

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Vliv zvěře na strukturu a dynamiku smrkových porostů
ve výškovém gradientu východních Krkonoš**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: Bc. Jan Fiala

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

Praha 2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Fiala

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv zvěře na strukturu a dynamiku smrkových porostů ve výškovém gradientu východních Krkonoš

Název anglicky

Effect of Game on Structure and Dynamics of Norway Spruce Stands in Altitude Gradient of Eastern Krkonoše Mts.

Cíle práce

Získat poznatky o struktuře, diverzitě, dynamice a managementu mladých smrkových porostů ve výškovém gradientu v oblasti východní části Krkonoš s akcentem na škody ohryzem a loupání.

Metodika

- Rozbor problematiky škod způsobených zvěří na jehličnatých porostech v kontextu pěstování lesa, a to zejména na stanovištích horských smrčín ve střední Evropě se zaměřením na porosty ve východních Krkonoších (termín říjen 2022).
- Charakteristika zájmové oblasti Krkonoš a zejména pak stanovištních a porostních poměrů lesních porostů ve východní části Krkonošského národního parku (termín listopad 2022).
- Charakteristika vybraných výzkumných ploch v dominantních smrkových porostech ve věku cca 55-75 let v zájmové oblasti (termín listopad 2022).
- Standardní biometrická měření jedinců stromového patra a hodnocení škod zvěří (ohryzu a loupání) na minimálně 16 výzkumných plochách o rozměrech 15×15 m (termín prosinec 2022).
- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod (termín leden 2023).
- Vyhodnocení struktury, diverzity a dynamiky smrkových porostů včetně škod zvěří na jednotlivých výzkumných plochách ve východní části Krkonoš (termín únor 2023).
- Využití získaných poznatků o struktuře a vývoji mladých smrkových porostů v Krkonoších pro tvorbu přírodě blízkého managementu pěstebního a mysliveckého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech, a to zejména pro zvýšení stability a odolnosti porostů (termín březen 2023).

Doporučený rozsah práce

Minimálně 50 stran textu.

Klíčová slova

Picea abies, smrk ztepilý, ohryz, loupání, horské porosty

Doporučené zdroje informací

- Cukor, J., Vacek, Z., Linda, R., Vacek, S., Marada, P., Šimůnek, V., Havránek, F. (2019): Effects of Bark Stripping on Timber Production and Structure of Norway Spruce Forests in Relation to Climatic Factors. *Forests*, 10(4), 320.
- Kiffner, C., Rossiger, E., Trisl, O., Schulz, R., Rühle, F. (2008): Probability of recent bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) on Norway spruce (*Picea abies*) in a low mountain range in Germany—a preliminary analysis. *Silva Fennica*, 42: 1: 125.
- Krisans, O., Saleniece, R., Rust, S., Elferts, D., Kapostins, R., Jansons, A., Matisons, R. (2020): Effect of bark-stripping on mechanical stability of Norway spruce. *Forests*, 11: 3: 357.
- 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.
- Vacek, S., Vacek, Z., Schwarz, O. et al. (2010): Struktura a vývoj lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 567 s.
- Vacek, Z., Cukor, J., Linda, R., Vacek, S., Šimůnek, V., Brichta, J., Gallo, J., Prokúpková, A. (2020): Bark stripping, the crucial factor affecting stem rot development and timber production of Norway spruce forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 474: 118360.
- Vacek, Z., Vacek, S., Bílek, L., Král, J., Remeš, J., Bulušek, D., Králíček, I. (2014): Ungulate Impact on Natural Regeneration in Spruce-Beech-Fir Stands in Černý důl Nature Reserve in the Orlické Hory Mountains, Case Study from Central Sudetes. *Forests*, 5: 2929–2946.
- Vacek, Z. (2017): Structure and dynamics of spruce-beech-fir forests in Nature Reserves of the Orlické hory Mts. in relation to ungulate game. *Central European Forestry Journal*, 63: 1: 23-34.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Vacek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Konzultant

Ing. Jiří Novák, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 29. 4. 2022

doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 01. 02. 2023

1906

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv zvěře na strukturu a dynamiku smrkových porostů ve výškovém gradientu východních Krkonoš, vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 05.04.2024

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňku Vackovi Ph.D. za odborné vedení při vypracovávání této práce. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině, přátelům a kolegům z FLD ČZU v Praze za jejich rady, podporu a trpělivost, kterou se mnou měli po celou dobu studia.

Abstrakt

Extrémní klimatické podmínky, zejména silné větry a další abiotické vlivy, mají v Krkonoších významný dopad na celkovou strukturu a dynamiku horských smrkových porostů. Kromě toho je třeba brát v úvahu také biotické faktory, jako jsou škody způsobené divokou zvěří, především jelenem evropským (*Cervus elaphus*). Tato práce by měla přiblížit a více zmapovat problematiku těchto poškozovaných smrkových (*Picea abies* [L.] Karst.) porostů ve výškovém gradientu v oblasti východních Krkonoš. Výzkum byl realizovaný na 16 trvale výzkumných plochách (TVP) v nadmořských výškách v rozmezí 690 m n. m. až 1 170 m n. m. Jednalo se o 50. –60. leté smrkové monokultury. Ze zjištěných a vypočtených hodnot počet stromů na výzkumných plochách byl 578–1156 ks/ha, zásoba porostů se pohybovala od 279 do 939 m³/ha. Zvěří bylo poškozeno ohryzem a loupáním průměrně 35,2 % z celkového počtu zkoumaných stromů. Průměrný rozsah poškození na kmeni stromů byl 19,5 %. Prokazatelně největší a nejpočetnější poškození porostu bylo v nadmořských výškách nad 1000 m n. m. Se zvyšujícím obvodovým poškozením se snižovala tloušťka, výška a objem stromů. Rozdíl objemové produkce mezi zdravými a poškozenými jedinci dosahoval až 70 %. Ze statistických analýz vyplývá, že se stoupající nadmořskou výškou klesá průměrná tloušťka, výška a zásoba porostu, naopak stoupá počet jedinců na plochu a celková diference porostu. Poškození ohryzem a loupáním na stromech se stává vstupní branou pro různé patogeny. Patogeny způsobují celkové oslabení a chřadnutí stromů až k úplnému odumření. Tím dochází ke snížení stability a odolnosti porostu, v některých případech až k celkovému rozpadu porostu. Proto by se v těchto oblastech měla věnovat větší pozornost harmonizaci pěstitelského a mysliveckého managementu. Především dlouholetý vysoký stav spárkaté zvěře zapříčiňuje ztráty na produkci a snižování celkové kvality a stability smrkových porostů.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, ohryz, loupání, horské smrkové porosty, Krkonoše

Effect of Game on Structure and Dynamics of Norway Spruce Stands in Altitude Gradient of Eastern Krkonoše Mts

Summary

Extreme climatic conditions, especially strong winds and other abiotic influences, have a significant impact on the overall structure and dynamics of spruce stands in the Giant Mountains. In addition, biotic factors such as damage caused by wild animals, especially red deer [*Cervus elaphus*], must also be considered. This thesis aims to closer look and understand the issue of these damaged spruce trees [*Picea abies* (L.) Karst.] stands in the gradient of the Eastern Giant Mountains. The research was carried out on 16 permanent research areas (PRA) at altitudes ranging from 690 m above sea level to 1,170 m above sea level. It was a 50 to 60 years old monocultures. From the determined and calculated values, the number of trees on the research areas was 578–1156 pcs/ha, the standing volume ranged from 279 to 939 m³/ha. An average of 35.2 % of the total number of examined trees was damaged by animal's bark stripping. The average extent of damage per tree trunk was 19.5 %. It was proven that the largest and most numerous damage to the stand was at altitudes above 1000 m above sea level. As the circumferential damage increased, the thickness, height and volume of the trees decreased. The difference in volume production between healthy and damaged individual trees reached up to 70 %. Statistical analyses show that the average thickness, height and stock of the stand decreases with increasing altitude, while the number of individual trees per area and the total differentiation of the stand increases. Damage by bark stripping becomes a gateway for various pathogens. Pathogens cause a general weakening and withering of trees to the point of complete death. This leads to a reduction in the stability and resistance of the stand, in some cases to the total disintegration of the stand. Therefore, more attention should be paid to the harmonization of silviculture and game management in these areas. Above all, many years of overpopulation of cloven-hoofed game causes production losses and a reduction in the overall quality and stability of spruce stands.

Keywords: Norway spruce, bark stripping, spruce stands, cloven-hoofed game

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
3. Rozbor problematiky	13
3. 1. Horské smrkové porosty.....	13
3. 2. Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> [L.] Karst.).....	14
3. 2. 1. Popis.....	14
3. 3. Klimatická změna.....	18
3. 4. Struktura lesního porostu.....	22
3. 4. 1. Druhová struktura.....	22
3. 4. 2. Věková struktura.....	23
3. 4. 3. Horizontální a vertikální struktura.....	23
3. 4. 4. Genetická struktura.....	25
3. 5. Bohatost lesních porostů.....	26
3. 6. Dynamika lesních porostů.....	28
3. 7. Dynamika horských smrkových porostů.....	28
3. 7. 1. Disturbance	29
3. 7. 2. Vývojové cykly lesa.....	30
3. 7. 2. 1. Velký vývojový cyklus lesa.....	30
3. 7. 2. 2. Malý vývojový cyklus lesa.....	31
3. 7. 3. Dynamika porostních mezer.....	32
3. 8. Faktory ovlivňující dynamiku a strukturu smrkového porostu.....	33
3. 8. 1. Abiotické faktory.....	33
3. 8. 2. Biotické faktory.....	34
3. 8. 3. Antropogenní činnost.....	35
3. 9. Škody na porostech způsobené zvěří.....	37
3. 9. 1. Okus, ohryz, loupání.....	38
3. 9. 1. 1. Okus.....	38
3. 9. 1. 2. Ohryz, loupání.....	39
3. 10. Zvěř poškozující smrkové porosty.....	42
3. 10. 1. Jelen evropský (<i>Cervus elaphus</i>).....	42

3. 10. 2. Srnec obecný (<i>Lepus europaeus</i>)	44
3. 11. Ochrana lesa.....	45
3. 11. 1. Současná ochrana lesa KRNAP.....	46
4. Materiál a metodika.....	47
4. 1. Charakteristika zájmového území.....	47
4. 1. 1. PLO 22 Krkonoše.....	47
4. 1. 2. Krkonošský národní park KRNAP.....	48
4. 1. 2. 1. Geologie.....	49
4. 1. 2. 2. Půdní poměry.....	50
4. 1. 2. 3. Vegetační výškové stupně v Krkonoších.....	50
4. 1. 2. 4. Klima.....	51
4. 1. 1. 5. Hydrologie.....	52
4. 1. 1. 6. Fauna a flóra.....	52
4. 1. 1. 7. Současná druhová skladba porostu.....	52
4. 1. 1. 8. Přirozená druhová skladba porostu.....	53
4. 1. 3. LHC Maršov, ÚP 35 Pec pod Sněžkou, LÚ 5 Pomezní Boudy.....	54
4. 1. 4. LHC Maršov, ÚP 36 Horní Maršov, LÚ 4 Lysečiny.....	54
4. 1. 5. Trvale výzkumné plochy.....	55
4. 2. Sběr dat.....	57
4. 3. Analýza dat.....	58
5. Výsledky.....	59
5. 1. Produkce a struktura stromového patra.....	59
5. 2. Diverzita stromového patra.....	62
5. 3. Škody ohryzem a loupáním.....	68
5. 4. Interakce mezi produkcí, diverzitou, strukturou a dřevinami.....	70
6. Diskuse.....	72
7. Závěr.....	75
8. Seznam použitých zdrojů, literatura.....	77
9. Seznam použitých zkratk.....	86
10. Seznam obrázků.....	87
11. Seznam tabulek.....	88

1. Úvod

Slovo "les" je často používaný termín v mnoha návaznostech. Většinou si pod ním představujeme rozsáhlou oblast s rostoucími keři a stromy. Dle ustanovení zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, jsou lesy považovány za významný krajinný prvek. Tímto způsobem představují ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotnou část krajiny, která formuje její charakteristický vzhled nebo přispívá k udržení stability (Čadová 2021). Horské lesy jsou velmi významnou a podstatnou součástí středoevropské krajiny. Nejen, že tyto lesy poskytují produkci dříví, kyslíku, útočiště živočichů či možnost rekreace, ale slouží také k ochraně níže položených oblastí. Právě poslední zmíněná ochranná funkce je pak naprosto závislá na struktuře a zdravotním stavu těchto lesních porostů (Brang, Lessig 2000). Nicméně hospodaření v horských lesích často naráží na střety různých zájmů, nejčastěji se tak jedná o komplikované nacházení kompromisů mezi ekologickými a vysloveně produkčními funkcemi lesa (Vacek et al. 2003). Struktura a dynamika horských smrkových lesů je ovlivňována divokou zvěří. Škody, které zvěř působí na lesním porostu, mají negativní vliv na celý lesní ekosystém. Zájmové území této studie se nachází v Krkonošském národním parku. Tento národní park patří nejen k vůbec nejvýznamnějším prvkům ochrany přírody v ČR, ale také ve středoevropském měřítku. Krkonoše se rozkládají na česko-polské hranici rozsáhlejší a významnější část však leží na území České republiky. Krkonoše jsou zároveň nejvyšším pohořím ČR, nejvyšší horou Krkonoš a současně celé České republiky je Sněžka (1 603 m n.m.). Z hlediska charakteristiky biodiverzity, se jedná o nejrozmanitější a nejrozsáhlejší tuzemské lesní komplexy. S ohledem na zmíněné devizy této krajiny pozorujeme také snahu zdejšího lesnického managementu o co největší přiblížení lesních porostů přirozenému stavu, a naopak minimalizaci vstupů člověka. Záměrem takového hospodaření je zde především zvýšení stability porostů a rekonstrukce původní dřevinné skladby (KRNAP 2020). Krkonoše jsou diverzifikované také jedinečnou strukturou různých stanovišť, jakož i edifikátory lesních dřevin (Vacek et al. 2007).

2. Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo získat poznatky o struktuře, diverzitě, dynamice a managementu mladých smrkových porostů ve výškovém gradientu v oblasti východních Krkonoš s akcentem na škody ohryzem a loupáním divokou zvěří.

Hlavní cíl práce:

- získat poznatky o struktuře, diverzitě, dynamice a managementu mladých smrkových porostů ve výškovém gradientu v oblasti východních Krkonoš a akcentem na škody ohryzem a loupáním

Dílčí cíle práce:

- vytvořit 16 trvale výzkumných ploch o rozměrech 15 x 15 m na území Krkonošského národního parku v LHC Maršov
- provést základní dendrometrická měření na všech TVP
- identifikovat a změřit jednotlivá poškození ohryzem a loupáním
- vyhodnotit růstové parametry, diverzitu, horizontální a vertikální strukturu porostu
- posoudit vliv nadmořské výšky na strukturu a produkci smrkových porostů
- popsat interakce mezi nadmořskou výškou, škodami zvěří, produkcí, diverzitou a strukturou smrkových porostů
- porovnat výsledky s podobnými pracemi a navrhnout řešení

3. Rozbor problematiky

3.1 Horské smrkové porosty

Horské smrkové porosty se vyskytují na svazích a hřebenech Krkonoš ve výškách kolem 600 až 1 300 m n. m., z toho se nacházejí od 1000 m n.m. klimaxové smrčiny. Jedná se o přirozené původní horské smrkové lesy, ve kterých je dominantní smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.). Mimo smrku ztepilého doplňují dřevinnou skladbu v horských smrčinách v omezené míře listnaté stromy, jako jsou jeřáb ptačí, javor klen, bříza bělokorá a buk lesní. Původních smrkových porostů je celkem více jak 270 ha. Současná rozloha lesů na české straně Krkonoš je přibližně 36 tisíc ha. Původní druhová skladba a rozložení v prostoru do značné míry ovlivnil v minulosti člověk, a s koncem minulého století pak zhoršující se kvalita životní prostředí, zejména znečištěné ovzduší. Tyto lesy jsou velmi významnou součástí krajiny našeho státu. Jsou z hlediska zvláštního významu objektem ochrany životního prostředí a stabilizace přírodních procesů i samoregulačním prvkem krajiny (Vacek 1999; Fiala 2021). Přirozená smrčina je ve středoevropských podmínkách většinou lesem vyšších poloh až hor, řidčeji (v případě podmáčených smrčin) i středních poloh. Obvykle se jedná o zapojené, stinné lesy na kyselých půdách, s chudým keřovým a bylinným patrem, ve kterém výrazně převládají mechrosty (Poleno et al. 1994).

Při historickém hodnocení důvodů zavádění smrkových i borových monokultur je zřejmé, že tento proces byl spojen s prudkým nárůstem spotřeby dřeva, dříve především energetické suroviny a lze je časově zasadit do období přelomu 18. a 19. století a později do průběhu 19. století (Poleno et al. 1994; Kazda, Pichler 1998, Slanař 2020).

Spotřeba dřeva narůstala přímo úměrně s intenzivním rozvojem průmyslu. A tak v době, kdy byla značná část původních smíšených lesů v důsledku jejich silného nadužívání, především kořistnické těžby, ale i pastvy dobytka, hrabání steliva a dobývání pařezů, ve velmi špatném až úplně zdevastovaném stavu, byla právě vidina vysoké dřevní produkce jehličnatých monokultur velmi lákavá (Slanař

2020). Docházelo k odstraňování posledních zbytků prořídých původních porostů a jejich umělé obnově – zpočátku borovicí, později v naprosté většině případů smrkem (Poleno et al. 1994). Právě výsadba relativně rychle rostoucích jehličnatých dřevin s vysokou produkční schopností byla příslibem vyřešení hrozící energetické, potažmo celospolečenské krize z nedostatku dřeva (Tesař et al. 2004). Umělé zakládání jehličnatých monokultur také zavedlo určitý řád do lesního hospodářství, toto řádné hospodaření pak spolu s počátečním rychlým růstem monokultur výrazně zvýšilo ve velice krátké době produkci dřeva (Souček 2006).

Poškozování smrkových porostů v extrémních horských podmínkách přináší lesnímu managementu řadu obtížných problémů. V 70. až 90. letech minulého století byl celkový zdravotní stav smrkových porostů značně negativně ovlivněn synergii klimatického a imisního stresu, převážně vysokými koncentracemi SO₂. Ke stabilizaci zdravotního stavu smrkových porostů došlo až v druhé polovině 90. let minulého století (Král et al. 2015; Putalová et al. 2019). Vlivem těchto imisních zátěží z tepelných elektráren, došlo k rozpadu a následné obnově rozsáhlých smrkových porostů na mnoha horských lokalitách. Tyto kalamity vyvolaly přirozenou selekci v lesních porostech. Původní stromy převážně smrku krkonošského s původním genovým základem se staly zdrojem pro záchranu geofundu geograficky autochtonních druhů lesních dřevin (Schwarz 1996).

3. 2. Smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.)

3. 2. 1. Popis

Smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.) Říše: rostliny, Oddělení: nahosemenné, Třída: jehličnany, Řád: borovicotvaré Čeleď: borovicovité Rod: smrk.

Štíhlý, dobře rostlý, stále zelený strom, dorůstající výšky až 50 metrů (Obr. 1). Jeho kůra je v mládí hladká, světle hnědá a s přibývajícím věkem se na ní tvoří hrubé, tmavě šedé šupiny (Úradníček et al. 2009). Je několik ekotypů smrku. Vyvinuly se podle polohy a stanoviště. Původní horský ekotyp smrku vyskytující se v horní hranici

lesa má větve splývavé a úzkou korunu (krkonošský smrk). Lépe odolává sněhu a větru. Pak jsou smrky s větvemi vodorovnými a tvrdými, většinou v nižších polohách. V horském lese jsou tyto smrky nepůvodní. Smrk se přirozeně vyskytuje v nadmořských výškách 600 – 1 300 m n. m. Ve výškách nad 1 000 metrů tvoří přirozené klimaxové smrčiny. Ve vyšších nadmořských výškách (nad 1 200 m n. m.), vzhledem k extrémním přírodním podmínkám, je rozmnožování vegetativní, tzn. spodní větve přilehnou k zemi a časem vytvoří kořeny. V Krkonošském národním parku jsou k vidění jedinci ve věku kolem 300 let (Vacek et al. 2012; Fiala 2021).



Obr. 1: Smrk ztepilý (*Picea abies* [L.] Karst.) (Fiala 2019).

Plody – šišky jsou převislé na vrcholcích stromů už z dálky nápadné, vyrůstají na konci větévce. Zbarvení šišek před dozráním je buď zelené nebo ve vyšších polohách mají dozrávající šišky barvu červenou až červenofialovou (Schwarz 1984). V zimě za suchého počasí se šišky otevírají a z mezer mezi šupinami vypadávají a vyletují semena. V těchto měsících jsou semena v smrkových

šiškách hlavní potravou pro malého zpěvného ptáka křivku obecnou (*Loxia curvirostra*) pták který má k tomu přizpůsobený zobáček (nápadně horní a dolní část zobáku se přesahují a jsou vychýleny k jedné straně) a od toho se odvíjí i název Křivka. Vylupuje semena z šišek a pochutnává si na nich. Některá semena však vypadávají na zem, a tím se podporuje přirozená obnova smrku.

Kořen – kořenový systém je mělký bez hlavního kořene, díky tomu je smrk často obětí větrných kalamit. Při umělé obnově by se měl kombinovat se zpevňujícími dřevinami jako je buk lesní nebo jedle bělokorá (BOTANY 2020).

Areál smrku se rozprostírá převážně na severní polokouli, a hlavně je rozšířen v severní a jihovýchodní Evropě s přesahem do Asie. V České republice tvoří klimaxové smrkové porosty v horních hranicích lesa až do 1 400 m n. m. Smrk řadu desetiletí dosahoval v druhové skladbě v ČR více jak 50 %. Následkem probíhající kůrovcové kalamity v letech 2019–2023, kdy úhrn ročních nahodilých těžeb kůrovcových porostů činil až 30 mil. m³/rok zastoupení smrku v ČR klesl, podle údajů MZe (zpráva o stavu lesa 2022) je nyní zastoupení smrku ztepilého téměř 48 % (MZe 2023). Smrk je světlomilný, jako juvenilní snáší zastínění, tím pádem se dobře zabydluje v porostech jiných dřevin. Smrk roste převážně na chudých půdách podzolu a kambizemě (Binkley & Fisher 2013), kde depozice dusíku v posledních desetiletích zvýšila růst lesů (Meunier et al., 2016). Smrk je velmi citlivý na znečištění ovzduší (zejména SO₂) a sucha (Godek et al. 2015; Vacek et al. 2017, 2019; Mikulenka et al. 2020). Pokračující globální změna klimatu přináší do našich lesních ekosystémů změny, mezi které nejčastěji patří častější rozsáhlé zásahy do lesů (požár, vichřice, sucho, povodně, kůrvec, hniloba kořenů) a migrace dřevin (Vacek et al. 2023).

V současné době je smrk nejhojnější dřevinou v Krkonošském národním parku, zaujímá více jak 80 % zalesněné plochy.

Hospodářský význam: Smrk je naší nejrozšířenější hospodářskou dřevinou. Jeho současné poměrně velké rozšíření je dáno širokými možnostmi využitelnosti jeho produkce (BOTANY 2020, Fiala 2021).

Smrk ztepilý vykazuje vysoké nároky na půdní vlhkost, přičemž je schopen dobře snášet i její nadbytek. Jeho kořenový systém je velmi proměnlivý, ale obecně lze rozpoznat jak horizontální, tak vertikální kořeny. Silné horizontální kořeny, plošně rozložené, se nacházejí těsně pod povrchem půdy, a z těchto kořenů vyrůstají

tenké kořeny směřující převážně svisle dolů. Tato struktura kořenů často vede k tomu, že smrky jsou náchylné k vývratům (Svoboda 1953; Musil, Hamerník 2007). Hlavní část kořenového systému smrku bývá koncentrována v půdním horizontu s pH 4-5, což se považuje za optimální hodnotu. Co se týče obsahu živin v půdě, smrk neprojevuje zvláštní nároky, to také umožňuje jeho prosperitu i na mělkých horských půdách. V případě monokulturních porostů dochází k jednostrannému vyčerpávání půdy (Musil, Hamerník 2007). Smrk je odolný vůči nízkým teplotám, avšak projevuje citlivost k vysokým teplotám, k nízké relativní vlhkosti vzduchu a znečištění ovzduší. Když je pěstován v teplejších nížinách, stává se náchylnějším k různým houbovým onemocněním (Ellenberg 1988).

