

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



**Struktura a vývoj porostů reliktních borů  
v NPR Adršpašsko – teplické skály**

Diplomová práce

Bc. Kristýna Kašparová

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

2022



**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Autorka práce:	Bc. Kristýna Kašparová
Studijní program:	Lesní inženýrství
Obor:	Lesní inženýrství
Vedoucí práce:	prof. RNDr. Stanislav Vacek, DrSc.
Garantující pracoviště:	Katedra pěstování lesů
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Struktura a vývoj porostů reliktních borů v NPR Adršpašsko-teplické skály</b>
Název anglicky:	<b>Structure and Forest Dynamics of Relict Pine Stands in the NNR Adršpašsko-teplické Skály</b>
Cíle práce:	Cíl: Získat poznatky o struktuře a vývoji porostů přirozených borů v NPR Adršpašsko-teplické skály v CHKO Broumovsko jako podkladu pro tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech přirozených borů.
Metodika:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rozbor problematiky struktury a vývoje borových porostů v Evropě se zaměřením na přirozené bory v České republice a zejména ve východních Čechách.</li><li>- Charakteristika zájmové oblasti NPR Adršpašsko-teplické skály a zejména pak stanovištních a porostních poměrů reliktních borů.</li><li>- Výběr a charakteristika 4 výzkumných ploch v reliktních borech v NPR Adršpašsko-teplické skály.</li><li>- Standardní biometrická měření všech jedinců stromového patra na TVP o velikosti 50×50 m a zajištěné přirozené obnovy.</li><li>- Aplikace standardních biometrických a matematicko-statistických metod.</li><li>- Vyhodnocení struktury a vývoje porostů na vybraných výzkumných plochách v reliktních borech v NPR Adršpašsko-teplické skály jako podkladu pro tvorbu přírodě blízkého managementu v obdobných stanovištních a porostních poměrech.</li><li>- Vypracování literární rešerše (termín 09/2020)</li><li>- Sběr dat v terénu (termín 11/2020)</li><li>- Zpracování dat a vyhodnocení výsledků (termín 2/2021)</li></ul>
Doporučený rozsah práce:	Minimálně 50 stran textu.
Klíčová slova:	Reliktní bory, struktura porostů, vývoj porostů, NPR Adršpašsko-teplické skály, CHKO Broumovsko

Doporučené zdroje informací:

1. Bílek, L., Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Král, J., Bulušek, D., Galo, J. (2016): How close to nature is close-to-nature pine silviculture? *Journal of Forest Science*, 62: 1: 24-34.
2. Bílek, L., Vacek, Z., Vacek, S., Bulušek, D., Linda, R. Král, J. (2018): Are clearcut borders an effective tool for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) natural regeneration? *Forest systems*, 27: 2: e010, 14 p.
3. Edwards, C., Mason, W.L. (2006): Stand structure and dynamics of four native Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) woodlands in northern Scotland. *Forestry*, 79: 3: 261-277.
4. Mikeska, M., Vacek, S. et al. (2008): Typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 450 s.
5. Sharma, R.P., Bílek, L., Vacek, Z., Vacek, S. (2017): Modelling crown width-diameter relationship for Scots pine in the Central Europe. *Trees – Structure and Function*, 31: 1875-1889.
6. Vacek, S., Moucha, P. et al. (2012): Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR. Praha, Ministerstvo životního prostředí, 896 s.
7. Vacek, S., Simon, J., Remeš, J. et al. (2007): Obhospodařování bohatě strukturovaných a přirodě blízkých lesů. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 447 s.
8. Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Remeš, J., Hůnová, I., Bulušek, D., Král, J., Brichta, J. (2019): Stand dynamics in natural Scots pine forests as a model for adaptation management? *Dendrobiology*, 82: 24-42.
9. Vacek, S., Vacek, Z., Bílek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., Král, J., Putalová, T., Mikeska, M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, 50: 4: id 1564.
10. Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Bílek, L., Hůnová, I., Bulušek, D., Putalová, T., Král, J., Simon, J. (2017): Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution. *Trees – Structure and Function*, 31: 1599-1617.

Předběžný termín obhajoby: 2020/21 LS - FLD

Konzultant: Ing. Daniel Bulušek, Ph.D.

Elektronicky schváleno: 7. 7. 2020  
**doc. Ing. Lukáš Bílek, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 18. 10. 2020  
**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**  
Děkan

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Struktura a vývoj porostů reliktních borů v NPR Adršpašsko-teplické skály“ vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Stanislava Vacka, DrSc. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

Kristýna Kašparová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce prof. RNDr. Stanislavu Vackovi, DrSc. za cenné odborné rady, vstřícné vedení, trpělivost a spolupráci při vypracování této práce. Dále děkuji své rodině, která mi pomáhala s měřením dat v terénu, také za jejich psychickou a finanční podporu při dosavadním studiu.

## Abstrakt

Cílem této práce je získat poznatky o vývoji a struktuře porostů přirozených borů v NPR Adršpašsko-teplické skály náležících do CHKO Broumovsko. K tomuto účelu byly vybrány 4 trvalé výzkumné plochy, které jsou založené již od roku 1975. Jedná se o oblast ponechanou samovolnému vývoji s přirozeným výskytem sledovaného druhu dřeviny – borovice lesní a dalších dřevin – smrk ztepilý, bříza skalní.

První část práce je věnována rozboru struktury a vývoje lesních porostů, popisu studovaného území jeho porostním a stanovištním podmínkám. V další části práce jsou uvedeny metodické postupy pro hodnocení struktury a vývoje porostů. V terénu byly změřeny biometrické charakteristiky – výčetní tloušťky, nasazení zelené koruny, výšky stromů, korunové projekce, polohy stromů v porostu a odebrány vzorky pro letokruhové analýzy. Pro vizualizace byl použit růstový simulátor SIBYLA. Bylo hodnoceno prostorové rozmístění porostu pomocí agregačních indexů (Hopkins-Skellam, Pielou-Mountford, Clark-Evans, David-Moor), diverzita porostu, horizontální a vertikální uspořádání, radiální růst během let 1960–2021.

Práce navazuje na předchozí výzkumy na těchto plochách (především zdravotního stavu porostů), a získané výsledky potvrzují schopnost porostu pro ponechání dalšímu samovolnému vývoji.

**Klíčová slova:** NPR Adršpašsko-teplické skály, CHKO Broumovsko, borovice lesní, reliktní bory, přirozená obnova, struktura a vývoj porostů, SIBYLA

## **Abstract**

The target of this Thesis is to gain information about structure and development of natural relict pine forests in NP Adrspassko-teplice rocks in CHKO Broumovsko. 4 permanent research areas were chosen for the research purpose already in 1975. The area has been left for spontaneous development of native types of trees – mainly pine and other types of trees – spruce, birch.

The first part of the thesis contains analysis of structure and development of the undergrowth, description of studied area, its growth and habitat conditions. The methodology for evaluation of structure and development of the undergrowth is dealt with in the second part of the thesis. The following biometric characteristics were measured at the habitat – calculate thickness, height of the trees, green crown, crown projection, situation of the trees in the undergrowth and taking samples for analysis of the tree rings. The growth simulator SIBYLA was used for visualisations. Agregation indexes (Hopkins-Skellam, Pielou-Mountford, Clark-Evans, David-Moor) were used to assess the undergrowths tree location in the area, diversity of the undertrowth, horizontal and vertical disposition, radial growth during 1960–2021.

The thesis follows up on past researches at that area (mainly research of the health condition of the undergrowth) and the obtained results confirm sufficient ability for natural recovery of the undergrowth for leaving it to a spontaneous development.

Key words: NP Adspassko-teplice rocks, CHKO Broumovsko, pine, relict pine forests, natural recovery, structure and development of undergrowth, forest simulator biodynamics Sibyla

# Obsah

Abstract .....	7
1. Úvod.....	10
1.2. Cíl práce .....	12
2. Rozbor problematiky.....	13
2. 1. Přírodě blízký management.....	13
2.1.1. Přírozená obnova, její výhody a nevýhody .....	13
2.1.2. Odumřelé dřevo.....	14
2.2. Struktura a vývoj lesních porostů.....	15
2.2.1. Struktura lesních porostů.....	15
2.2.2. Vývoj lesních porostů.....	17
2. 3. Reliktní bory.....	19
2.3.1. Reliktní bory v Evropě .....	19
2.3.2. Reliktní bory v ČR .....	20
2.3.3. Reliktní bory Adršpašsko-teplických skal.....	21
2.4. Základní charakteristika dřevin zájmového území.....	23
2.4.1. Borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> ) .....	23
2.4.2. Smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> ) .....	24
2.4.3. Bříza skalní ( <i>Betula „petraea“</i> ) .....	25
3. Charakteristika zájmového území 3.1. Identifikace území .....	26
3.2. Předměty ochrany.....	27
3.3. Přírodní poměry.....	29
3.3.1. Porostní poměry .....	29
3.3.2. Flóra .....	33
3.3.3. Klimatologie, hydrologie .....	34
3.3.4. Pedologie, geologie a geomorfologie.....	35
3.3.5. Ohrožení lesních porostů.....	37
4. Materiál a metodika 4.1. Charakteristika TVP.....	39
4.1.1. Trvalá výzkumná plocha 1 .....	40
4.1.2. Trvalá výzkumná plocha 2 .....	41
4.1.3. Trvalá výzkumná plocha 3 .....	42
4.1.4. Trvalá výzkumná plocha 4 .....	43
4. 2. Metodika terénního měření a zpracování dat .....	44
5. Výsledky .....	48
5. 1. TVP 1 .....	48
5.1.1. Struktura porostu .....	48
5.1.2. Biodiverzita porostu .....	51



5.1.3. Letokruhové analýzy .....	53
5. 2. TVP 2 .....	55
5.2.1. Struktura porostu .....	55
5.2.2. Biodiverzita porostu .....	58
5.2.3. Letokruhové analýzy .....	60
5. 3. TVP 3 .....	62
5.3.1. Struktura porostu .....	62
5.3.2. Biodiverzita porostu .....	65
5.3.3. Letokruhové analýzy .....	67
5. 4. TVP 4 .....	69
5.4.1. Porostní ukazatelé .....	69
5.4.2. Biodiverzita porostu .....	72
5.4.3. Letokruhové analýzy .....	74
6. Diskuze.....	76
7. Závěr .....	78
8. Zdroje .....	79
9. Seznam obrázků .....	87
10. Seznam tabulek .....	89

## 1. Úvod

Význam a pohled na antropogenně neovlivněné lesní porosty se během historie mění. Z původně nežádoucí civilizační překážky se z nich stává lesnická, přírodovědná, krajinnotvorná a kulturní vzácnost (Vacek, Podrázský 1997). V dnešní době jsou využívány pro řadu výzkumů a slouží jako měřítko míry antropogenních změn s okolními hospodářskými a ochrannými lesy. Pro základní a aplikovaný výzkum jsou nenahraditelné (Korpel 1991). Slouží jako vzor pro zachování a návrat porostů, které jsou již narušené a nejsou schopny autoregulace do původního stavu. Měl by na ně být brán ohled při vytváření druhové, prostorové a časové úpravě v hospodářských lesích a při tvorbě přírodě blízkých způsobů obhospodařování (Vacek, Krejčí 2009).

Přírozeně lesy kdysi pokrývaly značnou část našeho území, až na extrémní polohy (nejvyšší polohy hor, skály, voda) – (Průša 1990). Platí jako vrchol přírodního ekosystému. Jeho jednotlivé složky se neustále mění (kvalitativně i kvantitativně), přizpůsobují se prostředí, vznikají, rostou a zanikají. Díky vyrovnanosti vztahů může přírodní les existovat i na extrémních stanovištích (Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009). Antropogenní tlak na les dal za výsledek dnešní rozložení kultur, kdy takřka celá příroda je člověkem pozměněná (Průša 1990).

V České republice se původní porosty borovice lesní nachází od nížin do hor, v různých ekotypích. To je následkem častého izolovaného vývoje jednotlivých populací borovice (Plíva 1971). Současné autochtonní porosty borovice jsou relikty (pozůstatky) z postglaciálního období, které se dochovaly na edaficky nepříznivých lokalitách (pro ostatní dřeviny). První borobřezové porosty se na našem území vyvíjely od preboreálu. Od atlantiku nastává postupný ústup borovice, v epiatlantiku je vytlačena na extrémní stanoviště azonální povahy (Husová 1999). Našimi nejstaršími lokalitami borů jsou skalnaté ostrožny, skalní města, hadcové lokality a minerálně chudé a suché písky. Lokality na rašelinách jsou poněkud mladší (Plíva 1971). Všechna tato stanoviště jsou člověku těžko přístupná, i proto se mohla dochovat do současnosti jako původní.

Tato ekologicky významná společenstva borovice lesní se dochovala v CHKO Broumovsko, převážně v části NPR Adršpašsko-teplické skály. Jsou pod dlouhodobým vlivem imisního zatížení a jejich studium započalo již v roce 1975. Jedná se o reliktní bory s břízou „skalní“

(*Betula „petraea“*), které prorůstají mělké dystrofní rankery a litozemě na okrajích pískovcových plošin a úpatích sutí (Vacek et al. 2015).

Borovice lesní se nachází ve všech státech Evropské unie, patří mezi velmi významné stromové druhy (ekonomické i ekologické hledisko), zároveň má nejrozsáhlejší areál výskytu. (Poleno, Vacek 2009). Je schopna přežít v jakémkoliv prostředí od podmáčených poloh až po suché oblasti. Má neobyčejně širokou ekologickou amplitudu, nalezneme ji na suchých a chudých písčitých půdách na skalních výchozech, pískovcových oblastech či v podmáčených oblastech a rašeliništích. Netoleruje však zastínění a není konkurenčně silná, právě proto je v oblastech, které jsou jen trochu příznivé okamžitě vytlačena klimaxovými dřevinami, nejčastěji smrkem ztepilým, jedlí bělokorou, bukem lesním či dubem zimním (Kučera 1999).

## 1.2. Cíl práce

Předmětem této diplomové práce jsou chudé reliktní bory v NPR Adršpašsko-teplické skály náležící do CHKO Broumovsko. Hlavním cílem práce je získat poznatky o vývoji a struktuře přirozených borových porostů v NPR Adršpašsko-teplické skály v CHKO Broumovsko jako podklad pro tvorbu přírodě blízkého managementu obdobných stanovišť a porostních poměrů přirozených borů.

V první části práce je proveden rozbor problematiky vývoje a struktury lesních porostů s důrazem na přirozenou obnovu a borové porosty, jak v Evropě, tak v NPR Adršpašsko-teplické skály. Dále významnost odumřelého dřeva, charakteristika dřevin vyskytujících se na daném území a charakteristika a popis zájmového území jeho stanovištních a porostních podmínek.

V druhé části práce jsou charakterizovány trvalé výzkumné plochy 1–4 TVP, jejich popis a uvedení postupů k zhodnocení struktury a vývoje porostů.

Třetí část uvádí výsledky měření a jejich vyhodnocení.

## **2. Rozbor problematiky**

### **2. 1. Přírodě blízký management**

Zachování přírodních hodnot a současné zlepšování člověkem již ovlivněného prostředí by mělo jít cestou přírodě blízkého managementu (Moucha 1999). Jako vzor lze využít zbytky přirozených lesů, ve kterých se dochovala biodiverzita a ekologická stabilita. Tyto lesy svým zdravotním stavem a strukturou tvoří nenahraditelnou složku pro ekologickou stabilitu (Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009).

