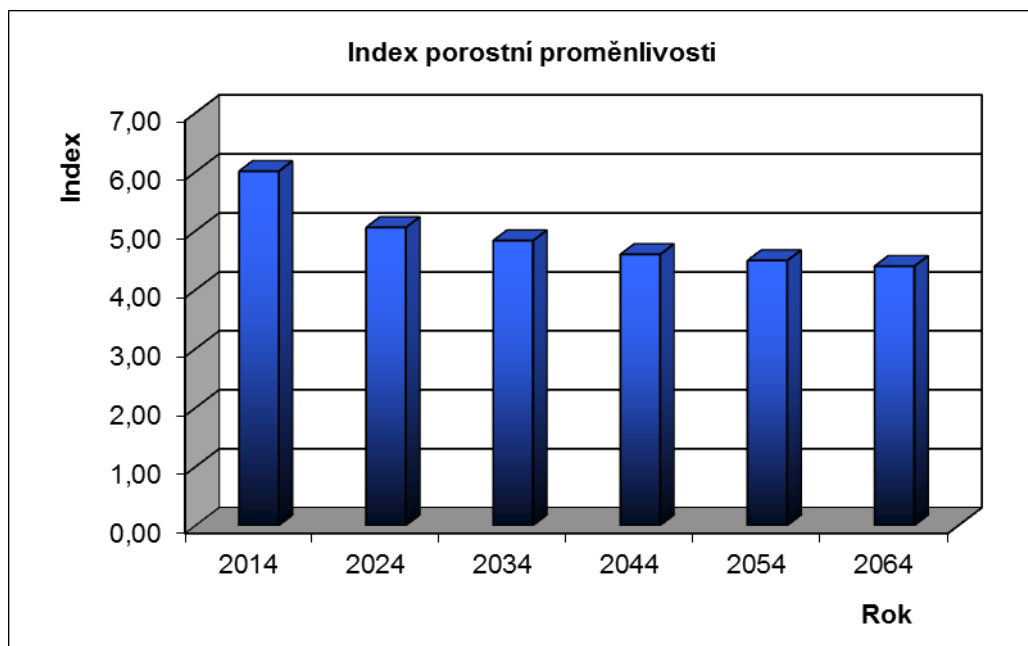
Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst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



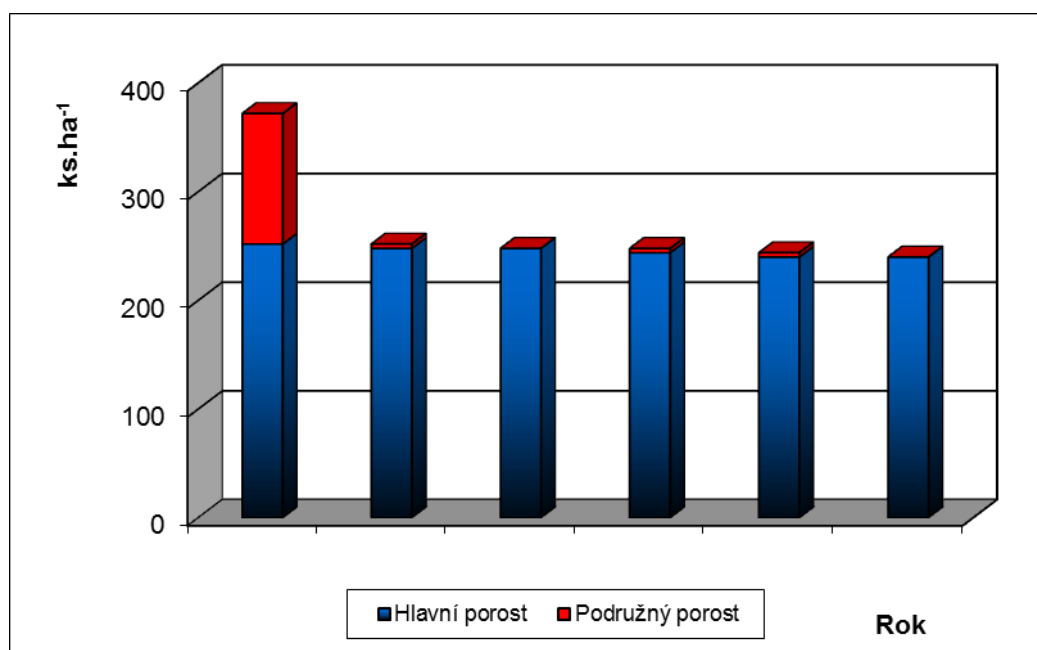
Obr. 58: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.



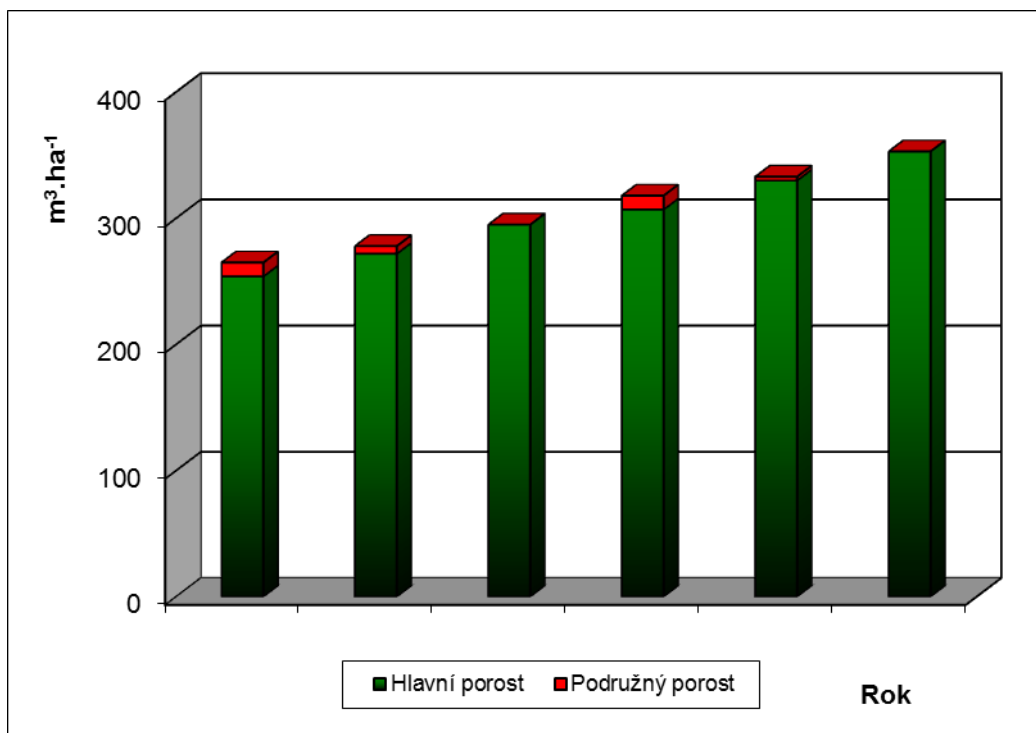
Obr. 59: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.



Obr. 60: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.



Obr. 61: Vývoj počtu jedinců v ks.ha^{-1} stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.

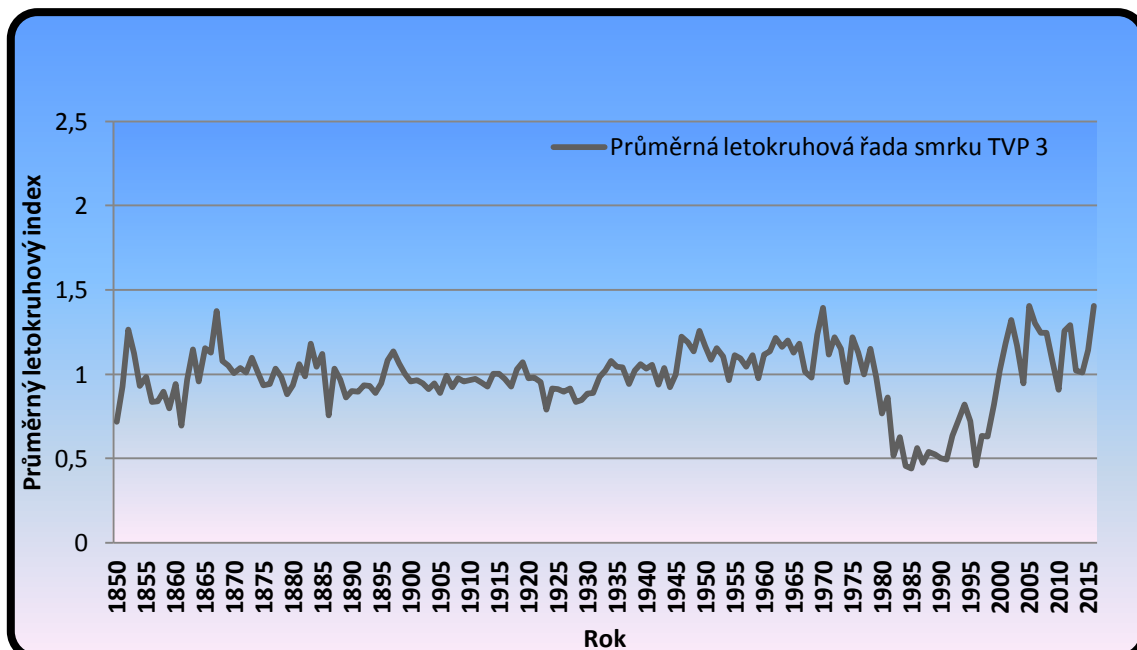


Obr. 62: Vývoj zásoby v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ stromového patra smrkového porostu na TVP 3 při simulaci samovývoje.