Smrčiny, které se rozvíjejí v nižších nadmořských výškách na dlouhých a mírně skloněných svazích s relativně stabilními podmínkami prostředí, vykazují menší odolnost vůči přírodním disturbancím ve srovnání s odolnějšími smrčinami, které rostou na specifických a extrémních stanovištích, například na skalnatých svazích a místech poblíž horní hranice lesa (Korpeľ 1989). Zajímavým rysem smrku je, že ačkoli není typickou pionýrskou dřevinou, dokáže se často tak chovat a výjimečně kolonizovat volné plochy vzniklé po disturbanci. Na plochách po disturbancích, které bývají často slunné a vyprahlé, smrk roste příliš rychle, a v důsledku toho má řidší dřevo. Tím vzniká smrkový porost, který je nestabilní, a je odsouzen k brzkému rozpadu (Košulič, 2008). Stabilnější les může po rozpadu předchozího porostu vzniknout vkládáním smrku do přípravného lesa, který se skládá z břízy nebo jiných pionýrských dřevin. Pokud není porost opět výrazně narušen, může se během několika staletí dostat do tzv. pralesovité fáze s dominancí smrku (Svoboda, 2008).

S ohledem na skutečnost, že se smrk ztepilý dosahuje průměrný věk 200-300 let a horské smrčiny převážně rostou v extrémních podmínkách, je velmi pravděpodobné, že narušení porostu nastane před dosažením pralesovité fáze, jak uvádí Kulakowski (2004). Nejdůležitější dřevinou boreálních a temperátních lesů je smrk ztepilý, s rozsáhlým rozšířením mezi 40° a 70° severní šířky a 5° a 55° východní délky (Oleskyn et al. 1998, Musil et al. 2007). Boreální smrčiny jsou výrazně podobné horským smrčinám ve střední Evropě. Ačkoli je smrk ztepilý původní v horských oblastech a v oblastech temperátních lesů, neuváženým lesnickým hospodařením byl rozšířen i do nižších poloh a na

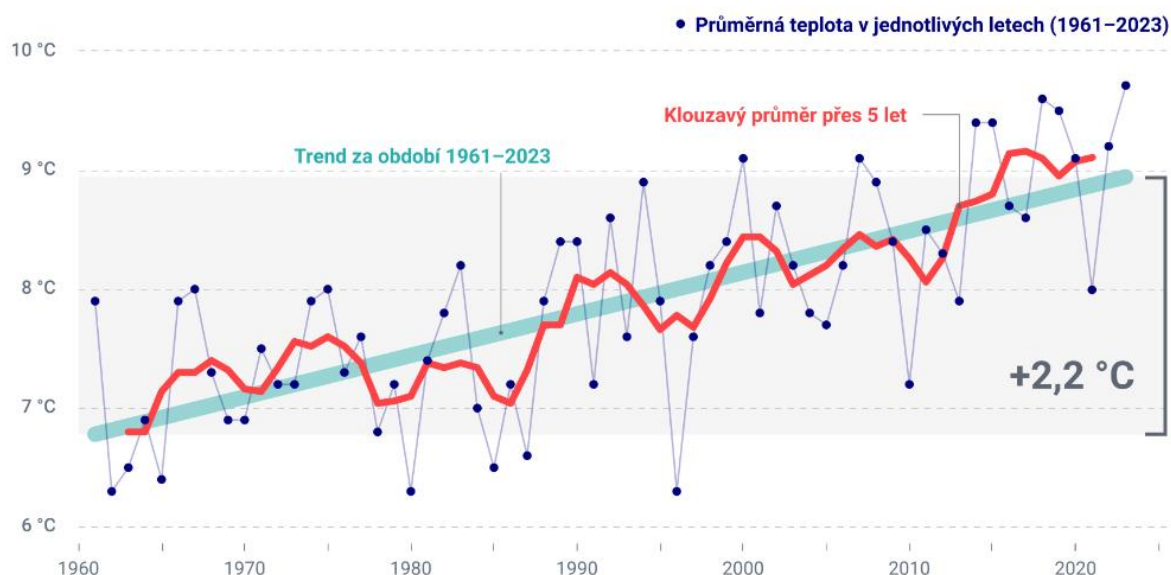
lokality, kde by se přirozeně nevyskytoval. Tím vznikly na těchto místech často rozsáhlé monokultury (Korpel', 1989).

3. 3. Klimatická změna

Klimatický systém skládající se z atmosféry, hydrosféry, kryosféry, biosféry a povrchu pevnin představuje komplexní termodynamický systém (Čadová 2022). V tomto systému probíhají fyzikální a chemické procesy vzájemně propojené složitými vazbami. Během těchto procesů dochází k neustálé výměně hmoty a energie mezi jednotlivými složkami klimatického systému (chmi.cz, 2021).

Klimatická změna je charakterizována jako výrazná a trvalá transformace v průběhu desítek až milionů let. Tato transformace zahrnuje extrémní fluktuace v rámci změn, jako jsou povětrnostní podmínky, a může být důsledkem přirozených procesů nebo stálých změn v složení atmosféry (Solomon, 2007). Klimatické změny představují jedno z klíčových environmentálních témat. Změna klimatu hraje klíčovou roli při zhoršování zdravotního stavu zejména smrkových monokultur prostřednictvím negativních dopadů. V těchto prostředích se zvyšuje aktivita patogenních škůdců, což je způsobeno především nejvýznamnějším rizikovým faktorem a to suchem. Předpokládá se, že za těchto podmínek dojde k nárůstu abiotických škod a zhoršení současného stavu lesních porostů. Indikátory klimatických charakteristik naznačují častější výskyt extrémních meteorologických jevů, které již nyní ovlivňují lesní hospodářství. Lze tedy očekávat, že negativní dopady na přírodní prostředí budou nadále narůstat (ČHMÚ 2021; Čadová 2022). Teplejší a sušší podmínky zvláště usnadňují požáry, sucho a napadení hmyzími škůdci, zatímco teplejší a vlhčí podmínky zvyšují rušení větrem a patogeny. Široce rozšířené interakce mezi činiteli pravděpodobně zesilují disturbance, zatímco nepřímé klimatické účinky, jako jsou změny vegetace, mohou tlumit dlouhodobou citlivost na změnu klimatu. Budoucí změny budou pravděpodobně nejvýraznější v jehličnatých lesích a boreálním biomu (Seidl 2007). Změna klimatu má za následek zvýšení teploty vzduchu, za posledních 60 let o 2,2 °C (Obr. 2) a změnu srážkových režimů, včetně změn sněhových srážek a načasování, množství a meziroční proměnlivosti srážek. Lesy jsou rozšířené, dlouhodobé ekosystémy, které jsou intenzivně i extenzivně obhospodařovány. Jsou potenciálně citliví na tyto dlouhodobé klimatické změny, stejně jako společnosti a

ekonomiky, které na nich závisí. Změna klimatu zvyšuje potenciální důsledky mnoha stávajících problémů spojených s environmentálními, sociálními nebo ekonomickými změnami (Bernier a Schöne2009).



Obr. 2: Průměrná teplota 1961–2023 (zdroj: faktaoklimatu.cz)

Vliv změn klimatu může ovlivnit produkci lesních ekosystémů (Babst et al., 2019). I přes to, že tyto ekosystémy s dlouhou životností byly historicky přizpůsobeny současným klimatickým podmínkám, rychlost změn klimatu vytváří obavy ohledně schopnosti lesů přizpůsobit se budoucím změnám (Poleno, 1997; Čadová 2022). Zatímco lesní ekosystémy jsou odolné a mnoho druhů a ekosystémů se historicky přizpůsobilo měnícím se podmínkám, budoucí změny jsou potenciálně takového rozsahu nebo k nim dojde rychlostí, která přesahuje přirozenou adaptační schopnost lesních druhů nebo ekosystémů, což vede k místnímu vymírání a ztrátě důležité funkce a mimoprodukčních služeb, včetně snížených lesních zásob uhlíku a sekvestrace (Seppälä et al.2009). Nedávné globální oteplování již způsobilo mnoho změn v lesích (Lucier et al.2009). Aspekty změny klimatu mohou být pro některé dřeviny v některých lokalitách pozitivní. Je pozorováno, že růst stromů se v některých lokalitách zvyšuje při delším vegetačním období, vyšších teplotách a zvýšených úrovních CO₂. Reakce lesů na změny prostředí se navíc liší ve vztahu k typu lesa, druhové skladbě a stanovištním podmínkám, protože v extrémně

teplém roce může být růst v nížinách snížen, zatímco ve vyšších nadmořských výškách může být zrychlen (Jolly a kol., 2005; Etzold a kol., 2014). Mnohé předpokládané budoucí změny klimatu a jejich nepřímé dopady však budou mít pravděpodobně negativní důsledky pro lesy. Pozorované posuny v distribuci vegetace (Lenoir a kol.2010). Klima ovlivňuje dynamiku interakcí hostitel-patogen, takže je pravděpodobné, že změna klimatu bude mít silný vliv na distribuci a chování rostlinných druhů a patogenů (Sturrock 2011).

Lesy, které pokrývají jednu třetinu území České republiky, představují klíčový prvek ekologické stability krajiny. Díky své přirozené schopnosti produkovat významné množství biomasy jsou významným a ceněným zdrojem. Jejich udržitelnost však primárně spočívá v zajištění realizace ochrany půdy, vody, klimatu a sociálních funkcí, což může vyžadovat konkrétní zemědělská a technická opatření v reakci na dopady klimatických změn (Kalvová, 2002, Čadová 2022).

Smrk ztepilý jako dominantní dřevina (48 %) v českých lesích zaznamenal v posledních letech rozsáhlé škody v důsledku klimatických změn (MZe 2017). Špatný stav smrkových porostů provázejí i hromadné výskyty kůrovce (sekundární škůdce), které se vyskytují souběžně se suchými roky a zvyšují rozpad lesů (Kopáček et al. 2015; Nováková 2015). Smrkové porosty v České republice jsou v posledních dvou až třech desetiletích stresovány výkyvy způsobenými změnami klimatických podmínek (Čermák et al. 2019). V roce 2019 dosáhla nahodilá těžba 92 % (25,5 milionů m³) převážně kůrovcového dřeva (Obr. 3).



Obr. 3: Objem kůrovcové těžby 2013–2021 (zdroj: sazejstromy.cz)

Ztráty v odvětví lesního hospodářství byly v ČR přibližně 1,12 miliardy EUR (Toth et al. 2020). V roce 2022 byl celkový stav a vývoj lesních ekosystémů podle očekávání, velmi citelně ovlivněn kůrovcovou gradací. I přesto, že byl průběh počasí příznivější než v předchozích letech, oslabené porosty z minulých let a probíhající gradace kůrovce byly příčinou zvýšených nahodilých těžeb na území Krkonošského národního parku (Šimůnek 2020). Kůrovcovou kalamitu, způsobenou především lýkožroutem smrkovým (*ips typographus*), je proto nutné chápat jako globální problém (Štícha et al. 2019), způsobený do určité míry změnou klimatu, globálními oteplováním a pomalým či chybným působením lesního hospodářství (Toth et al. 2019).

Národní parky	Roční předpis	Těžba dřeva					celkem
		úmyslná		nahodilá			
		obnovní	výchovná	kůrovec	vítr, sníh, ostatní	%	
Podyjí	10 976	1 079	2 634	733	3 610	54	8 056
České Švýcarsko	57 200	2 490	1 376	12 843	556	77,6	17 265
KRNAP vč. ochranného pásma	144 373	5 428	6 761	75 610	39 609	90	127 408
Šumava	353 501	0	27 621	218 342	24 056	89,5	270 849
Celkem	547 429	3 991	45 075	194 233	101 095		344 394

Tab. 1: Celková výše těžeb v NP v roce 2022 (zdroj: knap.cz)

Celková výše těžeb za rok 2022 (Tab. 1) na území Krkonošského národního parku činila 127 408 m³, z čehož nejvyšší podíl tvoří těžby nahodilé o celkovém objemu 115 219 m³, to je 90 % celkového objemu těžeb. Pro rok 2023 je možné předpokládat další vysoký objem nahodilých těžeb, zejména kůrovcových, ve stejných oblastech, jako dosud (MZe 2023, Zpráva o stavu lesa 2022). Oslabené stromy jsou vystaveny riziku dalšího poškození ze strany škůdců, především podkorních hmyzů, a dalších skupin organismů, především endofytických hub, které se projevují jako vaskulární mykózy, přenášené především podkorním hmyzem. Smrkové lesy dále trpí poškozením zvěří a následnou destabilizací vlivem hniloby. V důsledku působení negativních faktorů dochází v těchto lesních porostech k výraznému chřadnutí (ÚHUL 2020).

3. 4. Struktura lesních porostů

Struktura lesního porostu označuje „souhrn vnějších i vnitřních znaků charakterizujících celé jeho vnitřní uspořádání, tj. obraz stavu porostu zaznamenaný v určitém okamžiku“ (Lesnický naučný slovník – LNS, 1995, s. 295) Struktura porostu je dána jeho původem, druhovým složením, věkem (časovým uspořádáním), prostorovým členěním i genetickou skladbou (Vacek et al. 2010) Vývoj lesního prostředí lze popsat prostřednictvím jeho struktury a změn v této struktuře v průběhu času, což zahrnuje reakci na antropogenní vlivy a přírodní disturbance (Pretzsch 2009).

3. 4. 1. Druhovú struktura porostu

Skladba neboli druhová struktura je výčet všech druhů dřevin a jejich zastoupení v porostu. Porosty rozdělujeme na jehličnaté a listnaté a na porosty smíšené (různorodé) a porosty nesmíšené (stejnorodé). V druhové skladbě se podíl dřevin v porostu stanovuje plošně. Hlavní (základní) dřeviny mají v porostu zastoupení více jak 30 %. Přimíšené dřeviny mají podíl 10–30 % a dřeviny vtroušené 10 % a méně. Ve smíšených porostech mohou být dřeviny rozmístěny různě (Poleno et al. 2007; Vacek et al. 2022). V lesích ČR převládají porosty smíšeného charakteru, plošný podíl je více jak 80 % z celkové zalesněné plochy. Zbytek necelých 20 % jsou porosty nesmíšené s příměsí ostatních dřevin do 10 %. Čistých smrkových porostů (100% smrk) je 2 % z celkové výměry našich lesů. Smrkových porostů s příměsí (10 %) jiných dřevin je 15 % (ÚHÚL 2019). Pro úspěšnou dynamiku druhově bohatých přirozených lesních ekosystémů je nutné minimalizovat poškození stromů poškozování zvěří (Fuchs 2021).

3. 4. 2. Věková struktura porostu

Věková skladba porostu je utvářena věkovým rozptylem jednotlivých druhů dřevin, které tvoří porost. Věkové členění se vyjadřuje ve věkových třídách nebo ve věkových stupních. Podle tohoto začlenění rozeznáváme porosty stejnověké a různověké. Věková struktura je důležitým ukazatelem populační charakteristiky porostu a ovlivňuje jak životnost, tak i mortalitu, popř. délku vývojového cyklu či délku života porostu. Rozčlenění porostu do věkových skupin (věkové stupně, věkové třídy) může vyjadřovat současné produkční a reprodukční možnosti. Ve stabilní věkové struktuře různověkého přírodního lesa početně převažují jedinci v nejmladších věkových stupních, v opačném případě (kdy je v těchto stupních nízká četnost) to znamená, že populace je na ústupu (Vacek et al. 2022). Věková struktura lesních porostů je vedle jejich druhové skladby a prostorové výstavby významnou charakteristikou stavu a vývoje lesů. Věková struktura lesů v ČR je nerovnoměrná. V posledních letech narůstá výměra přestárých porostů. Některé porosty svým věkem výrazně překračují věk obmýtí, což může znamenat zvýšené riziko vzniku abiotických a biotických škod a následně i ekonomické ztráty. Vyšší podíl přestárých porostů může být způsoben režimem obhospodařování lesů ve zvláště chráněných územích a lesů ochranných, ale také odsouváním obnovy ekonomicky neatraktivních méně přístupných nebo méně kvalitních porostů v lesích hospodářských. Rozloha porostů mladších věkových tříd je nadále značně podnormálem. Pozvolný růst průměrného věku dřevin v posledních letech pokračuje a souvisí s nárůstem plochy přestárých porostů a průměrného obmýtí (MZe 2023).

3. 4. 3. Horizontální a vertikální struktura porostu

Prostorová struktura lesních porostů je označována ve směru horizontálním (vodorovném) a vertikálním (svislém). U horizontální struktury se sleduje zakmenění, hustota porostu a zápoj, u vertikální struktury je sledována tvorba jednoho nebo více porostních pater a v jejich rámci porostních vrstev (Vacek 1982). Sloučením obou struktur jak horizontální, tak vertikální vznikne porostní profil (obr. 17, 18, 19, 20, 4 profily výškových variant ABCD).

Horizontální strukturu lesního ekosystému nejvíce ovlivňuje vznik porostu a přirozené vylučování (redukce) jednotlivých stromů nebo je ovlivněno cíleným zásahem lesního managementu (Vacek 2007). Porosty vytvořené umělou obnovou jsou víceméně rozmístěny pravidelně, zatímco porosty vzniklé přirozeně, spontánně (výmladkově nebo semenným způsobem) jsou rozmístěny nepravidelně shlukovitě. Rozmístění těchto porostů se v průběhu času mění na mírně pravidelné (Vacek et al. 2010).

Horizontální bohatost struktury zahrnuje rozmanitost stanovišť, které se v porostech vyskytují, jako jsou slunná a stinná místa, vlhké a suché oblasti nebo místa s různými typy půdy. Tato rozmanitost stanovišť umožňuje různým druhům rostlin a živočichům najít vhodné podmínky pro růst a přežití (Vacek et al. 2022).

Rovnoměrnější rozmístění stromů na porostní ploše, ve spojení s optimálním zápojem, dává možnost využití produkčního prostoru, dosažení jakostních kmenů a maxima objemového přírůstu. Autoredukce v porostu, utváří dostatek prostoru pro růst stromů, vytváří optimální štíhlostní koeficient a pevné zakořenění. Porost tím získává statickou a ekologickou stabilitu (Košulič 2003). U vertikální struktury porostu se nejvíce sleduje a posuzuje tvorba jedné nebo více porostních vrstev a v souvislosti pak porostní etáže a úrovně (Vacek et al. 2022).

Rozmanitost struktury lesa v kontextu lesního managementu především vychází z různorodého výskytu lesních typů a různých stádií vývoje porostů. Lesní porosty s komplexní strukturou jsou typické pro přírodní lesní ekosystémy, zejména v období obnovy a přirozeného rozpadu, zatímco v období růstu je tendence k homogennějším uspořádáním struktur. Lesy s bohatou strukturou obvykle vykazují vícevrstevnaté nebo stupňovité uspořádání. Rozmanitost struktur je nejvíce patrná v lesních společenstvech s rozvinutým podrostem. Vertikální bohatost struktury se týká různých výškových úrovní v porostu, od podrostu a nižšího patra až po stromy v horních patrech. Tato vertikální struktura poskytuje různé ekologické niky pro rostliny, živočichy a houby, což podporuje biodiverzitu a ekosystémovou stabilitu (Vacek et al. 2022, Košulič 2003). Nejvýraznější vliv na vertikální strukturu porostu má věk stromů, růstová rychlost jednotlivých druhů včetně cenotických vztahů na daném stanovišti (Průša 1985).

3. 4. 4. Genetická struktura porostu

Velký vliv na stabilitu a vitalitu lesních ekosystémů má také genetická struktura populace stromů. Dynamika genetické struktury je značně ovlivňována frekvencí alel a jednotlivých genotypů druhů dřevin. Vše je utvářeno a měněno v rámci adaptačního procesu v daném ekosystému na který působí vliv měnících se ekologických podmínek na základě působení mikroevolučních podnětů jako jsou přirozená selekce, různé mutace, migrace, izolace a náhodné změny (Paule 1992).

Genetickou strukturu může také jak pozitivně, tak i negativně ovlivnit management lesního hospodaření. K pozitivnímu ovlivnění genetické struktury lesního porostu lesním hospodařením dochází kvalifikovaným kombinováním přírodních adaptačních procesů a jejich vhodným šlechtitelským urychlováním (Paule 1992). Genetická struktura zahrnuje aspekty jako genetickou diverzitu uvnitř druhů, přítomnost specifických alel a genových variant, a také vzorce příbuznosti a genetické diference mezi jednotlivými stromy a skupinami stromů. Tato struktura je výsledkem historických procesů, jako jsou migrační trasy, reprodukční strategie a selekční tlaky, a je neustále formována přírodními i antropogenními vlivy, včetně lesnického managementu. Efektivní správa a ochrana genetických zdrojů v lesních porostech jsou zásadní pro zachování jejich vitality, adaptability a celkové udržitelnosti (Vacek et al. 2022; Paule 1992). Součástí kvality a přirozenosti struktury lesa je i genetické složení porostu, což zahrnuje podíl původních jedinců nebo jedinců odpovídajících místním podmínkám, ať už mají klimaxovou nebo sukcesní strategii (Mikeska, Vacek 2007).

3. 5. Bohatost struktury lesních porostů

Lesní prostředí zahrnuje jak horizontální, tak vertikální prvky a tyto složky tvoří základní stavební kameny lesních porostů. Rozložení druhů dřevin, jejich stáří a způsob, jakým jsou smíšeny, mají významný vliv na obě tyto strukturální složky. Mezi faktory ovlivňující formování struktury porostů patří charakter stanoviště, složení dřevin a z toho vyplývající konkurenční interakce mezi druhy i uvnitř druhů, stejně jako biotické a abiotické faktory, včetně lidského působení. Rozmanitost diferenciací struktury lesa v kontextu lesního managementu především vychází z různorodého výskytu lesních typů a různých stádií vývoje porostů. Lesní porosty s komplexní strukturou jsou typické pro přírodní lesní ekosystémy, zejména v období obnovy a přirozeného rozpadu, zatímco v období růstu je tendence k homogennějším uspořádáním struktur. Lesy s bohatou strukturou obvykle vykazují vícevrstevnaté nebo stupňovité uspořádání. Rozmanitost struktur je nejvíce patrná v lesních společenstvech s rozvinutým podrostem. Strukturu porostu z hlediska bohatosti členíme do těchto tří forem (Tab. 2: Struktura porostu v PLO 22):

Les s jednoduchou strukturou: koruny stromů se nacházejí pouze v jedné horní vrstvě mluvíme o jednoetážovém porostu, korunový zápoj je horizontální

Les podrostního typu: převážně dvouetážový porost – jde o pravidelné uspořádání dvou až tří etáží v porostu. Vzhled porostu je místy mezernatý. Uspořádání porostních etáží je od nejstarších stromů v horní vrstvě, přes střední vrstvu až po spodní vrstvy jedinců pocházejících z podsadby nebo z přirozené obnovy v prosvětleném prostředí staršího porostu.

Les s bohatou strukturou: porost s mnoha vrstvami stromů které se vzájemně prolínají a jednotlivé vrstvy porostu nelze jednoznačně rozlišit. Horizontální zápoj není celoplošný a je spíše skupinovitý. Stromy ve střední a spodní vrstvě postupně dorůstají do horní vrstvy. Popisovaná struktura je typická pro lesy s výběrným způsobem hospodaření nebo pro lesy, jejichž charakter se přibližuje výběrnému lesu (Mendele.cz 2023; Vacek et al. 2022).

Ukazatel	NIL1				NIL2			
	[ha]		[%]		[ha]		[%]	
	Bodový odhad	Spodní mez	Bodový odhad	Spodní mez	Bodový odhad	Spodní mez	Bodový odhad	Spodní mez
		Horní mez		Horní mez		Horní mez		Horní mez
Jednoduchá struktura	29 200	25 737	93,0	89,1	25 800	22 269	86,0	80,1
		32 663		96,9		29 331		91,9
Podrostní typ	1 200	261	3,8	0,9	3 800	2 134	12,7	7,3
		2 139		6,8		5 466		18,1
Bohatá struktura	1 000	139	3,2	0,4	400	0	1,3	0,0
		1 861		5,9		952		3,2

Tab. 2: Struktura porostu PLO 22 (zdroj: uhul.cz)

V Krkonoších tvoří lesy s jednoduchou strukturou přibližně 86 % celkové lesní plochy. Tento stav je převážně důsledkem historického pasečného hospodaření či holosečných metod, které byly prováděny v minulosti a často spojeny s poškozením lesních komplexů způsobeným imisemi, zejména v oblastech horských hřebenů. Lesy s podrostním charakterem zaujímají méně než 13 % lesní plochy, zatímco lesy s bohatou strukturou zabírají pouze 1,3 % lesního území. Tyto údaje vycházejí ze studie NIL2 (2011–2015) (MZe 2016).

Bohatost struktury lesních porostů může být důsledkem přirozených procesů, jako jsou přirozené disturbance, a také lidských zásahů, jako je diverzifikace lesního hospodářství a ochrana přírody. Lesy s bohatou strukturou mají větší schopnost odolávat škůdcům a nemocem, snižovat riziko eroze půdy a zachytávat uhlík, což přispívá k udržitelnosti a biodiverzitě lesních ekosystémů (uhul.cz 2022).

3. 6. Dynamika lesních porostů

Dynamiku lesních ekosystémů lze přirovnat k mozaice stromových a porostních souborů, které prochází vývojovým cyklem od obnovy porostu a úspěšného růstu přes fáze dorůstání, dospělosti, stárnutí a rozpadu a následně k obnově porostu (LEIBUNOGUT 1993). Přírodní stav poskytuje poznatky o spontánních vývojových procesech, avšak většina lesů byla v důsledku lidské činnosti výrazně ovlivněna. Porozumění dynamice lesních ekosystémů v podmínkách bez zásahu člověka má proto klíčový význam pro přírodě blízké hospodaření (KORPEL' 1995; POLENO et al. 2007; 2011).