Přírodě blízká péče využívá spontánních procesů v ekosystému. Klade důraz na autochtonnost porostů, vitalitu, biologickou rozmanitost, jejich genetickou, věkovou, prostorovou a druhovou strukturu. Tyto faktory jsou ovlivňovány stanovištními podmínkami (Vacek, Podrázský, Souček 1998). Dobře plní jak produkční funkci, tak mimoprodukční funkce lesa – zejména půdoochrannou, vodochrannou a vzduchochrannou, rekreační, zdravotní, přírodoochrannou a vědeckou (Vacek, Malík, Kašíková 2006).

#### **2.1.1. Přirozená obnova, její výhody a nevýhody**

Celkový průběh přirozené obnovy trvá pravidelně déle než při umělé obnově. Začíná fruktifikací semenných stromů (musí být vhodně načasovaná) a končí při dosažení růstové fáze mlaziny. Všechny přirozené procesy však představují jeden souvislý sled (Vacek, Lokvenc, Souček 1995b).

K nejsnadnějšímu dosažení přirozené obnovy dochází na stanovištně vhodných polohách, kde je menší náchylnost k zabuření půdy, dále v polohách středních a vyšších, kde jsou větší srážkové úhrny. Jde o příznivější stanoviště, která mají menší rizikové faktory než níže položená stanoviště či slunci a větru exponované lokality.

Názory na přirozenou a umělou obnovu se velmi liší, je vhodné uvést přednosti i zápory.

Přednosti:

- Zachování autochtonních (původních) i alochtonních (nepůvodních) populací, které se na stanovišti osvědčily jako geneticky vhodné.
- Obnova přizpůsobená mikrostanovištím poměrům.
- Vysoká genetická diverzita jednotlivých populací.

- Stabilněji než vysazované se vyvíjejí nálety a nárosty, z důvodu přirozeného růstu náletových semenáčků (kořenový systém není poškozován jako tomu je při umělé výsadbě).
- Porosty jsou husté a pravidelně se vyvíjející, podléhají přirozenému prořezávání. To nám dává velkou možnost výběru pěstební péče o mlaziny a snižuje náklady na výchovu porostu.

Korpeř et al. (1991) svými zkušenostmi a výsledky mnoha diplomových i dizertačních prací potvrdil, že úplné nahrazení přirozeného prořezávání redukcí umělou při výchově porostů není vhodné, protože přirozeně probíhá rychle a intenzivně.

- Značná úspora nákladů za sadbu nebo síji. I u přirozené obnovy je často nutné investovat např. do přípravy půdy či vylepšování mezer, i tak je méně nákladná.
- Při velkém počtu náletových semenáčků se škody zvěří projevují málo.

Nevýhody:

- Nepravidelnost semenných roků – každoročně plodí břízy, javory, habry, lípy, olše, každým druhým rokem borovice a modřín, ostatní dřeviny mají delší intervaly semenných roků.
- Přirozené nálety mají nerovnoměrnou hustotu, někde vznikají mezery (nutné doplnit), jinde jsou přehoustlé skupiny. Při nedoplnění mezer rostou okrajový jedinci, kteří jsou méně kvalitní, tvoří je předrosty, často s jednostranným zavětvením.
- Nemožnost výběru obnovovaných dřevin. Záleží tedy na druhové skladbě mateřského porostu (nevýhoda monokultur). Není však výjimkou, že se i ve smrkové monokultuře objeví nálety jiných druhů dřevin. Příčinou je především ptactvo, veverka či hraboši. Další možností je vítr, který unáší lehká semena (bříza, javor, jasan) anebo terénní podmínky – žaludy a bukvice se mohou samovolně pohybovat po svahu či za pomoci vody (Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009).

### 2.1.2. Odumřelé dřevo

Jedním ze základních znaků původních přirozených lesů jsou staré stromy a tlející dřevo. V hospodářských lesích je objem tlejícího dřeva minimální, zatímco v přirozeném lese se nachází až několik stovek m<sup>3</sup> tlejícího dřeva na ha. Dle studií je 30–40 % organismů žijících

v lese závislých na tlejícím dřevě v jeho nejrůznějších formách. Významný je tedy především pro biologickou rozmanitost (Svoboda, Pouska 2008).

Z hlediska managementu nelze stanovit přesný a univerzální optimální podíl tlejícího dřeva. Uvádí se však, že minimální množství tlejícího dřeva by mělo být cca 20 % porostní zásoby. V rezervacích je to 30–40 % porostní zásoby. Objem tlejícího dřeva je specifický pro každý lesní ekosystém a pro jeho vývojové fáze. Doba rozkladu dřeva se pohybuje od 20 do 180let (Vacek, Simon, Remeš et al. 2007).

Tvorba biotopů s velkou diversitou je výsledkem přirozeného procesu, na který má velký vliv množství tlejícího dřeva. V přírodních lesích, kde akumulace tlejícího dřeva je vysoká vznikají druhově bohatá stanoviště s mozaikovou strukturou se značným množstvím organismů s nejrůznějšími ekologickými nároky. Jde o spoustu ekologických vztahů, při kterých jsou jednotlivé části lesního ekosystému na sobě závislé. Naopak v hospodářských lesích, kde dochází k poklesu zastoupení tlejícího dřeva, dochází k vymizení velkého množství organismů a tyto přírodní procesy jsou téměř anebo zcela zastaveny. Závislost biologické rozmanitosti rostlin a živočichů na tlejícím dřevě patří mezi nejznámější a pro některé autory dokonce nejvýznamnější funkce tlejícího dřeva (Svoboda, Pouska 2008).

## **2.2. Struktura a vývoj lesních porostů**

### **2.2.1. Struktura lesních porostů**

Porost je životní společenstvo lesních dřevin, se společnými vnitřními a vnějšími vztahy. Strukturou porostu pak rozumíme jeho složení. Jedná se o souhrn znaků (vnitřních a vnějších), které charakterizují celé uspořádání a lze je sledovat v určitém čase a okamžiku. Vztahy mezi organismy jsou automaticky regulovány ekologickými a fyziologickými projevy, které se odráží na prostředí, ve kterém rostou (Korpeř et al. 1991).

Les může trvale existovat i na velmi chudých půdách/ nepříznivých stanovištích za předpokladu zajištění vyrovnaného cyklu výživy. V tomto cyklu jsou na sebe napojeny mikroorganismy, houby, vyšší rostliny, živočichové a vlastnosti prostředí. Projevuje se snaha o ochranu spontánní dynamiky lesa, podpora ekologické a biologické rozmanitosti lesních ekosystémů – nejvhodnějším způsobem je přírodě blízké hospodaření. K tomu je nutné znát spontánní vývojové tendence ekosystémů, jejich strukturu a vývoj (Poleno, Vacek et al. 2011).

Struktura porostu značně ovlivňuje jeho stabilitu. Platí, že čím je struktura bohatší, tím je porost stabilnější. Pěstební chyby (např. zanedbaná výchova, špatná volba dřevin nebo jejich ekotypů, nevhodná oblast původu) tuto stabilitu narušují. Porosty jsou pak náchylnější abiotickým činitelům (Poleno, Vacek et al. 2011).

Skladbu porostu ovlivňuje jeho původ (semenný, vegetativní, autochtonní, alochtonní), druhové složení, prostorové uspořádání a věkové členění. Dle toho rozlišujeme:

#### 1. Dřevinná (druhová) skladba porostu

Dělí porost dle druhů jednotlivých dřevin a jejich zastoupení v porostu. Rozlišujeme listnaté a jehličnaté porosty a dále smíšené a nesmíšené. Zastoupení základních (hlavních) dřevin v porostu je větší než 30 %, přimíšených 10–30 % a vtroušených do 10 %. Zastoupení jednotlivých druhů dřevin se určí jako plošný podíl jednotlivých druhů dřevin v porostu (Poleno, Vacek et al. 2007).

Cílové dřevinné skladby je nutno dosáhnout na konci vývoje porostu (Korpel' et al. 1991).

#### 2. Věková skladba porostu

Rozděluje porosty na stejnověké a různověké podle stáří jednoho či více druhů dřevin. Je charakterizována věkovými stupni a třídami. Poukazuje na produkční a reprodukční možnosti porostu a napovídá o budoucím vývoji (Vacek, Simon, Remeš et al. 2007).

#### 3. Prostorová skladba porostu

Posuzuje se ve směru vertikálním (svisle) a horizontálním (vodorovně). Horizontální struktura sleduje zápoj, zakmenění a hustotu porostu. Ovlivňuje ji především způsob vzniku porostu, cílevědomé zásahy v porostu, počet stromů a jejich redukce. Přírozená obnova dává porostu výchozí rozmístění jedinců shlukovité, nepravidelné, oproti tomu při umělé obnově jsou jedinci v porostu pravidelně rozmístěni. Vertikální struktura sleduje tvorbu porostních pater a uspořádání výškových a věkových skupin. Ovlivněna je především věkem a růstovou rychlostí jedinců, dále vzájemnými vztahy na daném stanovišti (Poleno, Vacek et al. 2007).



## 2.2.2. Vývoj lesních porostů

V časovém horizontu se les kvalitativně a kvantitativně mění, některé složky vznikají, jiné zanikají a tím se porost přizpůsobuje svému prostředí. Jde o vývoj, ve kterém lze rozlišit řada vzájemně propojených cyklů.

### Malý vývojový cyklus

Probíhá v rámci závěrečného lesa (klimaxu) na plochách o velikosti desítek arů. Rozlišuje se na tři zřetelně odlišená stádia, která se ale vzájemně překrývají.

#### 1. Stádium dorůstání

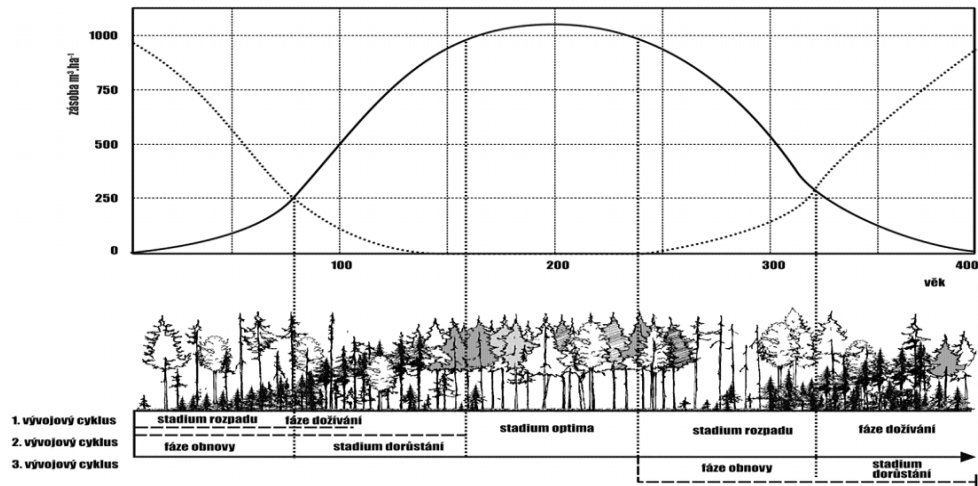
V této fázi se nejvíce projevují stromy mladé generace, dochází k velmi intenzivnímu růstu jedinců. Převažují stromy spodní a střední vrstvy, jsou velmi vitální, silně zapojené. Stromy v horní vrstvě se vyznačují nízkou mortalitou. Náhodné mezery, světliny, které vznikají v důsledku odumírání stromů (nynějšího cyklu anebo pozůstatky z cyklu minulého), se velmi rychle zapojují. Porost je nyní nejvíce prostorově, výškově a tloušťkově diferencovaný (Vacek, Simon, Remeš et al. 2007).

#### 2. Stádium optima

Porost dosahuje svých maxim, je výškově velmi vyrovnaný, má největší zásobu v hroubí (převládají jedinci největších tloušťkových tříd), ale jeho výškový a objemový přírůst už ustává. Toto je první fáze optima: fáze síňové výstavby. Druhou fází je stárnutí kdy největší a nejsilnější jedinci odumírají, zápoj se začíná rozvolňovat a porost přechází do stadia rozpadu (Vacek, Simon, Remeš et al. 2007).

#### 3. Stádium rozpadu

Dochází ke snižování porostní zásoby, neboť staré stromy odumírají rychleji, než je přírůstek mladé generace stačí nahradit. Stromy jsou po ploše rozmístěny nepravidelně a vytváří se hloučky stromů staré generace s mezerami a světlinami s nastupující obnovou. Dle rychlosti rozpadu (záleží na mnoha faktorech) může obnova mít charakter buď podrostití – pomalý rozpad, obnovují se především stinné dřeviny (klimaxové), anebo holosečný – rychlý rozpad, obnovují se především slunné dřeviny (přípravné) – (Vacek, Simon, Remeš et al. 2007).



Obrázek č. 1 – Časový sled, návaznost a prolínání vývojových cyklů (vývojových stadií, fází) na příkladu přírodního lesa v 6 LVS (upraveno podle Korpeř 1988; Poleno, Vacek et al. 2011).

## Velký vývojový cyklus

Probíhá v časovém rozpětí desetiletí a na velkých plochách (řádově hektary). Cyklus začíná na půdě bez lesního porostu, po jeho katastrofickém rozpadu (požár, kůrovec, větrná smršť, lavina). Lze rozlišit fáze:

### 1. Přípravný les

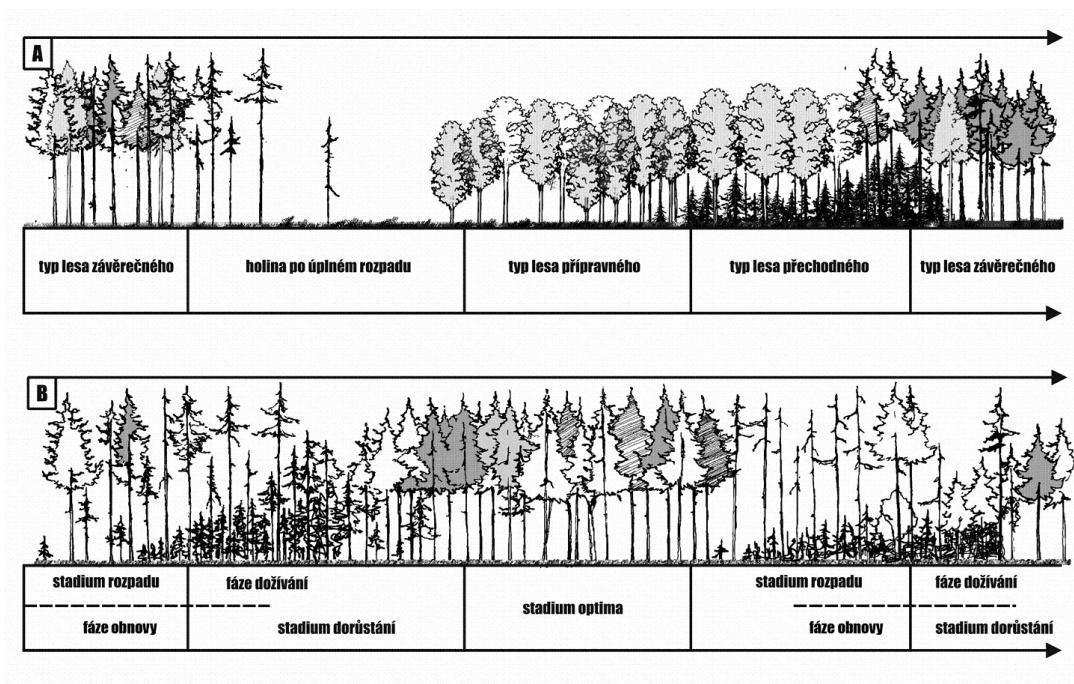
Na ploše bez dřevin se nejdříve projevují světlomilné, pionýrské dřeviny (bříza, jeřáb, olše, borovice, topol, vrba), které vytváří podmínky pro počátek nového lesa (Poleno, Vacek et al. 2011).