8.3.5. Letokruhová analýza

Šírky letokruhů v tom pořadí, jak narůstaly, tedy od středu kmene směrem k obvodu, obdržíme řadu čísel, letokruhovou řadu. Letokruhovou řadu můžeme vyjádřit grafem, a to způsobem používaným téměř od počátku dendrochronologie: vodorovná osa je osou času, svislá je osou šířek letokruhů. Všechny letokruhové řady společně, pokládáme za signál, vše ostatní, čím se naopak vzájemně liší, za šum. Obzvláště charakteristické tvary letokruhových křivek označujeme termínem signatura. V tomto případě jde o signaturu „V“. Tento postup nazýváme průměrováním (sumarizací) letokruhových řad, jehož výsledkem je průměrná letokruhová řada (Obr. 63) – (KYNCL et al. 2017).

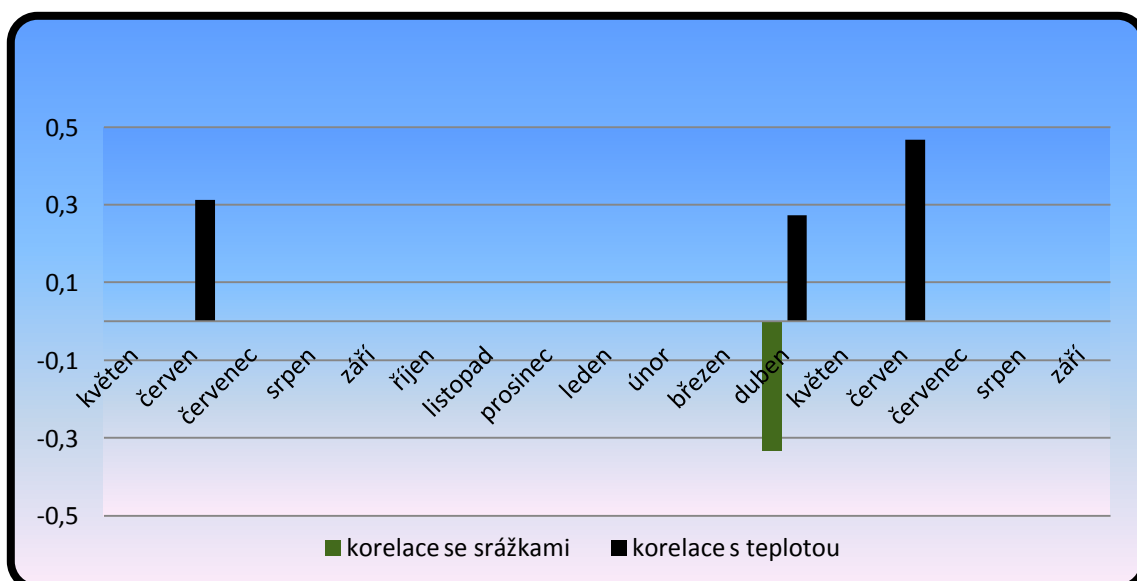
V grafu můžeme vidět, jak imisní kalamita, která začala v 80. letech minulého století, značně ovlivnila přírůst a jak se tento autochtonní smrkový porost v současnosti poměrně dobře vyrovnal s touto zátěží.



Obr. 63: Standardizovaná průměrná stanovištní chronologie smrku ztepilého z TVP 3 z let 1850–2015 vyjádřena letokruhovým indexem.

Průměrné letokruhové série z TVP 3 byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními srážkami a teplotami; Obr. 64) podle jednotlivých let a pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).

Ze sloupcového grafu je vidět, že autochtonní smrkový porost na TVP 3 má také v průměru v měsíci dubnu nejmenší poměr úhrnu srážek a nejvyšší teploty panují v letních měsících.



Obr. 64: Dendroklím – koeficienty korelace regionální chronologie indexu letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a úhrnem srážek od května do prosince minulého roku a od ledna do srpna daného roku v letech 1850–2015 na TVP 3.

8.4. Struktura a vývoj na TVP 4 – Pod Voseckou boudou

8.4.1. Porostní a stanovištní podmínky



Obr. 65: Interiér autochtonního smrkového porostu na TVP 4 – Pod Voseckou boudou (foto: Š. Votava).

TVP 4 – Pod Voseckou boudou byla založena v roce 2014. TVP leží ve středně členitém terénu, na svahu s jihozápadní expozicí v nadmořské výšce okolo 1180 m n. m. Náleží k LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová, půdním typem je zde glej organozemní. Jedná se o porost fenotypové třídy B. Střední výška porostu je 8,8 m a střední tloušťka porostu je zde 29,1 cm. Co se týče zastoupení stromů na TVP 3, tak ta činí 380 ks/ha.

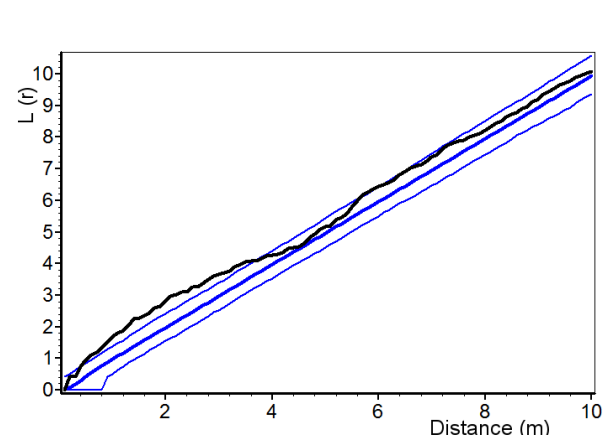
Porost lze charakterizovat jako značně rozvolněnou vyspělou kmenovinu s pomístní přirozenou obnovou, která roste na méně podmáčených míst. Velikou roli na těchto podmáčených a rašelinných stanovištích hraje odumřelé dřevo a to z důvodu toho, že vytváří ideální podmínky pro růst semenáčků a vzniká menší riziko toho, že zde semenáčky odumřou kvůli větší koncentraci vody. Horní etáž tvoří 191 let starý porost smrku ztepilého. Spodní etáž pomístně tvoří také pouze smrk ztepilý. Zastoupení smrku ztepilého je zde tedy 100%. Z hlediska malého vývojového cyklu lesa se porost nachází ve stadiu rozpadu s fází obnovy.

Pokryvnost bylinného patra je zde vysoká (95 %), převažují v něm druhy rostoucí na podmáčených a rašelinných stanovištích a to druhy třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a keříčky brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) – (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

8.4.2. Horizontální struktura a biometrická charakteristika porostu

Na většiny plochy porostu převládá diferencovaná struktura. Věk většiny jedinců smrku zde kolísá kolem 200 let.

Hodnoty indexů horizontální struktury jedinců stromového patra jsou uvedeny v tab. 16. Podle všech tří zjišťovaných strukturálních indexů (David-Moore, Clark-Evansova, PielouMountfordova a Hopkins-Skellamova) je rozmístění jedinců na TVP 1 Pod Voseckou boudou agregované. Agregované uspořádání jedinců stromového patra podle jejich vzdálenosti potvrzuje také Ripleyho L-funkce (Obr. 66).



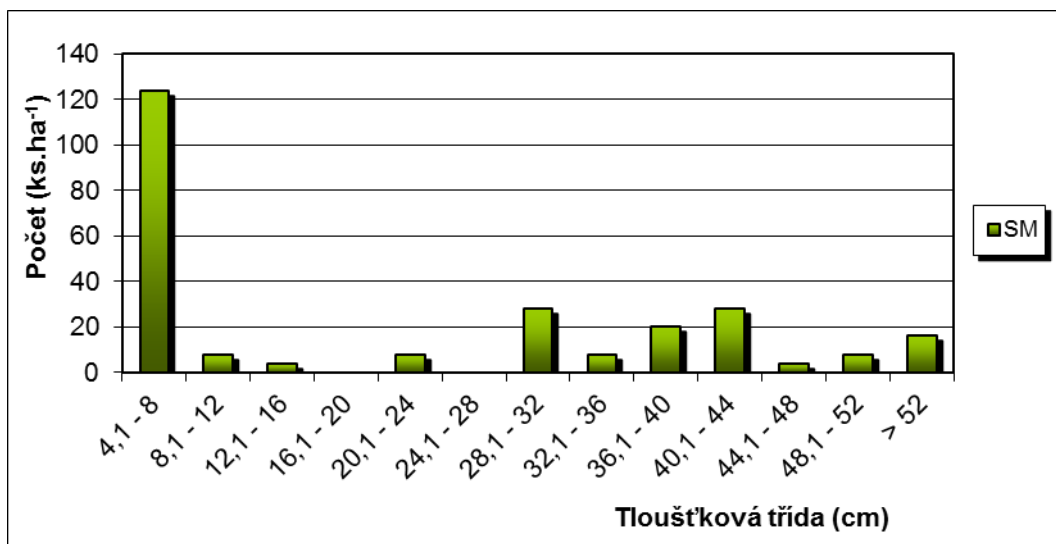
Obr. 66: Horizontální struktura horní etáže stromového patra na TVP 4 vyjádřená L-funkcí.

Tabulka 16: Indexy popisující horizontální strukturu smrkového porostu na TVP 4.