3. 7. Dynamika horských smrkových porostů

Smrk ztepilý z vyšších horských poloh projevuje určité rozdíly v růstové dynamice ve srovnání s jedinci z nižších nadmořských výšek. Podobně jako smrk pocházející z oblastí na severu Evropy, i horské populace smrku vykazují adaptaci na kratší vegetační období (HOLZER et al. 1987, SCHULTZE 1998).

Dynamika horských smrkových porostů se vyznačuje různými procesy a událostmi, které ovlivňují jejich strukturu, složení a vývoj v průběhu času. Následující faktory mohou hrát klíčovou roli v dynamice těchto porostů:

Nepříznivé (extrémní) podmínky: Horské prostředí často představuje extrémní podmínky, jako jsou nízké teploty, silné bořivé větry, sněhové laviny a půdní eroze, které mohou ovlivnit zdraví a stabilitu smrkových porostů.

Imisní znečištění: Historicky byly horské lesy vystaveny vysokému znečištění ovzduší, což může mít negativní dopad na zdraví stromů a celkovou ekosystémovou stabilitu.

Klimatické změny: Změny klimatu, včetně globálního oteplování a změn srážkových modelů, mohou ovlivnit růst, vitalitu a stabilitu smrkových porostů. Extrémní klimatické jevy, jako jsou sucho a vichřice, mohou také mít negativní dopad na zdraví lesů (Putalová 2019).

Přírozené disturbance: Přírodní události, jako jsou lesní požáry, eroze, větrné a kůrovcové kalamity, mohou vést k rozsáhlým změnám v porostech. Tyto události

mohou vytvořit nová stanoviště pro regeneraci nebo změnit složení druhů v porostu, a tím výrazně ovlivnit dynamiku.

Zvěř: Zvěř, jako jsou jeleni, srnci nebo zajáci, může způsobovat škody jak na obnově porostu, tak na obnovovaných porostech a mladých stromech, což může ovlivnit regeneraci a vývoj porostů (Vacek et al. 2022).

Lesnický a myslivecký management: Činnosti jako těžba dřeva, obnova lesních porostů, management ochrany lesa a myslivecké aktivity mohou ovlivňovat dynamiku a celkový stav porostu. Tyto činnosti by měly podporovat zdravý růst a biodiverzitu. Chybné intervence lesního managementu mohou vést k degradaci lesního prostředí.

Dynamika horských smrkových porostů je tedy důsledkem interakce mezi přírodními faktory, lidskou činností a změnami v životním prostředí, a je důležité ji pečlivě sledovat a spravovat pro udržení zdraví a biodiverzity těchto cenných lesních ekosystémů (Vacek et al. 2022; Cukor et al. 2019).

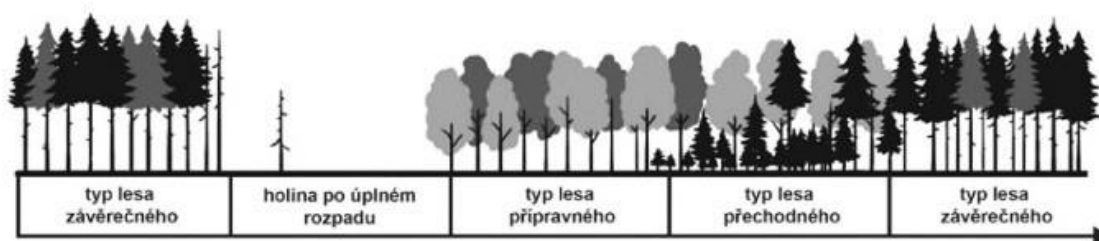
3. 7. 1. Disturbance

Podle (Korpel' 1989) lze charakterizovat dynamiku horských smrčín ve třech základních vzájemně se překrývajících krocích (etapách) a to stádium obnovy, zralosti a rozpadu. Dynamiku porostu ovlivňují opakované narušení disturbancemi jak malého (dynamika porostních mezer) tak velkého rozsahu (celoplošné kalamity). Tyto náhodně se vyskytující disturbance znovu a znovu narušují přirozenou obnovu a vytvářejí náhodné věkové, vertikální a horizontální diference. Tímto způsobem se při ponechání samovolnému vývoji, může během několika staletí vyvinout horský smrkový prales, který bude odolným a stabilním porostem v budoucí změně klimatu horských poloh (SVOBODA 2008). Dynamiku horských smrčín lze chápat jako přirozenou kombinaci malého a velkého vývojového cyklu lesa. V horském stupni jsou disturbance lesních porostů běžnou a nedílnou součástí vývoje lesa a pozitivně ovlivňují dynamiku, strukturu a přirozenou obnovu (HOLESKA et al. 2006)

3. 7. 2. Vývojové cykly lesa

Lesní systémy opakovaně procházejí přirozenými změnami, tyto změny nazýváme vývojovými cykly lesa. Mezi základní vývojovou klasifikaci v lesnictví podle Korpela (1988) jsou koncepce malý a velký vývojový cyklus lesa (VACEK et al. 2022).

3. 7. 2. 1. Velký vývojový cyklus lesa



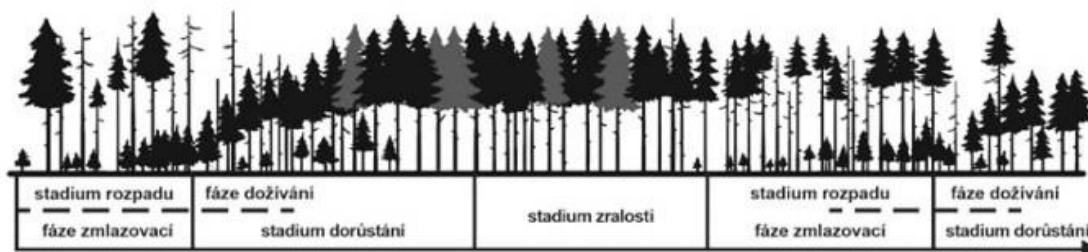
Obr. 4: Velký vývojový cyklus (zdroj: Vacek et al. 2020)

Tento cyklus (Obr. 4) vzniká po velkoplošných disturbancích nebo po přirozeném rozpadu porostu na rozsáhlých plochách v řádu hektarů v časovém rozmezí několika desetiletí (VACEK et al. 2022). Celý cyklus prochází několika fázemi, začíná to celkovým rozpadem porostu, následuje přirozená sukcese pionýrskými dřevinami, tato část se nazývá přípravné stádium lesa (přípravný les) tyto dřeviny se vyznačují rychlým růstem a snadným obsazováním prostředí. Dochází k postupné přeměně půdních podmínek a k postupné přípravě prostředí k uchycení náročnějších dřevin. Nastává stádium přechodného lesa (přechodný les) prostor je průběžně obsazován polostinnými dřevinami a celý systém má charakter dvou až tří etážového lesa. Postupným podrůstáním a předrůstáním dřevinami závěrečného lesa se celý vývojový cyklus dostává do stadia vrcholného neboli do fáze závěrečného (klimaxového) lesa.

Další obnova lesa spočívá pouze v obnově klimaxových dřevin. Klimaxový les je na vrcholu dřevní produkce a je nejstabilnějším prvkem v daném ekosystému.

Toto období může teoreticky trvat neomezeně dlouho (Korpeľ 1995; Vacek et al. 2020, 2022).

3. 7. 2. 2. Malý vývojový cyklus lesa



Obr. 5: Malý vývojový cyklus lesa (zdroj: Vacek et al. 2022)

Malý vývojový cyklus lesa (Obr. 5) probíhá pouze v rámci klimaxového lesa na maloplošných územích ve staletých periodách (KORPEL' 1995; POLENO et al. 2007; Vacek et al. 2022). Tento cyklus má specifické tři základní stádia: stádium optima kdy se v porostu vyrovnává celková výška a převládají stromy s nejvyšší tloušťkovou dimenzí. Následuje stádium stárnutí, kdy postupně dochází ke stárnutí a odumírání jednotlivých stromů. Tím se poskytuje prostor pro obnovu porostu. Počet starších stromů rychle klesá, a naopak stoupá počet jedinců obnovy. Vytváří se les, který prochází obnovou, je několika etážový, na ploše lesa jsou nepravidelné a diferencované skupinky nastupujícího porostu. V této fázi je les tloušťkově, výškově a věkově nejvíce diferencován. Vývojové cykly lesa se překrývají. Nastává fáze dorůstání. Toto stádium se vyznačuje nejvyšší dynamikou a strukturou porostu (mendelu.cz 2022). Rozkládající se dřevo představuje přirozený prvek v dynamice horských smrčín. Je klíčové pro přirozenou regeneraci a posilování biologické rozmanitosti v těchto lesních ekosystémech. Udržování tlejícího dřeva v porostu by mělo být standardem, zejména ve zvláště chráněných oblastech (Vacek et al. 2015; Svoboda, 2005). Mrtvé dřevo je důležitým prvkem lesů jak pro biodiverzitu, tak pro funkce ekosystému a má významný vliv na stabilitu a kontinuitu lesa (Odor et al. 2006; Jakoby et al. 2010).

3. 7. 3. Dynamika porostních mezer

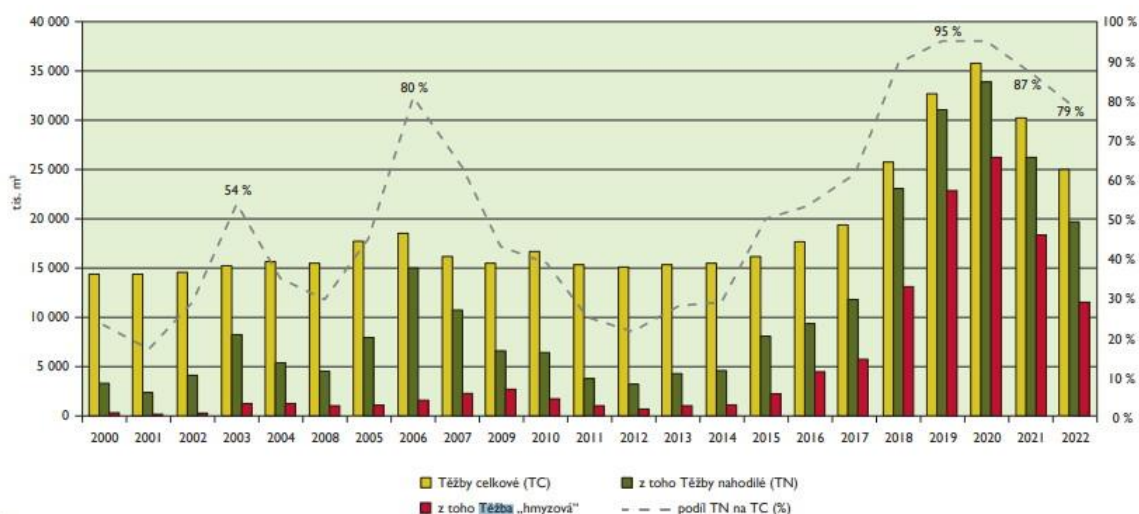
Podle studií ze Skandinávie (Kuuluvainen et al. 1998), se prokázalo že dynamiku boreálních smrkových lesů nejvíce ovlivňují změny v porostu na základě vytváření tzv. „porostních mezer“, jejich vznik a rozmístění je v závislosti na daných podmínkách (SVOBODA 2008). Porostní mezery se vytvářejí odstraněním větších nebo menších skupin včetně jednotlivých stromů v porostu. To vše se děje procesem nahodilých disturbancí malého rozsahu např. mokrým sněhem, větrem, hmyzem, zvěří, houbovými patogeny a bezesporu lidskou činností. Tyto události doplňují přirozené odumírání stromů stářím nebo konkurenčním bojem o zdroje. Tím se uvolňují a vytvářejí podmínky pro přirozenou obnovu. Vytváří se tak porost s věkovou i prostorovou heterogenitou (Kuuluvainen et al. 1998). Myšlenka na ekologicky orientované lesní hospodaření by měla vycházet z ekologicky fundovaných a důkladně ověřených informací o struktuře a vývoji přírodních a přírodě blízkých lesů. Důkladné sledování strukturální a druhové rozmanitosti lesních porostů je klíčovým předpokladem pro pochopení a správu lesních ekosystémů na podobných stanovištích a v podobných porostních podmínkách, zejména při vytváření funkčně integrovaných lesů (Saniga, Schutz 2002, Pommerening 2002).

Záměremem je vytvářet strukturované, vitální a stabilní lesní porosty, které plní produkční, ekologické a environmentální funkce (Vacek et al. 2007).

3. 8. Faktory ovlivňující dynamiku a strukturu smrkového porostu

3. 8. 1. Abiotické faktory

Mezi abiotické vlivy, které jsou součástí ekosystémů a zároveň jej můžou z hlediska obnovy porostu nepříznivě ovlivňovat patří: námraza, sucho, sníh, sluneční záření, teplota a bořivé větry. Dále to jsou neméně důležité půdní podmínky: vlhkost, pH, koncentrace živin v půdě (Schwarz 1997). Vítr je hlavním škodlivým činitelem v mnoha lesních ekosystémech na celém světě (Oliver 1980/1981). Lesní porost má nejlepší odolnost proti větru, sněhu a námraze v období dorůstání a nejhorší ve stádiu zralosti (Petříček 1999).



Tab. 3: Nahodilá těžba 2000–2022 (zdroj: eagri.cz)

V roce 2022 byl celkový objem nahodilých těžeb způsobených abiotickými vlivy 4,39 mil. m³, v roce 2018 pak 9,1 mil. m³ a v roce 2017 činil 4,8 mil. m³ dřeva (Tab. 3). Největší podíl a to téměř 73 % na abiotickém poškození byl způsoben větrem, na jehož vrub bylo připsáno za rok 2022 3,2 mil. m³ (eagri.cz 2023). Mokřým sněhem v roce 2019 bylo poškozeno necelých 724 tis. m³ to představuje 11 % a námrazou 21 tis. m³. Nejvíce byly zasaženy jehličnaté porosty s dominancí smrku a borovice (MZe 2019). Z výsledků studie, kterou provedl

Šimůnek et al. (2020) je patrný rostoucí významný vliv slunečních skvrn a intenzity kosmického záření na těžbu dřeva v posledních letech v souvislosti se synergii extrémních klimatických jevů a následných kůrovcových kalamit. Prostorové a kosmické vlivy jsou faktory, které zásadně ovlivňují lesní ekosystémy.

Iniciační a mortalitní stresor (sekundární závislý stresor)	Predispoziční a iniciační stresové faktory (primární stresor)												
	Abiotické rizikové faktory								Biotické rizikové faktory				
	Sucho v předjaří	Letní přísušky	Kolisavá vodní hladina	Vysoká teplota	Klimatické extrémny v zimě	Klimatické extrémny v létě	Imise dusíku	Vítr	Václavka	Kořenovník	Lýkožrout smrkový	Drobní kůrovci	Listožravý a savý hmyz,
Václavka	3	3	2	2	1	3	2	0	-	0	1	1	0
Kořenovník	1	3	3	1	1	3	0	0	0	-	0	0	0
Lýkožrout smrkový	3	3	2	3	0	3	1	*(2)	1-2	1	-	0-1	0
Drobní kůrovci	3	3	2	3	0	3	1	*(2)	2	1	1	-	1
Listožravý a savý hmyz	3	3	2	3	0	3	2	0	1	1	0	0	-
Vítr	1	*(2)	2	1	*(1)	*(2)	*(1)	-	3	3	-	-	-

Legenda: - korelace nemůže vzniknout; 0 – není korelace; 1 - slabá korelace; 2 - silná korelace; 3 – velmi silná korelace; (0-3) – nepřímý vliv.

Tab. 4: Vzájemná závislost abiotických a biotických stresových faktorů
(zdroj: Janouš et al. 2002)

3. 8. 2. Biotické faktory

Do biotických vlivů (Tab. 4), které mohou nepříznivě ovlivňovat lesní ekosystémy, můžeme zařadit: dřevokazný a listožravý hmyz (kůrovec, dřevokaz, ploskohřbetka, pilatka, mniška, obaleč a další), houbové patogeny (václavka, kořenovník vrstevnatý, dřevomor kořenový, sypavka a další), konkurenční vegetace, hlodavci, divoká zvěř (jelen evropský, srnec obecný, zajíc polní) a člověk (lidská činnost) (Král et al. 2015; Vacek 2017; Vacek et al. 2017; Cukor et al. 2019; Šimůnek et al. 2020). Příklad rozšíření konkurenční vegetace

v Krkonoších uvádí ve své práci Vacek (2009) genetický původ dřevin využívaných k obnově lesa spolu s imisní kalamitou v 80. letech 20. století způsobily snížení zápoje lesních porostů a zhoršení jejich zdravotního stavu. Zpřístupnění lesních porostů vedlo k vyššímu napadení expanzivními, konkurenčními druhy rostlin jako např. třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) nebo brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), které často omezují přirozenou obnovu (Vacek et al. 2009). Z hlediska druhů vegetace mají na přirozenou obnovu největší vliv trávy, naopak nejméně mechy (Prokúpková et al. 2021). Biotické faktory mohou být v měnícím se klimatu důležitější než přímé klimatické vlivy na populace stromů. Například hmyz a choroby mají mnohem kratší generační délku a jsou schopny se přizpůsobit novým klimatickým podmínkám rychleji než stromy. Pokud se však hmyz dokáže přesunout rychleji do nového prostředí, zatímco druhy stromů zaostávají, některé části populace stromů mohou být v budoucnu zasaženy méně (Regniere 2009).

3. 8. 3. Antropogenní činnost

Lesní ekosystémy nejvíce ovlivnily tyto faktory lidské činnosti: změna klimatu, imise, turistika, lesní hospodaření, lesní těžba (Vacek 2010; Král et al. 2015). Krkonošské lesy byly ve 2. polovině 20. století zatíženy zvýšeným obsahem škodlivin v ovzduší (zejména působením oxidu siřičitého). Západní část Krkonoš ovlivňovaly na dálku velké elektrárny na Horní Lužici, východní část blízká elektrárna v Trutnově-Poříčí. Tím došlo k významnému ovlivnění kvality půdy vlivem imisních zátěží, především oxidů síry a dusíku, které byly uvolňovány ze spalování uhlí v průmyslových oblastech a energetických závodech. Tyto emise se dostávaly do atmosféry a následně srážely s dešťovými nebo sněhovými srážkami, což vedlo k tvorbě kyselého deště (Vacek et al. 2020). Kyselý déšť měl závažné důsledky pro lesní ekosystémy v Krkonoších.

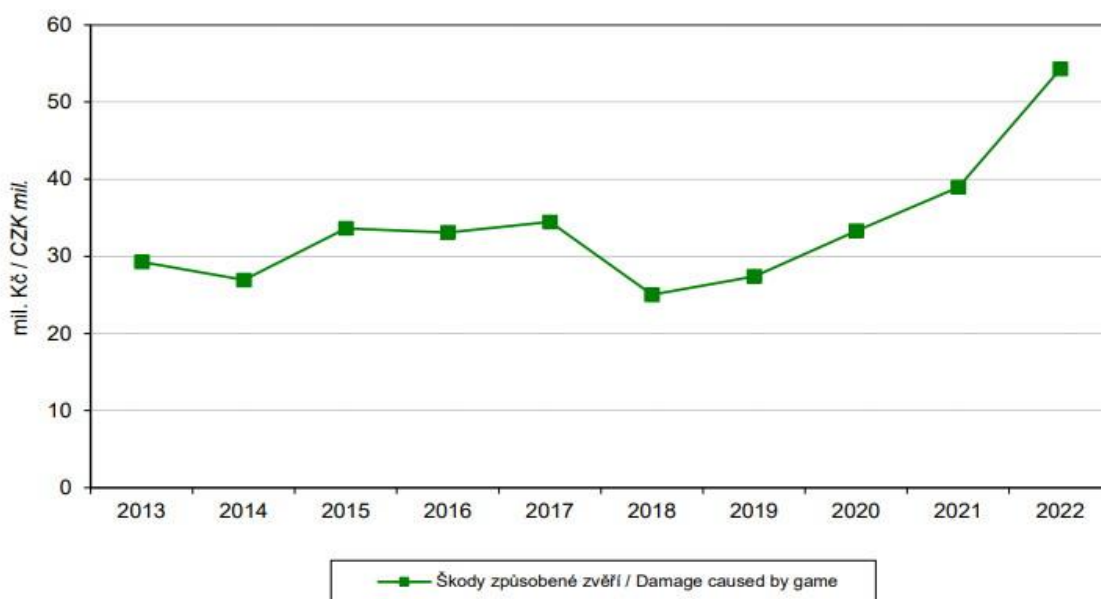
Kyselina sírová a dusičná se v půdě přeměňovaly na kyseliny, které mohly výrazně snížit pH půdy, což narušilo její chemické vlastnosti a životní prostředí pro mnoho rostlinných druhů. Tento proces měl za následek vyplavování důležitých živin, jako je vápník, hořčík a draslík, které jsou nezbytné pro růst lesních rostlin. Docházelo k defoliaci stromů, ztrátě listů a narušení fotosyntézy

(Mikulenka et al. 2020). Imisní zátěže v Krkonoších také ovlivnily mikrobiální a živočišnou aktivitu v půdě, což mělo negativní dopady na celkovou biodiverzitu a ekosystémové služby poskytované lesními ekosystémy. Dlouhodobé působení kyselých imisí mohlo vést k degradaci půdy a zhoršení schopnosti lesních ekosystémů regenerovat se. Tato imisní zátěž byla jedním z hlavních faktorů, které vedly k zavedení opatření na snížení emisí znečišťujících látek do ovzduší. Technologické inovace v průmyslu a energetice a regulace průmyslových emisí měly za cíl minimalizovat negativní dopady imisí na životní prostředí a pomoci obnovit zdraví lesních ekosystémů v Krkonoších (Seidl 2017; Putalová 2019).

V Krkonoších byla jednou z hlavních okamžitou strategií pro zlepšení kvality půdy a snížení její kyselosti letecká aplikace vápna. Tento postup, známý jako letecké vápnění, spočíval v rozptýlení vápenného materiálu z letadel nad postiženými oblastmi lesa. Letecké vápnění mělo za cíl neutralizovat kyselé půdy a zvýšit jejich pH pomocí reakce vápna s kyselinami v půdě. Tímto způsobem se měly obnovit příznivé podmínky pro růst rostlin a mikroorganismů v půdě. Tato opatření pomohla snížit negativní dopady kyselého deště a podpořila regeneraci lesních porostů a biodiverzitu v této oblasti (Fiala 2023). Od roku 1990 je pozorován výrazný nárůst vápníku a hořčíku v důsledku vápnění lesů (Vacek et al. 2020, Putalová 2019). První výraznější poškození se projevilo v březnu 1977 a poté na začátku roku 1979 v souvislosti s kalamitou obaleče modřínového, která porosty oslabila. Plocha poškozených porostů byla největší v roce 1987, od té doby pozvolna klesala. V důsledku imisního poškození bylo v Krkonoších vykáceno asi 7 000 ha lesů (KRNAP 2019, Fiala 2021).

3. 9. Škody na porostech způsobené zvěří

„Škody zvěří, či možná výstižněji – nesladěné hospodaření s obnovitelnými zdroji, lesem a zvěří, je dlouhodobě sledovaný problém ochrany lesa“ (Čermák, Mrkva 2007).



Tab. 5: Škody zvěří 2013–2022 v mil. korun

Mezi současné nejvíce působící negativní vlivy na smrkové porosty v horských oblastech patří škody spárkatou zvěří. Tyto škody jsou velmi vážné a každoročně dosahují (Tab. 5) částek v desítkách milionů korun (Červený 2004). Jelení zvěř, ve snaze uspokojit své potravní potřeby, způsobuje poškození okusem, loupáním a ohryzem (Obr. 6, 7), především u mladých smrkových porostů (Strejček 2007; Vacek et al. 2014; Cukor et al. 2019; Provazníková 2017; Vacek et al. 2020). Jelení zvěř svou potravní specializací působí při vysokých stavech značné škody okusem dřevin a loupáním kůry (Červený 2004). V porostech, převážně v monokulturách, kde je nedostatek přirozené potravy pro jelení zvěř, jsou škody okusem, ohryzem a loupáním nejmarkantnější (Bejček 2009). Nejvíce škod

okusem nebo ohryzem dochází nejvíce v období po říji a v jarním období, kdy zvěř nemá dostatek vláknité potravy (Hromas 2008). Toto mechanické poškození povrchu stromů, je často vstupní branou pro různé patogeny, které způsobují hniloby a následné snížení vitality a stability (Viceny 2015, Peka 1996).