### 2. Přechodný les

V zástínu pionýrských dřevin se uchycují stinné a dlouhověké dřeviny – dřeviny závěrečného lesa. Ty rostou pod korunami přípravných dřevin a postupně je začnou vytlačovat (Poleno, Vacek et al. 2011).

### 3. Závěrečný les

Pionýrské dřeviny z porostu mizí, ustupují a jsou plně nahrazovány dlouhověkými (klimaxovými) dřevinami. Konečná skladba porostu je přímým odrazem daného stanoviště. Velký vývojový cyklus je závěrečným lesem uzavřen (Poleno, Vacek et al. 2011).



Obrázek č. 2 – Převažující formy dynamiky přírodních smrččin (A) v boreální tajgové zóně Skandinávie, Sibíře a Severní Ameriky (velký vývojový cyklus) a (B) v horských ekosystémech smrkového vegetačního stupně, vklíněného do zóny listnatých opadavých lesů (malý vývojový cyklus) s trvalou existencí typu lesa závěrečného-klimaxu (upraveno podle Schmidt-Vogt 1985; Poleno, Vacek et al. 2011).

## 2. 3. Reliktní bory

Přístup lidské společnosti k reliktním borům se během historie měnil. Dříve šlo spíše jen o nechtěnou civilizační překážku, ale postupně se z borů na pískovcových skalních útvarech stává jedna z největších přírodních, krajínotvorných, lesnických a kulturních vzácností. Jsou důležitým zdrojem výzkumů (Podrázský, Vacek 1994a, 1994b, 1996; Vacek, Podrázský 1994, 1996a, 1996b, 1996c, 1997a, 1997b, 2000).

### 2.3.1. Reliktní bory v Evropě

V Evropě jsou bory rozšířené v podstatě všude. Nacházíme oblasti, kde se daří přirozené obnově – nejčastěji jde o acidofilní druhy jehličnatých lesů na středních bonitách, jen se slabou příměsí vřesů, borůvek či trav. Velmi kladně borovice reaguje na přítomnost mechů (především rod *Hypnum*, *Dicranium*, *Hylocomium*). Velmi špatně se borovice obnovuje na

půdách zabuřenělých, či silně zarostlých vřesem a borůvkou. V těchto oblastech se obnova musí provádět uměle (Mikeska, Vacek et al. 2008).

Dle oblasti a nadmořské výšky rozeznáváme 3 skupiny reliktních borů:

#### 1. Kontinentální východoevropské a jihosibiřské bory

V ČR se nachází jen minimálně. Rostou na štěrkopísčítých terasách větších řek v kontaktu se subxerofilními doubravami (cf. Kučera 1999).

#### 2. Bazofilní (květnaté) bory

V ČR se nachází jen minimálně. Zasahují území od Balkánu přes Alpy až do střední Evropy. Nachází se na podloží vápenců, dolomitů, opuk, serpentínů (cf. Kučera 1999).

#### 3. Oligotrofní bory

V ČR běžný výskyt. Jde o reliktní bory písčítých půd a silikátových skal, rašelinné bory (cf. Kučera 1999).

### 2.3.2. Reliktní bory v ČR

Dominantním druhem je borovice lesní (*Pinus sylvestris*) často zakrslého vzrůstu, doprovodnými dřevinami jsou nejčastěji *Betula pendula* a *Quercus petraea*. Keřové patro je většinou vyvinuto s pokryvností do 20 % anebo chybí úplně. Bylinné patro má pokryvnost různou, převažují acidofilní druhy (např. trávy *Avenella flexuosa*, *Luzula luzuloides*, *Festuca ovina*), častými jsou nízké keříky (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* a *Vaccinium vitis-idaea*). Takováto společenstva nalezneme v Adršpašsko-teplických skalách anebo v Labských pískovcích. Další variantou jsou bory na hadcích s druhy vázanými na tento velice specifický geologický podklad (např. *Molinia caerulea*, *Asplenium adulterinum*, *Genista pilosa*). Vysokou pokryvnost (i více jak polovina půdního povrchu) mají mechy (*Dicranium*, *Polytrichum*, *Leucobryum*) a lišejníky (*Cladonia*). Všechna tato společenstva jsou druhově spíše chudá (Chytrý et al. 2010)

V ČR rozlišujeme tyto skupiny:

1. reliktní bory skalních výchozů kyselých hornin (0Z, 0Y, 0Ny),
2. suché borůvkové, mechové a kostřavové bory chudých písčítých plošin (0K, 0M),
3. rašelinné bory (0R),

4. vlhké až mokré borůvkové bory chudých písčitých plošin (0P, 0O, 0Q, 0G, 0T),
5. bazické bory (hadcové) (0C, 0X, 0Zf, 0Zs, 0Zb, 0Nf) - (Mikeska, Vacek et al. 2008).

### 2.3.3. Reliktní bory Adršpašsko-teplických skal

Bory zabírají zvláštní postavení ve vývoji vegetace. Důležitým momentem je jejich velké rozšíření v poledových dobách. Později byla v rámci kompetičního boje s ostatními dřevinami vytlačována na půdy (do oblastí), které ostatním dřevinám nevyhovují. Proto borovice vytváří autochtonní porosty na minerálně chudých a suchých písčích, skalních výchozech, kvádrových křídových pískovcích a písčích, sutích, ale i na podmáčených rašelinných stanovištích. Platí, že čím sušší a chudší stanoviště (lišejníky, mechy, brusinky, vřesy) tím lépe se borovice přirozeně obnovuje (ÚHÚL 2000). Na její rozšíření a vývoj mělo vliv klima, geologie a především edafické vlastnosti lokalit. Na určitých stanovištích v rámci NPR Adršpašsko – teplické skály se borovice vyvíjela v malých populacích a v různých časech odděleně, neustále se tak přizpůsobovala daným podmínkám prostředí. Díky čemuž nyní rozlišujeme 4 místní ekotypy: (AOPK ČR 2001).

Tvoří lesy s půdoochranným charakterem (ochrana především proti erozi) a klimatickoochrannou funkcí. Největší význam má pro biologickou rozmanitost. Jedná se o extrémní a nepříznivá stanoviště. Je tedy podporován přirozený vývoj a nutné zásahy jsou prováděny s ohledem na dřevinnou skladbu a dané stanoviště. Jde o porosty především s borovicí lesní, smrkem ztepilým a břízou pýřitou, produkce je silně podprůměrná.

Porosty jsou silně ohroženy imisemi, erozí, větrem, kůrovcem.

#### 1. Ekotyp borovice na stanovištích reliktních borů

Morfologické znaky: Kmen je ve většině případů křivolaký, někdy i přímý, sbíhavý, často průběžný v celé délce. Koruna je kuželovitě plochá až deštníkovitá. Větve jsou středně dlouhé, silné, nasazené převážně v pravém úhlu a slabě esovitě prohnuté. Borka je ve spodní části (přibližně do poloviny kmene) hnědošedá, podlouhle hrubě šupinovitá a v horní části kmene přechází do oranžově žluté, lístkovité. Dřevo má červenohnědé, velmi široké jádro

Tento ekotyp dle typologického mapování zaujímá cca 3,2 % lesů. Zahrnuje porosty BO, se SM a BR.

Zahrnuje soubory lesních typů 0K, 0N, 0Y, 0Z. Jedná se o acidofilní bory svazu - *Dicrano-Pinion*. (AOPK ČR 2001).

- SLT 0K – „kyselá“ (normální). Zaujímá 0,05 % (8,31 ha) porostní plochy. Jedná se o kyselý dubo-bukový bor. Nachází se na písčitých terasách, chudých, kyselých skalnatých stanovištích. Nejvýznamnější z bylinného patra jsou brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*).
- SLT 0N – „kyselá kamenitá“ (nevyvinuté kambizemně). Zaujímá 0,34 % (54,21 ha) porostní plochy. Jedná se o kamenitý buk-smrkový bor. Nachází se na minerálně chudých, dobře propustných, kamenitých půdách s významným podílem skeletu, na exponovaných svazích a hřebenech.
- SLT 0Z – „zakrslá“. Zaujímá 0,01 % (2 ha) porostní plochy. Jedná se o reliktní bor. Nachází se na vrcholech a hřebenech, spojuje extrémní stanoviště kyselých a středně bohatých půd. Převažuje mechové a lišejníkové patro, především rody *Dicranium*, *Polytrichum*, *Cladonia*. Z bylinného patra se zde nachází především trávy metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a košťava ovčí (*Festuca ovina*).
- SLT 0Y – „skeletovitá“. Zaujímá 2,83 % (468,53 ha) porostní plochy. Jedná se o roklínový a skeletový bor. Nachází se na kyselých, hlubokých, balvanitých a suťových půdách. (AOPK ČR 2001, ÚHÚL 2000).

## 2. Ekotyp borovice na balvanitých a silně kamenitých půdách jedlobučin až bukových smrčín

Morfologické znaky jsou mírně odlišené. Zahrnuje SM porosty a smíšené porosty SM, BK, JD, BO a BR. Rozšíření v SLT 5Y, 6Y, 7Y, 5N, 6N, 6Z. Jsou to porosty skeletovitých a kamenitých stanovišť.

## 3. Ekotyp borovice na kyselých a chudých stanovištích jedlobučin a smrkových bučin

Morfologie znaky jsou jen mírně odlišné. Zahrnuje SM porosty a částečně smíšené porosty SM, BK a JD s BO. Rozšíření v SLT 5K, 5M, 5I, 6K, 6M, 6I. Jsou to porosty kyselých a chudých stanovišť.

#### 4. Ekotyp borovice na podmáčených stanovištích smrkových bučin a rašelinných smrčín

Morfologické znaky jsou jen mírně odlišné. Zahrnuje především SM a JD porosty. Rozšíření v SLT 6P, 6G, 6R, 7R, 7T. Jsou to porosty chudých, kyselých stanovišť a rašelinišť (Vacek, Moucha et al. 2012, AOPK ČR 2012; ÚHÚL 2000).

## 2.4. Základní charakteristika dřevin zájmového území

### 2.4.1. Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Patří mezi dřeviny s největším rozšířením v Euroasii, její výskyt v Evropě je znám od třetihor. V posledních desetiletích se její rozšíření značně mění vlivem globálních klimatických změn. Má velmi širokou amplitudu, nachází se tedy v různých klimatických podmínkách, od chladné Sibíře až po středomořské podnebí jižního Španělska. V České republice je původně rozšířena především v mezofytiku, roztroušeně v horských oblastech a v termofytiku je jen ojediněle (Poleno, Vacek et al. 2009).

Již před počátky lesního hospodaření se borovice šířila přirozeně velmi dobře, především na plochách, kde byl les zničen. Její větší šíření se datuje od konce 18. století s umělou obnovou. V důsledku proměny přirozených středoevropských lesů vlivem pěstování hospodářských dřevin člověkem, lze nyní jen těžko určit její skutečné původní rozšíření v Evropě (Mikeska, Vacek et al. 2008).

Borovice je světlomilná pionýrská dřevina s rychlým růstem v mládí. Má velice širokou ekologickou amplitudu, je tolerantní k suchu i zamokření, teplu i nízkým teplotám. Jediné co netoleruje je zastínění. Ke klíčení potřebuje plné anebo alespoň částečné oslunění. Pro zdárné odrůstání potřebuje taktéž dostatek světla. Pro přirozenou obnovu je nutná včasná příprava mateřského porostu. V případě silně zabuřenělých půd je obnova velmi nesnadná (především borůvkou, vřesem, travami) a je třeba půdní prostředí vhodně připravit (Poleno, Vacek et al. 2009). Velmi příznivé podmínky pro klíčení a růst vytváří porosty s mechy a lišejníky (především rody *Hypnum*, *Hylocomium*, *Pleurozium*, *Dicranium*). Pomáhají jako ochrana proti vysychání půdy (Šindelář 2004).

Autochtonní porosty (reliktní bory) se u nás vyskytují jen ostrůvkovitě. Jde o extrémní stanoviště např.: balvanité svahy, sutě, šterky, písky, skalnaté výchozy kyselých hornin, světlé

lesy skalnatých ostrožin, částečně zpevněné písčné přesypy. Jde o lokality často suché, mělké ale i vlhké lemy rašelinišť. Vyskytují se v Krkonoších na vrchu Chvojník, písčivých půdách Třeboňska, hadcích Slavkovskéholesa, v balvanitých sutích Šumavy či na sutích Hrubého Jeseníku. Vždy jde o půdně výrazná stanoviště, které výrazně překrývají rozdíly klimatu, a proto borovice v typologickém systému dostala samostatný stupeň (0) – (Musil, Hamerník 2007, Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009).

Je řazena mezi zpevňující dřeviny, jelikož její kořenový systém je mohutný, křivý a velmi dobře drží v zemi. Nejkrásnější porosty s válcovitou nebo jehlancovitou korunou jsou vytvářeny na hlinitopísčivých, kyprých, hlubokých, vodou dobře zásobených půdách, hrubší skladby. Na takovýchto stanovištích tvoří křivý kořen s bohatým větvením. Oproti tomu na velmi chudých, jílnatých, příliš suchých půdách s hluboko položenou hladinou spodní vody, která nedosahuje ke kořenům, bývá kmen kratší a koruna deštníkového tvaru. Na rašeliništích převládá borovice pyramidního tvaru, typické je pro ni dlanité uspořádání kořenů, které jsou bohatě větveny. Obecně dorůstá až 40 m výšky. Borka je silná a rozpukaná, v horní části se výrazně odlupuje. Dřevo má měkké a s jádrem (Poleno, Vacek et al. 2009).

Cílem pěstování borovice je z hospodářského hlediska především produkce kvalitních sortimentů s nízkou sukatostí, velmi žádoucí jsou dýhárenské výřezy s pravidelnými letokruhy a tloušťkou 40-50cm. Předpokladem jsou rovnoměrné a husté nárosty a kultury s příměsí listnatých dřevin. S výchovnými zásahy se začíná brzy (6 – 8 let) a jsou jen mírné (Mikeska, Vacek et al. 2008).

#### **2.4.2. Smrk ztepilý (*Picea abies*)**

Původní výskyt smrku ve střední Evropě byl nejvíce v horských oblastech, kde vytváří horní hranici lesa. Především díky umělému rozšiřování člověkem je nyní zastoupen ve všech vegetačních stupních, nejvíce v monokulturách. V ČR se přirozený výskyt zejména v oreofytiku (nad 1000 m n. m. – klimaxové smrčiny), a mezofytiku – inverzní polohy např. NPR Adršpašsko-teplické skály, Posázaví, Povltaví, NP České Švýcarsko. V nadmořských výškách od 700 do 1000 m vytváří smíšené porosty s bukem, jedlí a klenem nebo podmáčené smrčiny. Optimální produkce dosahuje ve výškách 500–1000 m n. m. (Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009).