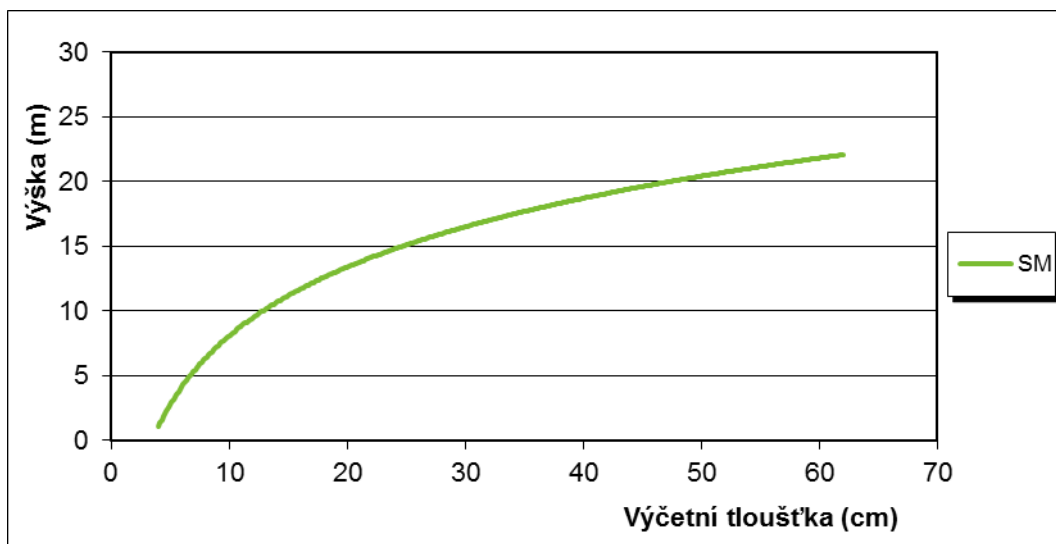
Index	Zjištěné hodnoty	Očekávané hodnoty	Dolní mez	Horní mez
Hopkins–Skellam	0,580	0,497	0,413	0,596
Pielou–Mountford	1,145	1,105	0,853	1,471
David–Moore	0,817*	1,047	0,936	1,163
Clark–Evans	0,454	-0,003	-0,248	0,326

* statisticky významné

Rozdělení do tloušťkových tříd zachycuje obr. 67 a 68. Rozdělení v tloušťkových třídách bylo poměrně nerovnoměrné. Nejvíce zastoupeny byly tloušťky od 4,1 cm do 8 cm. Nejslabší třída této TVP má lehce navrch. Z větších tloušťek jsou zde zastoupeny, tloušťky od 36,1 cm do 44 cm a pouze pár jedinců s tloušťkou větší než 52 cm. Histogram zachycující stav v roce 2014 větší nárůst tloušťek v rozmezí 30 až 40 cm.



Obr. 67: Histogram tloušťkových tříd ve smrkovém porostu na TVP 4.

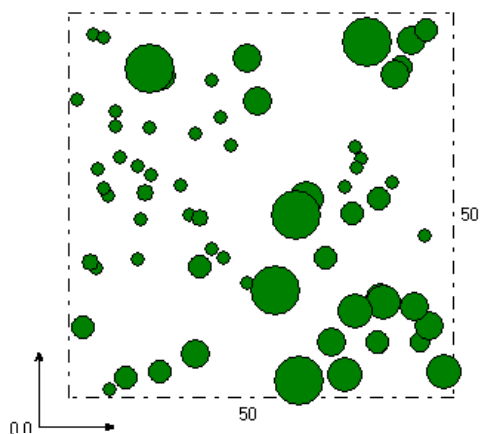


Obr. 68: Vztah mezi výčetní tloušťkou a výškou stromů ve smrkovém porostu na TVP 4.

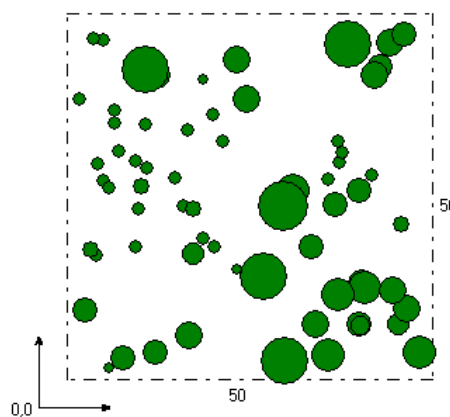
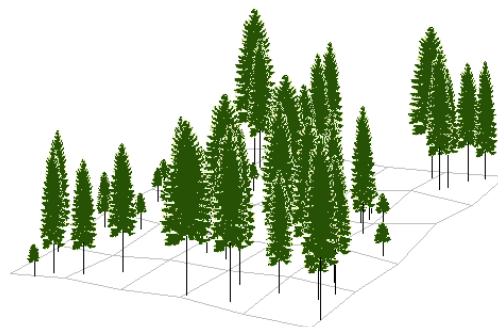
8.4.3. Růstová predikce a simulace vývoje porostu

Autochtonní smrkový porost, II. zóna NP. Zastoupení dřevin rámcově odpovídá přirozené druhové skladbě v rámci malého vývojového cyklu. Porost je výrazně věkově a prostorově diferencovaný. Ve stromovém patře tvoří značně diferencovanou kmenovinu v počátečním stadiu rozpadu a na silně prosvětlených místech se ojediněle vyskytuje jednotlivá přirozená obnova smrku ztepilého (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009).

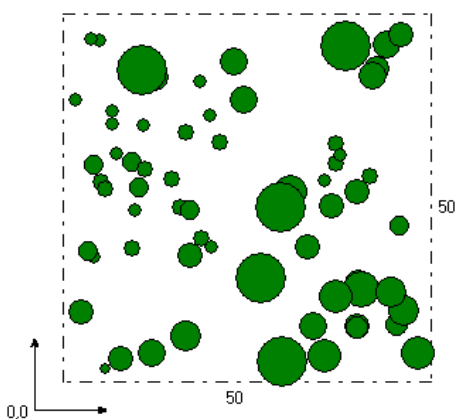
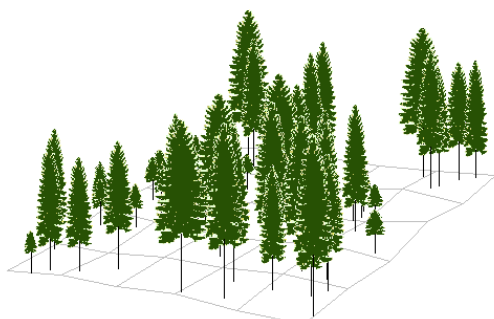
Na vizualizaci (Obr. 69 – 74) můžeme vidět růstovou predikci po 10 letech od roku 2014 až do roku 2064, na které je zřejmé, že by porost v budoucnu měl mít dobré autoregulační schopnosti a měl by se vyvíjet úměrně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu.



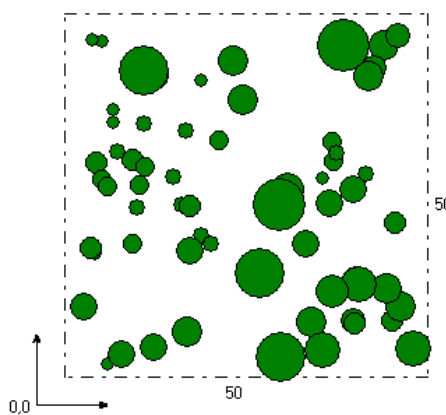
Obr. 69: Vizualizace aktuálního stavu smrkového porostu na TVP 4 v roce 2014.



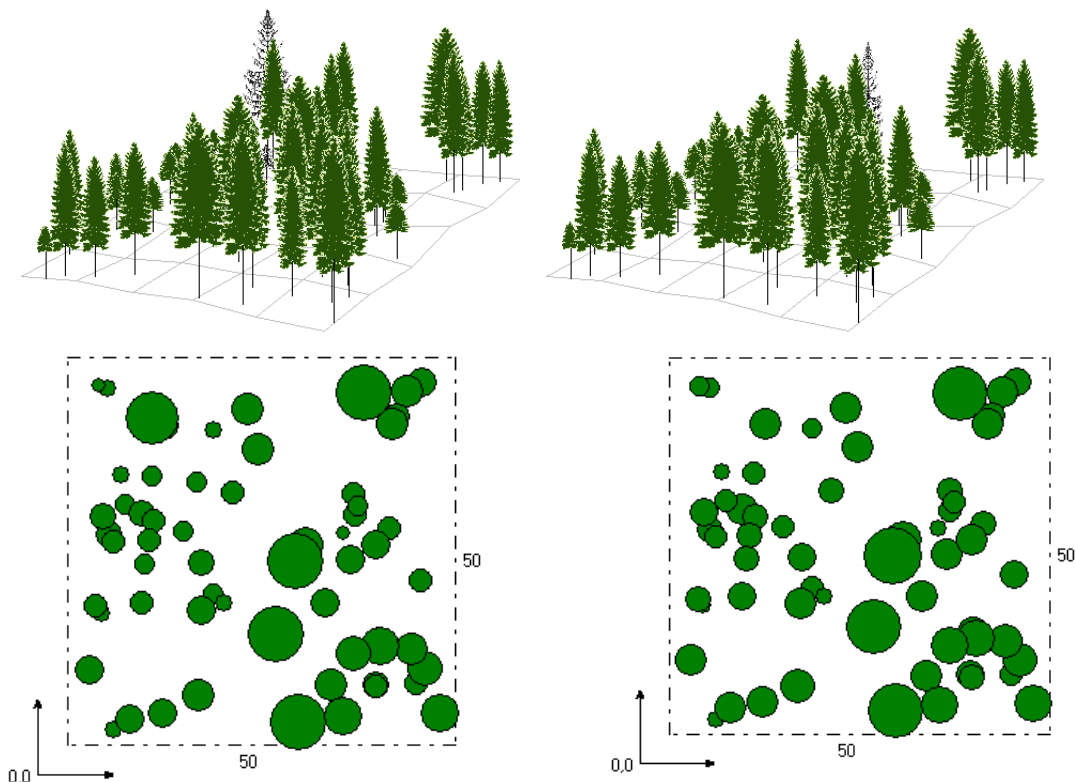
Obr. 70: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 4 v roce 2024.



Obr. 71: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 4 v roce 2034.



Obr. 72: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 4 v roce 2044.



Obr. 73: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 4 v roce 2054.

Obr. 74: Predikce vývoje smrkového porostu na TVP 4 v roce 2064.

8.4.4. Strukturální diferenciacce porostu

Vývoj hodnot strukturálních indexů (B – index porostní proměnlivosti, A – Artenprofil index, R – Clark-Evansův agregační index, B – index porostní proměnlivosti) v autochtonním smrkovém porostu na TVP 4 – Pod Voseckou budou je znázorněn na Obr. 75 – 77 a uveden v Tab. 17. Horizontální struktura tohoto porostu je aktuálně mírně shlukovitá a s pokračující dynamikou porostu ve stadiu rozpadu se bude trend shlukovitosti do r. 2064 mírně snižovat. Jedná se o porost s vysokou prostorovou diverzitou s nárůstem a s dílčími oscilacemi v průběhu vývoje. Porostní proměnlivost tohoto porostu je v současné době mírně nižší, než tomu bude v roce 2064.