3. 9. 1. Okus, ohryz a loupání

3. 9. 1. 1. Okus

Okus je jeden ze způsobů poškozování, který významně ovlivňuje výškový přírůst mladých porostů (kultur, náletů, nárostů). Okus je buď terminální nebo boční. Okus terminálního pupenu je pro rostlinu více poškozující a devastující, než okus bočních větví (Švestka 1996; Jalůvka 2004). Okusem (Obr. 6) zvěř přijímá důležité minerály, vitamíny a nutriční látky jako je fosfor, vápník, stopové prvky, cukry, třísloviny. Tyto složky jsou nejvíce dostupné v pupenech, výhoncích a prýtech (Zabloudil 2007; Provazníková 2017). Okus v mnoha případech znemožňuje druhovou diverzifikaci, a především je vysoce limitující pro obnovu porostu (Cukor et al. 2019 a; Jalůvka 2004). Z dřevin zvěř upřednostňuje měkké dřeviny pro lepší stravitelnost jako jsou lípa, bříza, jeřáb, ale konzumuje také letorosty buků, jasanů, javorů, smrků nebo borovic (Hromas 2008). V zimním období podíl dřevin v potravě jelení zvěře je 50 %, převážná část pochází z okusu, nikoli z ohryzu a loupání (Čermák, Jankovská 2006; Provazníková 2017). Snaha o snížení množství škod okusem si vyžaduje vysoké náklady na ochranu terminálního pupene (CUKOR et al. 2019 a). Ve smrkových kulturách je okusem v průměru poškozeno 19 % smrků (Adolt 2019).



Obr. 6: Okus – škody zvěří (foto Fiala 2019)

3. 9. 1. 2. Ohryz, loupání

Ohryzem dochází k poškozování kůry stromů spárkatou zvěří v období vegetačního klidu, kdy neprobíhá tok mízy nebo kdy je kůra stromů zmrzlá. Na poškozených místech jsou viditelné stopy po řezácích zvěře. Naopak loupání je aktivita zvěře prováděná v době vegetačního období, tedy během plného průtoku mízy. Zvěř nakousne kůru na jednom místě a následně ji strhne a částečně pozře. U smrku se v době plné mízy kůra odděluje od bělí velmi snadno, což způsobuje, že zvěř vytrhává celé pruhy kůry, které se zužují směrem nahoru. Zvěř konzumuje pouze část kůry, zatímco zbytek často zůstává viset na stromě. Výsledná rána může být dlouhá více jak jeden metr. Škody způsobené ohryzem a loupáním jsou nejvýraznější u jelena evropského (lesního) a srnce obecného, zejména ve smrkových porostech. Tato poškození jsou problematická především svým rozsahem na velkých plochách (Havránek, Bukovjan, 2003; Březina 2004).



Obr. 7: Ohryz, loupání – škody zvěří (foto Fiala 2019)

Loupání je škoda, která vzniká během letního období, kdy lýkem proudí míza a kůra se snadno odděluje od kmene. Zvěř nakousne část kůry a strhne celý pruh z kmene nebo kořenových náběhů. Tato forma poškozování se nejčastěji vyskytuje u mladších věkových skupin jak u jehličnatých, tak u listnatých dřevin, obvykle do doby, než se vyvine hrubší struktura kůry (Tůma, 2008).

Ohryz je v zásadě podobný loupání, ale nastává v zimním období, kdy lýkem neteče míza a kůra není oddělitelná v celých pruzích. Poškození je tedy menší, a na ranách jsou vždy patrné stopy od spodních řezáků zvěře. Důsledkem poškození loupáním a ohryzem je následná infekce dřeva dřevokaznými houbami, přičemž nejčastější je pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*[Alb. & Schwein.] Fr.). V důsledku hniloby dochází ke snížení stability, vitality, přírůstu a poklesu hospodářského významu dřeva (Tůma, 2008). Poškození se může lišit od malých jizev až po významnou deformaci kmene někdy i o odumření celého stromu (White, 2019). Intenzita poškození je ovlivněna hustotou populace jelení zvěře a dalšími faktory, jako je stáří lesních porostů nebo sociální postavení stromu (Welch a kol., 1988; Vospernik, 2006). Loupání a ohryz se většinou vyskytuje v mladých lesních porostech mladších 40 let (Welch a kol., 1988; Gill, 1992; Čermák a kol., 2011). Tento typ poškození ovlivňuje kvalitu dřeva z

hlediska ekonomického (Welch a Scott, 2017), z pohledu produkce dřeva a odolnosti vůči přírodním poruchám (Cukor a kol., 2019 b, 2019 a; Schwarz a kol., 2007). Sekundárním dopadem odstraňování kůry je vyšší výskyt infekce hnilobou kmene (Vasiliauskas, 2001; Vosperník, 2006). Patogeny způsobující hniloby se obvykle dostávají do stromů ranami, většinou způsobenými savci (Garbelotto, Gonthier, 2013). Zdá se, že infekce hnilobou souvisí s rozsahem poškození zbavení kůry. V případě jedné z nejrozšířenějších dřevin v Evropě – smrku ztepilého, strom zbavený kůry bývá napaden nejčastěji houbovým patogenem pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*[Alb. & Schwein.] Fr.) ihned v prvním roce po poškození kůry (Čermák a Strejček, 2007). Uvádí se že už 50 cm² odkornění kmene je dostatečné pro průnik sporů *Stereum sanguinolentum* (Vasiliauskas a kol., 1996). Mezi další významnou hnilobnou houbu způsobující rozsáhlou hnilobu kmenů patří kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*[Fr.] Bref.), ale tento houbový patogen napadá smrk většinou v blízkosti kořenů (Piri, 1996; Arhipova a kol., 2011). Odolnost jednotlivých dřevin k rozvoji hniloby kmene je značně rozdílná, smrk ztepilý je považován za jeden z nejcitlivějších druhů dřevin (Gill, 1992; Vosperník, 2006). Ve zkoumaných smrkových porostech byl prokázán rozdíl v produkčních parametrech související s poškozením kůry. U silně poškozených stromů byl objem středního kmene o 50-70 % nižší než u zdravých nepoškozených stromů. Podobné výsledky byly hlášeny u věkově starších porostů smrku ztepilého, kde objem porostů silně poškozených stromů byl téměř poloviční. Svisle dosahovala hniloba v kmeni až do výšky 6,04 m (Cukor a kol., 2019 a). Z hlediska produkce vykazovaly stromy s drobným poškozením v průměru o 25–28 % menší objem středního kmene než stromy zdravé, u silně poškozených stromů došlo ke snížení objemu středního kmene o 50–71 %. Průměrně napadené dřevo hnilobou dosahovalo 30–39 % obchodovatelného objemu. Pravděpodobně je i výrazně narušena statická stabilita stromů, neboť poškozené stromy hůře reagují na nedostatek srážek a sucha ve srovnání se zdravými stromy. Všechny tyto faktory vedou k vyšší náchylnosti lesních porostů k biotickým a abiotickým poruchám (Vacek et al. 2020). Průměrný objem ekonomických ztrát v důsledku šíření hniloby v ČR se zvyšuje (Malík a Karnet, 2007).

Vysoké škody způsobené zvěří okusem, ohryzem a loupáním jsou především výsledkem neadekvátního mysliveckého hospodaření, které nedbá na stav prostředí, požadavky lesního hospodářství ani ochranu přírody. Příliš vysoké počty zvěře, nevhodná věková a sexuální struktura a nevhodné rozdělení chovů, vedly a stále vedou k nepřijatelně vysokým škodám na lesních porostech. Kromě mysliveckého managementu se na zhoršení situace podílejí také změny v lesním hospodářství za posledních cca 100 let, v minulosti zejména nadměrné upřednostňování holosečného hospodaření se smrkem a umělé obnovy lesa (Cukor et al. 2019 a; Vacek et al. 2020).

3. 10. Zvěř poškozující smrkové porosty

3. 10. 1. Jelen evropský (*Cervus elaphus*)

Říše: živočichové, Kmen: strunatci, Třída: savci, Řád: sudokopytníci

Podřád: přežvýkavci, Čeleď: jelenovití, Rod: jelen

Popis: Je našim největším kopytníkem. Samec v průměru dorůstá výšky 230 cm a váhy 240 kg. Někteří jedinci dosahují hmotnosti až 500 kg. Samice jsou menší. Samcům narůstají parohy (Obr. 8). Zbarvení srsti v letním období je červenohnědé, na podzim a v zimě je zbarvení šedohnědé. Pohlavní dospělost u samic je ve dvou letech u samce o dva roky později. Zvířata žijí ve stádech. Jelen evropský společně se Srncem obecným jsou druhově původními sudokopytníky v ČR. V posledních letech je patrný mírný nárůst jelení populace. (Červený et al. 2003). Průměrný věk dožití je 10 až 13 let.



Obr. 8: Jelen evropský (*Cervus elaphus*) (foto Fiala 2019).

Rozšíření v ČR: Současný výskyt jelena, je hlavně v hlubokých lesních porostech ve středních a vyšších polohách České republiky. Nejpočetnější populace je převážně v oblasti Sudet v hraničních oblastech. V letech 2010 se jelen vyskytoval zhruba na 52 % území ČR (Anděra et al. 2009).

Potrava: Jelen evropský je výhradní býložravec – přežvýkavec. Potrava, kterou vyhledává je závislá na ročním období, v období vegetace a hojnosti spásá velké množství trávy a bylin. Pro jeleny je typické požívání potravy, která je snadno dostupná. (Hofmann 1989). V měsících zimy a časného jara (období nouze), je nucen vyhledávat jiné potravní zdroje, a to zejména dřeviny a keře. Nejraději mají kůru a větvičky mladých stromků (Šustr 2013). Mezi velkou pochoutku patří především jedle bělokorá a všechny listnaté dřeviny. Poškozován je okusem i smrk ztepilý. Potravu jelenů tvoří různé druhy trav a bylin, pupeny, výhonky, listy a kůra dřevin, různé plody a zemědělské plodiny (ČERVENÝ, 2004).

Krkonoše: Početní stav jelena byl v roce 2015 527 kusů, v roce 2016 519 kusů a v roce 2017 552 kusů (KRNAP 2017). Spárkatá zvěř, a především jelen evropský a srnec obecný, jsou největší „nejúspěšnější“ škůdci na sazenicích, mladých a dospělých porostech. Okus sazenic a semenáčků, ohryz kůry vzrostlých stromů, loupání kůry a výtluky jsou škody, které znemožňují efektivní obnovu lesa (Fiala 2021).

3. 10. 2. Srnec obecný (*Lepus europaeus*)

Říše: živočichové, Kmen: strunatci, Třída: savci, Řád: sudokopytníci

Podřád: přežvýkavci, Čeleď: jelenovití, Rod: srnec

Popis: Je našim nejmenším jelenovitým druhem. Dorůstá velikosti 75 cm a váhy max. 30-50 kg. Samcům narůstají 20-30 cm dlouhé parůžky. Zbarvení srsti v letním období je rezavé slabě do červena (Obr. 9), s blížící se zimou srst tmavne. Pohlavní dospělost u samic je už v 16 měsících. Srnec na rozdíl od jelena nežije ve stádu, ale v páru. Jelen evropský společně se srncem obecným jsou druhově původními sudokopytníky v ČR. Průměrný věk dožití je 10 let. Srnec má v naší přírodě přirozené nepřátele (predátory) liška obecná, rys ostrovid, vlk obecný.



Obr. 9: Srnec obecný (*Lepus europaeus*) (KRNAP 2020)

Rozšíření v ČR: V České republice je srnec nejpočetnější ze spárkaté zvěře. Odhadovaný počet kusů srnčí zvěře v ČR je až 500 tis. kusů, každý rok se uloví přibližně 120 tis. kusů.

Potrava: Typ a druh potravy její získávání je totožné s jelenem evropským.

Krkonoše: Početní stav srnce obecného v Krkonošském národním parku byl v roce 2015 více jak 800 kusů (KRNAP 2020)

3. 11. Ochrana lesa

Lesní porost a lesní zvěř jsou součástí lesního ekosystému a patří neoddělitelně k sobě. Lesní management by měl svou činností řádného hospodáře, zvyšovat úživnost lesních porostů pro zvěř (Kořínek 2003). Strejček (2007) rozlišuje opatření k minimalizaci škod způsobených zvěří na dvě hlavní kategorie: myslivecká opatření, která zahrnují udržování početních stavů zvěře na přijatelné úrovni, zvýšení úživnosti prostředí, eliminaci škod pomocí intenzivního přikrmování nebo zakládání přezimovacích obůrek; a na lesnická opatření, která zahrnují zvýšení podílu listnatých dřevin v porostech, vytváření strukturně bohatých lesů s dostatkem rostlin a dřevin vhodných k okusu, udržování stromů prostřednictvím vhodných výchovných zásahů ve formě hustých skupin, použití individuální mechanické nebo chemické ochrany stromů (Tab. 6).

Šlechtitelský ústav VÚLHM Jíloviště Strnady uvažuje o šlechtitelském záměru vyselektovat z dostupných porostů smrky ztepilý s hrubou borkou a použít ho jako základ pro vyšlechtění populací smrků, které by byly základem pro vytvoření lesních biotopů více odolnějších ke škodám zvěří a k následným hnilobám.

Není přípustné, aby jakékoli ochranné opatření způsobovalo škody zvěří nebo ohrožovalo chráněné rostliny (Mauer 2009, Provazníková 2017).

Biologická ochrana:

regulace početních stavů zvěře, pravidelné přikrmování a dostatek krmiva v krmelcích, podpora přirozené obnovy, zvyšování úživnosti prostředí, změna druhového složení lesa, výsadba okusových a plodonosných dřevin

Biotechnická ochrana:

přezimovací obůrky – od prosince do května

Mechanická ochrana:

plošná opatření – oplocenky

individuální opatření – individuální ochrana, ovazování, zraňování kmene

Chemická ochrana:

aplikace nátěrů, postřiků, repelentů

Reintrodukce přirozených predátorů spárkaté zvěře:

vlk obecný (*Canis lupus* L.) ; rys ostrovid (*Lynx lynx*)

Tab. 6: Ochranná opatření proti škodám zvěří (Červený et al. 2016; Švestka, Hochmut 1996)

3. 11. 1. Současná ochrana lesa v KRNAP

V Krkonoších je jelen lesní rozhodujícím druhem z hlediska škod na lesních porostech. Jejich početní stavy jsou pravidelně monitorovány a na základě výsledků sčítání se plánuje redukce populace. Škody na porostech se zejména projevují v letním období. Díky systému přezimovacích obůrek se zimní škody téměř eliminují, protože zvěř je intenzivně přikrmována. V Krkonoších je aktuálně k dispozici 18 přezimovacích obůrek, které byly založeny v období od roku 1972 do roku 2016. V posledních letech přezimovalo v těchto obůrkách více než 90 % jelení zvěře. Od roku 2014 probíhá projekt Péče o zvěř v mimovegetačním období, jehož cílem je implementace opatření v krajině, která přispívají k péči o zvěř během zimních měsíců a pomáhají vytvářet lesy s vysokou ekologickou stabilitou. Tento projekt je v současnosti prioritním úkolem lesníků v rámci národního parku (KRNAP 2023)

Stanovené cíle managementu KRNAP:

- Provádět evidence sčítaných stavů spárkaté zvěře.
- Při ochraně obnovy lesa proti zvěři přednostně používat dřevěné typy ochrany.
- Nebudovat nová krmná zařízení pro zvěř; nezřizovat žádná vnadiště k lovu zvěře.
- Průběžně snižovat početní stavy spárkaté zvěře na ekologicky únosnou úroveň, zohledňující jejich vliv na obnovu přirozené druhové skladby lesa a na přirozená nelesní stanoviště.
- Zredukovat počet přezimovacích obůrek pro zvěř.

Cílem mysliveckého hospodaření je dosažení rovnováhy mezi populací zvěře a přírodním prostředím, přičemž je zajištěna optimální věková a sociální struktura populace zvěře (KRNAP 2023).

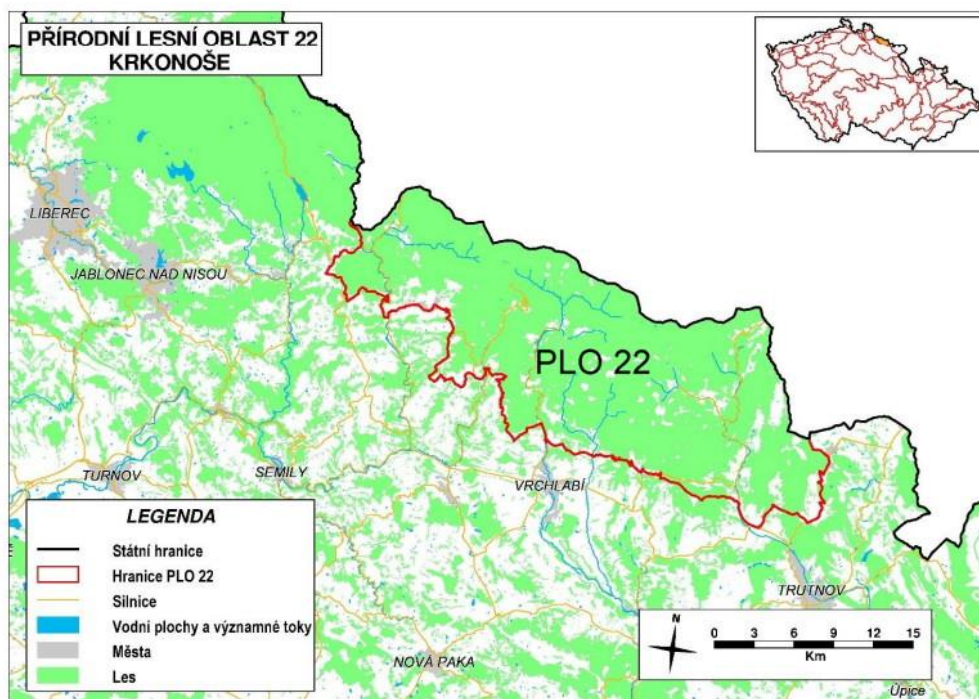
4. Materiál a metodika

4. 1. Charakteristika zájmového území

4. 1. 1. PLO 22 – Krkonoše

Všechny trvale výzkumné plochy (TVP) v této práci se nacházejí v přírodní lesní oblasti (PLO) č.22 – Krkonoše (Obr. 10)

Celková rozloha oblasti je 40,7 tis. ha z toho lesním oblastem připadá 34,1 tis. ha. Lesnatost je 83,8 %. Nejnižší nadmořská výška je 458 m n. m. a nejvyšší je 1 603 m n. m. (vrchol Sněžky). Největší podíl (17,1 %) má výškové rozpětí 800 až 900 m n. m., rozpětí nadmořských výšek 600 až 1 100 m n. m. představuje 72,5 % z celkové rozlohy oblasti. Na území PLO 22 je zastoupen 4. až 10. lesní vegetační stupeň (LVS). Podle rozdělení Quitta 1971 a 2000 99,6% rozlohy se jedná o klimatické oblasti chladné až velmi chladné na srážky bohaté. Převládající podloží v oblasti je krystalinikum, toto podloží je poměrně kyselé, tak že lesní půdy jsou většinou chudé na minerály.



Obr. 10: Přírodní lesní oblast PLO 22 – Krkonoše (zdroj: uhul.cz)

4. 1. 2. Krkonošský národní park KRNAP

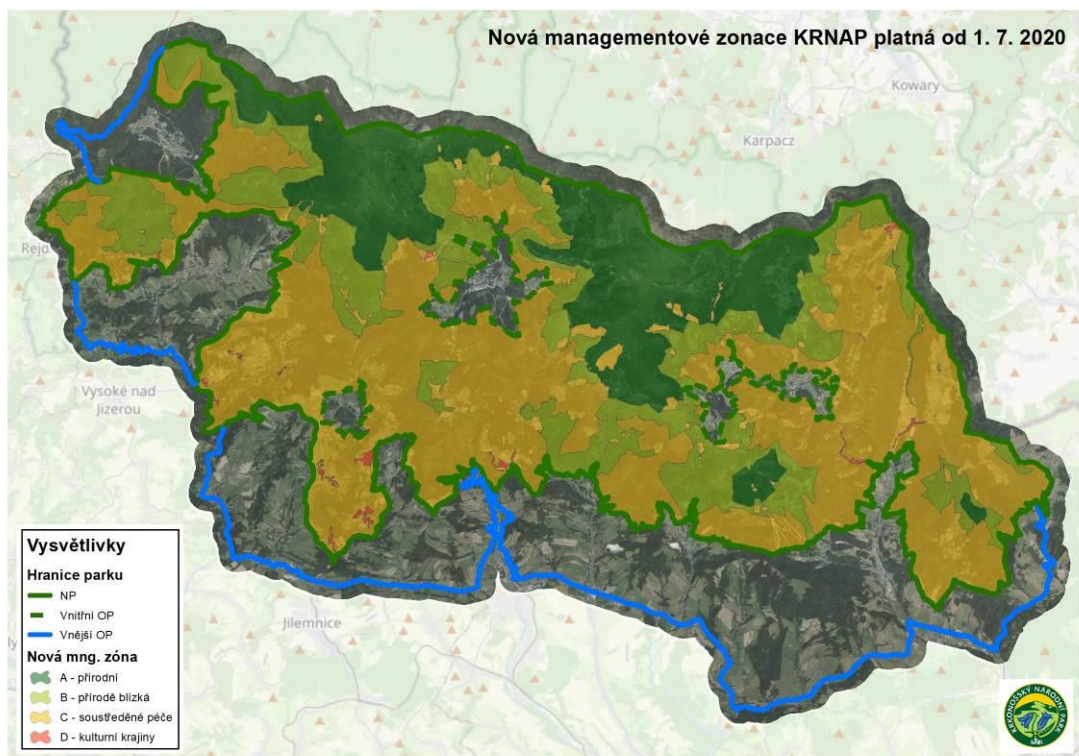
Krkonošský národní park (KRNAP) byl založen v 1963 a v roce 1991 došlo k jeho přehlášení dle nových legislativních předpisů. Rozloha parku je více jak 36 tis. ha, s ochranným pásmem je to bez mála 55 tis. ha tj. 550 km². Ochranné pásmo není součástí Krkonošského národního parku, ale tvoří přechod mezi III. zónou a volnou, intenzivně využívanou krajinou Podkrkonoší.

Území národního parku je rozděleno na tři zóny s rozdílným ochranným režimem (Obr. 11).

I. zóna KRNAP (přísná přírodní) má rozlohu 6 984 ha a nachází se v nejvyšších částech pohoří;

II. zóna KRNAP (řízená přírodní) má rozlohu 9 836 ha a navazuje v širokém pásu kolem alpínské hranice lesa na I. zónu;

III. zóna KRNAP (okrajová) má rozlohu 19 507 ha a rozkládá se ve středních a nižších polohách Krkonoš (KRNAP 2020).



Obr. 11: Nové zónace KRNAP (KRNAP 2020).

Lesní porosty pokrývají 83 % plochy KRNAP. Péčí o ně je pověřena Správa KRNAP, odbor péče o národní park. Hlavním cílem Správy KRNAP je záchrana a obnova biologické rozmanitosti (biodiverzity) lesních ekosystémů a obnova stability lesních porostů. Stabilitou lesních porostů je míněna zejména jejich schopnost odolávat případným škodlivým činitelům (vítr, hmyz, zvěř, imise) a schopnost se i vrátit do původního stavu po jejich přechodném působení. Mezi nejvýznamnější ekosystémy Krkonošského národního parku patří listnaté, smíšené a horské smrkové lesy, porosty kleče, květnaté horské louky, severské smilkové louky, alpské trávničky, alpské nivy na lavinových drahách a hřebenová severská rašeliniště (KRNAP 2019).

4. 1. 2. 1. Geologie a geomorfologie

Geologicky jsou Krkonoše velmi starým pohořím. Geomorfologicky jsou utvářeny v mladším období (Flousek et al. 2007). Současná podoba Krkonoš je výsledkem vzájemného působení geologických, geomorfologických a biologických procesů. Společně s Jizerskými horami vytvářejí celek nazývaný „krkonoško – jizerské krystalikum“. Tento geologický útvar je tvořen převážně krystalickými břidlicemi (svory), ortorulami a fylity z období starohor a starších prvohor. Mezi další horniny, které v minulosti utvářely Krkonoše jsou počítány krystalické vápence, křemence a třetihorní čedič. Ten je zásadní pro modelaci reliéfu a vzniku vegetace. Výjimkou je nejvyšší hora Sněžka, ta je tvořena ze svorové ruly (Balatka et al. 2006). Současná unikátní podoba Krkonoš důsledkem zvětrávání, vrásnění, vodní eroze a opakované čtvrtohorního zalednění. S výjimkou nejvyšších hřebenů Krkonoš, které nikdy nebyly zaledněny, ale působením mrazu, ledu, sněhu a větru, vznikl unikátní horský reliéf, který je unikátní v celé Evropě. Kryoplanační terasy, mrazové půdy, tory a skalní hradby, thufury, girlandy, putující kamenné bloky, periglaciální sutě či soliflukční valy představují geodiverzitu, kterou jsou Krkonoše daleko široko proslulé (KRNAP 2020).