V mládí je schopen snášet silné zastínění. Není specificky náročný na živiny, ale nesvědčí mu ani nízký obsah živin v půdě (nízký přírůst) a ani vysoký obsah živin v půdě (vyšší náchylnost



k houbovým chorobám). Jako preventivní ochrana proti napadení houbami se doporučuje snížit dobu obmýtí a pěstovat smíšené porosty. Na kyprých a hlubokých půdách bez vysoké hladiny podzemní vody se jeho kořenový systém může podobat i borovici. Ve většině případů má však kořenový systém povrchový (talířový), především na mělkých půdách, na těchto je silně ohrožen větrem (Poleno, Vacek et al. 2009).

Přírodně se smrk vyskytuje především v polohách s chladnějším klimatem a s půdami dostatečně zásobenými vodou – srážky (chlumní ekotyp), dosažitelná hladina proudící (ne stagnující) podzemní vody. Přírozená čistá smrčina je tedy výsledkem historického vývoje lesa, stanovištních poměrů a mezidruhovému konkurenci. Populace, které vytváří ve vyšších polohách, mají odlišné morfologické (i genetické) vlastnosti. Tyto lesy musí odolávat tlaku sněhu a námrazy, mají přizpůsobený typ a úhel nasazování větví a tvar koruny. Porosty mají druhově méně bohatou vegetaci (Vacek 1983).

V 6. vegetačním stupni patří ekosystémy se smrkem k vysoce produktivním (optimální přirozený výskyt). Kvůli vysokým nárokům na stabilitu porostů je nutné zachovat úzkou vazbu na původní ekotypy. Dle porostního typu se různí i možnosti a postupy pro přirozenou obnovu, přičemž nejdůležitějšími okolnostmi jsou zdravotní stav stromů a stabilita porostu (Vacek, Vacek, Schwarz et al. 2009).

### **2.4.3. Bříza skalní (*Betula „petraea“*)**

Bříza obecně je pionýrskou dřevinou, která se umí velmi dobře přizpůsobit prostředí, odolávat mrazu a těžkému sněhu, imisím. Umí přežít i v extrémních horských polohách. Jejím vývojovým centrem jsou Himaláje a Tibet. V rozlišování jednotlivých druhů patří k obtížným rodům a dosahuje velké druhové variability.

Bříza skalní byla popsána v severních Čechách a jedná se o problematický provizorní taxon z okruhu břízy pýřité. Předpokládá se, že jde o reliktní hybridogenní taxon, který vznikl křížením břízy bělokoré (*Betula pendula*) a břízy pýřité (*Betula pubescens*). Její rozšíření není přesně popsáno, ale je známa z reliktních borů, skal, sutí, rašelinišť a pískovcových skalních měst. Dále byla nalezena např. v Brdech, Českém středohoří a na Kokořínsku (Buriánek, Novotný, Frýdl 2014).

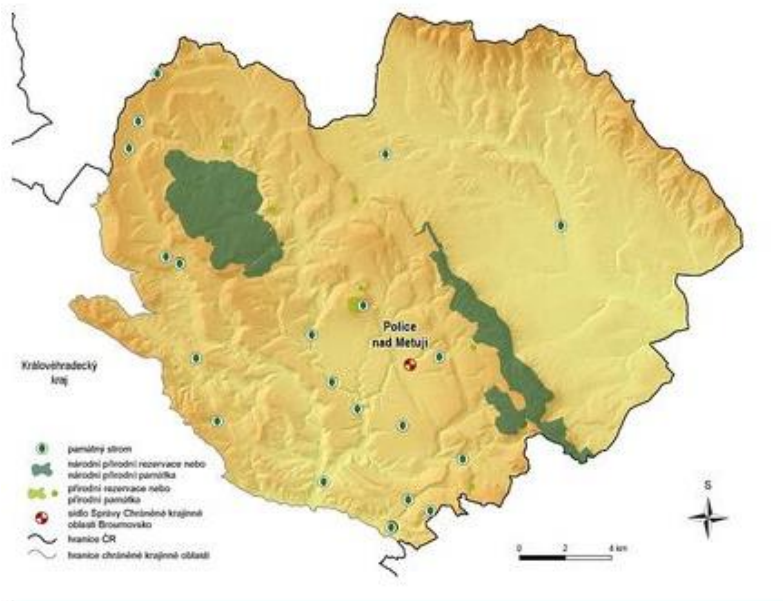
## 3. Charakteristika zájmového území

### 3.1. Identifikace území

Chráněná krajinná oblast Broumovsko leží v Královéhradeckém kraji a její území spadá do obcí s rozšířenou působností Trutnov, Náchod a Broumov. Zcela anebo částečně zasahuje do území 33 obcí. Zřízena byla vyhláškou MŽP ČR č. 157/1991 Sb., o zřízení Chráněné krajinné oblasti Broumovsko, vydanou 27. března 1991 s účinností od 1. května 1991. U Machova a Božanova sousedí s polským chráněným územím Park Narodowy Gór Stolowych. Na severozápadě u Meziměstí navazuje na CHKO přes státní hranici na polský Park Krajobrazowy Sudetów Walbrzyskich (AOPK ČR 2012).

Účelem vyhlášení je „ochrana a postupná obnova hodnot krajiny, jejího vzhledu a jejích typických znaků a vytvoření a rozvíjení ekologicky optimálního systému všestranného využívání krajiny a jejích přírodních zdrojů v oblasti“. CHKO Broumovsko se rozprostírá na území o rozloze 410 km<sup>2</sup> a leží v nadmořské výšce 350–880 m n. m. Nejvýznamnější jsou 2 národní přírodní rezervace – Adršpašsko – teplické skály, které byly vyhlášeny v roce 1993 a rozkládají se na území o velikosti 17 km<sup>2</sup> a Broumovské stěny. Dále zahrnuje 3 přírodní rezervace (např. Křížová cesta) a 5 přírodních památek (např. Kočičí skály). Pro svou unikátnost bylo toto území zařazeno do soustavy Natura 2000, jde například o staré bučiny, rašeliniště či skalnaté reliktní bory. Je zde vyhlášeno 8 Evropsky významných lokalit a ptačí oblast, především pro dva cílové druhy a to: výr velký a sokol stěhovavý.

CHKO Broumovsko patří do PLO 24 – Sudetské mezihoří (AOPK ČR 2018).



Obrázek č. 3 – Mapa s vyznačenými MZCHÚ v CHKO Broumovsko (AOPK ČR 2018).

### 3.2. Předměty ochrany

Hlavním cílem ochrany tohoto území je zachování jedinečných geomorfologických útvarů (skalní města a věže, stěny, rokle, rozsáhlé blokové akumulace a pseudokrasové podzemní protory) a na ně vázaných specifických rostlinných a živočišných společenstev. Nachází se zde nejdelší pseudokrasová jeskyně v ČR – Teplická jeskyně, měřící 1065m. Skalní města jsou rozsáhlá, jejich povrch je vertikálně a horizontálně velmi členitý, jednotlivé skalní věže mají převýšení až 100m. Místní reliéf vytváří výraznou teplotní inverzi (ze skalních měst v ČR největší). Ve vlhkých a chladných kaňonech, soutěškách a jeskyních se dochovaly glaciální reliikty. Z lesních společenstev jsou to reliiktní bory, podmáčené až rašelinné smrčiny a v inverzních plochách zbytky bučin. Z tohoto vyplývá nutnost zachování cenných geologických a geomorfologických útvarů společně se zachováním lesních porostů s maximálním využitím přirozených samovolných autoregulačních procesů

Evropsky známým pojmem jsou především Adršpaško – teplické skály (komplex 1771,8 ha, vyhlášen v roce 1933 za státní přírodní rezervaci). Právě v nich se nachází fenomén pseudokrasového reliéfu, vytvořeného v kvádrových pískovcích. V Evropě jde o nejrozsáhlejší komplex. Jsou to skalní plošiny, divoce členěné hřbety, kaňony, soutěsky a labyrinty skalních věží, které jsou kryté lesními porosty s významnou horskou a podhorskou

květenou a zvířenou představující celek unikátní přírodovědné i estetické hodnoty (AOPK ČR 2001, 2017).



Obrázek č. 4 – Vyznačené hranice NPR Adršpašsko-teplické skály (AOPK ČR 2018).

Celé CHKO je rozděleno do čtyř zón dle ochrany přírody a hospodářského využití:

### 1. zóna

Zabírá cca 8,5 % území (35km<sup>2</sup>) a je poměrně fragmentovaná. Zahrnuje především maloplošná území – NPR Adršpašsko – teplické skály, Broumovské stěny, Kočičí skály, Ostaš. Jde o nejcennější části CHKO, kterými jsou pískovcové skalní oblasti, staré porosty, údolní nivy, hůře dostupné terény a stráně, lokality s největší biologickou rozmanitostí. Geologicky a geomorfologicky významná území byla zařazena do 1. zóny bez většího ohledu na skladbu lesních porostů, proto sem patří i lesy se silně změněnou druhovou skladbou, které se nacházejí např. i v NPR (Vacek, Moucha et al. 2012).

V těchto lokalitách jsou nejpřísnější omezení a zákazy.

### 2. zóna

Zabírá cca 14 % území (57,4 km<sup>2</sup>) a obklopuje segmenty 1. zóny – vytváří ochranný předěl pro MZCHÚ (např. Broumovské stěny, Ostaš). Patří sem i lesy se značně pozměněnou druhovou skladbou, stejnověkové porosty, listnaté a smíšené porosty, jehličnaté monokultury.

I v těchto lokalitách jsou nejrůznější omezení a zákazy, např. změny vodních režimů či zakládání intenzivních chovů (Vacek, Moucha et al. 2012, AOPK ČR 2012).

### 3. zóna

Zabírá cca 61,5 % území (252 km<sup>2</sup>), bez speciálních omezení a podmínek. Jsou to především lokality s krajinářskými hodnotami, louky, pastviny, člověkem pozmeněné ekosystémy, které jsou hospodářsky využívány – monokulturní lesy (AOPK ČR 2012).

### 4. zóna

Zabírá cca 16% území (65,6 km<sup>2</sup>). Jsou to lokality člověkem ovlivněné – tradiční stavby (barokní kostely) a zemědělsky obdělávané půdy (AOPK ČR 2018).



Obrázek č. 5 – Zóny CHKO Broumovsko (AOPAK ČR 2018).

## 3.3. Přírodní poměry

### 3.3.1. Porostní poměry

Charakter vegetace pískovcových skal ovlivňuje především chudý geologický podklad, poměrně velká nadmořská výška a teplotní inverze v členitém reliéfu. Charakteristické jsou mozaikovitě biotopy, z důvodu prolínání skalních a lesních biotopů. Lesní porosty jsou

z velké části ovlivněné lidským hospodařením. Ovšem dochovala se i původní společenstva, která nyní tvoří velmi cenné biotopy – reliktní bory na kvádrových písčivých (*Dicrano-Pinion*) patří mezi nejzachovalejší, suťové lesy (*Tilio-Acerion*) příkrých svahových údolí, přirozené smrčiny (*Piceion excelsae*) nalezneme už jen maloplošně v inverzních polohách skalních měst a na rašelinných stanovištích, pramenišní olšiny a jaseniny a údolní lužní lesy (*Alnenion glutinoso-incanae*) vytváří porosty podél toků a na prameništích. Tyto lesy patří do kategorie lesů ochranných – lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích (AOPK ČR 2012).

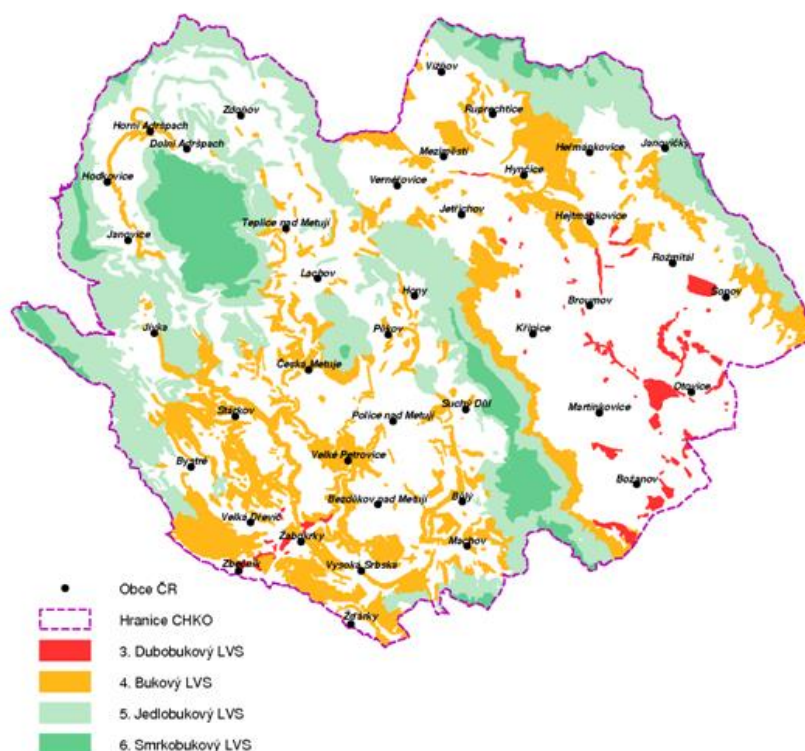
Z celkové výměry CHKO lesní porosty zabírají cca 40 % území. Ochranné lesy zaujímají necelých 11 %, dále lesy hospodářské 73 % a lesy zvláštního určení 16 %. Ministerstvo zemědělství zde schválilo překryv funkcí lesů se subkategoriemi, které vyjadřují další užitečné funkce:

2a – lesy ochranné na mimořádně nepříznivých stanovištích - sutě, strže, stráně, hřebeny, kde souvisle vystupuje matečná hornina, dále pak nezpevněné štěrkové nánosy a hluboká rašeliniště. Tato kategorie má výměru 2649,7 ha.

3d – lesní porosty chráněných území podle předpisů o státní ochraně přírody, které vyžadují odlišný způsob hospodaření. Mají výměru 3018 ha.

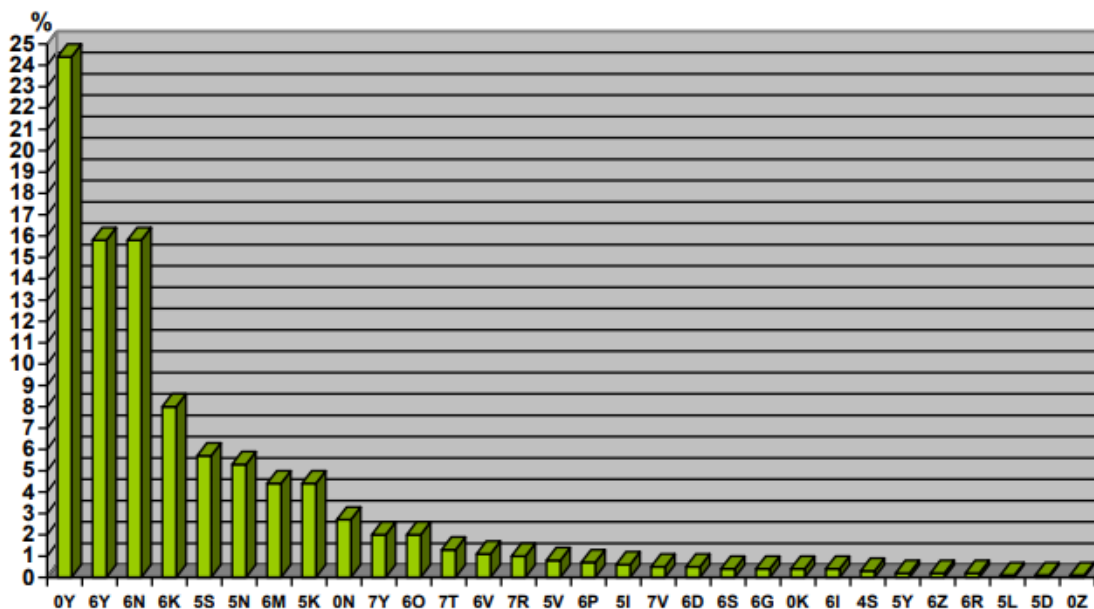
3g – lesy, v nichž jiné důležité potřeby společnosti vyžadují odlišný způsob hospodaření. Jejich výměra činí 43,97 ha (Vacek, Moucha et al. 2012).