Vývoj počtu stromů a zásoby hlavního i podružného porostu je znázorněn na Obr. 78 a 79 a růstová tabulka vývoje pro sdružený smrkový porost (pro smrk a zároveň celkem) při simulaci samovývoje je uvedena v Tab. 19.

Vývoj denzity stromového patra (CC – taxační zápoj (stupeň zápoje), CP – biologický zápoj, SD – zakmenění, SDI – index hustoty porostu) je uveden v Tab. 18. Z uvedených hodnot je patrné, že se všechny hodnoty budou od roku 2024 zvyšovat

Tabulka 17: Vývoj indexů stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.

Rok	Indexy					
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM _d (Fi)	TM _h (Fi)	K (J&Di)
2014	0,749	0,942	6,030	0,394	0,368	2,322
2024	0,906	0,682	5,224	0,328	0,264	1,717
2034	0,917	0,713	5,125	0,320	0,231	1,690
2044	0,906	0,761	4,968	0,321	0,216	1,659
2054	0,938	0,792	4,836	0,296	0,195	1,644
2064	0,937	0,810	4,739	0,298	0,193	1,624

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM_d – index tloušťkové diferenciaci, TM_h – index výškové diferenciaci, K – index korunové diferenciaci.

Tabulka 18: Vývoj zápoje a denzity stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.

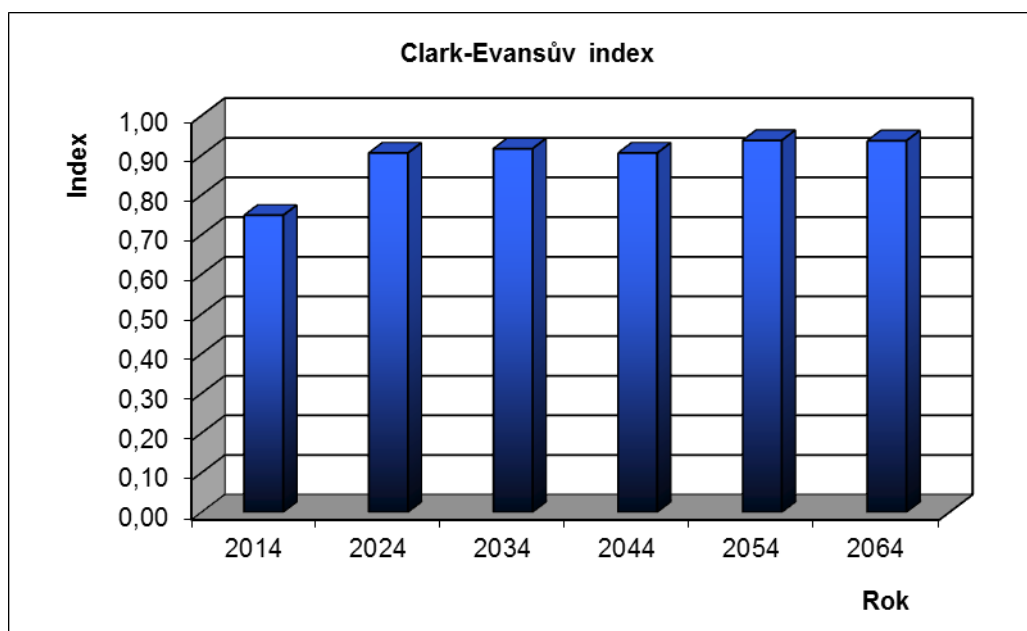
Rok	Denzita			
	CP	CC	SDI	SD
2014	31,4	0,38	0,40	0,38
2024	34,2	0,42	0,30	0,36
2034	37,4	0,47	0,33	0,38
2044	40,0	0,51	0,34	0,39
2054	42,0	0,54	0,35	0,38
2064	45,0	0,60	0,37	0,41

Tabulka 19: Růstová tabulka vývoje sduženého smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.

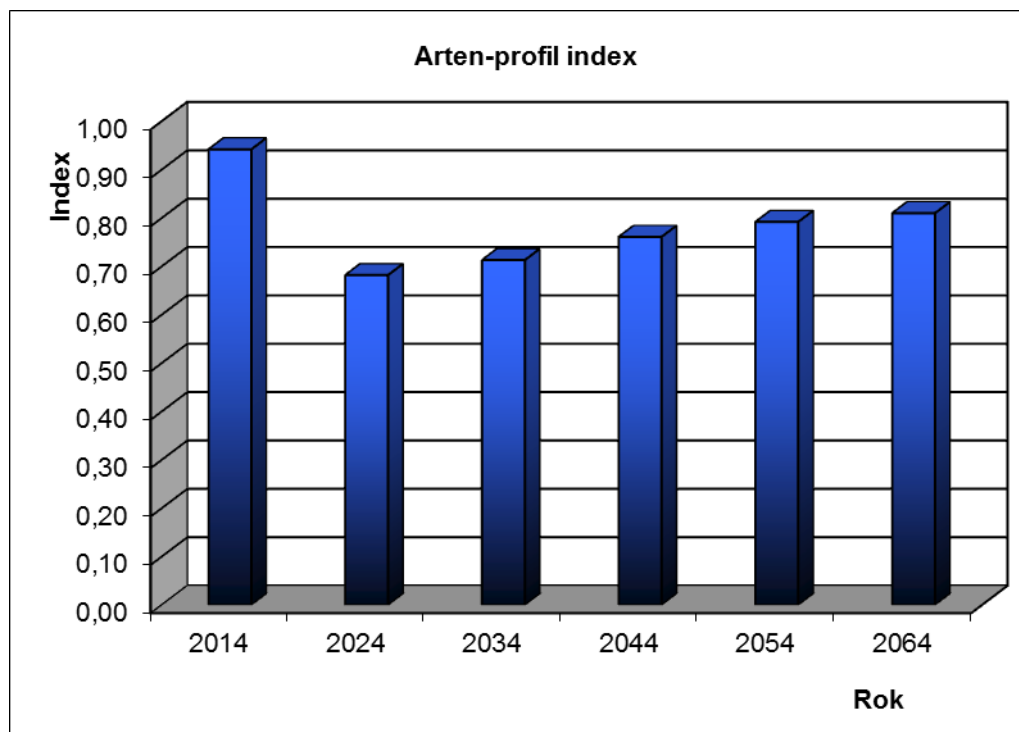
Celkem

Rok	Sdužený porost											
	t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2014	191	29,1	8,8	0,623	0,365	380	25,1	139	30,3	0,0	0,73	139
2024	203	30,9	11,5	0,614	0,531	264	19,7	140	37,3	1,4	0,75	152
2034	211	32,7	12,3	0,573	0,591	260	21,8	154	37,6	1,4	0,79	166
2044	217	33,9	12,7	0,546	0,625	256	23,0	160	37,4	1,4	0,83	180
2054	225	35,5	13,0	0,526	0,677	244	24,0	165	36,6	1,4	0,86	194
2064	232	37,7	13,6	0,501	0,760	236	26,3	179	36,0	1,5	0,90	208

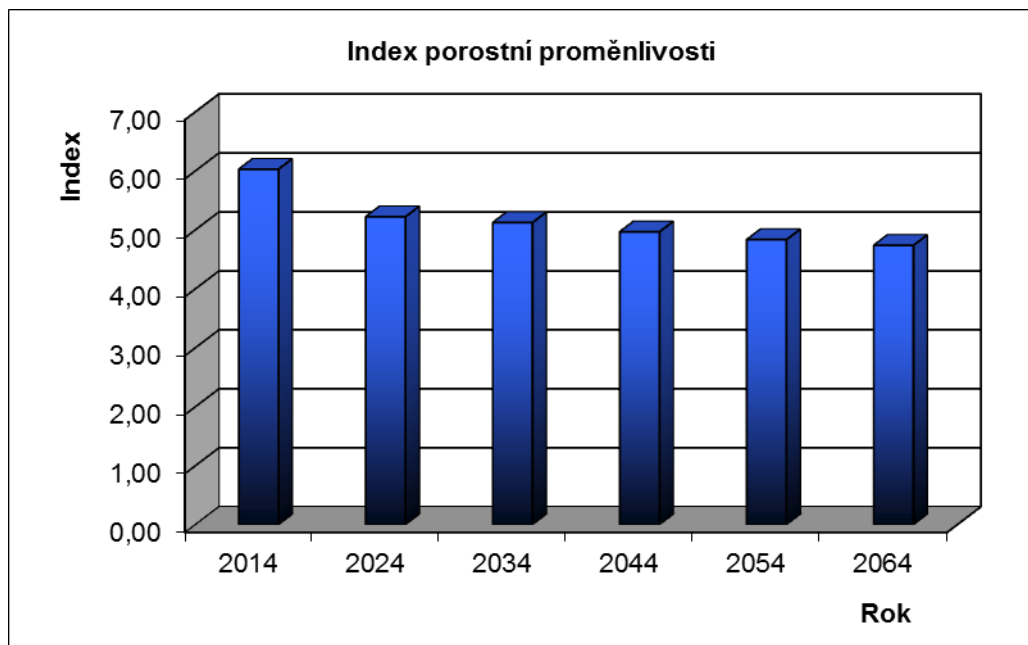
Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m³); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m².ha⁻¹); V – objem porostu (m³.ha⁻¹); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst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