4. 1. 2. 2. Půdní poměry

Organická hmota a zvětrávání zemské kůry jsou procesy které dlouhotrvajícím působením umožní vznik půdy. Druhy a typy půd v Krkonoších jsou především závislé na kyselém, minerálně chudém geologickém podloží a také na klima, které je vlhké a studené. Většina krkonošských půd je kyselá. V nejnižších polohách jsou hnědé lesní půdy (kambizemě), podzolové rankery, humusové a rašelinové podzoly převládají ve vyšších nadmořských výškách Krkonoš. Na vápencových odkryvech vznikly rendzinové půdy s velmi malým obsahem humusu. V nejvyšších nadmořských výškách (na vrcholech) převládají mrazem tříděné, kamenité a velmi mělké alpské půdy. V blízkosti vodních toků jsou glejové a nivní půdy. Půdy rašelinné se nacházejí na obou hlavních krkonošských náhorních plošinách jak v lesních, tak v subarktických rašeliništích. Jejich mohutnost nepřesáhne 3 metry. Toto unikátní a jedinečné přírodní prostředí, umožnilo vytvoření vzácných ekosystémů severského typu. Je to jeden z významných přírodních unikátů Krkonoš (Tomášek 2007). Krkonoše na některých místech jsou modelovány rozsáhlými sesuvy půdy tzv. zemní laviny (např. Obří a Dlouhý důl). V druhé polovině 20. století vlivem imisních kalamit a velkoplošné těžby se zhoršila kyselost krkonošských půd a půda začala být ohrožována introskeletovou erozí (ENVIWEB 2013)

4. 1. 2. 3. Vegetační výškové stupně v Krkonoších

V Krkonoších máme čtyři ze základních šesti vegetačních výškových stupňů, kterými se profilují evropské horské lesy (Štursa et al. 2009).

Jsou to:

Submontánní stupeň (podhorský) – listnaté lesy, smíšené lesy, což je 50% celkové rozlohy Krkonoš, vyskytuje se mezi 400–800 m n. m.

Montánní stupeň (horský) – převládají smrkové lesy, tvoří 40 % z celkové rozlohy, vyskytuje se mezi 800–1 200 m n. m.

Subalpínský stupeň – smilkové louky, severská rašeliniště a klečové porosty, tvoří necelých 10 % z celkové rozlohy, vyskytuje se mezi 1 200-1 450 m n. m.

Alpínský stupeň – lišejníková tundra a kamenité sutě, tvoří 0,7 % z celkové rozlohy, vyskytuje se mezi 1 450–1 603 m n. m.

Poslední dva stupně – **subnivální** a **nivální** v Krkonoších nejsou vytvořeny (Štursa et al. 2009).

4. 1. 2. 4. Klima

Krkonoše jsou typické svým drsným klimatem, které je dáno vyšší nadmořskou výškou, a především chladným a vlhkým severozápadním prouděním, nízkými průměrnými teplotami a celoročně velkým množstvím atmosférických srážek (Eliášek et al. 2013). Krkonošské léto je velmi krátké, vlhké a chladné. Zima bývá dlouhá, velmi chladná a vlhká. Sněhová pokrývka je bohatá a někdy vydrží až do pozdního jara (Flousek et al. 2007). Převládají západní větry, průměrná roční teplota je +6 °C v nižších polohách a nejvyšších polohách až 0 °C. Roční množství srážek je od 800 mm na úpatí až po 1 600 mm na hřebenech hor. V zimě bývá sněhová pokrývka 100 až 300 cm, na hřebenech zůstává ležet až 180 dní.

(KRNAP 2019). Při podzimních a zimních inverzích, které se utvářejí v terénních a uzavřených údolích. Teplé a slunečné počasí se často projevuje na podzim a v zimě při teplotních inverzích, které se vznikají v terénních sníženinách a v uzavřených údolích. Utváří se při náhlém ochlazení vzduchu, který svým prouděním vyhání z údolí lehčí teplejší vzduch. V listopadu a prosinci bývá v Krkonoších nejvíce oblačnosti. Teplota ohraničující začátek a konec vegetační období je 10°C. Vzhledem k západnímu proudění vzduchu je i množství srážek větší v západní části Krkonoš. Nejbohatší měsíc na srážky je srpen, a naopak měsíc s nejméně srážkami je březen (Sýkora 1983).

Větrné poměry jsou složité a proměnlivé a vítr je tak největším škodlivým činitelem pro krkonošské lesy. Ohrožují je převážně nebezpečné přepadové větry a lokální větry přicházející od západu (Nehyba 2015).

4. 1. 2. 5. Hydrologie

Mezi hlavní zdroje vody patří atmosférické srážky v různých podobách: déšť, sníh, rosa, námraza, kroupy (Flousek et al. 2007).

V Krkonoších pramení naše největší řeka Labe. Jeho hlavním přítokem je Bílé Labe a řeka Úpa která odvodňuje východní část pohoří. Západní potoky a říčky se vlévají do Jizery. V horních partiích krkonošských toků jsou časté kaskádovité vodopády (Eliášek et al. 2013).

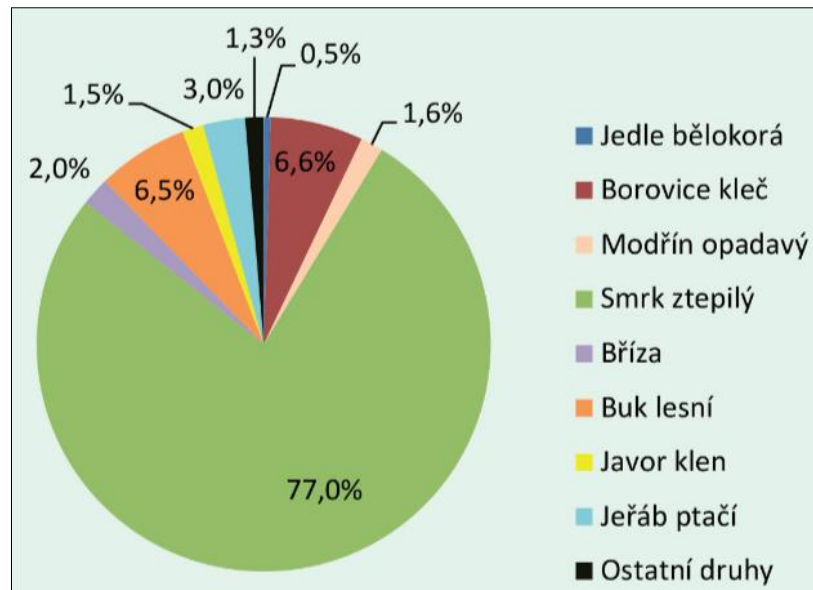
Hodně diskutovaná klimatická změna posledních několika let výrazně ovlivňuje vodní poměry v Krkonoších. V současnosti jsou evidovány znatelné a dlouhodobé poklesy úrovně podzemní vod v unikátních subarktických rašeliništích, snížení průtoků ve vodních tocích, nestabilita vodního objemu během roku, nebo vysychání mokřadů (Flousek 2019).

4. 1. 2. 6. Fauna a flóra

V Krkonoších je více jak 1 250 taxonů cévnatých rostlin a mnohonásobně více druhů výtrusných rostlin, mechorostů, lišejníků, řas, hub atd. (Flousek et al. 1994). Téměř 400 druhů obratlovců (převážně ptačích druhů); vysoký počet glaciálních reliktních a krkonošských endemitů. Bezobratlých druhů je zatím napočítáno více než 15 000 (KRNAP 2019).

4. 1. 2. 7. Současná druhová skladba porostu

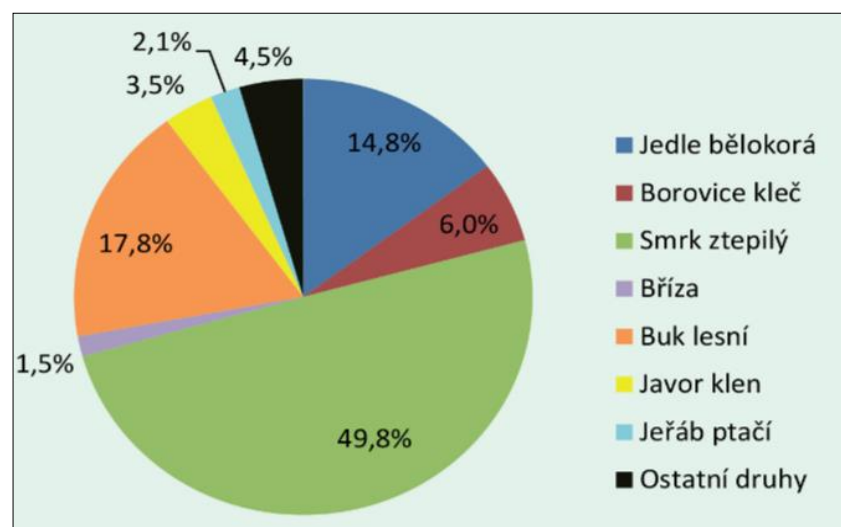
Velkou část území KRNAP pokrývají nepůvodní lesní monokultury smrku ztepilého s příměsí introdukovaných dřevin. Tento stav je naprosto nepřijatelný k přirozeným podmínkám daného typu ekosystému. Nepůvodní porosty ohrožují stávající faunu a floru, ta vyžaduje přirozená stanoviště horských lesů. Horský les, který má nevyhovující a nepůvodní skladbu vegetace je méně odolný vůči škodlivým biotickým a abiotickým faktorům a také k zhoršování kvality půdy (KRNAP 2018). Na (Obr. 12) je znázorněna současná druhová skladba krkonošských lesů.



Obr. 12: Druhová skladba současných krkonošských lesů (KRNAP 2021).

4. 1. 2. 8. Přirozená druhová skladba porostu

Úkolem managementu je od roku 2017 zahájit „záchranu“ obnovy a podpory biodiverzity a stability lesních ekosystému. Obnova druhové skladby lesních porostů s prostorovou a věkovou skladbou, která odpovídá lesům přírodě blízkým (KRNAP 2017). Na (Obr. 13) je znázorněna přirozená druhová skladba krkonošských lesů.



Obr. 13: Přirozená druhová skladba krkonošských lesů (KRNAP 2021).

4. 1. 3. LHC Maršov, ÚP 35 Pec pod Sněžkou, LÚ 5 Pomezní Boudy

Označení: LHC (lesní hospodářský celek) Maršov – ÚP (územní pracoviště) 35 Pec Pod Sněžkou – LÚ (lesnický úsek) 5 Pomezní Boudy

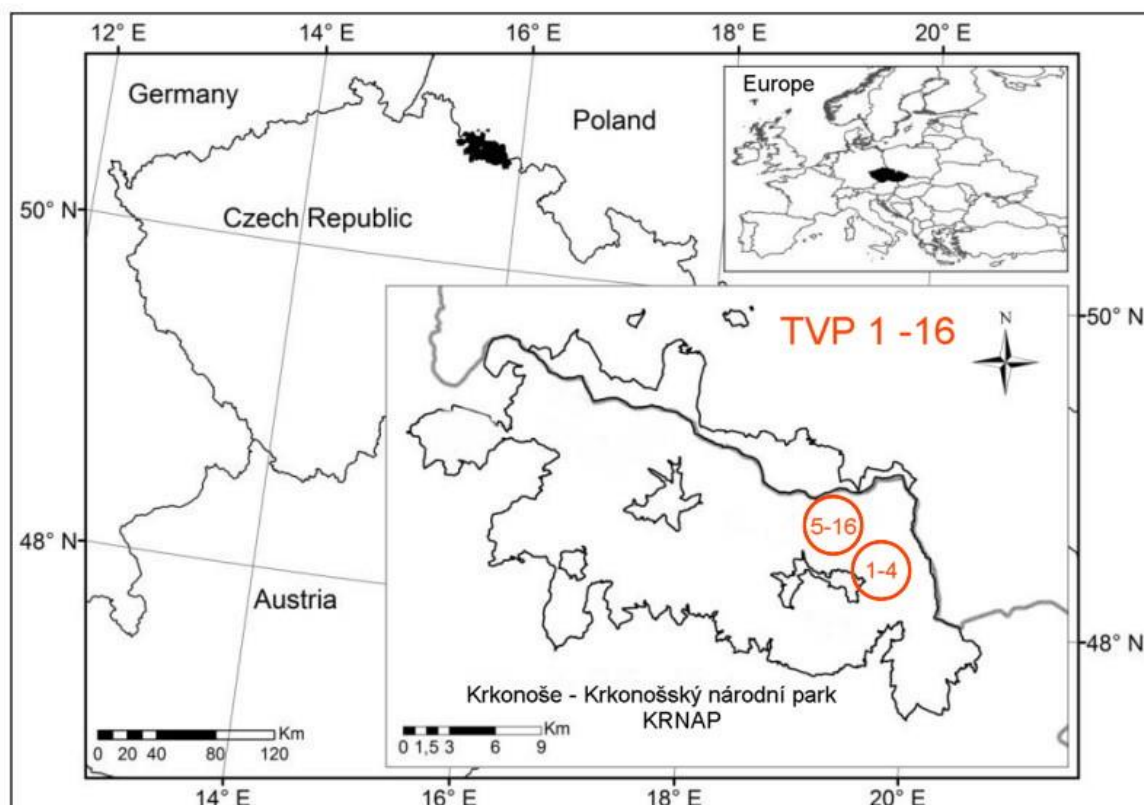
Rozloha je 980 ha, nadmořská výška se pohybuje od 750 m n. m. do 1 470 m n. m., 90 % území LÚ se rozkládá nad 850 m n. m. (Obr. 17)

4. 1. 4. LHC Maršov, ÚP 36 Horní Maršov, LÚ 4 Lysečiny

Označení: LHC (lesní hospodářský celek) Maršov – ÚP (územní pracoviště) 36 Horní Maršov – LÚ (lesnický úsek) 4 Lysečiny

Rozloha 920 ha, nadmořská výška se pohybuje od 580 m n. m. do 1 100 m n. m., 80 % území LÚ se rozkládá nad 800 m n. m. (Obr 17)

4. 1. 5. Trvale výzkumné plochy



Obr. 14: Trvale výzkumné plochy TVP 1 až 16

Všechny trvale výzkumné plochy (Obr. 14) TVP 1–16 byly založeny na LHC Maršov, plochy 1,2 a 5–16 na územním pracovišti 35 Pec pod Sněžkou a dvě výzkumné plochy 3, 4 na územním pracovišti 36 Horní Maršov. Všech 16 TVP je ve smrkových monokulturách ve stáří 50–60 let. Plochy jsou součástí Krkonošského národního parku KRNAP. V porostech se v posledních dvou dekádách prosazuje přírodě blízké hospodaření.

TVP	Varianta	Oblast KRNP	Nadmoř. výška	Expozice	CHS	Lesní typ	Zásoba (m ³ /ha)	GPS souřadnice
1	A	355	720	V	73	7K2	736	50.6880189N, 15.8036786E
2	A	355	710	V	73	7K2	656	50.6880128N, 15.8036776E
3	A	364	700	SV	73	7K2	939	50.6946821N, 15.8307491E
4	A	364	690	SV	73	7K2	817	50.6944257N, 15.8303754E
5	B	355	820	J	71	7N4	572	50.7102714N, 15.7954331E
6	B	355	830	J	71	7N4	413	50.7102886N, 15.7952997E
7	B	355	840	V	73	7K9	663	50.7213597N, 15.7965978E
8	B	355	850	V	73	7K9	505	50.7202294N, 15.7960056E
9	C	355	940	SV	02	8K4	591	50.7128489N, 15.7951939E
10	C	355	950	SV	02	8K4	463	50.7148706N, 15.7954169E
11	C	355	980	JZ	02	8M3	348	50.7339342N, 15.7879153E
12	C	355	960	JZ	02	8M3	449	50.7338042N, 15.7876708E
13	D	355	1170	SV	02	8K4	308	50.7202608N, 15.7828128E
14	D	355	1170	SV	02	8K4	328	50.7211548N, 15.7814657E
15	D	355	1160	S	02	8K4	397	50.7214626N, 15.7809076E
16	D	355	1150	S	02	8K4	279	50.7215874N, 15.7809176E

Tab. 7: Základní stanovištní a porostní charakteristiky trvale výzkumných ploch TVP 1-16.

4. 2. Sběr dat

Sběr dat proběhl na 16 (Tab. 7) trvale výzkumných plochách o velikosti 15×15 m (225 m²). Pro stanovení struktury stromového patra byla použita technologie FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd.). Pomocí této sestavy byla zaměřena poloha všech jedinců stromového patra s výčetní tloušťkou (dbh) ≥ 4 cm. Korunové projekce stromového patra byly měřeny ve 4 směrech na sebe kolmých. U stromového patra byly též změřeny výčetní tloušťky, celkové výšky a výšky nasazení odumřelé a zelené koruny. Výčetní tloušťky stromového patra byly měřeny kovovou průměrkou s přesností na 1 mm ve dvou na sebe kolmých směrech a výšky pomocí výškoměru laser Vertex s přesností na 0,1 m.

Kvalita produkce stromového patra byla hodnocena podle průběžnosti kmene (rovný průběžný, jednoduchá křivost, složená křivost), výškového postavení (nadúrovňový, úrovňový, podúrovňový), vitality (souše, živý strom - bujný, normálně vyvinutí, slabě vyvinutý), kvality koruny (dobrá, průměrná, vadná), poškození kmene (zdravý, poškozený ohryzem a loupáním, hnilobou, mechanické poškození – poškození nové, staré, opakované poškození), rozdvojení (bez rozdvojení, rozdvojení do 1,3 m, rozdvojení od 1,3 do 3 m, rozdvojení od 3 m do 7 m) a zlomu (bez zlomu, vrcholový zlom, korunový zlom, kmenový zlom, ohnutý strom, náhradní vrchol). Metodika vychází z Národní inventarizace lesů (ÚHÚL 2003), klasifikace stromů IUFRO a Schädelinovi klasifikace stromů (1931).

Obvod poškození ohryzem a loupáním (staré i nové) byl měřeno obvodovým pásmem v nejširším místě rány s přesností na 1 mm. V případě více takto způsobených ran (umístěných nad sebou) byl zaznamenán součet v nejširších místech poškození. Dle poškození byly stromy rozděleny na relativně zdravé/bez poškození (obvod poškození $\leq 1/8$ obvodu kmene), na stromy s malým poškozením (poškození $> 1/8$ a $\leq 1/3$ obvodu kmene), stromy se středním poškozením (poškození $> 1/3$ a $\leq 1/2$ obvodu kmene) a stromy s velkým poškozením (poškození $> 1/2$). Metodika vychází z prací Cukor et al. (2020) a Vacek et al. (2021).

4.3. Analýza dat

Z naměřených dendrometrických údajů byly pro každou trvale výzkumnou plochu vypočteny tyto porostní charakteristiky: průměrná výčetní tloušťka, střední porostní výška, výtvarnice, šířka koruny, hektarová zásoba sdruženého porostu, hektarový počet stromů, hektarová výčetní kruhová základna, štíhlostní kvocient, celkový průměrný přírůst. Objem stromů byl kalkulovaný podle objemových rovnic publikovaných v práci Petráš, Pajtik (1991). Standardně pro hodnocení produkce porostu byl použit objem hroubí bez kůry. Jako ukazatelé hustoty porostu byl vypočten index hustoty porostu (SDI, Reineke 1933) a stupeň zápoje (Crookston, Stage, 1999).

Z hlediska hodnocení porostní struktury a diverzity byla pro každou zkusnou plochu vypočítána tloušťková a výšková diference (Füldner, 1995), vertikální Arten-profil index (Pretzsch, 2006), vertikální diverzita, korunová diference a index celkové porostní diverzity (Jaehne, Dohrenbusch, 1997). Kritéria strukturálních a komplexních indexů jsou uvedeny v (Tab. 8). Produkční parametry a ukazatelé diverzity byly vypočteny v softwaru SIBYLA (Fabrika, Ďurský 2005).

Kritérium	Kvantifikátor	Označení	Reference	Hodnocení
Vertikální struktura	Arten-profil index	A (Pi)	Pretzsch, 2006	rozpětí 0-1; vyrovnaná vertikální struktura $A < 0,3$, výběrný les $A > 0,9$
	Vertikální diverzita	S (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch, 1997	nízká $S < 0,3$, střední $S = 0,3-0,5$, vysoká $S = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $S > 0,7$
Strukturální diference	Tloušťková diference	TM_d (Fi)	Füldner, 1995	rozpětí 0-1; nízká $TM < 0,3$, střední $TM = 0,3-0,5$, vysoká $TM = 0,5-0,7$, velmi vysoká diference $TM > 0,7$
	Výšková diference	TM_h (Fi)	Füldner, 1995	
	Korunová diference	K (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch, 1997	nízká $K < 1,0$, střední $K = 1,0-1,5$, vysoká $K = 1,5-2,0$, velmi vysoká diference $K > 2$
Komplexní diverzita	Porostní diverzita	B (J&Di)	Jaehne, Dohrenbusch, 1997	monotónní struktura $B < 4$, nerovnoměrná struktura $B = 6-8$, velmi různorodá struktura $B > 9$

Tab. 8: Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.

Jednotlivé plochy byly pro statistické hodnocení rozděleny podle nadmořské výšky na následující varianty: A (690-720 m), B (820-850 m), C (940-980 m) a D (1150-1170 m). Rozdíly mezi jednotlivými variantami z hlediska škodami zvěří, produkce, struktury a diverzity byly testovány v programu STATISTICA 12 (StatSoft) pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) a Tukeyho HSD testu. V případě nesplnění normálního rozdělení data byly testována pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Spolehlivost modelu byla vyjádřena koeficientem determinace (R^2). Analýza hlavních komponentů (PCA) byla provedena v programu CANOCO 5 (Ter Braak, Šmilauer, 2012) pro zhodnocení vztahu mezi škodami zvěří, produkcí, strukturou a diverzitou jednotlivých variant. Data byla před analýzou zlogaritmována a standardizována. Výsledky vícerozměrné PCA analýzy byly vizualizovány ve formě ordinačního diagramu.

5. Výsledky

5. 1. Produkce a struktura stromového patra

Počet stromů na trvale výzkumných plochách 1-16 byl v rozmezí od 578 ks/ha (TVP 4) do 1156 ks/ha (TVP 9) (Tab 9). U kruhové základny byly zjištěny signifikantní ($p < 0,009$) rozdíly mezi jednotlivými variantami. Nejnižší hodnota kruhové základny byla 40,8 m²/ha na ploše TVP 5 a nejvyšší hodnota kruhové základny byla na TVP 3 77,1 m²/ha. Průměrná zásoba porostu byla signifikantně ($p < 0,001$) nejnižší na výzkumných plochách varianty D konkrétně na TVP 16 a to 279 m³/ha, a nejvyšší průměrná zásoba byla na výzkumných plochách A, kde nejvyšší hodnota byla na TVP 3 939 m³/ha. To je o 660 m³/ha méně. Podobně, také velmi prokazatelně ($p < 0,001$) byl zjištěn rozdíl mezi variantami A a D u CCP. Průměrný CPP 14,1 m³/ha/rok byl zjištěn na nejnižších TVP (varianta A) a na nejvýše položených TVP (varianta D) byl průměrný CPP 5,9 m³/ha/rok. Vůbec nejnižší hodnota CPP byla u varianty D na TVP 16 5 m³/ha/rok a nejvyšší CPP byl na TVP 3 (varianta A) a to 16,8 m³/ha/rok. SDI (index hustoty porostu) se na výzkumných plochách pohyboval v rozpětí 0,69 (TVP 6) – 1,03 (TVP 9). Stupeň zápoje byl v rozmezí 78,1 % (TVP 5 a 8) – 92,3 % (TVP 15).

Tab. 9: Základní porostní charakteristiky sdruženého porostu diferencovaně dle výzkumných ploch (1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením).