Převážná část CHKO Broumovsko se nachází v 6. smrkobukovém LVS – 50 % území (převládající stupeň, ve výškách 600–780 m n. m), dále 0 borovém LVS – 27,6 % území (azonální mozaika skal a nejsterilnějších písčivých plošin), 5. jedlobukovém LVS – 17,2 % území (okraje území), 7. bukosmrkovém LVS – 4,8 % (inverzní výskyt mezi skalami v roklicích) a 4. bukovém LVS – 0,3 % území (pouze malý cípek v JV okraji) – (Mikeska 2000, AOPK ČR 2001).



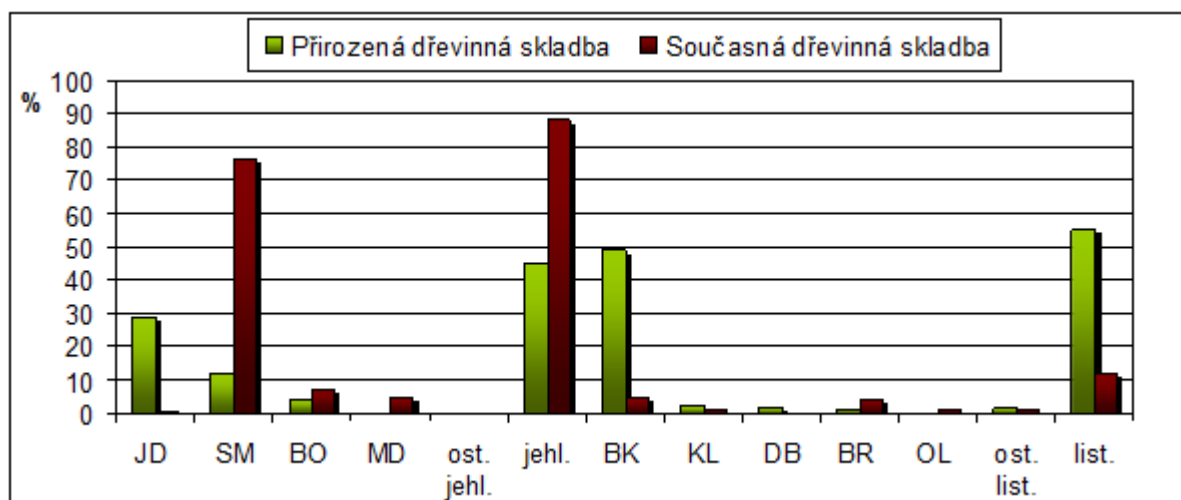
Obrázek č. 6 – Mapa LVS v CHKO Broumovsko (Vacek, Moucha et al. 2012).

Celkově převládá řada extrémní s edafickými kategoriemi Y a Z (42,7 %) a řada kyselá s kategoriemi K, N a M (42,1 %). Méně řada živná s kategorií S (6,4 %). Jen ojediněle řada oglejená (2,7 %), podmáčená (1,7 %), rašelinná (1,2 %) a obohacená humusem (0,7 %) – (Mikeska 2000). Stanovištní podmínky vykazují, že NPR Adršpašsko-teplické skály je pro intenzivní lesnické hospodaření extrémně náročná, a tedy vhodná pro zachování a další vytváření přírodě blízkých společenstev v úzké vazbě na specifický georeliéf pískovcových skalních útvarů (AOPK ČR 2001).



Obrázek č. 7 – Zastoupení SLT v CHKO Broumovsko (AOPK ČR 2001).

Druhová skladba současně neodpovídá přirozené skladbě dřevin na většině stanovišť. Z paleobotanického výzkumu vychází, že borovice a bříza zde převládaly od pozdního glaciálu společně s hojným zastoupením vrby a lísky. Podíl smrku a olše velmi vzrůstá až ve starším subatlantiku. V tomto období zároveň klesá podíl pionýrských dřevin (BO, BR, líska) a dominantní se stává jedle, buk, habr. V průběhu holocénu se vyvinula původní druhově, prostorově a věkově velmi různorodá lesní a skalní společenstva. Převládajícími dřevinami před středověkou kolonizací byly smrk (34 %), buk (28 %), jedle bělokorá (17 %), borovice lesní (11 %). Smrk převládal převážně v chladných inverzních polohách a borovice na chudých, písčitých lokalitách (AOPK ČR 2017, Kuneš, Jankovská 2000).



Obrázek č. 8 – Přirozená a současná dřevinná skladba v CHKO Broumovsko (Vacek, Moucha et al. 2012).



Věková struktura je velmi různá. Věkové stupně jsou značně nevyrovnané, je zde vysoký podíl smrku na úkor listnatých dřevin v jednotlivých věkových stupních. Kritický je především nízký podíl buku, jedle, a to ve všech věkových stupních. Nejvíce je zastoupen 7. a 8. věkový stupeň, to je zapříčiněno velkými větrnými kalamitami v minulosti. Dále je zvýšený podíl 2. věkového stupně, toto je důsledek kůrovcové kalamity. Nevyrovnanost jednotlivých věkových stupňů je především z důvodu existence ZCHÚ a nepřístupných lokalit, které mají ochranný charakter se záměrem ponechání přirozenému vývoji (AOPK ČR 2017)

### 3.3.2. Flóra

Vegetace je ovlivněna především živinami chudým geologickým podkladem, nadmořskou výškou a teplotní inverzí v členitém reliéfu. Na mnoha místech je podklad kyselý, což způsobuje druhovou chudost. Oblast se vyznačuje extrémností a vytváří mozaikovitě biotopy (AOPK ČR 2017).

Dosud zde bylo nalezeno okolo 1000 druhů cévnatých rostlin. Převážná část území patří do mezofytika, fytogeografického okresu Sudetské mezihoří. NPR Adršpašsko-teplické skály byla samostatně vyčleněna do oreofytika. Z důvodu existence inverzních poloh jsou zde zastoupeny druhy rostoucí na horách – například violka dvoukvětá (*Viola biflora* L.), podbělice alpská (*Homogyne alpina* L.), plavuň pučivá (*Lycopodium annotinum* L.), vranec jedlový (*Huperzia selago* L.) či hořec tolitovitý (*Gentiana asclepiadea* L.), který byl nejspíše do NPR zavlečen z Krkonoš. Teplomilných druhů zde není velký počet (AOPK ČR 2018).

Pozoruhodný je výskyt mechorostů. Dle inventarizačního průzkumu (Gutzerová 2004) je známo na 260 druhů, jde o bryologicky jednu z nejlépe prostudovaných oblastí. Vytváří se zde společenstva mechorostů typických pouze pro pískovcové oblasti, kyselý geologický podloží dává za vznik převážně acidofilním druhům. Také pro lichenology jde o významné území. Dle průzkumu (Halda 2005) je zde na 192 druhů lišejníků. Mykologický průzkum (Novotný 2014) objevil na 201 druhů. Dokonce byl zaznamenán nový druh pro ČR – voskovec (*Ceraceomyces violascens*).

Inverzní polohy nabízí vhodné podmínky pro růst horských smrčín, v nichž je častým druhem (*Lycopodium annotinum*), a vzácně a fragmentárně i horské papratkové smrčiny. Jsou zde také rašelinné a podmáčené smrčiny s významnými druhy: klikva bahenní (*Oxycoccus palustris*), suchopýr pochvatý (*Eriophorum vaginatum*) a s. úzkolistý (*E. angustifolium*),

vzácný jednokvítok velekvětý (*Moneses uniflora* L.). Nejstarší a největší rašeliniště se nachází ve Vlčí rokli, je až 4 metry hluboké a jeho stáří se odhaduje na 10 000 let.

Druhově bohaté jsou květnaté a acidofilní bučiny svazu (*Fagion*, *Luzulo-Fagion*) a suťové lesy svazu (*Tilio-Acerion*). Jde spíše o menší územní zbytky, v oblastech s minerálně bohatším podkladem. Nalezneme zde vzácné druhy rostlin, jako jsou např. okrotice bílá (*Cephalanthera damasonium* Mill.), lilie zlatohlávek (*Lilium martagon* L.), kapradina laločnatá (*Polystichum aculeatum* L.) či sleziník routička (*Asplenium ruta-muraria* L.).

Reliktní bory (*Dicrano-Pinion*) se dochovaly na vrcholech skal, jsou to suchá a teplá místa, jejich druhová skladba je spíše chudá. Bylinná vegetace se skládá především z porostů vřesu obecného (*Calluna vulgaris*), brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.), brusnice brusinky (*Vaccinium vitis-idaea* L.) nebo vzácnějšího rojovníku bahenního (*Ledum palustre* L.) – (AOPK ČR 2012, 2017, 2018).

### 3.3.3. Klimatologie, hydrologie

Klimatické podmínky jsou dány především zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou a převládajícími směry atmosférického proudění. Další rozdílnosti určuje především členitost terénu, velké rozdíly nadmořských výšek (350–880 m n. m.), kde se exponovaná stanoviště prolínají s údolími, orientace horských hřebenů a údolí ve vztahu k převládajícím západním větrům (AOPK ČR 2012). Tyto rozdílnosti společně s dalšími přírodními ukazateli (podloží apod.) vytvářejí existenční podmínky, na které je vázaná spousta druhů fauny, flory a mikroorganismů (Křístek et al. 2002).

Podle Quitta (klimatická rajonizace) je CHKO zařazeno do dvou oblastí: mírně teplá a chladná. Do klimaticky chladné oblasti rajonu CH 7 patří výše položené partie – Adršpach, Jívka, Javoří hory, Jestřebí hory a Broumovské stěny. Do klimaticky mírně teplé oblasti rajonu MT 7 jsou zařazeny nejteplejší oblasti – střed jižní poloviny Broumovské kotliny. Do rajonu MT 2 pak patří zbytek území – např. zbytek Broumovské kotliny, úpatí Broumovských stěn, Policko, Machovsko, Stárkovsko (AOPK ČR 2018).

Rozsáhlé pískovcové oblasti vytváří výjimečný mezoklimatický a mikroklimatický charakter. V těchto hlubokých a zastíněných roklích, rozsedlinách, soutěškách, pseudokrasových jeskyních a propastech se vytváří klimatická inverze s velkým zvratem teplot (Vacek et al. 2015). Vznikají vlhká a podchlazená místa, ve kterých led vydrží až do léta, což umožňuje

výskyt horských druhů (např. *Cicerbita alpina*, *Viola biflora*). Často jde o glaciální relikty, které jsou vázány právě na tento jev (AOPK ČR 2018). Naopak ve vrcholových partiích a exponovaných skalních stěnách za slunečných dnů dochází k přehřívání a vysoušení (Vacek et al. 2015; Vacek, Podrázský 1997).

Z měřicí stanice Broumov s nadmořskou výškou 410 m n. m. je určena průměrná roční teplota 7,3 °C. Nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou – 2,7 °C a nejteplejším je červenec s průměrnou teplotou 17,2 °C. Ve skalních městech jsou teplotní rozdíly extrémnější, to je způsobeno inverzními zvraty, a vyšší nadmořskou výškou, zde je průměrná roční teplota okolo 4 °C (Podrázský, Vacek 1994). V letech 1987 a 1996 byla naměřena nejnižší naměřená teplota -30,2 °C, naopak v 1983 teplota nejvyšší 35,5 °C (AOPK ČR 2012).

Celé CHKO Broumovsko patří do povodí řek Metuje (pramení poblíž Horního Adršpachu) a Stěnavi (pramení v Polsku). Řeka Metuje protéká Adršpašskými skalami, které jsou na pískovcovém podloží Polické křídové tabule (větší lesnatost), nezpůsobuje výrazné škody. Řeka Stěnavá protéká Broumovskou kotlinou, která leží na nepropustném podloží permu (zemědělský obdělávaná) a způsobuje povodně. Horní přítoky Metuje pak trpí vysycháním z důvodu napřimování a odvodňování řek, nešetrného zemědělského obhospodařování, využívání těžké techniky a zhutňování půd v minulých letech. Z těchto důvodů je nutná revitalizace narušených říčních systémů (AOPK ČR 2018).

Roční úhrn srážek je okolo 685 mm, ve vegetačním období 427 mm. Srážkové minimum bývá v březnu (36 mm) a maximum v červenci (89 mm). Sněhová pokrývka vydrží v průměru 70 dnů v roce. Ovšem tento fakt, je stejně jako teplota jiný ve skalních městech, kde v hlubokých, stinných skalních roklích může vydržet až 9 měsíců. Přirozený hydrologický cyklus není známý, protože je velmi ovlivněn čerpáním povrchových a podpovrchových vod (byl pouze simulován). Nejrychlejší oběh vody je ovšem na povrchu. (Podrázský, Vacek 1994).

### **3.3.4. Pedologie, geologie a geomorfologie**

Hlavní vývoj půd v CHKO probíhal z matečných hornin až v době poledové. Na většině území mělo rozhodující vliv klima a v době holocénu lesní vegetace. Během posledního tisíciletí byla značná území původně lesních půd změněna lidskou činností na zemědělsky obdělávané půdy (především oblast Broumovské kotliny) (AOPK ČR 2012).

Nejčastějším půdním typem jsou kambizemě. Velkou část území pak pokrývají arenické a litické kryptopodzoly a podzoly, v oblastech pískovců, skalních měst a balvanitých sutí se vytvořily litozemě (půdy s mělkou vrstvou humusu). Dále se tu hodně vyskytují podzolové rankery, a arenické regozemě, na zamokřených místech nebo pramenech řek pseudogleje a rašelinné gleje až rašeliny (organozemě) – (Mikeska 2000, AOPK ČR 2012). V těchto oblastech se rašeliniště vytvářeli před cca 11 tisíci lety (Kuneš, Jankovská 2000)

Půdní druh je naprosto převážně písčítý, místy jílovitopísčítý (Mikeska 2000). V pískovcových oblastech převažují písčité hlíny až hlinité písky. Na svazích budovaných eruptivními horninami broumovského souvrství (Javoří hory) nalezneme hlinitokamenité a kamenité sutě. Specialitou jsou kvádrové pískovce Polické pánve. Jsou to až desetimetrové bloky pískovců v písčité svahovině, které vznikly mrazovým větráním v pleistocénu (AOPK ČR 2018)

Půdy v oblasti Vlčí rokly (zájmové – zkoumané území) vykazují špatný stav. Jsou mělké, lehké, snadno propustné pro vodu a mají nízký obsah humusu, dusíku a živin. Můžeme na nich tedy očekávat spíše porosty, které budou mít větší sklony k poškození v důsledku například imisí a acidifikace půd (Podrázský, Vacek 1994).

Významnou roli při vytváření reliéfu krajiny měly sedimentární procesy, tektonické pohyby a vodní eroze. Původně plochá zemská deska, tvořící dno mělkého křídového moře byla prohnuta, rozlámána a vyzdvižena. Miliony let eroze daly krajině její dynamický vzhled – mírné svahy, které se střídají s prudkými stráněmi, hluboko zaříznutá údolí, která mají převýšení až 100m. Dle geomorfologického členění se území dělí do tří celků: Žacléřská vrchovina, Meziměstská vrchovina a Polická vrchovina (AOPK ČR 2012).