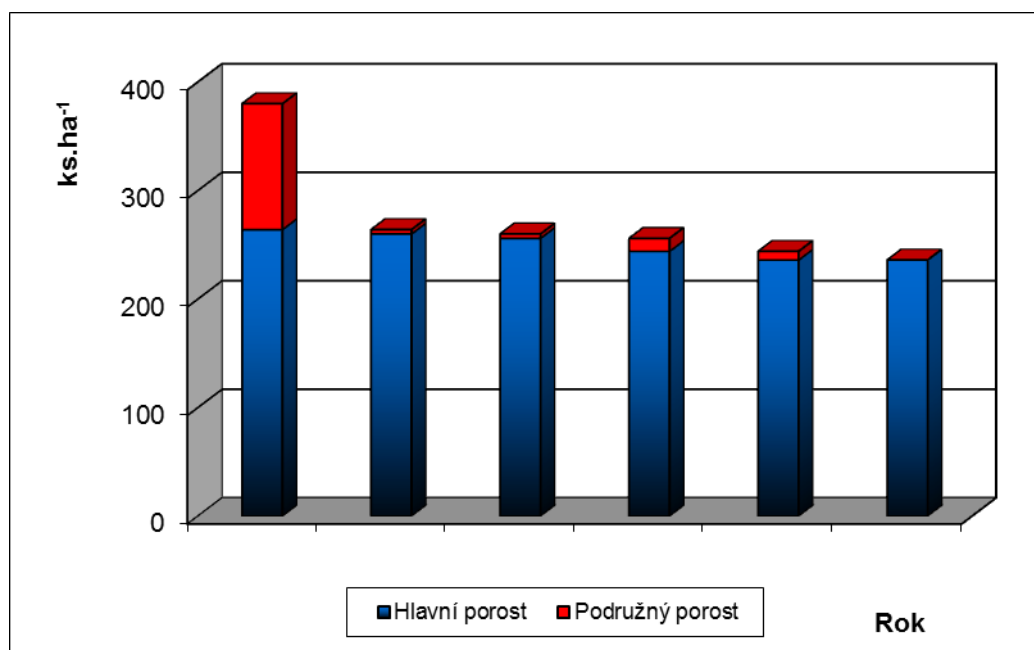
Obr. 75: Vývoj hodnot Clark-Evansova agregačního indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.



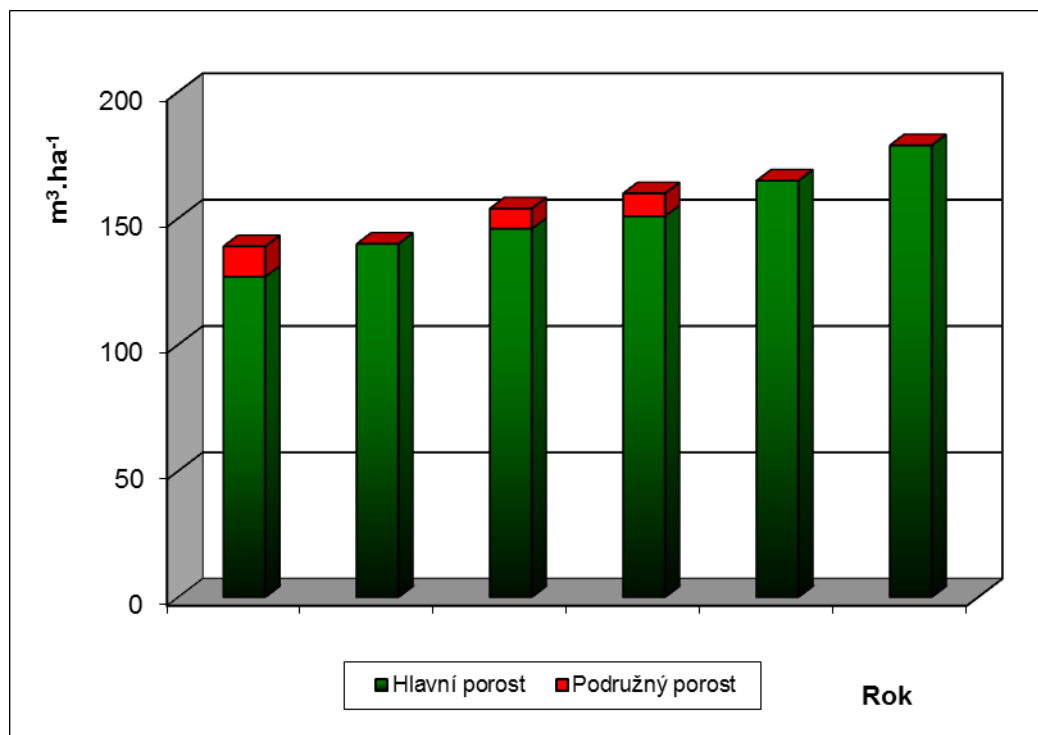
Obr. 76: Vývoj hodnot Arten-profil indexu stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.



Obr. 77: Vývoj hodnot indexu porostní proměnlivosti stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.



Obr. 78: Vývoj počtu jedinců v ks.ha⁻¹ stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.

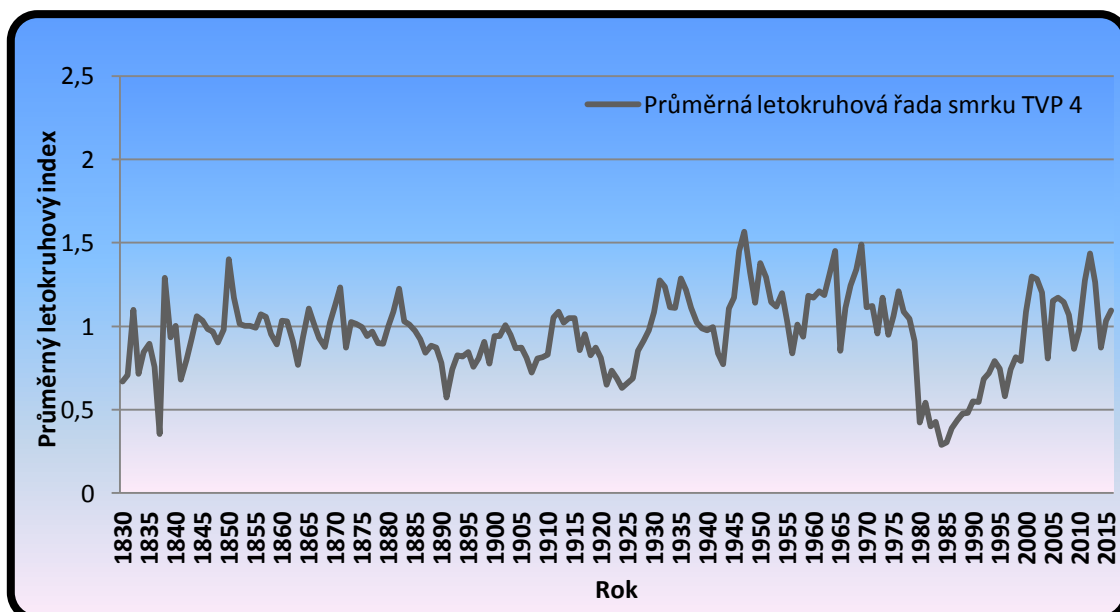


Obr. 79: Vývoj zásoby v $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ stromového patra smrkového porostu na TVP 4 při simulaci samovývoje.

8.3.5. Letokruhová analýza

Šířky letokruhů v tom pořadí, jak narůstaly, tedy od středu kmene směrem k obvodu, obdržíme řadu čísel, letokruhovou řadu. Letokruhovou řadu můžeme vyjádřit grafem, a to způsobem používaným téměř od počátku dendrochronologie: vodorovná osa je osou času, svislá je osou šířek letokruhů. Všechny letokruhové řady společně, pokládáme za signál, vše ostatní, čím se naopak vzájemně liší, za šum. Obzvláště charakteristické tvary letokruhových křivek označujeme termínem signatura. V tomto případě jde o signaturu „V“. Tento postup nazýváme průměrováním (sumarizací) letokruhových řad, jehož výsledkem je průměrná letokruhová řada (Obr. 80) – (KYNCL et al. 2017).

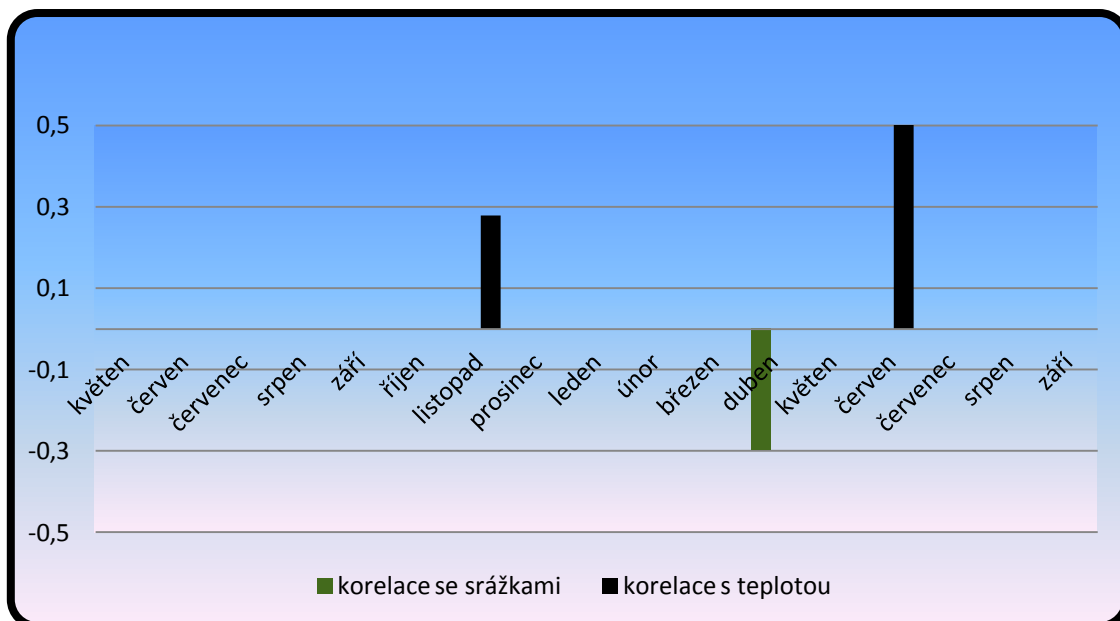
V grafu můžeme vidět, jak imisní kalamita, která začala v 80. letech minulého století, značně ovlivnila přírůst a jak se tento autochtonní smrkový porost v současnosti poměrně dobře vyrovnal s touto zátěží.