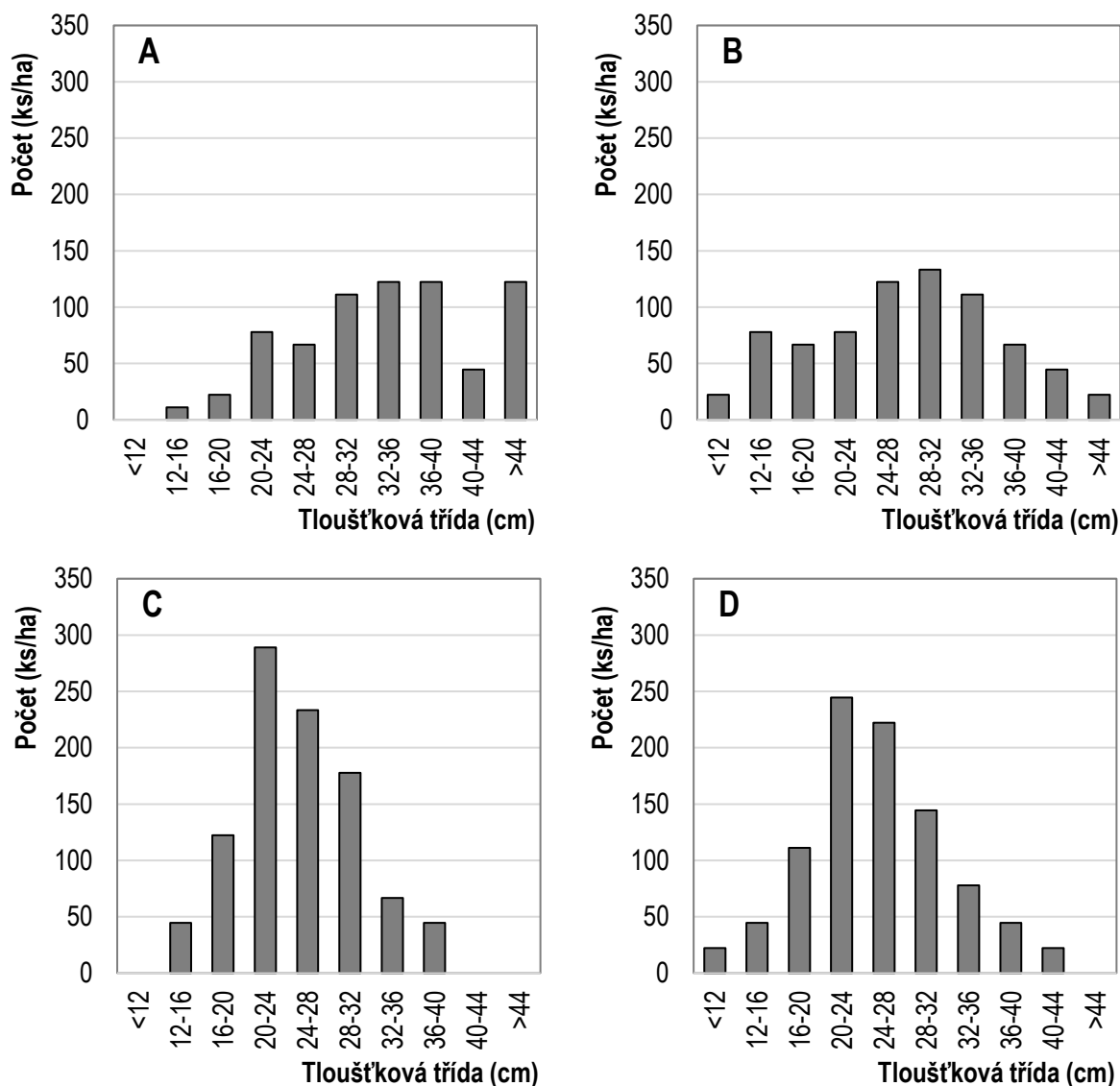
TVP	d (cm)	h (m)	f	v (m ³)	N (ks/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	h/d	CPP (m ³ /ha/rok)	SDI	CC (%)
1	37,4	25,31	0,425	1,183	622	68,1	736	67,7	13,1	0,97	86,1
2	28,9	25,28	0,445	0,738	889	57,9	656	87,5	11,7	0,92	82,1
3	37,2	29,18	0,416	1,320	711	77,1	939	78,4	16,8	1,10	86,5
4	38,6	29,98	0,403	1,414	578	67,5	817	77,7	14,6	0,95	82,6
A	35,5b	27,44c	0,422a	1,164b	700a	67,7b	787c	77,8b	14,1c	0,99b	84,3b
5	29,4	26,00	0,429	0,756	756	51,0	572	88,4	10,2	0,80	78,1
6	24,9	21,44	0,468	0,489	844	40,8	413	86,1	7,4	0,69	77,0
7	33,2	27,43	0,419	0,995	667	57,5	663	82,6	11,8	0,86	79,8
8	29,2	22,08	0,480	0,709	711	47,1	505	75,6	9,0	0,75	78,1
B	29,2a	24,24bc	0,449a	0,737a	745ab	49,1a	538bc	83,2b	9,6bc	0,78a	78,3a
9	26,4	21,73	0,430	0,511	1156	63,1	591	82,3	10,6	1,03	89,2
10	27,4	23,39	0,420	0,579	800	47,1	463	85,4	8,3	0,76	79,4
11	25,0	18,54	0,430	0,392	889	43,6	348	74,2	6,2	0,73	83,8
12	25,1	19,74	0,431	0,421	1067	52,7	449	78,6	8,0	0,88	87,5
C	26,0a	20,85ab	0,428a	0,476a	978b	51,6a	463ab	80,1b	8,3ab	0,85ab	85,0bc
13	26,2	16,75	0,403	0,364	844	45,4	308	63,9	5,5	0,75	88,3
14	24,7	16,21	0,411	0,320	1022	49,0	327	65,6	5,8	0,82	90,7
15	27,9	16,86	0,412	0,425	933	56,9	397	60,4	7,1	0,91	92,3
16	24,7	14,97	0,417	0,299	933	44,7	279	60,6	5,0	0,75	90,3
D	25,9a	16,20a	0,411a	0,352a	933ab	49,0a	328a	62,6a	5,9a	0,81ab	90,4c

Statistické testování rozdílů

test	KW	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA	ANOVA
p	<u>0,002</u>	<u><0,001</u>	0,058	<u><0,001</u>	<u>0,014</u>	<u>0,009</u>	<u><0,001</u>	<u>0,001</u>	<u><0,001</u>	<u>0,040</u>	<u><0,001</u>

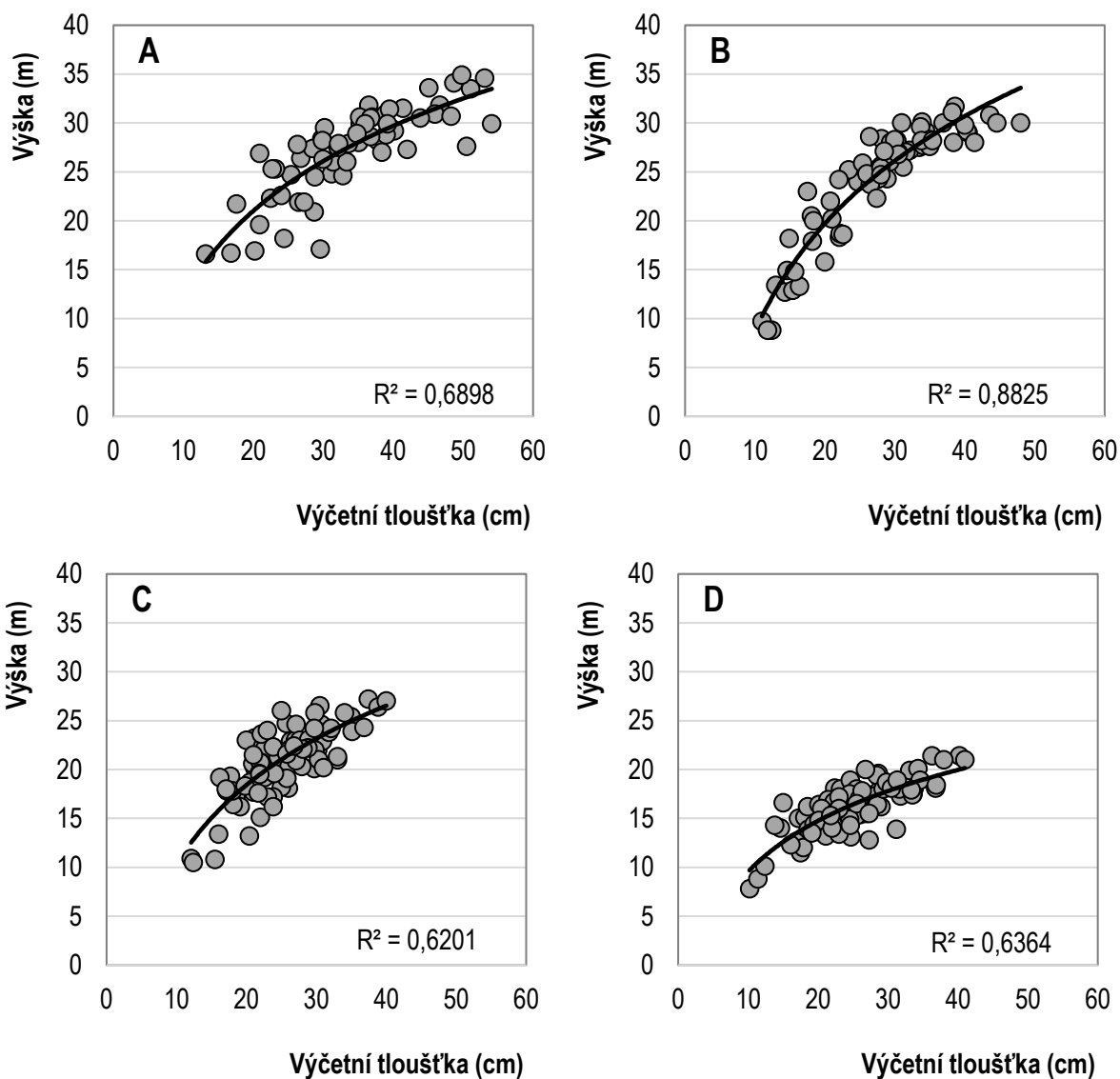
Vysvětlivky: TVP – trvale výzkumná plocha, d – kvadratický průměr výčetní tloušťky, h – průměrná výška, f – výtvarnice, v – objem středního kmene, N – počet stromů na hektar, G – kruhová základna, V – porostní zásoba, h/d – štíhlostní kvocient, CPP – celkový průměrný přírůst, SDI – index hustoty porostu, CC – stupeň zápoje

Z naměřených hodnot (Obr. 15) je patrné, že v nejnižších nadmořských výškách TVP 1–4 (varianta A) je nejvíce zastoupena tloušťková třída 32–36 cm a 36–40 cm. Výšková varianta B (TVP 5–8) má nejvyšší počet stromů v tloušťkové třídě 28–32 cm. TVP 9–12 (varianta C) má nejvyšší zastoupení stromů v tloušťkové třídě 20–24 cm. Nejvyšší výškově položené výzkumné plochy TVP 13–16 (varianta D) je nejvíce zastoupena v tloušťkové třídě 20–24 cm.



Obr. 15: Tloušťková struktura jednotlivých variant (A, B, C, D) v roce 2022.

Z vypracovaného lineárního regresního modelu (obr. 16) je znázorněna vzájemná variabilita výšky a výčetní tloušťky porostu. Na všech čtyřech grafech je patrná závislost se stoupající nadmořskou výškou, klesá výška i výčetní tloušťka stromů. Varianty A, C, D vykazují podobnou variabilitu, kde hodnota determinace (R^2) je 0,62 – 0,68. Nejvyšší koeficient determinace $R^2 = 0,88$ je u varianty B (TVP 5–8) a to znamená, že tato varianta má nejnižší variabilitu ze všech zkoumaných TVP.



Obr. 16: Závislost výšky na výčetní tloušťce diferencovaně dle jednotlivých variant (A, B, C, D) v roce 2022; R^2 vyjadřuje koeficient determinace.

5. 2. Diverzita stromového patra

V horizontální struktuře stromového patra porostu byl zjištěn (agregační index R) signifikantní rozdíl mezi variantami. Konkrétně u varianty A TVP 1–4 byla zjištěna pravidelná struktura porostu. U ostatních TVP bylo zjištěno náhodné prostorové rozmístění stromů (Tab. 10). Druhá hodnota, u které je prokázán rozdíl mezi

variantami A, B, C, D ($p < 0,048$) je korunová diferenciacie. Najvyšší průměrná korunová diferenciacie byla zjištěna u varianty D kde hodnota K indexu je 0,910. Rozmezí korunové diferenciacie je od 0,359 na TVP 4 do 0,968 na TVP 15.

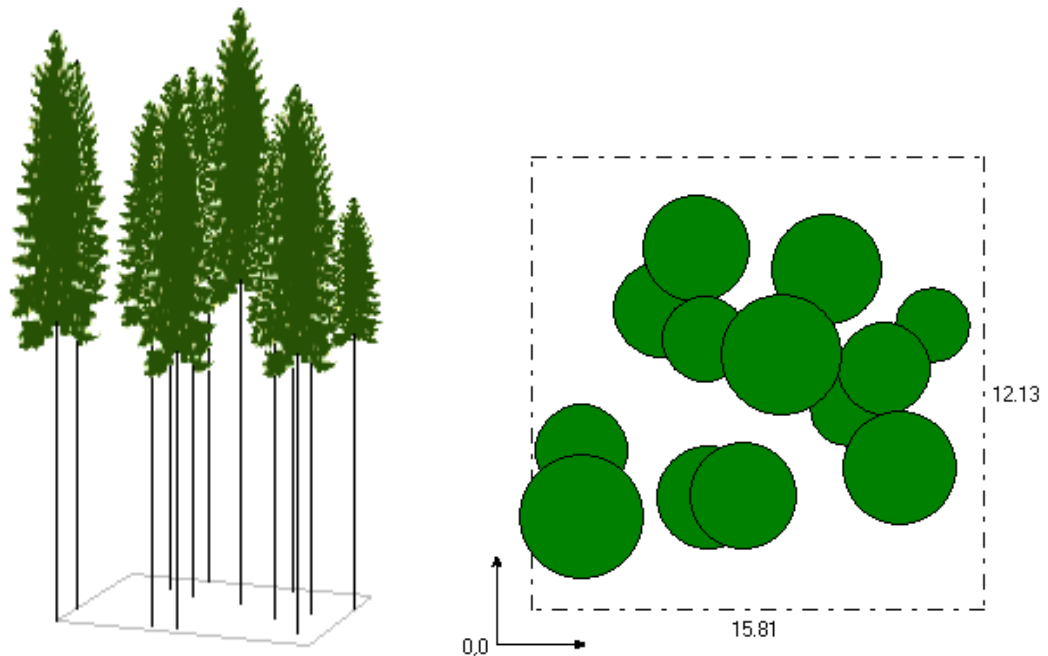
Tab. 10: Základní ukazatelé diverzity sruženého porostu diferencovaně dle výzkumných ploch (1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením.

TVP	R (C&Ei)	Ap (Pri)	TMd (Fi)	TMh (Fi)	S (J&Di)	K (J&Di)	B (J&Di)
1	1,248	0,658	0,193	0,155	0,504	0,921	3,146
2	1,254	0,728	0,282	0,210	0,520	0,682	3,165
3	1,370	0,511	0,221	0,098	0,352	0,507	1,961
4	1,247	0,001	0,184	0,079	0,170	0,359	1,575
A	1,280b	0,475a	0,220a	0,136	0,387a	0,617b	2,462a
5	0,968	0,486	0,255	0,164	0,417	0,450	2,448
6	0,875	0,710	0,242	0,290	0,707	0,842	3,662
7	1,265	0,254	0,310	0,101	0,369	0,492	2,019
8	0,994	0,515	0,275	0,222	0,707	0,760	3,702
B	1,026a	0,491a	0,271a	0,194	0,550a	0,636b	2,958a
9	1,121	0,631	0,271	0,108	0,599	0,632	3,190
10	1,023	0,396	0,188	0,104	0,289	0,502	2,188
11	1,016	0,661	0,190	0,107	0,548	0,533	3,010
12	1,005	0,593	0,244	0,219	0,568	0,530	2,874
C	1,041a	0,570a	0,223a	0,135	0,501a	0,549b	2,816a
13	0,969	0,630	0,241	0,156	0,463	0,898	3,100
14	1,044	0,549	0,217	0,154	0,403	0,881	2,575
15	1,163	0,504	0,249	0,141	0,629	0,968	3,693
16	1,054	0,679	0,220	0,139	0,534	0,894	3,148
D	1,058a	0,591a	0,232a	0,148	0,507a	0,910a	3,129a
Statistické testování rozdílů							
test	KW	KW	ANOVA	KW	ANOVA	ANOVA	ANOVA
p	<u>0,043</u>	0,801	0,197	0,445	0,482	<u>0,048</u>	0,561

Vysvětlivky: TVP – trvale výzkumná plocha, Ap – vertikální Arten profil index, S – vertikální diverzita, TMd – tloušťková diferenciacie, TMh – výšková diferenciacie, K – korunová diferenciacie, B – celková porostní diverzita

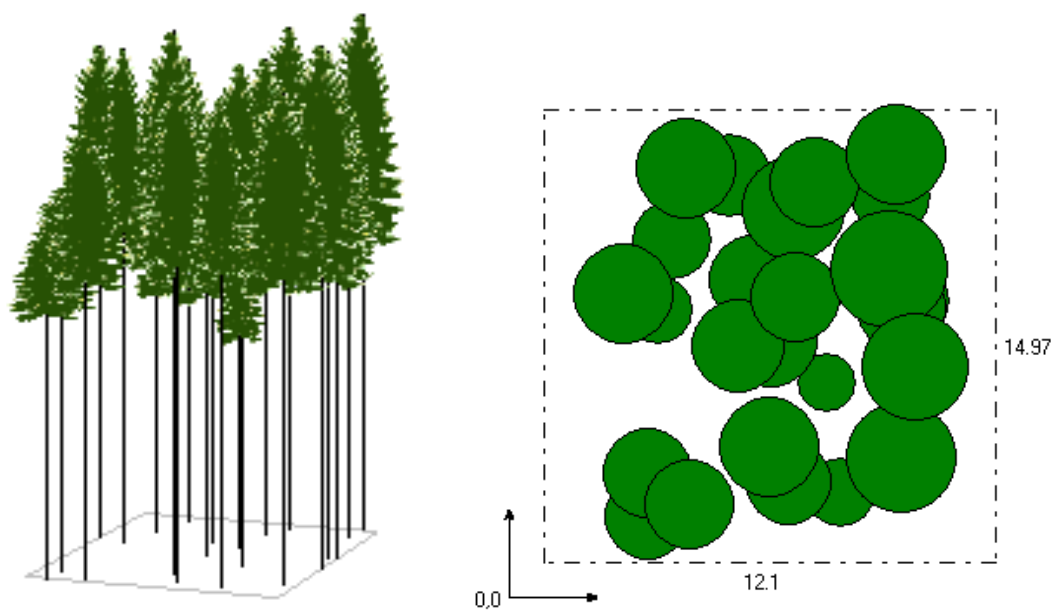
U tloušťkové a výškové diferenciaci nebyl signifikantně zjištěn rozdíl mezi jednotlivými variantami. Tloušťková diferenciacie byla na všech TVP vyrovnaná. Rozmezí hodnot bylo od 0,184 do 0,282. Výšková diferenciacie měla velmi podobné hodnoty. Minimální a maximální hodnota byla 0,079 a 0,222. U celkové porostní diverzity byla u všech TVP zjištěna monotónní (nízká) diverzita porostu.

Na obrázcích (Obr 17. – 20.) Je vygenerována vertikální a horizontální struktura smrkového porostu, a to vždy jedna TVP 4, 6, 11, 15 z každé výškové varianty A, B, C, D. Na jednotlivých vyobrazeních je patrná mírná stoupající tendence jak výškové, tak prostorové diverzity porostu.



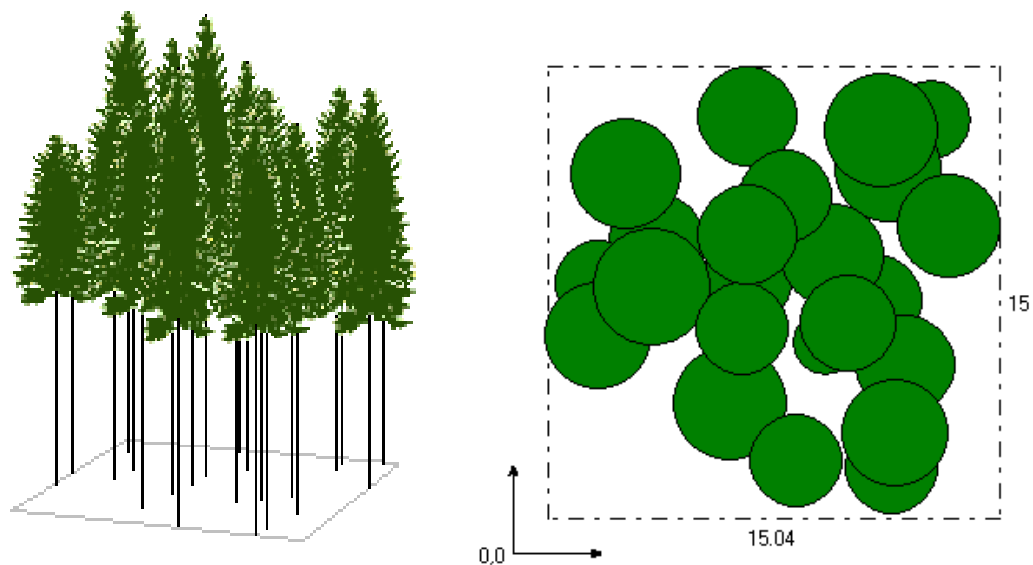
Obr. 17: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 4 v roce 2022 + foto (Fiala 2022) varianta A.





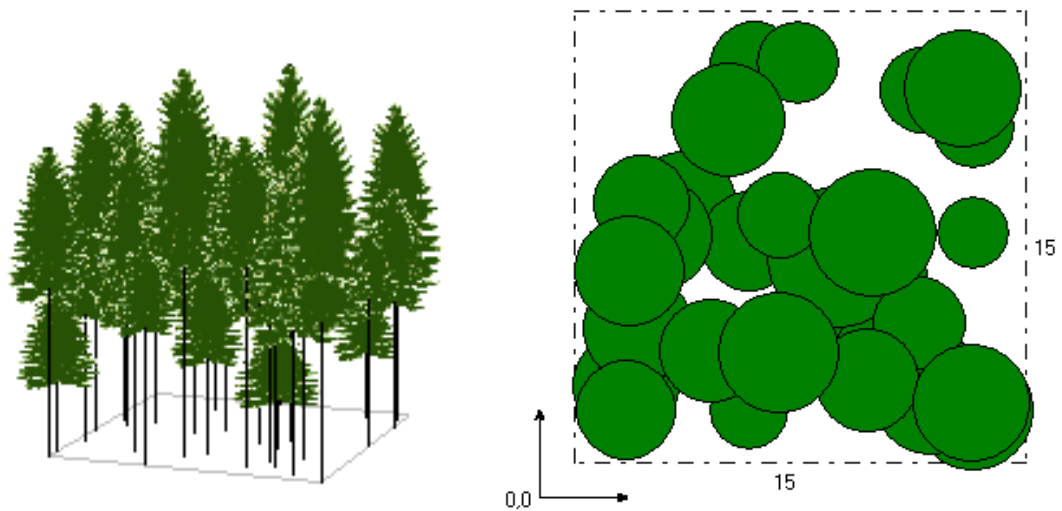
Obr. 18: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 6 v roce 2022 + foto (Fiala 2022) varianta B.





Obr. 19: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 11 v roce 2022 + foto (Fiala 2022) varianta C.



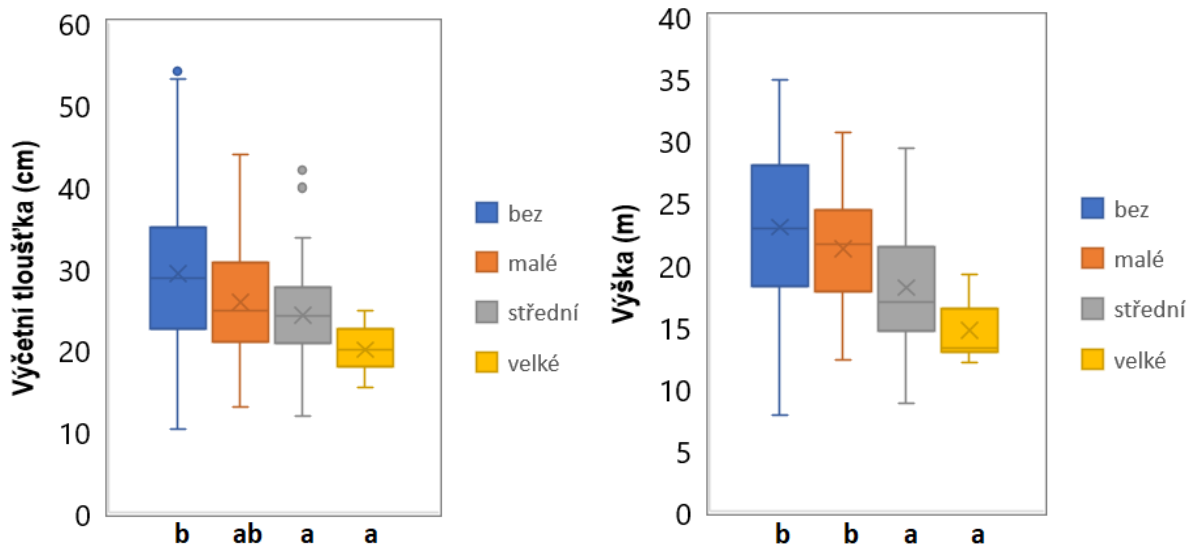


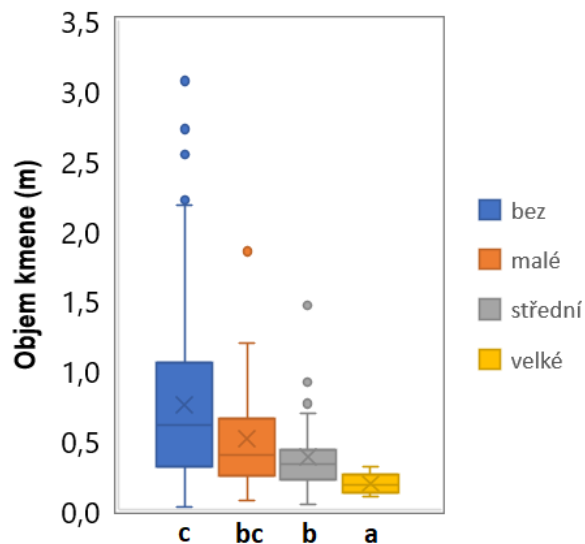
Obr. 20: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 15 v roce 2022 + foto (Fiala 2022) varianta D.