Nejcennější části CHKO patří do Polické vrchoviny – jsou to Adršpašsko – teplické skály, Broumovské stěny, Ostaš či Kočičí skály. Právě zde se nachází pískovcová skalní města a pseudokrasový reliéf – obdobný tvar reliéfu jako jsou povrchové a podzemní krasové jevy – vzniká ale na nerozpustných či těžko rozpustných horninách za přispění fyzikálních a mechanických procesů (zvětrávání, rozpad, odnos hornin na velkých plochách) (AOPK ČR 2012).

### 3.3.5. Ohrožení lesních porostů

#### Imise

V dnešní době je průmyslovými imisemi zasažena celá ČR. Jde o toxické znečištění atmosféry, které se výrazně projevuje na zhoršení zdravotního stavu lesních porostů. V CHKO jsou nejvíce ohroženy porosty na návrších a hřebenech hor, především smrkové monokultury. Významnou roli hraje počasí, nebezpečí stoupá při silných mrazech, suchu či mlhách. Největší rozsah poškození nastal při zvratu teplot z roku 1978 na 1979, po zavedení elektrárny EPO II v Poříčí u Trutnova do provozu. Během patnácti hodin nastal rozdíl teplot až 30 °C (+8 °C se snížilo na -22 °C). Následkem bylo poškození porostů na rozloze téměř 9 500 ha, které se rozšiřovalo do okolních porostů (Vacek, Moucha et al. 2012). Nejčastějším projevem je opad jehličí, listů, chřadnutí dřevin, žloutnutí smrku (Vacek et al. 2015).

Nejčastější metodou pro zjištění imisí jsou listové analýzy a další biochemické, fyziologické a morfologické metody (např. letokruhové analýzy) – (Vacek, Podrázský 2000).

#### Vítr, sníh, námraza

Převažující jsou větry západních směrů, časté jsou i S a SV. Oblastí prošel orkán Kyrill (2007) a vichřice Emma (2008), které napáchaly škody o objemu cca 37 000 m<sup>3</sup>. V Polsku se kalamita zpracovávala opožděně a následně se zde projevila kalamita kůrovcová. Nahodilé těžby způsobené větrem tvoří škody ve výši několika tisíc m<sup>3</sup> ročně.

Škody sněhem a námrazou se projevují především v polohách nad 600m (např. hřebeny Jestřebích hor, Broumovských stěn, Javořích hor). Poškození se nejčastěji projevuje vrcholovými zlomy. Sucho pak na jižních expozicích v pískovcových lokalitách. Následkem jsou oslabené porosty a vyšší náchylnost ke kůrovcovým kalamitám (AOPK ČR 2012; Vacek, Moucha et al. 2012).

## Hmyz

Nejvýznamnějším hmyzím škůdcem je lýkožrout smrkový (*Ips typographus*). K velkým škodám docházelo především v 80. a 90. letech 20. století na imisemi poškozených porostech (především Broumovské stěny). Vznikly rozsáhlé seče (až 20 ha), které v těžko dostupných terénech musely být vyklízeny pomocí lanovek a vrtulníků (AOPK ČR 2012).

## Houby

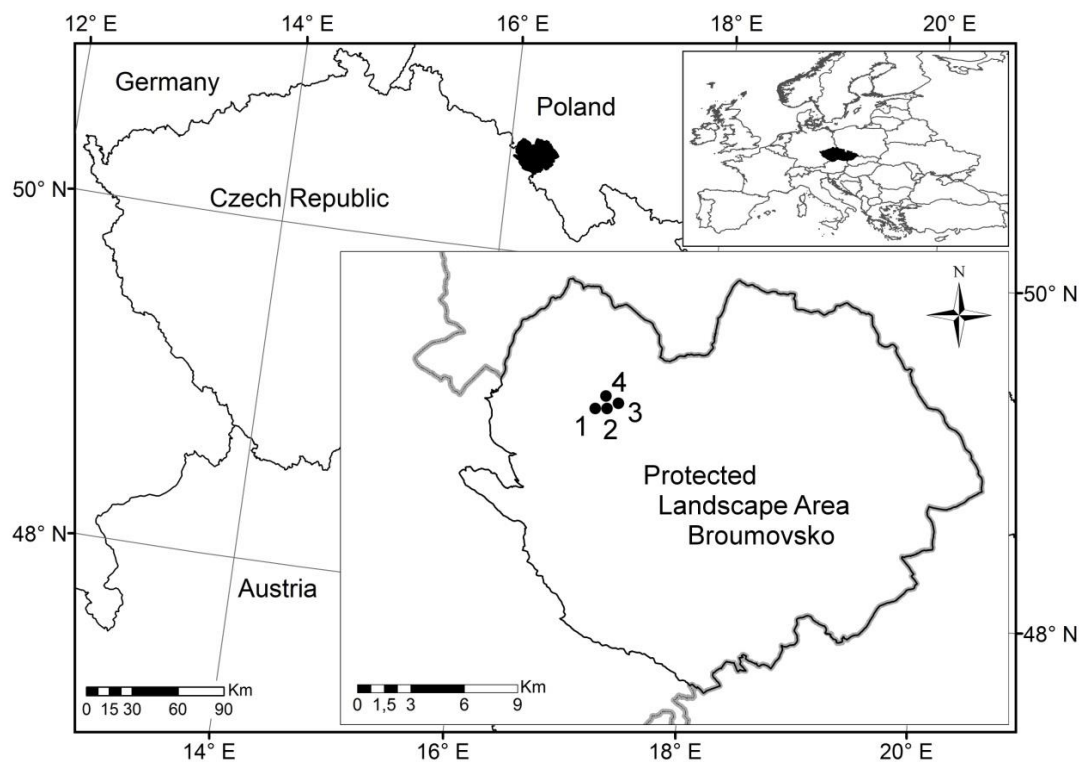
Nejčastěji jsou napadány poškozené porosty (především smrkové) a geneticky nevhodné porosty. Jsou to místa, kde dřeviny nemají vhodné podmínky pro svůj rozvoj, jsou poškozeny biotickými či abiotickými činiteli a je snížena jejich odolnost. Běžné jsou zde pevník krvavějící (*Stereum sanguinolentum*), kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion annosum*), václavka smrková (*Armillaria ostoyae*), troudnatec (*Fomes anosus*), sypavka borová (*Lophodermium seditiosum*) – (Vacek, Moucha et al. 2012, AOPK ČR 2012).

## 4. Materiál a metodika

### 4.1. Charakteristika TVP

Jedná se o výzkumné plochy, které byly založeny již v roce 1975 pro monitoring a studium chudých reliktních borů pod dlouhodobým vlivem imisí. Byly vytyčeny trvalé výzkumné plochy tvaru čtverce o rozměrech 50 × 50 m (0,25 ha). Během sledovaných let 1975–2015 došlo k nárůstu olistění o v průměru 20,7 % (Vacek et al. 2015). V roce 2000 proběhla měření teodolitem a v roce 2015 zde byla provedena měření technologií FieldMap (IFER-Monitoring and Mapping Solutions Ltd), pro měření struktury stromového patra a přirozené obnovy porostu.

Jde o navazující studium prováděné na čtyřech TVP, ležících v členitém terénu skalních plošin a hřbetů typických pro Adršpašsko-teplické skály. Studované porosty patří do lesního vegetačního stupně 0. bory a leží v nadmořské výšce cca 600 m n. m. Z typologického hlediska jde o soubor lesních typů 0Y4. Každá TVP má rozměry 50 × 50 m (0,25 ha). Terénní měření byla prováděna v měsících červenec až září 2021. Rozmístění TVP je znázorněno na Obr. č. 9. Lokalizace TVP 1-4 v NPR Adršpašsko-teplické skály.



Obrázek č. 9 – Lokalizace TVP 1–4 v NPR Adršpašsko-teplické skály (Vacek et al. 2000).

### 4.1.1. Trvalá výzkumná plocha 1

Výzkumná plocha „Nad Skalní bránou 1“ dále (TVP 1), leží v nadmořské výšce 630 m n. m., severní expozice, na středně sklonitém svahu. Její GPS souřadnice jsou 50°35'41"N, 16°07'59"E. Půdním typem je litozem silikátová až podzol litický arenický. Dle typologického zařazení se jedná o soubor lesních typů 0Y4 – skeletový roklinový smrkový bor (*Piceeto-Pinetum faucibile*). Průměrný věk porostu je 129 let a průměrná výška 13 m.

Jedná se o různorodou kmenovinu se skupinovitými nárosty smrku ztepilého a vtroušenou břízou na členitém okraji skalní plošiny. Půdním pokryv tvoří převážně hrabanka, časté jsou nárosty brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*), a místy hasivky orličí (*Pteridium aquilinum*). Schopnosti přirozeného zmlazení ovlivňuje především konkurenční tlak bylinného patra, zápoj a půdní podmínky. Na TVP 1 je jedinců přirozené obnovy nejvíce, což je dle Vacek, Vacek, Schwarz (2009) způsobené především rozvolněním dospělého porostu a místy menším zabuřeněním, oproti ostatním plochám. Jedinci jsou v jedné části plochy rozmístěni velmi shlukovitě, postupně se jejich rozmístění rozvolňuje. Dle Vacek (2015) se stav přirozené obnovy na jednotlivých plochách převážně zvětšuje, a to z důvodu menší imisně-ekologické zátěže v porovnání s předchozími lety.



Obrázek č. 10 – TVP 1 „Nad Skalní bránou 1“ (foto: K. Kašparová).



#### 4.1.2. Trvalá výzkumná plocha 2

Výzkumná plocha „Nad Skalní bránou 2“ dále (TVP 2), leží v nadmořské výšce 625 m n. m a volně navazuje na TVP1. Svah je středně sklonitý a expozice severní. Její GPS souřadnice jsou 50°35'40"N, 16°08'04"E. Půdním typem je litozem silikátová až podzol litický arenický. Dle typologického zařazení se jedná o soubor lesních typů 0Y4 – skeletový roklinový smrkový bor (*Piceeto-Pinetum faucibile*). Průměrný věk porostu je 122 let a průměrná výška 15 m.

Jedná se o různorodou kmenovinu se skupinovitými nárosty smrku ztepilého a vtroušenou břízou na členitém okraji skalní plošiny. Plocha je velmi podobná TVP1, jen s rozdílem půdního pokryvu, který tvoří především brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) a hasivka orličí (*Pteridium aquilinum*) se nachází spíše shlukovitě. Jedinců přirozené obnovy je zde méně než na TVP 1, to můžeme přisuzovat více zapojenému dospělému porostu a většímu tlaku bylinného patra. Rozmístění mladých jedinců je náhodné, někde shlukovitě.



Obrázek č. 11 – TVP 2 „Nad Skalní bránou 2“ (foto: K. Kašparová).

### 4.1.3. Trvalá výzkumná plocha 3

Výzkumná plocha „ U Střmenu “ dále (TVP 3), leží v nadmořské výšce 615 m n. m. a navazuje na TVP 2. Svah je středně sklonitý a expozice severní. Její GPS souřadnice jsou 50°35'41"N, 16°08'13"E. Půdním typem je litozem silikátová až podzol litický arenický. Z typologického hlediska se zde nachází soubor lesních typů 0Y4 – skeletový roklinový smrkový bor (*Piceeto-Pinetum faucibile*). Průměrný věk porostu je 127 let a průměrná výška 16 m.

Jedná se o různorodou kmenovinu se skupinovitými nárosty smrku ztepilého a vtroušenou břízou na členitém okraji skalní plošiny. Skalní reliéf se zde v porovnání s ostatními plochami projevuje nejvíce, tomu odpovídají i počty jedinců (jsou nižší) a druhové složení. Převládající dřevinou je borovice. Na smrku ztepilém se projevuje napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) a dochází k odumírání velkého počtu stromů. Přirozená obnova je ovlivněna především skalním terénem.



Obrázek č. 12 – TVP 3 „ U Střmenu “ (foto: K. Kašparová).

#### 4.1.4. Trvalá výzkumná plocha 4

Výzkumná plocha „ U Vstupní rokle “ dále (TVP 4) leží v nadmořské výšce 610 m n. m. a sousedí s TVP 2. Svah je středně sklonitý a expozice severní. Její GPS souřadnice jsou 50°35'45"N, 16°08'03"E. Půdním typem je litozem silikátová až podzol litický arenický. Z typologického hlediska se zde nachází soubor lesních typů 0Y4 – skeletový roklinový smrkový bor (*Piceeto-Pinetum faucibile*). Průměrný věk porostu je 128 let a průměrná výška 16 m.

Jedná se o různorodou kmenovinu s dominantní dřevinou smrkem ztepilým a vtroušenou borovicí na členitém okraji skalní plošiny. Půdní pokryv tvoří převážně hrabanka s nárosty brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Přírozená obnova je velmi ovlivněna dospělým porostem, který je silně zapojený. Borovice lesní téměř nemá šanci prosadit se. Na této ploše se také projevuje napadení smrku lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*), dospělý jedinci odumírají.



Obrázek č. 13 – TVP 4 „ U Vstupní rokle “ (foto: K. Kašparová).

## 4. 2. Metodika terénního měření a zpracování dat

Na TVP 1 - 4 byly zapsány polohy všech jedinců stromového patra. Dále se průměrkou měřila výčetní tloušťka (v 1,3m od země, ze dvou na sebe kolmých směrů s přesností na 1 mm), nasazení zelené koruny a výšky stromů pomocí výškoměru Vertex III s přesností na 0,1 m.

Pro výpočet parametrů struktury a biodiverzity a pro vizualizaci struktury porostů na TVP 1–4 byl použit růstový simulátor SIBYLA. Jde o simulátor biodynamiky lesa vyvinutý na Slovensku, patřící do kategorie stromových rastrových simulátorů, který se snaží napodobit chování lesa (Fabrika, Ďurský 2005).

Naměřená dendrochronologická data byla využita k výpočtům parametrů struktury a biodiverzity porostů pro TVP 1–4. K výpočtům byl použit program Microsoft Office Excel.

- $d$  – průměrná výčetní tloušťka (cm) - kvadratický průměr tloušťek všech stromů
- $h$  – střední porostní výška (m) - aritmetický průměr výšek všech stromů
- $f$  – výtvarnice - poměrné číslo, které vyjadřuje podíl objemu stromu k objemu válce o stejné základně a výšce
- $N$  – počet stromů na 1 ha
- $G$  – výčetní kruhová základna ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) - součet kruhových základem všech stromů
- $V$  – objem porostu ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) - součet objemů všech stromů
- $v$  – průměrný objem stromu ( $m^3$ ) - podíl zásoby a počtů stromů v porostu
- $h:d$  – štíhlostní kvocient - poměrné číslo mezi výškou a tloušťkou středního stromu
- $CBP$  – celkový běžný přírůst ( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) - rozdíl celkové objemové produkce ve dvou periodách dělené délkou periody
- $CPP$  – celkový průměrný přírůst ( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) - podíl celkové objemové produkce porostu a jeho věku
- $COP$  – celková objemová produkce ( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ) - zásoba hlavního porostu ve věku  $t$  zvětšená o sumu všech zásob podružného porostu do věku  $t$  (Sequens 2007).

Kromě uvedených parametrů byla též spočítána:

- CC – zápoj
- CP – plocha projekce
- SDI – index hustoty porostu - vychází z poměru očekávaného počtu stromů  $N_{exp}$  při střední tloušťce 25 cm k aktuálnímu počtu stromů (Reineke 1933).