Obr. 80: Standardizovaná průměrná stanovištní chronologie smrku ztepilého z TVP 4 z let 1830–2015 vyjádřena letokruhovým indexem.

Průměrné letokruhové série z TVP 4 byly korelovány s klimatickými daty (měsíčními srážkami a teplotami Obr. 81) podle jednotlivých let a pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (BIONDI, WAIKUL 2004).

Ze sloupcového grafu je vidět, že autochtonní smrkový porost na TVP 4 má také v průměru v měsíci dubnu nejmenší poměr úhrnu srážek a nejvyšší teploty panují v měsíci červnu a listopadu.



Obr. 81: Dendroklim – koeficienty korelace regionální chronologie indexu letokruhů s průměrnou měsíční teplotou a úhrnem srážek od května do prosince minulého roku a od ledna do srpna daného roku v letech 1830–2015 na TVP 4.

6. Diskuze

Tato diplomová práce úzce navazuje na mou bakalářskou práci (VOTAVA 2015) při níž též byly měřeny základní dendrometrické veličiny a to na TVP 1 - 4. Tato práce se také zabývá letokruhovou analýzou na zmíněných trvalých zkusných plochách.

O lokalitě Pod Voseckou boudou – II. zóně KRNAP byla založena v roce 1980 na jihozápadní expozici. Toto zájmové území bylo vybráno za účelem prohlubování a získávání důležitých poznatků z hlediska struktury a vývoje autochtonních smrkových porostů v závislosti na stanovištních a porostních poměrech. Z dlouhodobého hlediska se zde také provádí fytoocenologický a půdní výzkum. Pomocí těchto průzkumů byl na dané lokalitě zjištěn LT 8G3 – podmáčená smrčina třtinová a LT 8R1 – vrchovištní smrčina suchopýrová, která se objevuje v málo členitém terénu. Půdním typem je glej organozemní a organozem glejová. Pokryvnost bylinného patra je vysoká (95%), dominuje v něm *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia caespitosa* a *Calamagrostis villosa* (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2010).

Rašelinné smrčiny se vyznačují vrstevnatou strukturou (KORPEL et al. 1991, POLENO 2011). Stromy nikdy nedosáhnou velkých výšek, protože dosahují velmi malých přírůstků vlivem nepříznivých klimatických a půdních podmínek (FRELÉCHOUX et al. 2003). Průměrná výška stromů horní etáže na TVP 1 – 4 je 10,5 m, tloušťka 31,1 cm a jednalo se v průměru o 196 let staré porosty. Na první pohled mají kratší jehličí, nasazení přeslenů velmi husté a do pozdního dospělého věku mají nasazení koruny těsně nad zemí (VACEK 1990). Zásoba dřevní hmoty je na TVP 1 – 4 se pohybuje okolo 271 m³/ha, kde dominoval smrk ztepilý ve 100% zastoupení.

Druhové složení tak v podstatě odpovídá složení, které prezentují ze smrčin v horských oblastech VACEK (1990), JANDA et al. (2010) či HUSOVÁ et al. (2002).

Z hlediska prostorové struktury mají jedinci na všech plochách tendenci k hloučkovitému uspořádání, což je v těchto podmínkách typickým projevem přirozené obnovy KUCBEL et al. (2008); (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009). To je způsobeno vlivem mikrostanoviště, jelikož smrk ztepilý se nejlépe obnovuje na vyvýšených místech nebo na místech kde se vyskytuje tlející dřevo, jak uvádí VACEK (1981), VACEK, SIMON, REMEŠ et al. (2009), VACEK et al. 2010, VACEK, KREJČÍ et al. (2009), ŠTÍCHA et al. (2013).

Jedná se především o přírodní smrkové porosty v Modrém dole, Obřím dole, Labském dole, v okolí vrchu Koule, na Střední hoře (v ČR) a na lokalitě Mumlawski Wierch, Kocioł Lomniczki, Kamennik i v okolí Malého Stawu (v PL).

Díky dlouhověkosti jedinců smrku se vytváří na dlouhé období struktura, která může být citlivá na narušení abiotickými (i biotickými) faktory, které se tak významnou měrou podílejí na vývojovém cyklu smrkových porostů. Katastrofický rozsah a uplatnění ekologické sukcese je tak častým způsobem obnovy smrkových porostů, i

když nedosahuje většinou rozloh pozorovaných v boreálních oblastech. Ostatní dřeviny se ve vyšších nadmořských výškách 8. LVS uplatňují jen okrajově, větší může být podíl pionýrských dřevin v rámci sukcesního vývoje. (cf. VACEK 1990).

Z letokruhové analýzy na TVP 1 – 4 je zřejmé, že v 80. letech minulého století proběhla imisně ekologická zátěž a že autochtonní smrkový porost v zájmové oblasti - Pod Voseckou boudou se dobře vyrovnal s touto zátěží. Z výsledků také plyne, že v zájmovém území je v průměru nejmenší úhrn srážek v měsíci dubnu a nejvyšší teploty panují v letních měsících. Srovnatelné výsledky popisují PUTALOVÁ, VACEK, KRÁL, VACEK (2015).

Smrk je citlivý na působení imisí, vliv imisí zesiluje působení dalších faktorů, které zatěžují životní pochody rostliny. Na rašelinných a vodou ovlivněných biotopech se vliv imisí spolu s dalšími ekologickými vlivy projevuje daleko výrazněji na zdravotním stavu porostů, než na půdách, které mají hluboko položenou hladinu spodní vody (VACEK 2000).

Hodnocení prostorové struktury poukázalo na výraznou tendenci jedinců ke slukovitému výskytu, to lze vysvětlit velkým vlivem mikrostanoviště, výraznou preferenci vyvýšených míst a tlejícího dřeva, jak ji uvádí např. VACEK, KREJČÍ et al. (2009) nebo VACEK, SIMON, REMEŠ et al. (2007).

Na TVP Pod Voseckou boudou 1 je zastoupení smrku 100 %. Počet jedinců na hektar je zde 388 kusů. Na ploše se objevuje pomístně přirozená obnova smrku a to především na odumřelém dřevě s ohledem na buřen a podmáčené stanoviště. Na TVP Pod Voseckou boudou 2 je zastoupení smrku také 100%. Počet jedinců zde byl zjištěn 380 kusů na hektar. Na ploše se také objevuje přirozené zmlazení smrku a to také zejména na odumřelém dřevě vlivem buřeně a podmáčeného stanoviště. Na TVP Pod Voseckou boudou 3 je zastoupení smrku také 100%. Počet jedinců zde byl zjištěn 372 kusů na hektar. Na ploše se také objevuje přirozená obnova smrku. Na TVP Pod Voseckou boudou 4 je zastoupení smrku také 100%. Počet jedinců zde byl zjištěn 380 kusů na hektar. Na ploše se také objevuje přirozená obnova smrku. Podobné výsledky jako na těchto TVP z různých partií Krkonoš dokládají VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2009, 2010.

Na všech 4 TVP autochtonní smrkové porosty odpovídají přirozené druhové skladbě v rámci malého vývojového cyklu. Na silně prosvětlených místech se vyskytuje hojná přirozená obnova smrku zteplého. Využití produkčního prostoru je zde v důsledku stadia rozpadu nižší (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2010). Porost má dobré autoregulační schopnosti, vyvíjí se úměrně vývojovým stadiím malého vývojového cyklu.

Struktury autochtonních smrčín v Krkonoších můžeme také srovnat TVP 22 Obří důl, která se nachází v podobné nadmořské výšce jako zájmové TVP Pod Voseckou

boudou 1-4 a to v 1 160 m n. m. na lesním typu 8Y0 – skeletová smrčina. Pokryvnost je zde o něco menší (80%), než na TVP Pod Voseckou boudou 1-4 (95 %), což zmenšuje konkurenční schopnost buřeně vůči přirozenému zmlazení. Z hlediska malého vývojového cyklu lesa zde probíhá fáze počáteční fáze rozpadu s fází obnovy, tak jako u TVP Pod Voseckou boudou 1-4. Porost je značně prostorově a věkově diferencovaný.

Další srovnatelnou plochou je TVP 23 Václavák. TVP Václavák leží v nadmořské výšce 1 190m nad mořem na lesním typu 8R1. Porost má střední věk 160 let a je značně diferencovaný s fází rozpadu s počáteční fází obnovy, což odpovídá zkoumaných TVP Pod Voseckou bodou 1-3. Rozmístění dle porostních indexů je zde také srovnatelné s TVP Pod Voseckou boudou 1-4, takže shlukovité (VACEK, VACEK, SCHWARZ et al. 2010).

Přes řadu společných rysů se rašelinné a klimaxové horské smrčiny v různých stanovištních podmínkách vyznačují určitými rozdíly ve své přirozené dynamice (cf. VACEK, SIMON, REMEŠ et al. 2007, VACEK et al. 2015, KRÁL et al. 2015).

7. Závěr

Z výsledků práce vyplývá, že autoregulační procesy v lesních porostech na TVP 1 – 4 Pod Voseckou boudou probíhají v dostatečné míře a porosty svojí strukturou odpovídají vývojovým stadiím a fázím malého vývojového cyklu. Všechny čtyři TVP se nachází ve stadiu rozpadu s počáteční fází obnovy. Pro posouzení trendů vývoje porostů byly vytvořeny růstové simulace samovolného vývoje do roku 2064, které předpoklad dostatečně potvrdily. Na sledovaných plochách ve smrkových porostech je však nutné nadále monitorovat výskyt hmyzích škůdců a při jejich zvýšeném výskytu je vždy potřeba zvážit a popřípadě realizovat konkrétní asanační zásahy. Tyto porosty tedy lze považovat za ekologicky stabilní, i přes prodělanou imisně-ekologickou kalamitu vrcholící v 80. letech 20 století. Vyplývá to z provedené letokruhové analýzy a svědčí o tom výrazně zlepšený zdravotní stav porostů a značné jejich regenerační schopnosti zejména v posledním desetiletí. Můžeme tedy předpokládat zachování lesa v této lokalitě, která byla hrabětem Harrachem v r. 1903 vyhlášena první lesní rezervací nejen v Krkonoších (LOKVENC1978).