5. 3. Škody ohryzem a loupáním

Rozsah obvodového poškození způsobené ohryzem a loupáním mělo značný dopad na všechny tři sledované hodnoty, a to výčetní tloušťku, výšku a objem kmene. U výčetní tloušťky byl zjištěn mezi variantami signifikantní rozdíl KW test, Chi-Square = 24,27, df = 3, p <0,001). Jedinci bez obvodového poškození dosahovali průměrnou výčetní tloušťku 29,3 cm zatím co stromy s nejrozsáhlejším obvodovým poškozením dosahovali výčetní tloušťky jen 19,9 cm (Obr. 21). U výšky stromů byl zjištěn prokazatelný rozdíl (KW test, Chi-Square = 27,66, df = 3, p <0,001), kde stromy bez poškození dosahovaly 23,0 m a jedinci se silným poškozením dosahovaly výšky 14,7 m. U sledované hodnoty objemu kmene byl zjištěn signifikantní rozdíl (KW test, Chi-Square = 38,20, df = 3, p <0,001), u jedinců bez poškození 0,753 m³ a u stromů z markantním obvodovým poškozením pouze 0,189 m³ (o 75 % méně).





Obr. 21: Vlil ohryzu, loupání a následné hniloby na výčetní tloušťku, výšku a objem kmene jednotlivých stromů diferencovaně dle velikosti poškození; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným malým písmenem.

Hodnoty uvedené v tabulce (Tab. 11). Se stoupající nadmořskou výškou, je patrný rostoucí trend u velikosti obvodového poškození kmene a také u celkového podílu poškozených stromů. V nadmořských výškách (varianta A) 690–720 m n. m. bylo průměrné obvodové poškození 13,1 %. V nadmořských výškách (varianta D) 1150–1170 m n. m. bylo poškození dvojnásobné 26,1 %. Nejvyšší obvodové poškození bylo 39,1 % u TVP 8. U poškozených stromů ohryzem a loupáním na TVP 1–16 je průměrné zastoupení poškozených stromů v jednotlivých variantách: varianta A 19,7 %, varianta B 22,6 %, varianta C 41,1 % a varianta D 46,7 %. Vůbec nejvyšší podíl poškozených stromů byl u TVP 10 a 16 a to 66,7 %. V nejnižší nadmořské výšce 690 m n. m. na zkušné ploše TVP 4 byl podíl poškozených stromů 7,7 %, a obvodové poškozením bylo (nejnižší ze všech TVP) 6,6 %.

V nejvyšší nadmořské výšce na TVP 16 byl podíl poškozených stromů 66,7 % a obvodové poškození kmene bylo 21 %.

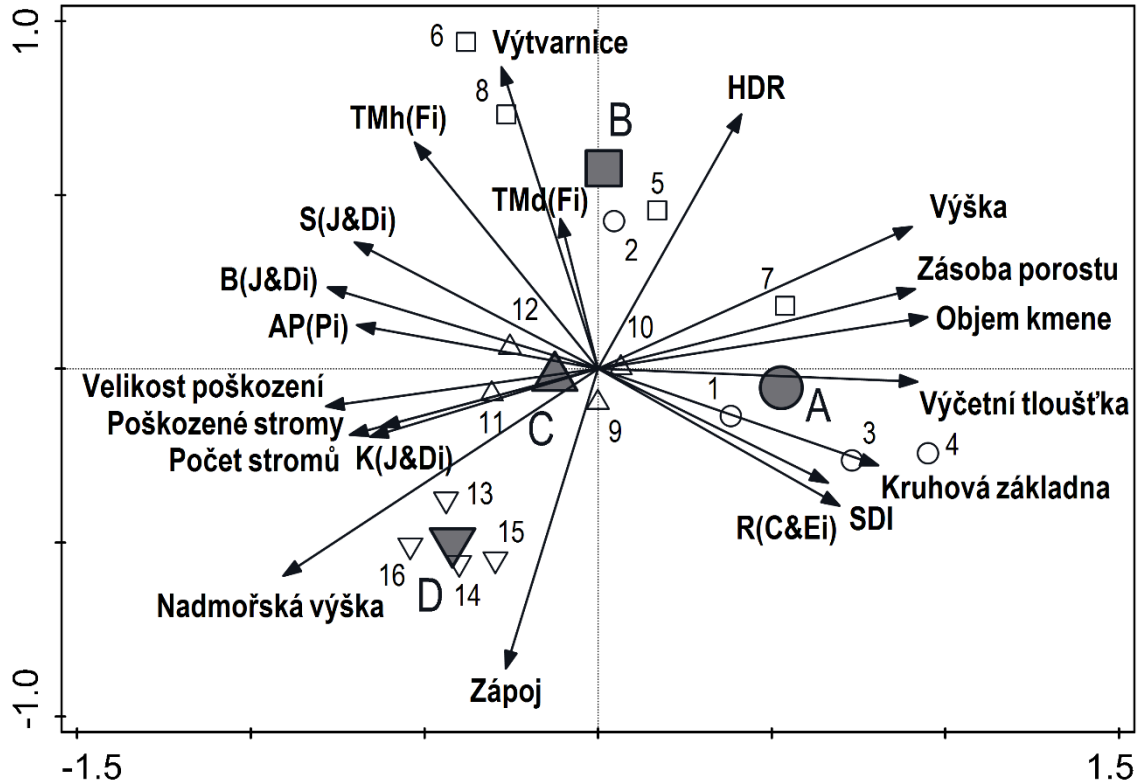
TVP	Varianta	Velikost obvod. poškození (%)	Průměr (%)	Test	p hodnota	Podíl poškoz. stromů (%)	Průměr (%)	Test	p hodnota
1	A	13,9				7,1			
2	A	18,3	13,1			45,0	19,7		
3	A	13,5				18,8			
4	A	6,6				7,7			
5	B	12,3				29,4			
6	B	12,8	19,1			10,5	22,6		
7	B	12,1				6,7			
8	B	39,1				43,8			
9	C	15,0		ANOVA	0,17	26,9		ANOVA	0,18
10	C	17,4	19,7			66,7	41,1		
11	C	23,0				25,0			
12	C	23,3				45,8			
13	D	30,7				26,3			
14	D	25,9	26,1			65,2	46,7		
15	D	26,7				28,6			
16	D	21,0				66,7			

Tab. 11: Velikost obvodového poškození a podíl poškozených stromů diferencovaně dle výzkumných ploch (1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným písmenem a u p-hodnot podtržením.

5. 4. Interakce mezi produkcí, diverzitou, strukturou a dřevinami

Výsledky PCA vyjadřující vztah mezi produkcí, strukturou a diverzitou jednotlivých variant z šestnácti TVP ze zájmového území výškového gradientu Krkonoš jsou prezentovány formou ordinačního diagramu na (Obr. 22). První ordinační osa prezentuje 49,7 %, první dvě osy 67,7 % a čtyři osy dohromady vysvětlují 87,9 % variability dat. Osa y zápoj prezentuje zápoj porostu a výtvarnici, osa x výčetní kruhovou základnu a velikost obvodového poškození ohryzem a loupáním. Nejmenší vysvětlující proměnou je v diagramu tloušťková diferenciace porostu. Se zvyšující nadmořskou výškou se zvyšuje počet stromů a stupeň zápoje, přičemž tyto parametry jsou negativně korelovány s objemem středního kmene, výčetní tloušťkou, výškou, štíhlostním kvocientem (HDR) a zásobou porostu. Kruhová základna je pozitivně korelována se zakmeněním (SDI) a agregačním indexem, přičemž tyto parametry jsou negativně korelovány se strukturálními indexy a celkovou diverzitou

porostu. Z diagramu vyplývá, že nevyšše položené plochy mají nízkou zásobu porostu a vysoké škody zvěří při porovnání s níže položenými plochami.



Obr. 22: Ordinační diagram zobrazující výsledky PCA závislosti mezi porostními charakteristikami (Výška, Tloušťka, Počet stromů, Zásoba, Objem kmene, Kruhová základna, HDR – štíhlostní kvocient, SDI – index porostní hustoty, Zápoj), strukturálními indexy (A – Arten-profil index, S – vertikální diverzita, TM_d – tloušťková diferenciace, TM_h – výšková diferenciace, K – korunová diferenciace, B – celková porostní diverzita), nadmořskou výškou a jednotlivými variantami (A, B, C, D) v roce 2022; symboly označují varianty ● A, ■ B, ▲ C, ▼ D.

6. Diskuse

Většina evropských lesních porostů je poškozována divokou zvěří, především spárkatou zvěří, konkrétně jelenem evropským (*Cervus elaphus*) a jelenem sika (*Cervus nippon*) (Verheyden et al. 2006; Schweingruber et al. 1990). V posledních několika dekádách intenzita škod (okus, ohryz, loupání) na lesních porostech stoupá (Vospernik 2006; Verheyden et al. 2006; Mänsson, Jarnemo 2013), důvodem je stoupající počet výše uvedených druhů (Vospernik 2006; Cukor et al. 2019). V regionech, kde je smrk hlavní hospodářskou dřevinou, škody na porostech způsobené zvěří, vedou k velkým ekonomickým ztrátám (Simon, Kolář 2001). Finanční ztráta je u poškozených stromů ohryzem a loupáním oproti zdravým stromům 10–30 %. V celé Evropě byla prokazatelně rostoucí populace jelení zvěře dána do souvislosti s poškozováním stromů loupáním kůry (Verheyden et al. 2006; Pheiffer, Hartfiel 1984). Koltzenburgem (1985) a Čermák (2004) odhadli věk nejvíce poškozovaných porostů ohryzem a loupáním kůry v rozmezí 15–30 let.

Tato studie statisticky podpořila závislost růstových hodnot 50letých stromů na nadmořské výšce a na škodách způsobované zvěří ohryzem a loupáním. V zájmové oblasti LHC Maršov v Krkonošském národním parku na zkusných plochách TVP 1 až 16 byla zjištěna hustota smrkového porostu od 578 ks/ha do 1156 ks/ha. Se stoupající nadmořskou výškou stoupala i průměrná hustota porostu jednotlivých variant (A, B, C, D). Přibližně stejné hodnoty byly zjištěny ve studii Paul (2021) prováděné v CHKO Jeseníky kde také se stoupající nadmořskou výškou stoupal i počet stromů. Počet stromů ve smrkovém porostu se pohyboval od 578 ks/ha do 1911 ks/ha. I Vacek et al. (2015) dokumentuje ve své studii prováděné v Krkonošském národním parku rostoucí hustotu porostu s vyšší nadmořskou výškou.

Ve studii z Krušných hor Cukor et al. (2019) u smrkového porostů 42 let, produkční hodnoty zásoby porostu byly v rozmezí 164–588 m³/ha. Vacek et al. (2018) v porostech (věk porostu 45 let) u Sokolova, naměřil nejnižší zásobu porostu 205 m³/ha. Na zkusných plochách této studie bylo zjištěno rozpětí zásoby porostu v nejvyšší nadmořské výšce 279 m³/ha a v nejnižší nadmořské výšce 939 m³/ha. To je snížení zásoby o 70 %. V podstatě podobný výsledek na zkusných

plochách této práce měly signifikantně v závislosti na nadmořské výšce hodnoty průměrná výčetní tloušťka kmene a průměrná výška stromu. Ve variantě A s nejnižší nadmořskou výškou 690-720 m n. m. byla průměrná výška 27,44 m a průměrná výčetní tloušťka 35,5 cm. Varianta D s nejvyšší nadmořskou výškou 1150-1170 m n. m. měla zjištěnou průměrnou výšku 16,2 m a průměrnou výčetní tloušťku 25,9 cm. Paul (2021) ve své práci zjistil (stáří smrkového porostu 50-60 let) podobné hodnoty. V nejnižších nadmořských výškách varianta A 590-660 m n. m. byla zjištěna průměrná výčetní tloušťka 31,4 cm a průměrná výška stromu 26,36 m. Ve variantě D s nadmořskou výškou od 1090 m n. m. do 1120 m n. m. byly hodnoty průměrné výčetní tloušťky kmene 22,6 cm a průměrná výška 14,56 m. Podobný trend měla další objemová hodnota CPP celkový průměrný přírůst. V zájmovém území byl prokazatelně průměrný CPP nejnižší u varianty D (5,9 m³/ha/rok) a nejvyšší byl u varianty A (14,1 m³/ha/rok). Rozmezí bylo od 5,0 m³/ha/rok TVP 16 do 16,8 m³/ha/rok TVP 3. Téměř totožné výsledky byly naměřeny v CHKO Jeseníky Paul (2021) kde průměrný CPP byl také nejnižší u varianty D (7,17 m³/ha/rok) a nejvyšší průměrný CPP byl u varianty A (13,42 m³/ha/rok). Rozmezí hodnot CPP bylo od 5,38 m³/ha/rok TVP 16 do 16,04 m³/ha/rok TVP 1. Kromě TVP 1-4 kde byla zjištěna pravidelná horizontální struktura porostu bylo u ostatních TVP rozmístění stromů náhodné. Náhodnost v horizontální struktuře smrkových porostu popisují v Krušných horách Cukor et al. (2019), v Krkonoších Král et al. (2015), v Jizerských horách Vacek et al. (2019) a Králíček et al. (2017). Z hlediska výškové a tloušťkové diferenciaci vykazovaly porosty na všech TVP nízkou diverzitu. Z pohledu celkové diverzity, byla prokazatelně nejvyšší porostní rozmanitost u TVP 13–16 v nadmořské výšce nad 1100 m n. m.

Nejen produkce, ale i struktura a rozmanitost porostu jsou ovlivňovány zvěří (Vacek et al. 2014). Škody způsobené ohryzem a loupáním mají prokazatelně nepříznivý vliv na růst stromů. Tento proces může vést k oslabení stromu a snížení jeho odolnosti vůči patogenům, což zvyšuje riziko infekce hnilobnými mikroorganismy. Pokud dojde k rozvoji hniloby v kmeni, může to způsobit ztrátu pevnosti a stabilitu stromu. V posledních dekádách se zvýšila frekvence a trvání extrémních klimatických jevů (sucho, teplotní výkyvy, vichřice, bořivé větry) (Lindner et al. 2010, 2014). V kombinaci s globálním oteplováním a klimatickým stresem jsou sekundární škody na lesních porostech často způsobeny kůrovcem a

houbovými patogeny. Snížená vitalita lesa činí porosty náchylnějšími i na poškození větrem (Schlyter et al. 2006; Hlásný et al. 2017; Brázdil et al. 2018). Celkově tyto škody negativně ovlivňují zdraví a stabilitu lesních porostů (Krisans et al. 2020; Cukor et al. 2019 a, 2019 b). Všechny studie, co se zabývají vlivem zvěře na lesní porosty, uvádějí značné poškození loupáním a ohryzem. Paul (2021) naměřil v CHKO Jeseníky průměrný podíl poškozených stromů na zkusných plochách 87,7 % s průměrným obvodovým poškozením kmene 38,4 %. Podobně vysoký podíl až 92 % poškozených stromů loupáním kůry zjistila studie ze Švédska Månsson a Jarnemo 2013. Vacek et al. (2020) zjistil v Krušných horách 88,8 % poškozených stromů ve smrkových porostech. Na TVP 1-16 uváděných v této práci bylo poškozeno zvěří průměrně ve výškové gradientu 690–1170 m n. m. 32,5 % stromů s obvodovým poškozením 19,5 %. Celkově škody ohryzem a loupáním měly statisticky prokazatelně negativní vliv na výčetní tloušťku, výšku a objem kmene. Při porovnání silně poškozených a zdravých stromů, byla ztráta na objemové produkci až 58 %. Ve své studii Vacek et al. (2020 b), také uvádí ztrátu na objemovém přírůstu v rozmezí 50–71 % u silně poškozených stromů.

Podle pravidel Saských lesů představuje únosný stav 1 % stromů poškozených loupáním a 20 % okusem. Přitom je třeba říci, že 1 % loupání v Sasku bylo vyčísleno na škodu vlivem postupného znehodnocení dřeva na přibližně jeden milion eur. Počet jelení zvěře v saských lesích je přibližně 6 ks na 100 ha, přitom na mnoha místech saských lesů dochází k zmlazení a odrůstání smrku, jedle a buku bez ochrany proti poškození zvěří. Ředitelství saských lesů by se chtělo dopracovat početního stavu jelení zvěře 1-2 kusy zvěře na 100 ha (Vaca 2007). Autor článku dále uvádí citaci dr.Eisenhauera ke stavu zvěře: „Skutečně objektivně plánovat lov je téměř nemožné. Na nevyhnutelnost náhrady „stacionárního chovu zvěře“ lovem na biocenotickém základě upozornil již např. prof. Bubeník na začátku 70. let minulého století. V tomto smyslu považuji náš systém za kompromisní řešení, přičemž získáváme exaktní evidenci struktury odstřelu,“ (Vaca 2007). Na webových stránkách správy KRNAP ve zprávě Zásady Péče (2023) se uvádí: „Každoročním intenzivním odlovem se zejména početní stavy jelenů daří udržovat na stabilní úrovni 650–700 kusů (JKS 2019: 696 ks), ale ekologicky únosného stavu dosud nebylo dosaženo“ (KRNAP 2023). Po přepočtu,

se tedy jedná o hustotu populace v Krkonošském národním parku 2 kusy jelení zvěře na 100 ha.

7. Závěr

Na základě zjištěných výsledků v této práci, lze s jistotou konstatovat, že škody které působí spárkatá zvěř ohryzem a loupáním na smrkových porostech ve výškovém gradientu 690 – 1170 m n. m. mají vliv na strukturu a dynamiku lesních porostů. Celkový objem porostů na výzkumných plochách s nižší intenzitou poškození byl výrazně vyšší ve srovnání s lesními porosty na zkušných plochách, které byly silně poškozeny zvěří, převážně jelenem evropským (*Cervus elaphus*). Nejmarkantnější škody loupáním kůry byly zjištěny nad 1000 m n. m. Podíl poškozených jedinců dosahoval v maximech až 66,7 %. Většina porostů v Krkonošském národním parku ve věku 50–60 let pochází z umělé obnovy z dob kdy se hospodařilo holosečným způsobem a smrk se obnovoval uměle. Z těchto důvodů jsou porosty stejnověké a mají nízkou prostorovou diverzitu. Jedná se o jednoetážové porosty s pravidelně rozmístěnými stromy. Tuto monotónost narušují disturbance a vytvářejí prostor pro obnovu, která vytváří tak potřebnou různorodost a diverzitu porostu. Mezi tyto vlivy, které narušující monokultury, lze zařadit do jisté míry i škody ohryzem a loupáním. V podstatě tyto škody můžou být mírně pozitivní. Vytvářejí převážně ve vyšších nadmořských výškách „přeměnu“ smrkových monokultur na porosty více diferencované. Stromy, které vlivem poškození a následnou hnilobou nebo vývratem zahynou, vytvoří porostní mezeru a uvolní místo pro obnovu porostu. Tím se změní dynamika a struktura porostu. V lesních porostech bohatě prostorově a věkově diferencovaných, jsou výše popsané škody ohryzem a loupáním nežádoucí. Narušují lesní ekosystém, který se stává nestabilním a náchylným k disturbancím. Správa Krkonošského národního parku vydala v roce 2022 „Zásady péče...“ na období 2023-2038 kde si vytýčila cíle v hospodaření a péči. Některé cíle vystihují nebo spíše jsou totožné s doporučením, které vyplývá z této diplomové práce. Zásadní doporučení jsou, průběžně snižovat početní stavy spárkaté zvěře na ekologicky únosnou úroveň (1 – 1,5 kusů/100 ha). Provádět pravidelnou evidenci ulovené zvěře. Obnovovat druhovou skladbu a věkovou a prostorovou strukturu lesa. Podporovat a upřednostňovat přirozenou obnovu lesa. Při umělé obnově používat geneticky a

stanovištně odpovídající druhy dřevin. Vytvořit a chránit přirozené podmínky pro dlouhodobou existenci přirozených predátorů, např. Rys ostrovid (*Lynx lynx*).

8. Seznam použitých zdrojů, literatura

- Arhipova, N., Gaitnieks, T., Donis, J., Stenlid, J., Vasaitis, R., 2011. Butt rot incidence, causal fungi, and related yield loss in *Picea abies* stands of Latvia. *Can. J. For. Res.* 41, 2337–2346.
- Babst, F. et al., 2019. Twentieth century redistribution in climatic drivers of global tree growth. *Science advances*, 5 (1). ISSN 2375-2548. 1–9.
- Bejček, F. 2009. Penzum znalostí z myslivosti: pro studující, kteří se připravují ke všem druhům mysliveckých zkoušek, pro soudobé myslivce i lovce, pro sokolníky, kynology, střelce, přátele myslivosti, pro milovníky přírody, ochránce zvířat a životního prostředí. 10. vyd. Praha: Druckvo. 847 s. ISBN 978–80–904056–9–1.
- Bernier P, Schöne D (2009) Adapting forests and their management to climate change: an overview. *Unasylva* 60:5–11
- Binkley D., Fisher, R. F., 2013: Ecology and Management of Forest Soils. 4th Edn. Chichester: Wiley-Blackwell, 347 p.
- Brang, P., Lessig, R. (2000): Restoring Protection against natural hazards in European mountain forests after wind disturbance: How much human interference?, IUFRO Congress 2000, Vol. 1, 328-337 pp.
- Brázdil, R.; Stucki, P.; Szabó, P.; Rezníčková, L.; Dolák, L.; Dobrovolný, P.; Tolasz, R.; Kotyza, O.; Chromá, K.; Suchánková, S. Windstorms and forest disturbances in the Czech Lands: 1801–2015. *Agric. For. Meteorol.* 2018, 250–251, 47–63.
- Březina, J.: Škody působené ohryzem a loupáním jelení zvěří a následnými hnilobami na smrku ztepilém na LS Nové Hrady. Diplomová práce VŠZ Brno, 1994. 93 s.
- Cukor, J., Vacek, Z., Linda, R., Vacek, S., Marada, P., Šimůnek, V., Havránek, F., (2019 a) Effects of bark stripping on timber production and structure of Norway Spruce forests in relation to climatic factors. *Forests* 10, 13–17.
- Cukor, J., Vacek, Z., Linda, R., Prasad, R.S., Vacek, S., (2019 b). Afforested farmland vs. forestland: Effects of bark stripping by *Cervus elaphus* and climate on production potential and structure of *Picea abies* forests. *PLoS One* 14, 1–25.
- Čadová, P.; Vliv zvěře na strukturu a produkci smrkových porostů ve výškovém gradientu v severní části CHKO Jeseníky. Bakalářská práce Fakulta logistiky a krizového řízení UTB ve Zlíně, (2022) 58 s.
- Čermák, P.; Jankovský, L.; Lička, D.; Beránek, J.; Glogar, J. Damage to spruce stands by deer barking and subsequent rots in Forest Range Proklest, the Křtiny Training Forest Enterprise “Masaryk Forest” (the Drahaný Upland). *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* 2004, 52, 165–174.
- Čermák, P., Jankovský, L. 2006. Škody ohryzem, loupáním a následnými hnilobami. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce. ISBN 80–86386–81–3.
- Čermák, P., Mrkva, R.: Škody zvěří – neřešený eskalující problém. *Zpravodaj ochrany lesa / Setkání lesníků tří generací*, sv.14/2007 39-45 str.
- Čermák, P., Strejček, M., 2007. Stem decay by *Stereum sanguinolentum* after red deer damage in the Českomoravská vrchovina Highlands. *J. For. Sci.* 53, 567–572.