- Výpočet je odvozen ze vzorce:

$$\frac{N_{exp}}{N} = \frac{e^a \cdot 25^{-1,605}}{e^a \cdot d_g^{-1,605}} \quad \text{po vykrácení} \quad SDI = N \cdot \left(\frac{25}{d_g}\right)^{-1,605}$$

Pokud tento index SDI dáme do poměru s tabulkovým empiricky zjištěným  $SDI_{max}$  dostaneme  $SDI_{rel}$ :

$$SDI_{rel} = \frac{SDI}{SDI_{max}}$$

Index hovoří o aktuálním stupni hustoty porostu na základě počtu stromů za předpokladu, že se bude hustota porostu vyvíjet podle Reinekeho pravidla. Vychází ze závislosti počtu stromů na jednotku plochy na střední tloušťce. Tento vztah platí pro stejnověké porosty s plným zakmeněním bez zásahů člověka (Reineke 1933).

V programu SIBYLA byly dále vypočteny indexy biodiverzity:

- $TM_d$  – index tloušťkové diferenciaci
  - Rozpětí 0–1,  $TM_d > 0,7$  vypovídá o velmi silné tloušťkové diferenciaci (Füldner 1995)
- $TM_h$  – index výškové diferenciaci
  - Rozpětí 0–1,  $TM_h > 0,7$  vypovídá o velmi silné výškové diferenciaci (Füldner 1995)
- K – index korunové diferenciaci
  - $K > 2$  velmi silná korunová diferenciaci (Jaehne, Dohrenbusch 1997)
- H – index druhové různorodosti
  - rozpětí 0–1 (Shannon 1948)
- E – index druhové vyrovnanosti

rozpětí 0–1, relativní míra druhové diverzity (Pielou 1975)

Diverzita porostu ve vztahu k dřevinné skladbě, četnosti jejich zastoupení, vertikálnímu a horizontálnímu uspořádání byla hodnocena těmito indexy:

- R – agregační index dle Clarka, Evanse (1954)
  - uspořádání:  $R = 1$  náhodné,  $R > 1$  pravidelné,  $R < 1$  agregované,
- A – standardizovaný Arten-profil index (Pretsch 2006)
  - relativní míra diverzity, ukazuje, nakolik se porost blíží stavu maximální možné diverzity
  - nabývá hodnot 0–1, hodnotu 0,9 mají porosty se strukturou podobnou výběrnému lesu, hodnotu 0 – pouze monokultury, u nichž výška nejmenšího stromu je vyšší než 80 % maximální výšky,
- B – index porostní proměnlivosti (Jaehne, Dohrenbusch 1997)
  - komplexní míra diverzity porostu ( $B > 5$  – výrazně strukturované porosty)
  - čím větší hodnoty index nabývá, tím pestřejší je porostní skladba
  - matematické vyjádření indexu porostní proměnlivosti  $B = p \cdot A + q \cdot S + V + K$ .

Index obsahuje čtyři dílčí faktory:

A – index dřevinného složení,

S – index vertikální struktury,

V – index prostorového rozdělení porostu,

K – index korunové diferenciacie (Jaehne, Dohrenbusch 1997).

Horizontální struktura stromového patra byla hodnocena následujícími indexy:

- Hodnoty pro každý index byly spočítány numerickými simulacemi
- Hopkins-Skellamův index (Hopkins, Skellam 1954)
  - $A < 0.5$  pravidelné uspořádání porostu
- Pielou-Mountfordův index (Pielou 1959, Mountford 1961)
  - vychází ze vzdálenosti od náhodně vybraného bodu k nejbližšímu stromu
  - $\alpha < 1$  pravidelné uspořádání porostu
- Evansův index (Clark, Evans 1954)

- založen na průměrné vzdálenosti stromů ke svým nejbližším susedům
- $R > 1$  pravidelné uspořádání porostu
- David-Moorův index (David, Moore 1954)
  - založen na průměrném počtu stromů v kvadrátech dělicí plochu
  - $ICS < 0$  pravidelné uspořádání porostu

Legenda k indexům je uvedena v Tab. č. 1: Intervaly hodnot indexů a odpovídající uspořádání horizontální struktury porostu.

Tabulka č. 1.: Intervaly hodnot indexů a odpovídající uspořádání horizontální struktury porostu.

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

Na každé TVP byly u 30 úrovnových a nadúrovnových stromů borovice lesní odebrány Presslerovým přírůstovým nebozezem ve výčetní výši vývrty. Šířky letokruhů byly měřeny s přesností na 0,01 mm binolupou Olympus na měřícím stole LINTAB a zaznamenávány programem TsapWin ([www.rinntech.com](http://www.rinntech.com)). Letokruhové přírůstové série byly jednotlivě křížově datovány (odstranění chyb spojené s výskytem chybějících letokruhů) s využitím statistických testů v programu PAST application (Knibbe 2007) a následně podrobeny vizuální kontrole podle práce Yamaguchi (1991). Jestliže byl nalezen chybějící letokruh, byl na jeho místo vložen letokruh s šířkou 0,01 mm. Jednotlivé křivky z TVP byly dále standardně detrendovány a byla z nich vytvořena průměrná letokruhové série v programu ARSTAN. Byla aplikována třicetiletá spline (Grissino-Mayer et al., 1992). Analýza negativních významných let byla provedena dle Schwein-Gruber (1990). Pro každý strom byl testován významný rok jako extrémně úzký letokruh, který nedosahuje 40 % z průměru přírůstků z předchozích 4 let. Výskyt negativního roku byl prokázán, pokud se tato silná redukce přírůstu vyskytla alespoň u 20 % stromů na ploše. Průměrné letokruhové série z TVP byly korelovány s klimatickými daty (srážky, teploty; 1900–2014 ze stanice ČHMÚ Úpice). Pro modelování tloušťkového přírůstu v závislosti na klimatických charakteristikách byl použit software DendroClim (Biondi, Waikul 2004).

## 5. Výsledky

### 5. 1. TVP 1

#### 5.1.1. Struktura porostu

V Tab. č. 2 jsou uvedeny růstové veličiny sruženého porostu pro dřeviny borovice, smrk a celkem v roce 2021.

Na této TVP je průměrný věk pro SM nejnižší 107 let. Ovšem celkový průměrný věk porostu je v porovnání s ostatními TVP nejvyšší. Porost je nestejnověký.

Hodnota střední porostní výšky (h) je na této TVP nejnižší 14,04 m. BO na této ploše dosahuje vyšší h (15,8m) nežli SM (11,74m). Stejně tak je tomu u průměrné výčetní tloušťky (d), kterou má BO výrazně větší (30,6 cm) nežli SM (18,8 cm).

Štíhlostní kvocient (h:d) jako ukazatel stability stromu proti ohrožení větrem, sněhem je na této TVP nejnižší (55,1). Obecně platí, že čím větší je štíhlostní kvocient, tím jsou stromy méně odolné (Sequens 2007). U BO je 51,6 a u SM 62,4.

V dřevinné skladbě je převládající (dominantní) dřevinou borovice (464 ks/ha) a smrk tvoří dřevinu vedlejší (352 ks/ha). Ze všech zkoumaných TVP je na této ploše nejvíce jedinců na ha (922ks/ha). Jako jediná ze zkoumaných ploch má zde větší zastoupení BO nežli SM. Jedná se o smíšený porost s hloučkovitým až skupinkovým smíšením.

Hodnota výtvarnice (f) celého porostu je vzhledem k ostatním plochám největší. U SM i BO je podobná. Hodnota výčetní kruhové základny (G) je při srovnání s ostatními plochami také největší, ale BO oproti SM nabývá výrazně vyšší hodnoty.

Objem porostu (V) je  $358 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Tyto hodnoty jsou nejvíce shodné s TVP 3. Průměrný objem stromu (v) vychází nejnižší  $0,392 \text{ m}^3$  na této TVP. Obě veličiny jsou pro BO vyšší nežli pro SM.

Celkový průměrný přírůst (CPP) pro BO je ve 135 letech  $2,06 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  a pro SM ve 107 letech mnohem méně a tedy  $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ .

Celková objemová produkce (COP) jakožto produkční výkon porostu do roku 2021 je  $366 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . U SM je výrazně nižší než u BO.



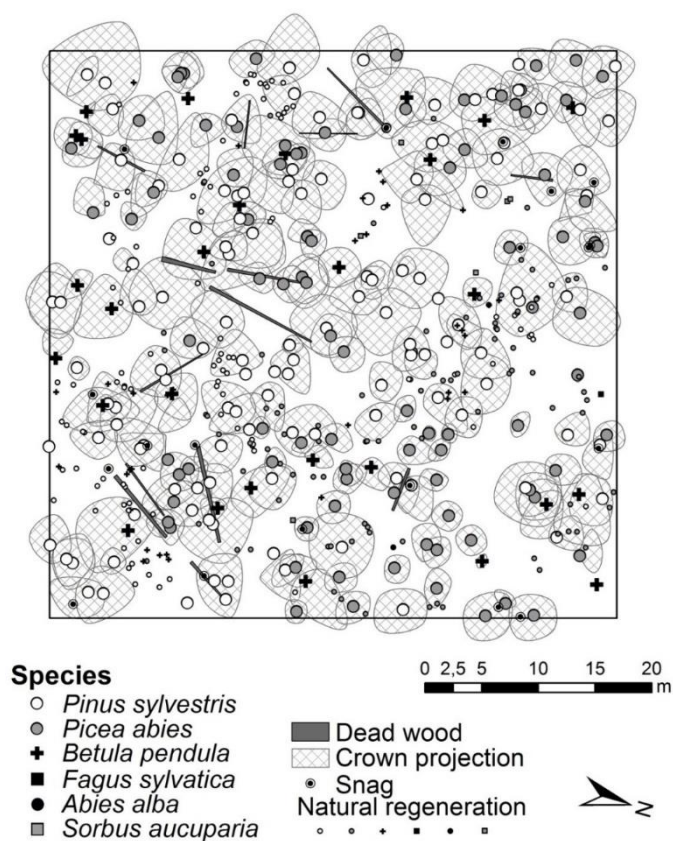
Tabulka č. 2 – Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 1.

Rok	Dřevina	Sdružený porost											
		t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2021	BO	135	30,6	15,8	0,52	0,608	464	33,6	278	51,6	3,4	2,06	284
2021	SM	107	18,8	11,74	0,56	0,181	352	9,8	64	62,4	2,0	0,60	64
2021	celkem	126	25,5	14,04	0,544	0,392	922	46,9	358	55,1	5,6	2,85	366

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

Horizontální strukturu porostu jednotlivých dřevin na TVP 1 pro rok 2020 znázorňuje Obr. č. 14. Rozmístění jedinců je převážně shlukovité.

Tab. č. 3 uvádí hodnoty jednotlivých indexů horizontální struktury stromového patra. Podle indexu Hopkins–Skellam a David–Moore jsou jedinci stromového patra rozmístění pravidelně. Podle indexů: Clark–Evans, a Pielou–Mountford jsou jedinci rozmístění agregovaně.

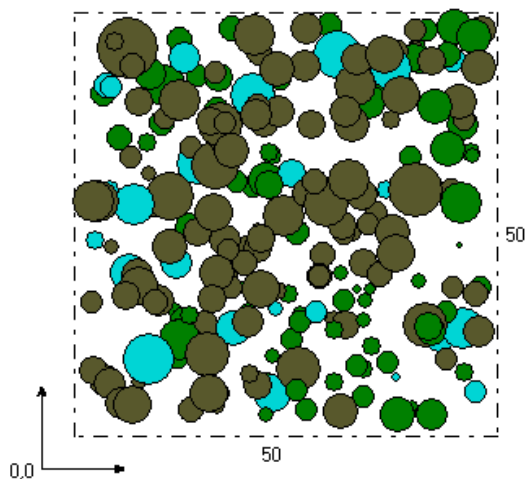
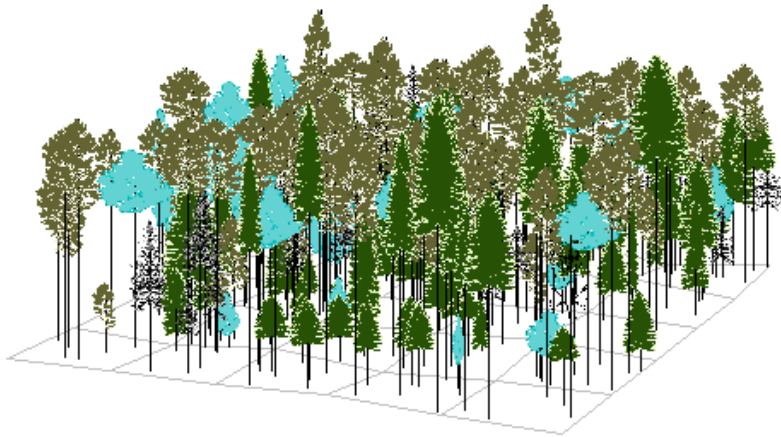


Obrázek č. 14 – Horizontální struktura reliktního boru na TVP 1 v r. 2020.

Tabulka č. 3 – Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 1.

Index	hodnota
Hopkins–Skellam	0,491
Pielou–Mountford	1,033
Clark–Evans	0,965
David–Moore	-0,011

Vizualizace aktuálního stavu (rok 2021) vertikální a horizontální struktury porostu je znázorněna na Obr. č. 15. Jedná se o víceetážový porost s bohatou strukturou.



Obrázek č. 15 – Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 1 v roce 2021.

### 5.1.2. Biodiverzita porostu

Indexy strukturální diferenciacce stromového patra porostu jsou uvedeny v Tab. č. 4.

Horizontální uspořádání jedinců je dle R (Clark-Evans) indexu agregované a lze předpokládat, že bude stoupat k náhodnému uspořádání.

Ukazatel vertikální struktury Arten-profil index je v rámci zkoumaných TVP velmi rozdílný. Na této TVP je jeho hodnota nejnižší 0,674, značí vysokou rozrůzněnost.

Index porostní proměnlivosti B je vysoký, výrazně přesahuje hodnotu 5, jde tedy o pestrou porostní skladbu. Hodnoty 7,1–7,9 značí porost s nerovnoměrnou výstavbou.

Indexy tloušťkové a výškové diferenciacie jsou spíše nižší, pohybují se okolo hodnot 0,3, to poukazuje na porost se střední strukturální rozrůzněností.

Index korunové diferenciacie výrazně přesahuje hodnotu 2, jde tedy o silnou korunovou diferenciaci. Na této TVP je její hodnota nejvyšší.

Dle Shannonovo indexu (H) se jedná o porost s nízkou druhovou diverzitou (0,32 nejnižší z TVP) a vysokou druhovou vyrovnaností (E index).

Charakteristiky pro denzitu porostu jsou taktéž uvedeny v Tab. č. 4. Vzhledem k vysokým hodnotám CC (82,2) CP (1,72) a SDI (0,82) lze konstatovat, že využití produkčního prostoru porostu je dobré. Na této TVP dosahují nejvyšších hodnot.

V rámci malého vývojového cyklu je porost ve stádiu dorůstání.