V práci byly podrobně analyzovány četné poznatky o struktuře a vývoji porostů II. zóny KRNP – Pod Voseckou boudo. Toto území pralesovitého charakteru je vrcholem přírodního ekosystému v daných podmínkách prostředí. V oblasti Krkonoš představuje nejvyspělejší a nejsložitější ekosystém, který zde může vzniknout a trvale se udržet. Tento lesní komplex přírodních a přírodě blízkých lesů však nelze chápat jako ukončení

vývoje lesa, ale jako jeho trvalé pokračování na základě vnitřních a vnějších rozporů, které vyúsťují do obecných vývojových zákonitostí.

Přírodní lesní ekosystémy jsou v současnosti oprávněně považovány za základní zdroj poznatků pro přírodě blízké obhospodařování lesů. Poznatky mají sloužit především jako východisko pro tvorbu a objektivizaci konkrétní péče o lesní ekosystémy, která bezpečně vede k vytčenému cíli, tj. k tvorbě ekologicky stabilních ekosystémů se značnou biodiverzitou. Toto platí obecně a v národních parcích Krkonoš by to mělo být téměř samozřejmostí.

Získané poznatky o struktuře a vývoji studovaných autochtonních smrkových porostů lze využít při tvorbě přírodě blízkého managementu a plánování v obdobných stanovištních a porostních poměrech v KRNAP. Tyto poznatky jsou též využitelné pro dlouhodobý monitoring lesů v zájmovém území.

8. Literatura

- BALCAR, V., VACEK, S., HENŽLÍK V. (1994): Dynamika poškození lesních porostů v horských oblastech. In: Jurásek, A., Vacek, S. (eds.): Stav horských lesů Sudet v České republice. Opočno, Výzkumná stanice VÚLHM, s. 73 – 100.
- BERCHA, J. – LASÁK, O. (2006): Přemnožení ploskohřbetky v KRNAP v roce 2006, Lesnická práce 85: 8: 6.
- BIONDI, F., WAIKUL, K. (2004): Dendroclim (2002): AC++ program for statistical calibration of climate signals in tree ring chronologie. Computers and Geosciences, 30: 303–311.
- CLARK, P. J. EVANS, F. C. (1954): Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 35: 445–453.
- DÄSSLER, H. G. (1981): Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Jena, 210 s.
- DAVID, F. N. MOORE, P. G. (1954): Notes of contagious distributions in plant populations. Annals of Botany of London, 18: 47-53.
- DRÁPELA, K., ZACH, J. (1995): Dendrometrie (Dendrochronologie). Brno, MZLU, 149 s.
- FABRIKA, M., ĎURSKÝ, J. (2005): Stromové rastové simulátory. Zvolen: EFRA, 112 s.
- FANTA, J. et al. (1969): Příroda Krkonošského národního parku. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 221 s.
- FLOUSEK, J. (1994): Krkonoše/Karkonosze Bilateral Biosphere Reserve. In: Biosphere Reserves in the Crossroads of Central Europe, Czech Republic – Slovak Republic. Ed. J. Jeník. Praha, Empora, s. 17 – 32.
- FLOUSEK, J. et al. (2010): Plán péče. Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 179 s.
- FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, & POTOCKI, J. et al. (2007): Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř – Baset, Praha, 864 s.
- FRELÉCHOUX, A.; BUTTLER; GILLET, F.; GOBAT, J-M.; SCHWEINGRUBER, F. H. (2003): Succession from bog pine (*Pinus uncinata* var. *Rotundata*) to Norway spruce

- (*Picea abies*) stands in relation to anthropic factors in Les Saignolis bog, Jura Mountains, Switzerland. *Ann. For. Sci.*, 60: 347-356.
- FÜLDNER, K. (1995): Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv*, 66: 235-606.
- GEBAS, J. et al. (2004): Péče o lesní ekosystémy v Krkonošském národním parku, Vydaná Správa Krkonošského národního parku spolu s Ministerstvom životního prostředí Praha, 31 s.
- GRISSINO-MAYER et. al. (1996): COFECHA and ARSTAN — Tree Rings Computer Programs. University of Arizona, Tucson.
- HANIŠ, J., MIKESKA, M., MINX, J. (1997): Revize lesního hospodářství plánu pro LHC Harrachov, Vrchlabí, a Maršov a Jizerka s platností od 1. 1. 1997 do 31. 12. 2001. ÚHÚL pobočka Hradec Králové.
- HILL, A. C. (1967): A special purpose plant environmental chamber for air pollution studies. *Jour. Air Poli. Contr. Assoc.*, 17: 11: 743 – 748.
- HOPKINS, B. SKELLAM J. G. (1954): A new method for determining the type of distribution plant individuals. *Annals of Botany*, 18: 213-227.
- HUSOVÁ, M., JIRÁSEK, J., MORAVEC, J. (2002): Přehled vegetace České republiky Svazek 3. Jehličnaté lesy. Academia, Praha.
- CHALUPSKÝ J. 1965: Metamorphic development of the Krkonoše crystalline complex. *Krystalinikum 3*. Praha.
- JAEHNE, S. DOHRENBUSCH, A. (1997): Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversitat. *Forstwissenschaftliches Centrablatt*, 116: 333-345.
- JANDA, P., BAČE, R., SVOBODA, M., STARÝ, M. (2010): Věková a prostorová struktura horského smrkového lesa v I. zóně „Trojmezna“ v NP Šumava. *Silva Gabreta*, 16: 43-59.
- JENÍK, J. (1961): Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Praha, 409 s.
- JENÍK, J. (1998): Biodiversity of the Hercynian mountains of Central Europe. *Pririneos*, 151/152: 83 – 99.

- JIRGLE, J., KUČERA, J. (1972): Pásma ohrožení porostů jako základ provozního plánování v kouřových oblastech. Škody znečištěným ovzduším v lesním hospodářství a možnosti řešení. Sbor. referátů, ÚVTIZ, 123 : 51 – 58.
- KAENNEL, M., SCHWEINGRUBER, F. H., 1995: Multilingual glossary of dendrochronology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Bern, Stuttgart, Vienna, Haupt, 467 s.
- KAJZAROVÁ, E. (2012): Lesy Krkonošského národního parku a péče o ně. Vydala Správa Krkonošského národního parku, Vrchlabí, 47 s.
- KAJZAROVÁ, E. (2012): Mrtvé dřevo – živý les, Vydala Správa Krkonošského národního parku, , Vrchlabí, 31 s.
- KALINA, F. et al. (1985): Obaleč modřínový. Účelová neperiodická publikace. Praha, MLVH ČSR 1995, 136 s.
- KLIMO, E. (1994): Ekologie lesa. / Ecology of the Forest/ . Brno, VŠZ v Brně, 170 s.
- KNIBBE, B. (2007): PAST4: personal analysis system for tree-ring research, Version 4.2. SCIEM, Vienna.
- KORPEL, Š (1995): Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart, Jena, New York, Gustav Fischer Verlag. pp. 310.
- KORPEL, Š. (1989): Pralesy Slovenska. Veda, Bratislava, 332 s.
- KORPEL, Š. et al. (1991): Pestovanie lesa. Bratislava, Príroda, 475 s.
- KORPEL, Š., SANIGA, M. (1995): Přírode blízke pestovanie lesa. /Close-to-nature forestry/. Zvolen, ÚVVP LVH SR Zvolen, 158 s.
- 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: 3: 175–187.
- KREJČÍ, F., VACEK, S. et al. (2009): Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava; Lesnická práce s.r.o., Kostelec nad Černými lesy, 511 s.
- KREMER, P. B. (2003): Průvodce přírodou, Stromy., Praha: Euromedia Group, k.s. – Knižní klub v Praze, 255 s.

- KUCBEL, S., VENCURIK, J., JALOVIAR, P., KURIŠ, P. (2008): Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese nízkých Tatier. Acta facultatis forestalis, Zvolen – Slovakia, 2: 57–65
- KUPKA, I. et al. (2008): Pěstování lesů I. Česká zemědělská univerzita v Praze, Powerprint Praha 6 – Suchdol, 150 s.
- KUŽELKA, K. et al. (2014): Měření lesa. Moderní metody sběru a zpracování dat, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 164 s.
- KYNCL, J., (2017): Letokruhy jako kalendář i záznamník: zajímavosti z dendrochronologie. Praha: Grada Publishing, ISBN 978-80-271-0198-6.
- LARCHER, W. (1988): Fyziologická ekologie rostlin. Praha, Academia, 361 s.
- LAŠTŮVKA, Z., KREJČOVÁ, P. (2000): Ekologie. Brno, Konvoj, 185 s.
- LOKVENC, T. (1978): Toulky krkonošskou minulostí. Hradec Králové, Kruh, 258 s.
- LOKVENC, T., et al. (1992): Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Krkonošský národní park; Opočno, VÚLHM – Výzkumná stanice, 111s.
- MALÍK, V. (2006): Myslivost a škody zvěří. Hlavní problémy lesnictví – 9. Sněm lesníků, Hradec Králové, s. 51 – 55.
- MÍCHAL, I. et al. (1992): Obnova ekologické stability lesů. Praha, Academia, 169 s.
- MÍCHAL, I., PETŘÍČEK, V. et al. (1999): Péče o chráněná území. II. Lesní společenstva.
- MIKESKA, M. (2000): Oblastní plán rozvoje lesů – PLO 22 – Krkonoše. Brandýs n. L., ÚHUL – pobočka Hradec Králové, 224 s. + příl.
- MIKESKA, M., VACEK., S. (2007): Struktura porostů a trvale udržitelné hospodaření v lese. Lesnická práce, 86: 11: 11-13.
- 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, s. 7–10.
- MORAVEC, J. et al. (1994): Fytocenologie. Academia Praha, 403 s.
- MOUNTFORD, M. D. (1961): On E.C. Pielou's index of nonrandomness. Journal of Ecology, 49: 271-275.