- Čermák, P., Mrkva, R.: Škody zvěří – neřešený eskalující problém. *Zpravodaj ochrany lesa / Setkání lesníků tří generací*, sv.14/2007 39-45 str.
- Čermák, P., Mrkva, R., Horsák, P., Špiřík, M., Beranová, P., Orálková, J., Plšek, J., Kadlec, M., Zárybnický, O., Svatoš, M., 2011. Impact of ungulate browsing on forest dynamics. *Folia For. Bohem.* 20, 80.
- Čermák, P. a kol. 2014. Ochrana dřevin: Obecná ochrana, abiotické a antropogenní stresory. LDF MENDELU Brno. 316 s.
- Čermák, P.; Kolář, T.; Žid, T.; Trnka, M.; Rybníček, M. Norway spruce responses to drought forcing in areas affected by forest decline. *For. Syst.* 2019, 28.
- Červený, J. a kol. 2004. Encyklopedie myslivosti. Praha: Ottovo nakladatelství v divizi Cesty, 591 s. ISBN 80-7181-901-8
- Červený, J., Štastný, K., Koubek, P., Zvěř: Ottova encyklopedie. Praha: Ottovo nakladatelství, 2016.
- ČHMÚ - ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2021 , chmu.cz
- Ellenberg H., Strutt G.K. (1988): Vegetation ecology of Central Europe. CUP Archive
- Etzold S, Waldner P, Thimonier A, Schmitt M & Dobbertin M (2014) Tree growth in Swiss forests between 1995 and 2010 in relation to climate and stand conditions: Recent disturbances matter. *Forest Ecology Management* 311: 41–55.
- Fiala, J.; Obnova původní druhové skladby lesů ve východní části Krkonošského národního parku. Bakalářská práce FLD ČZU Praha, (2021) 86 s.
- Fuchs, Z., Vacek, Z., Vacek, S., & Gallo, J. (2021). Effect of game browsing on natural regeneration of European beech (*L.*) forests in the Krušné hory Mts.(Czech Republic and Germany). *Central European Forestry Journal*, 67(3), 166-180.
- Garbelotto, M., Gonthier, P., 2013. Biology, epidemiology, and control of heterobasidion species worldwide. *Annu. Rev. Phytopathol.* 51, 39–59. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102225>.
- Gill, R.M.A., 1992. A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer. *Forestry* 65, 145–169.
- Godek, M., Sobik, M., Błaś, M., Polkowska, Ž., Owczarek, P., Bokwa, A., 2015: Tree rings as an indicator of atmospheric pollutant deposition to subalpine spruce forests in the Sudetes (Southern Poland). *Atmospheric Research*, 151:259–268.
- Grebenc T. 2006. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* 131: 58–71.
- Havránek, F. Bukovjan, K. Czudek, R. (2003): Snižování škod lesní zvěře. Dostupné na http://www.profimysl.cz/um-vyzkum?article_id=301-snizovaniskod-zveri-na-lese, získáno 24. 10. 2010

Hlásny, T.; Barka, I.; Roessiger, J.; Kulla, L.; Trombik, J.; Sarvašová, Z.; Bucha, T.; Kovalčík, M.; Cihřák, T. Conversion of Norway spruce forests in the face of climate change: A case study in Central Europe. *Eur. J. For. Res.* 2017, 136, 1013–1028. [CrossRef]

Holeska J., Sniga M., Swagrzyk J., Dziedzic T., Ferenc S., Wodka M. (2006): Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. *European Journal of Forest Research* 132: p. 303-313

Holzer, K. - Schultze, U. - Pelikanos, V. - Müller, F.: Stand und Problematik der Fichten - Stecklingsvermehrung. Österreich. Forstztg, 98, 1987, č. 5, s. 12-13.

Hromas, J. 2008. *Myslivost*. 2. vyd. Písek: Matice lesnická. 559 s. ISBN 978–80–86271–00–2.

Jakoby O., Rademacher Ch., Grimm V. (2010). Modelling dead wood islands in European beech forests: how much and how reliably would they provide dead wood? *European Journal of Forest Research*. 129: 659–668.

Jalůvka, J.: Ohryz a loupání jelení zvěří a napadení sekundárními houbovými patogeny ve smrkových porostech (LS Morávka, Beskydy). Diplomová práce LDF MZLU v Brně, 2004. 59 s.

Janouš D. et al. 2002. Klimatická změna a klimatické fluktuace – normály vybraných klimatologických prvků na území ČR. Dílčí projekt 02. Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na sektory vodních zdrojů, zemědělství, lesního hospodářství a zdravotnictví. Jankovský, L. et Cudlín. Ochrana lesa z hlediska prognóz dopadů klimatické změny na zdravotní stav smrku. Projekt VaV/740/1/01.

Jolly WM, Dobbertin M, Zimmermann NE & Reichstein M (2005) Divergent vegetation growth responses to the 2003 heat wave in the Swiss Alps. *Geophysical Research Letters* 32: 18.

Kalvová, J.; Scénáře změny klimatu na území České republiky a odhady dopadů klimatické změny na hydrologický režim, sektor zemědělství, sektor lesního hospodářství a na lidské zdraví v ČR. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2002. Národní klimatický program České republiky. ISBN 80-86690-01-6.

Kazda, M., & Pichler, M. (1998). Priority assessment for conversion of Norway spruce forests through introduction of broadleaf species. *Forest ecology and management*, 102(2-3), 245-258.

Keenan, R. J. (2015). *Climate change impacts and adaptation in forest management: a review. Annals of forest science*, 72, 145-167.

Koltzenburg, C. Schutzwirkung durch mechanischbiologischen Schalschutz in Fichtenbeständen. *Forst-Holz-wirt* 1985, 40, 471–475.

Kopáček, J.; Cudlín, P.; Fluksová, H.; Kaňka, J.; Pícek, T.; Šantrůčková, H.; Svoboda, M.; Vaňek, D. Dynamics and composition of litterfall in an unmanaged Norway spruce (*Picea abies*) forest after bark-beetle outbreak. *Boreal Environ. Res.* 2015, 20, 305–323.

Korpeľ Š, et al. (1989): *Pralesy Slovenska*. Veda, Bratislava

Korpeľ, Š. (1995): *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York

Kořínek, G. 2003. Chov zvěře a škody zvěří v lesním hospodářství, *Myslivost*, 81 (8), s. 6–9.

Košulič M, (2003)

Košulič M. (2008): Dynamika horských lesů po disturbanci. Lesnická práce, roč.87/č.2

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. *Central European Forestry Journal*, 61(3), 175-187.

Kulakowski D., (2004): Range of variability of unmanaged subalpine forests. *Forum fur Wissen*, s.47-54

Kuuluvainen T., Kimmo S., Risto K. (1998): Structure of a pristine *Picea abies* forest in northeastern Europe. *Journal of Vegetation Science* 9: p.563-574

Leibundgut, H. (1993): Europäische Urwälder. Paul Haupt, Bern.

Lenoir J, Gegout JC, Dupouey JL, Bert D, Svenning JC (2010) Forest plant community changes during 1989–2007 in response to climate warming in the Jura Mountains (France and Switzerland). *J Veg Sci* 21:949–964.

Lesnický naučný slovník – LNS, 1995, s. 295

Lindner, M.; Maroschek, M.; Netherer, S.; Kremer, A.; Barbati, A.; Garcia-Gonzalo, J.; Seidl, R.; Delzon, S.; Corona, P.; Kolström, M.; et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For. Ecol. Manag.* 2010, 259, 698–709

Lindner, M.; Fitzgerald, J.B.; Zimmermann, N.E.; Reyer, C.; Delzon, S.; van der Maaten, E.; Schelhaas, M.J.; Lasch, P.; Eggers, J.; van der Maaten-Theunissen, M.; et al. Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *J. Environ. Manag.* 2014, 146, 69–83.

Lucier A, Ayres M, Karnosky D, Thompson I, Loehle C, Percy K, Sohngen B (2009) Forest responses and vulnerabilities to recent climate change. In: Seppälä R, Buck A, Katila P (eds) *Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report*, vol World Series Volume 22. IUFRO Helsinki, pp 29–52

MAF Report about Forest and Forestry Conditions in the Czech Republic 2017 (Green Report); Ministry of Agriculture: Prague, Czech Republic, 2018.

Malík, V., Karnet, P., (2007). Game damage to forest trees. *J. For. Sci.* 53, 406–412.

Månsson, J.; Jarnemo, A. Bark-stripping on Norway spruce by red deer in Sweden: Level of damage and relation to tree characteristics. *Scand. J. For. Res.* 2013, 28, 117–125.

Meunier, C. L., Gundale, M. J., Sanchez, I. S., Liess, A., 2016: Impact of nitrogen deposition on forest and lake food webs in nitrogen-limited environments. *Global Change Biology*, 22:164–179.

Mauer, O. 2009. Zakládání lesů I. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně v Brně. Skripta. 172 s.

Mikeska, M., Vacek, S.; <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-86-2007/lesnicka-prace-c-11-07/struktura-porostu-a-trvale-udrzitelne-hospodareni-v-lese>

Mikulenka, P., Prokúpková, A., Vacek, Z., Vacek, S., Bulušek, D., Simon, J., ... & Hájek, V. (2020). Effect of climate and air pollution on radial growth of mixed forests: Mill. vs. (L.) Karst. *Central European Forestry Journal*, 66(1), 23-36.

Musil I., Hamerník J. (2007): Jehličnaté dřeviny: Lesnická dendrologie I. Academia Praha

MZe, 2021. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2020. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-625-5.

Nováková, M.H.; Edwards-Jonášová, M. Restoration of central-european mountain norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *For. Ecol. Manag.* 2015, 344, 120–130.

Odor P., Heilmann-Clausen J., Christensen M., Aude E., van Dort K.W., Piltaver A., Siller I., Veerkamp M.T., Walley R., Standovar T., van Hees A.F.M., Kosec J., Matocec N., Kraigher H.,

Oleksyn J., Modrzyński J., Tjoelker M. G. Et al. (1998) Growth and physiology of *Picea abies* populations from elevational transects: common garden evidence for altitudinal ecotypes and cold adaptation. *Functional Ecology* 12: str. 573–590

Paul, J.; Vliv zvěře na strukturu a produkci smrkových porostů ve výškovém gradientu v severní části CHKO Jeseníky. Bakalářská práce FLD ČZU Praha, (2021) 64 s.

Peka, T.: Škody způsobené ohryzem a loupáním jelení zvěří a následnými hnilobami na smrku ztepilém v revíru Samčanka, LS Ostravice. Diplomová práce FLD MZLU v Brně, 1996. 65 s.

Pheiffer, J.; Hartfiel, B. Relation between winter feeding and the bark-stripping behaviour of red deer in the Eifel (Beziehungen zwischen der Winterfütterung und dem Schälverhalten des Rotwildes in der Eifel). *Z. Jagdwiss.* 1984, 30, 243–355.

Piri, T., 1996. The spreading of the S type of *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. *Eur. J. Plant Pathol.* 26, 193–204.

Poleno Z. et al. (1994): Lesnický slovník naučný I a II. Písek: Matice lesnická, 670 s.

Poleno, Z., Vacek, S, et.al. (2007): Pěstování Lesů I. A II. Ekologické základy pěstování lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 313 str.

Pommerening, A. (2002): Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*, 75:305-324

Pretzsch H. (2009): *Forest Dynamics, Growth and Yield*. Springer Berlin Heidelberg, 617 s.

Prokúpková, A., Brichta, J., Vacek, Z., Bielak, K., Andrzejczyk, T., Vacek, S., ... & Fuchs, Z. (2021). Effect of vegetation on natural regeneration of mixed silver fir forests in lowlands: a case study from the Rogów region in Poland. *sylvan*, 165(11).

Provazníková, P.; Obnova lesa na kalamitních holinách VLS, s. p., divize Lipník nad Bečvou, LS Hlubočky. Diplomová práce LDF MZLU v Brně, 2017. 102 s.

- Putalová, T., Vacek, Z., Vacek, S., Štefančík, I., Bulušek, D., & Král, J. (2019). Tree-ring widths as an indicator of air pollution stress and climate conditions in different Norway spruce forest stands in the Krkonoše Mts. *Central European Forestry Journal*, 65(1), 21-33.
- Regniere J (2009) Predicting insect continental distributions from species physiology. *Unasylva* 60:37–42
- Saniga, M., Schütz, J.P. (2002): Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. *J. For. Sci.*, 48:12:213-528.
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., ... & Reyer, C. P. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*, 7(6), 395-402.
- Seppälä R, Buck A, Katila P (2009) Adaptation of forests and people to climate change: a global assessment report, vol World Series Volume 22. Helsinki, IUFRO
- Schlyter, P.; Stjernquist, I.; Barring, L.; Jönsson, A.M.; Nilsson, C. Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Clim. Res.* 2006, 31, 75–84.
- Schultze, U.: Untersuchung der Anpasstheit von Fichtensämlingen an die Seehöhe. Klimakamertestung der Fichtebeerntungen der Reifejahre 1991 und 1992. Wien, Forstliche Bundesversuchsanstalt 1998. 38 s.
- Schwarz, O.: Záchrana genofondu krkonošského smrku. In: Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Sborník příspěvků z mezinárodní konference ... Opočno, 15. – 17. 4. 1996. Ed. S. Vacek. Opočno, VÚLHM–Výzkumná stanice 1996, s. 125–132.
- Schwarz, O., Vacek, S., Podrázský, V., Kuš, J., Krkonošského, S., 2007. Vývoj stavu spárkaté zvěře a škod zvěří v bilaterální Biosférické rezervaci Krkonoše / Karkonosze Development of hoofed game stocks and damage caused by the game in the bilateral Biosphere Reserve Krkonoše / Karkonosze. *Opera Corcon.* 44, 453–464.
- Schweingruber, F.H.; Eckstein, D.; Serre-Bachet, F.; Bräker, O.U. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* 1990, 8, 9–38.
- Simon, J.; Kolář, C. Economic evaluation of bark stripping by red deer on the basis of analysis on a time growth series of spruce stands in the Hrubý Jeseník Mts. *J. For. Sci.* 2001, 47, 402–409.
- Slanař, J.; Přestavba lesních porostů na přírodě bližší skladbu na Lesní správě Jablonec nad Nisou. Disertační práce FLD ČZU Praha, 2020 165 s.
- Solomon, S. Q. et al., 2007. Climate change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- Souček J (2006): Úprava druhové skladby borových porostů. *Lesnická práce* 85: 07/06

- Strejček, M. 2007. Poškození porostů ohryzem, loupáním a následnou hnilobou *Stereum sanguinolentum* na polesí Račín. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. 51 s.
- Sturrock, R. N., Frankel, S. J., Brown, A. V., Hennon, P. E., Kliejunas, J. T., Lewis, K. J., ... & Woods, A. J. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant pathology*, 60(1), 133-149.
- Svoboda M. (1953): Lesní dřeviny a jejich porosty I. SZN Praha
- Svoboda M. (2005): Význam tlejícího dřeva v lese na příkladu horské smrčiny *Lesnická práce* roč.84, č.5
- Svoboda M. (2008) Efekt disturbancí na dynamiku horského lesa s převahou smrku ve střední Evropě. *Ochrana přírody* 1: s.31-33
- Šimůnek, V., Vacek, Z., & Vacek, S. (2020). Solar cycles in salvage logging: National data from the Czech Republic confirm significant correlation. *Forests*, 11(9), 973.
- Štícha, V., I. Kupka, D. Zahradník, and S. Vacek. "Influence of micro-relief and weed competition on natural regeneration of mountain forests in the Šumava Mountains." *Journal of forest science* 56, no. 5 (2010): 218-224.
- Štícha, V.; Sharma, R.; Vacek, Z.; Vacek, S.; Nuhlíček, O. Timber and Branch Volume Prediction: Effects of Stand and Site Characteristics on Dendromass and Timber-To-Branch Volume Ratio of Norway Spruce in Managed Forests. *Forests* 2019, 10, 144, doi:10.3390/f10020144
- Švestka, M., Hochmut, R., *Praktické metody v ochraně lesa*. 2. dopl. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1996.
- Tesař V., Klimo, E. (2004): Pěstování smrku u nás a Evropě. Sborník příspěvků ze semináře Smrk–dřevina budoucnosti. Svoboda nad Úpou 23(24): 7-18.
- Toth, D.; Maitah, M.; Maitah, K. Development and Forecast of Employment in Forestry in the Czech Republic. *Sustainability* 2019, 11, 6901.
- Toth, D.; Maitah, M.; Maitah, K.; Jarolínová, V. The impacts of calamity logging on the development of spruce wood prices in czech forestry. *Forests* 2020, 11, 283.
- TŮMA, M. Škody zvěří. *Lesnická práce* 10/2008 [online]. Dostupné z:
- Vaca, D.; *Svět myslivosti* ročník 8 (2007) č.05/07,
- Vacek S., Podrazský V. (2003): Forest ecosystems of the Šumava Mts. and their management. - *Journal of Forest Science*, 49: 291-301
- Vacek, S. (2007): Význam, vývojové zákonitosti a příklady vybraných částí lesních ekosystémů ponechaných samovolnému vývoji. In: *Bezzásahové území*. Janov nad Nisou 2007, Moucha, P., Opočno, ČLR, LČR, s.p., str.5-16
- Vacek S, Vacek Z, Schwarz O, Raj A, Nosková I a kol. (2009) Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš. *Lesnická práce*, sro, Kostelec nad Černými lesy, 288.

- Vacek, S.; Pěstování lesů. 2., upr. a dopl. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 2011. ISBN 9788087154991.
- Vacek, Z.; Vacek, S.; Bílek, L.; Král, J.; Remeš, J.; Bulušek, D.; Králíček, I. Ungulate impact on natural regeneration in spruce-beech-fir stands in Cerný ý duř nature reserve in the Orlické hory Mountains, case study from central sudetes. *Forests* 2014, 5, 2929–2946.
- Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Hejmanová, P., Sticha, V., & Remes, J. (2015). The dynamics and structure of dead wood in natural spruce-beech forest stand-a 40 year case study in the Krkonoše National Park. *Dendrobiology*, (73).
- Vacek, Z., Vacek, S., Bílek, L., Remeš, J., Štefančík, I. Changes in horizontal structure of natural beech forests on an altitudinal gradient in the Sudetes. *Dendrobiology*, 2015, 73: 33-45.
- Vacek, S., Černý, T., Vacek, Z., Podrázský, V., Mikeska, M., Králíček, I., 2017: Long-term changes in vegetation and site conditions in beech and spruce forests of lower mountain ranges of Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 398:75–90.
- Vacek, Z., Bulušek, D., Vacek, S., Hejmanová, P., Remeš, J., Bílek, L., & Štefančík, I. (2017). Effect of microrelief and vegetation cover on natural regeneration in European beech forests in Krkonoše national parks (Czech Republic, Poland). *Austrian Journal of Forest Science*, 134(1), 75-96.
- Vacek, Z., Vacek, S., Slanař, J., Bílek, L., Bulušek, D., Štefančík, I. et al., 2019: Adaption of Norway spruce and European beech forests under climate change: from resistance to close-to-nature silviculture. *Central European Forestry Journal*, 65:129–144.
- Vacek, Z., Cukor, J., Linda, R., Vacek, S., Šimůnek, V., Brichta, J., ... & Prokūpková, A. (2020). Bark stripping, the crucial factor affecting stem rot development and timber production of Norway spruce forests in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 474, 118360.
- Vacek, Stanislav; Remeš, Jiří; Vacek, Zdeněk; Bílek, Lukáš; Štefančík, Igor et al. *Pěstování lesů*. Vydání: druhé (upravené a doplněné). V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2022. ISBN 978-80-213-3203-4.
- Vacek, Z., Vacek, S., & Cukor, J. (2023). European forests under global climate change: Review of tree growth processes, crises and management strategies. *Journal of Environmental Management*, 332, 117353.
- Vasiliauskas, R., Stenlid, J., Johansson, M., 1996. Fungi in bark peeling wounds of *Picea abies* in central Sweden. *Eur. J. For. Pathol.* 26, 285–296.
- Vasiliauskas, R., 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: A literature review. *Forestry* 74, 319–336. <https://doi.org/10.1093/forestry/74.4.319>.
- Verheyden, H.; Ballon, P.; Bernard, V.; Saint-andrieux, C. Variations in bark-stripping by red deer *Cervus elaphus* across Europe. *Mamm. Rev.* 2006, 36, 217–234.
- Vicena, I. 2015. Myslivost a škody zvěří na stromech a v lesích. *Myslivost*, 93 (2), s. 14.
- Vospernik, S., 2006. Probability of bark stripping damage by red deer (*Cervus elaphus*) in Austria. *Silva Fenn.* 40, 589–601.

White, T.C.R., 2019. The cause of bark stripping of young plantation trees. *Ann. For. Sci.* 76, 105–107.

Welch, D., Staines, B.W., Scott, D., Catt, D.C., 1988. Bark-stripping damage by red deer in Sitka spruce in Western Scotland. II. Wound size and position. *Forestry* 61, 245–254.

Welch, D., Scott, D., 2017. Observations on bark-stripping by red deer in a *Picea sitchensis* forest in Western Scotland over a 35-year period. *Scand. J. For. Res.* 32, 473–480.

Ostatní zdroje:

uhul.cz

botany.cz

krnap.cz

eagri.cz

Vlastní bakalářská práce

Fiala, J.; Obnova původní druhové skladby lesů ve východní části Krkonošského národního parku. Bakalářská práce FLD ČZU Praha, (2021) 86 s.

Pro překlad z cizího jazyka

ChatGPT 3.5

9. Seznam použitých zkratk:

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
ČR – Česká republika
ČZU – Česká zemědělská univerzita
FLD – fakulta lesnická a dřevařská
GDPR – ochrana osobních údajů
CHKO – chráněná krajinná oblast
JPRL – jednotka prostorového rozdělení lesa
jř – jeřáb ptačí
kl – javor klen
KRNAP – Krkonošský národní park
LHC – lesní hospodářský celek
LNS – lesní naučný slovník
LÚ – lesní úsek
LVS – lesní vegetační stupeň
MS – Microsoft
MZD – meliorační a zpevňující dřeviny
MZe – ministerstvo zemědělství
NP – národní park
PLO – přírodní lesní oblast
sm – smrk ztepilý
SO₂ – oxid uhelnatý
TVP – trvale výzkumné plochy
ÚP – územní pracoviště
ÚHÚL – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

10. Seznam obrázků

- Obr. 1: Smrk ztepilý (Fiala 2019).
- Obr. 2: Průměrná teplota 1961–2023 (zdroj: faktaoklimatu.cz)
- Obr. 3: Objem kůrovcové těžby 2013–2021 (zdroj: sazejstromy.cz)
- Obr. 4: Velký vývojový cyklus (zdroj: Vacek et al. 2020).
- Obr. 5: Malý vývojový cyklus (zdroj: Vacek et al. 2020).
- Obr. 6: Okus – škody zvěří (foto Fiala 2019).
- Obr. 7: Ohryz, loupání – škody zvěří (foto Fiala 2019).
- Obr. 8: Jelen evropský (*Cervus elaphus*) (foto Fiala 2019).
- Obr. 9: Srnec obecný (*Lepus europaeus*) (KRNAP 2020).
- Obr. 10: Přírodní lesní oblast PLO 22 – Krkonoše (zdroj: uhul.cz).
- Obr. 11: Nové zonace KRNAP (KRNAP 2020).
- Obr. 12: Druhovú skladbu současných krkonošských lesů (KRNAP 2021).
- Obr. 13: Přirozená druhová skladba krkonošských lesů (KRNAP 2021).
- Obr. 14: Trvale výzkumné plochy 1 až 16
- Obr. 15: Tloušťková struktura jednotlivých variant (A, B, C, D) v roce 2022.
- Obr. 16: Závislost výšky na výčetní tloušťce diferencovaně dle jednotlivých variant (A, B, C, D) v roce 2022; R^2 vyjadřuje koeficient determinace.
- Obr. 17: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 4 v roce 2022 + foto (Fiala) varianta A
- Obr. 18: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 6 v roce 2022 + foto (Fiala) varianta B
- Obr. 19: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 11 v roce 2022 + foto (Fiala) varianta C
- Obr. 20: Příklad vizualizace vertikální a horizontální struktury smrkového porostu na TVP 15 v roce 2022 + foto (Fiala) varianta D
- Obr. 21: Vliv ohryzu, loupání a následné hniloby na výčetní tloušťku, výšku a objem kmene jednotlivých stromů diferencovaně dle velikosti poškození; signifikantní rozdíly jsou znázorněny rozdílným malým písmenem.
- Obr. 22: Ordinační diagram zobrazující výsledky PCA závislosti mezi porostními charakteristikami (Výška, Tloušťka, Počet stromů, Zásoba, Objem kmene, Kruhová základna, HDR – štíhlostní kvocient, SDI – index porostní hustoty, Zápoj), strukturálními indexy (A – Arten-profil index, S – vertikální

11. Seznam tabulek

Tab. 1: Celková výše těžeb v NP v roce 2022 (zdroj: krnap.cz).

Tab. 2: Struktura porostu PLO 22 (zdroj: uhul.cz).

Tab. 3: Nahodilá těžba 2000–2022 (zdroj: eagri.cz).

Tab. 4: Vzájemná závislost abiotických a biotických stresových faktorů
(zdroj: Janouš et al. 2002)

Tab. 5: Škody zvěří 2013–2022 v mil. korun

Tab. 6: Ochranná opatření proti škodám zvěří
(Červený et al. 2016; Švestka, Hochmut 1996)

Tab. 7: Základní stanovištní a porostní charakteristiky trvale výzkumných ploch TVP 1-16.

Tab. 8: Přehled indexů popisujících strukturu porostu a jejich interpretace.

Tab. 9: Základní porostní charakteristiky sdruženého porostu diferencovaně dle výzkumných ploch
(1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022.

Tab. 10: Základní ukazatelé diverzity sdruženého porostu diferencovaně dle
výzkumných ploch (1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022.

Tab. 11: Velikost obvodového poškození a podíl poškozených stromů diferencovaně dle výzkumných
ploch (1-16) a variant (A, B, C, D) v roce 2022.