- NOVÁKOVÁ, E. et al. (1997): Biodiverzita, stabilita a ekologická únosnost lesního biomu v území národního parku a biosférické rezervace Krkonoše. Projekt Programu GEF Biodiverzita. Závěrečná zpráva. Kostelec nad Černými lesy a Vrchlabí, ÚAE LF ČZU Praha a Správa KRNAP, 62 s.
- NOŽIČKA, J. (1959): Z historie krkonošských lesů na Jilemnicku. Praha, Práce VÚLHM, 16: 235 – 261.
- OTTO, H. (1994): Waldökologie. Stuttgart.
- PATZELT, Z. (2011): Národní parky České republiky, Granit, s.r.o., Praha, Findr, s.r.o., Český Třešín, 317 s.
- PEŘINA, V. et al. (1984): Obnova a pěstování lesních porostů v oblastech postižených průmyslovými imisemi. Praha, 173 s.
- PETRÁŠ, R. PAJTIK, J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek dřevín. Lesnický časopis, 37: 49-56 s.
- PFEFFER A. 1955: Fauna ČSR, svazek 6, Kůrovci-Scolytoidea. Nakladatelství ČSAV, Praha, 324 s.
- PIELOU E. C. (1959): The use of point-to-plant distances in the study of pattern of plant populations. Journal of Ecology, 47, 607-613 s.
- PODRÁZSKÝ, V. (1994): Provozní vápnění v Krkonoších. Opera Corcontica, 31: 59 – 70.
- POLENO, Z., VACEK, S. et al. (2007a): 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, 315 s.
- POLENO, Z. (1997): Trvale udržitelné obhospodařování lesů. Praha: AOPK ČR, 713 s.
- PRETZSCH, H. (2006): Wissen nutzbar machen für das Management von Waldökosystemen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald, 61: 1158-1159.
- PRŮŠA, E. (1985): Die böhmischen und mährischen Urwälder. Vegetace ČSSR, A15, Academia, Praha, 577 s.

- PUTALOVÁ T., VACEK Z., KRÁL, J., VACEK S. (2015): Vliv klimatických faktorů a imisí SO₂ na radiální růst rašelinných smrčín v Centrálních Sudetech. In: Proceeding of Central European Silviculture. Houšková K., Černý J. Eds., Křtiny 2. 9. – 4. 9. 2015, Mendelova univerzita v Brně, 182 – 192.
- REINEKE, L. H. (1933): Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46: 7: 627-638
- RIPLEY, B.D. (1981): *Spatial statistics*. 1st Ed., New York, John Wiley & Sons, 252 s.
- SCHLEGER, E. (1974a): Elaborát historie lesů pro oblast Krkonoš. Studie. Děčín, ÚHÚL pobočka, 129 s.
- SCHWARZ, O. (1997): Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNAP, 174 s.
- SKUHRAVÝ V. (2002): Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity (Der Buchdrucker und ihre seine Kalamitäten). Praha, Agrospoj: 196 s.
- SLAVÍKOVÁ, J. (1968): *Ekologie rostlin*. Praha
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J. (2000): Režimy výchovy smrkových porostů v imisní oblasti Orlických hor. In: *Lesnické hospodářství v imisní oblasti Orlických hor. Sborník referátů z celostátního semináře*. Opočno, 31. 8. – 1. 9. 2000. Ed. M. Slodičák. Opočno, VÚLHM, Výzkumná stanice, s. 141 – 150.
- SOUČEK, J. – VACEK, S. – PODRÁZSKÝ, V. (1996): Sněhové poměry a jejich vliv na vývoj výsadeb na strmých svazích v Krkonoších. In: *Sborník příspěvků v mezinárodní konferenci Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku*, Opočno 15. – 17. 4. 1996. Opočno, VÚLHM VS 1996, s. 108 – 113.
- SPIECKER, H., 1999: Growth trends in European forests – do we have sufficient knowledge? In: Karjalainen, T., Spiecker, H., Laroussinie, O. (Eds.): *Causes and consequences of accelerating tree growth in Europe*. EFI Proceedings No. 27.
- SVOBODA, P. (1953): *Lesní dřeviny a jejich porosty I. díl*. Praha, SZN, 411 s.
- SÝKORA, B. et al. (1983): *Krkonošský národní park*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 280 s.

- ŠACH, F. (1990): Nebezpečí vzniku vnitropůdní eroze na kamenitých svazích. *Lesnická práce*, 69: 7: 304 – 309.
- ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ, L. (2002): *Stavba dřeva*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 188 s.
- ŠMELKO, Š. (1982): *Biometrické zákonitosti rastu a přírastku lesných stromov a porastov*, Bratislava, *Príroda*, 184 s.
- ŠMELKO, Š. (1975): *Štúdium rastu a přírastku lesných stromov a porastov. Část 2.: Závěrečná zpráva*, Zvolen, LF VŠLD, 154 s.
- ŠOUREK J. (1967): *Květena Krkonoš. Český a polský krkonošský národní park*, Praha
- ŠTÍCHA, V., MATĚJKA, K., BÍLEK, L., MALÍK, K., VACEK, S. (2013): *Obnova smrkového lesa po gradaci lýkožrouta v Národním parku Šumava. Zprávy lesnického výzkumu*, 58: 131–137.
- ŠTURSA, J., NIČOVÁ, V. (2000): *Stálezelené dřeviny*. Aventinum, Praha.
- TESAŘ, V. (1981): *Vztah krkonošských lesů a lesního hospodářství k imisím*. Opera Corcontica, 18: 53 – 68.
- TRANQUILLINI, W. (1979): *Physiological Ecology of the Alpine Timberline*. Berlin, 137 s.
- ULANOVÁ, N. G. 2000: *The effects of Windows on forest at different spatial scales: a review*. *Forest Ecology and Management*, 135: 155-167.
- VACEK, S. (2000): *Struktura, vývoj a management lesních ekosystémů Krkonoš*. Ms. *Doktorská disertační práce*, VÚLHM–VS Opočno, ČZU v Praze, 684 s.
- VACEK, S., VACEK, Z., SCHWARZ, O. et al. (2010): *Struktura a vývoj lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy*, *Lesnická práce*, s. r. o., 567 s.
- VACEK, S., VACEK, Z., SCHWARZ, O. et al. (2009): *Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v bilaterální biosférické rezervaci Krkonoše*. Opera Corcontica, 47/2010, Suppl. 1: 167-178.
- VACEK, S. (1990): *Analýza autochtonních smrkových populací na Strmé stráni v Krkonoších*. Opera Corcontica, 27: 59 – 103.

- VACEK, S. (1996): Lesnický výzkum v Krkonoších. In: Sborník příspěvků z mezinárodní konference Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Opočno 15 – 17. 4. 1996. Opočno, VÚLHM VS, s. 28 – 43.
- VACEK, S. et al. (2003): Horské lesy České republiky. Mze, Praha, 259 s.
- VACEK, S. et al. (2006): Lesy a ekosystémy nad horní hranicí lesa v národních parcích Krkonoš. Folia forestalia Bohemica. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., č. 2, 112 s.
- VACEK, S. et al. (2007): Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduším. Folia forestalia Bohemica. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 216 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., HŮNOVÁ, I., VACEK, Z., HEJCMANOVÁ, P., PODRÁZSKÝ, V., KRÁL, J., PUTALOVÁ, T., MOSER, W. K. (2015): 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: 1127–1142.
- VACEK, S., LOKVENC, T., SOUČEK, J. (1995): Přírozená obnova lesních porostů. (Natural regeneration of forest stands). Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. MZe ČR, Praha, č. 20, 46 s.
- VACEK, S., MALÍK, V., KAŠÍKOVÁ, 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.
- VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V. (2006): Přírodě blízké lesní hospodářství v podmínkách střední Evropy. Sborník pro vlastníky lesů. FLE ČZU v Praze, Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 74 s.
- VACEK, S., REMEŠ, J., BÍLEK, L., PODRÁZSKÝ, V., VACEK, Z., ŠTEFANČÍK, I., BALÁŠ M. (2015): Pěstování přírodě blízkých lesů. V Praze: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-2596-8.

- VACEK, S., ULBRICOVÁ, L., PODRAZSKÝ, et al 2015: Obhospodařování antropogenně poškozených lesů. Praha: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-2595-1.
- VACEK, S.; MOUCHA, P., (2012): Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR. Vydalo Ministerstvo životního prostředí, Praha, 884 s, ISBN: 978-80-7212-588-3.
- VICENA, I., PAŘEZ, J., KONÔPKA, J. (1979): Ochrana lesa proti polomům. Praha.
- VOTAVA, Š. (2015): Struktura a vývoj autochtonních smrkových porostů v západních Krkonoších. Bakalářská práce, Praha, FLD ČZU, 90 s.
- VULTERIN Z. (1950): Studie přirozených vzdušných proudů na Harrachovsku v Krkonoších podle vlajkových stromů. Rozpravy Akademie věd II. tř., 6.
- ZAHRADNÍK, P. (2004): Ochrana smrčín proti kůrovcům. Kostelec n. Č. l., Lesnická práce: 39 s.
- ZATLOUKAL, V. – VOKOUN, J. (1997): Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů. Příloha Lesnická práce 1/97.
- ZLATNÍK, A. (1958): Rekonstrukce původní rozšíření dřevin, biogeocenologie a lesnická typologie. Acta dendrologica Českoslovaci Opava, 8: 40 – 46.
- ZÜCHER, U. (1993): Die Waldwirtschaft wird nachhaltig sein oder sie wird nicht sein! Schweiz. Zeitschr. F. Fortstw., 114: 253-269.