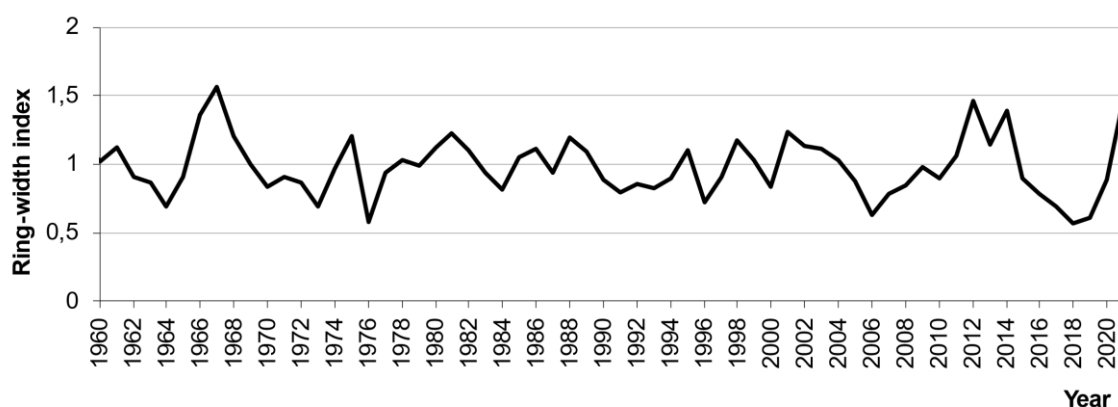
Tabulka č. 4 – Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 1.

Rok	Indexy										
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM <sub>d</sub> (Fi)	TM <sub>h</sub> (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)	CC	CP	SDI
2021	0,965	0,674	7,827	0,373	0,307	2,654	0,328	0,688	82,2	1,72	0,82

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM<sub>d</sub> – index tloušťkové diferenciacie, TM<sub>h</sub> – index výškové diferenciacie, K – index korunové diferenciacie, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti, CC – stupeň zápoje (biologický zápoj), CP – plocha projekce, SDI – index hustoty porostu.

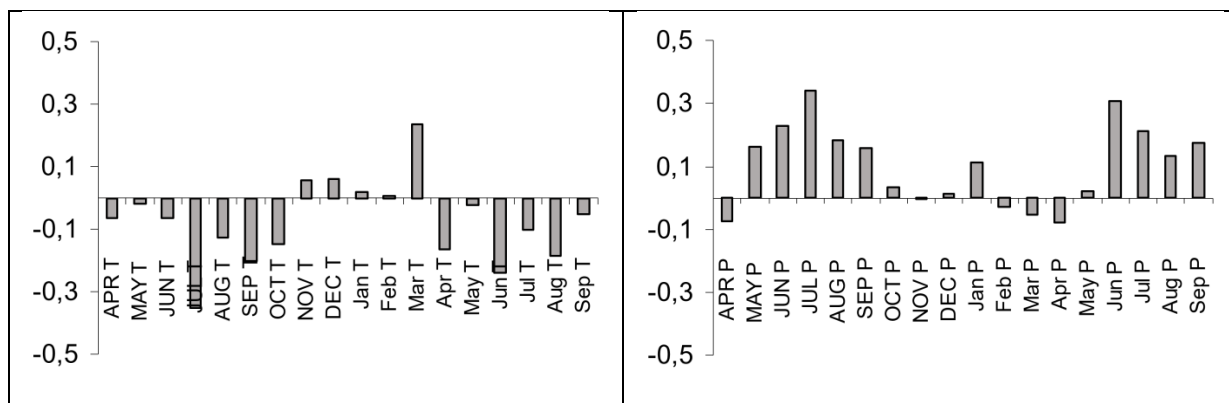
### 5.1.3. Letokruhové analýzy

V letech 1960 až 2021 byla průměrná tloušťka letokruhů 1,88 mm ( $s_x$  1,50), v období výrazného sucha v letech 2016 až 2020 to bylo 0,85 mm ( $s_x$  0,70). Významné negativní roky s extrémně nízkým radiálním růstem, dosahujícím méně než 40 % průměrného přírůstu v předchozích 4 letech a vyskytly se nejméně u 20 % stromů, byly zjištěny v letech 1976, 1996, 2006, 2017 a 2018. Dynamika borovice lesní vykazovala velmi silnou růstovou depresi v letech 1970-1974, která byla způsobena interakcí látek znečišťujících ovzduší ( $SO_2$ ), v r. 1976, 1996, 2006 to bylo výrazným klimatickým stresem v období výrazných inverzí a zejména zimním vysycháním a v letech 2016 až 2020 to bylo značné sucho (Obr. č. 16).



Obrázek č. 16 – Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 1 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Průměrný tloušťkový přírůst borovice lesní v letech 1960–2021 je znázorněn na Obr. č. 17. S teplotami koreloval pozitivně v březnu aktuálního roku ( $r = 0,24$ ) a negativně v červnu aktuálního roku ( $r = -0,24$ ). Kromě toho byl radiální růst v pozitivní korelaci se srážkami v červnu a červenci předcházejícího roku ( $r = 0,23$ ;  $r = 0,34$ ) a v červnu a červenci aktuálního roku ( $r = 0,31$ ;  $r = 0,21$ ).



Obrázek č. 17 – Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 1.

Tabulka č. 5 – Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 1. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

APR-T	-0,06452	APR-P	-0,07421
MAY-T	-0,01913	MAY-P	0,16280
JUN-T	-0,06442	JUN-P	0,23021
JUL-T	-0,35029	JUL-P	0,34094
AUG-T	-0,12544	AUG-P	0,18324
SEP-T	-0,20111	SEP-P	0,15865
OCT-T	-0,14832	OCT-P	0,03519
NOV-T	0,05749	NOV-P	-0,00586
DEC-T	0,06174	DEC-P	0,01314
Jan-T	0,01877	Jan-P	0,11362
Feb-T	0,00497	Feb-P	-0,02919
Mar-T	0,23507	Mar-P	-0,05249
Apr-T	-0,16206	Apr-P	-0,07783
May-T	-0,02127	May-P	0,02135
Jun-T	-0,24004	Jun-P	0,30774
Jul-T	-0,10333	Jul-P	0,21256
Aug-T	-0,18564	Aug-P	0,13411
Sep-T	-0,04964	Sep-P	0,17439

## 5. 2. TVP 2

### 5.2.1. Struktura porostu

V Tab. č. 6 jsou uvedeny růstové veličiny sdruženého porostu pro dřeviny borovice, smrk a celkem v roce 2021.

Průměrný věk je na této TVP nižší než TVP 1, pro BO 128 let a SM 133 let, celkový pak 125 let, nejvíce je shodný s TVP 4. Porost je nestejnověký.

Hodnota střední porostní výšky (h) je na této TVP 16,53 m. BO na této ploše dosahuje vyšší h (17,89 m) nežli SM (16,49 m). Stejně tak je tomu u průměrné výčetní tloušťky (d), kterou má BO větší (29,3 cm) nežli SM (27,7 cm). Oproti TVP 1 jsou hodnoty mezi borovicí a smrkem méně rozdílné.

Štíhlostní kvocient (h:d) jako ukazatel stability stromu proti ohrožení větrem, sněhem (Sequens, 2007) je na této TVP 61,0. BO dosahuje mírně vyšší hodnoty (61,1) nežli u SM (59,5). Ovšem obě hodnoty jsou spíše vysoké.

Dominantní dřevinou je smrk 304 ks/ha a borovice má pouze 168 ks/ha. Oproti TVP 1 je zde výrazně nižší počet jedinců 584 ks/ha, což je o více jak 300 ks/ha méně. V porovnání s ostatními TVP je na této ploše nejméně jedinců na ha. Jedná se o smíšený porost s hloučkovitým až skupinkovým smíšením BO a SM.

Hodnota celkové výtvarnice (f) je vzhledem k ostatním plochám nejnižší. SM i BO je mají podobné. Hodnota výčetní kruhové základny (G) je při srovnání s ostatními plochami také nejnižší, ale vyšší hodnoty nabývá SM 18,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Objem sdruženého porostu (V) je 277 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. V porovnání s ostatními plochami nejnižší. Průměrný objem stromu (v) vychází 0,47m<sup>3</sup>. Pro BO je průměrný objem stromu (v) vyšší (0,601 m<sup>3</sup>) nežli pro SM (0,514 m<sup>3</sup>), ale SM má výrazně více jedinců na ha a tedy i větší objem porostu (V) 155 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> nežli BO 101 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

CBP je na této TVP nejnižší vzhledem k ostatním plochám. Stejně tak CPP a COP.

Celkový průměrný přírůst (CPP) pro BO je ve 128 letech 0,79 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> a pro SM ve 133 letech více a tedy 1,17 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.

Celková objemová produkce (COP) jakožto produkční výkon porostu do roku 2021 je 281 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. U SM i BO odpovídá objemu porostu.

Tabulka č. 6 – Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 2.

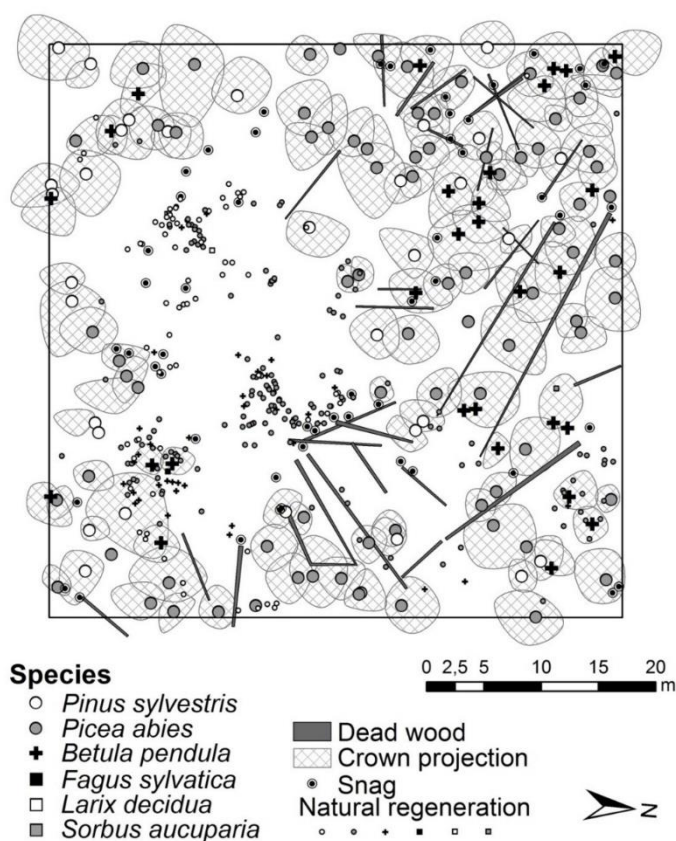
Rok	Dřevina	Sdružený porost											
		t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2021	BO	128	29,3	17,89	0,497	0,601	168	11,3	101	61,1	1,1	0,79	101
2021	SM	133	27,7	16,49	0,517	0,514	304	18,2	155	59,5	2,8	1,17	156
2021	celkem	125	27,1	16,53	0,499	0,477	584	33,6	277	61,0	4,1	2,22	281

Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m<sup>3</sup>); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); V – objem porostu (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); CPP – celkový průměrný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); COP – celková objemová produkce (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).



Horizontální strukturu porostu jednotlivých dřevin na TVP 2 pro rok 2020 znázorňuje Obr. č. 18. Rozmístění jedinců je shlukovitě.

Tab. č. 7 uvádí hodnoty jednotlivých indexů horizontální struktury stromového patra. Podle všech čtyř indexů Hopkins–Skellam, Pielou–Mountford, David–Moore a Clark–Evans jsou jedinci mateřského porostu rozmístění agregovaně.

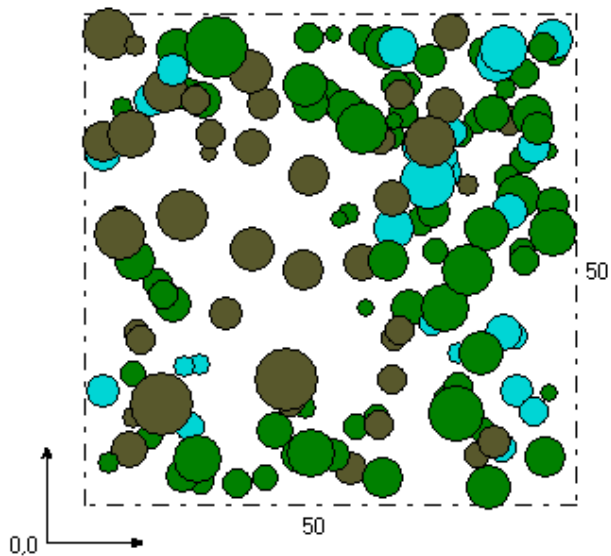
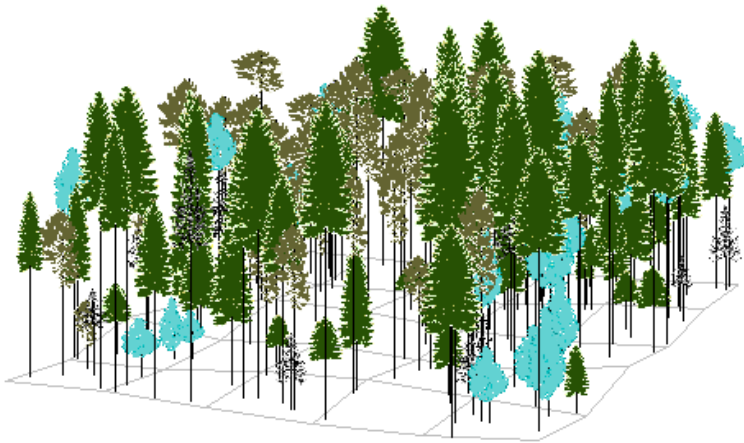


Obrázek č. 18 – Horizontální struktura reliktního boru na TVP 2 v r. 2020.

Tabulka č. 7 – Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 2.

Index	hodnota
Hopkins–Skellam	0,661*
Pielou–Mountford	1,786*
Clark–Evans	0,999
David–Moore	0,130

Vizualizace aktuálního stavu (rok 2021) vertikální a horizontální struktury porostu je znázorněna na Obr. č. 19. Jedná se o víceetážový porost s bohatou strukturou.



Obrázek č. 19 – Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 2 v roce 2021.

### 5.2.2. Biodiverzita porostu

Indexy strukturální diferenciace stromového patra porostu jsou uvedeny v Tab. č. 8.

Horizontální uspořádání jedinců je dle R (Clark–Evans) indexu agregované a lze předpokládat, že bude stoupat k náhodnému uspořádání.

Ukazatel vertikální diverzity Arten-profil index s hodnotou 0,806 vypovídá o velmi vysoké prostorové rozrůzněnosti. Ze zkoumaných TVP je zde nejvyšší.

Index porostní proměnlivosti B přesahuje hodnotu 5, jde o pestrou porostní skladbu. Ale zkoumaných TVP je zde nejnižší.

Indexy tloušťkové a výškové diference jsou spíše nižší, pohybují se okolo hodnot 0,3, to poukazuje na porost se střední strukturální rozrůzněností.

Index korunové diference nedosahuje hodnoty 2, jde tedy o střední korunovou diferenciaci.

Dle Shannonova indexu (H) se jedná o porost se střední druhovou diverzitou a velmi vysokou druhovou vyrovnaností (E index).

Charakteristiky pro denzitu porostu jsou taktéž uvedeny v Tab. č. 8. Hodnoty jsou zde nejnižší ze všech zkoumaných TVP CC (70,8) CP (1,24) a SDI (0,6), lze konstatovat, že využití produkčního prostoru je na reliktní bory dobré.

V rámci malého vývojového cyklu je porost ve stádiu dorůstání.

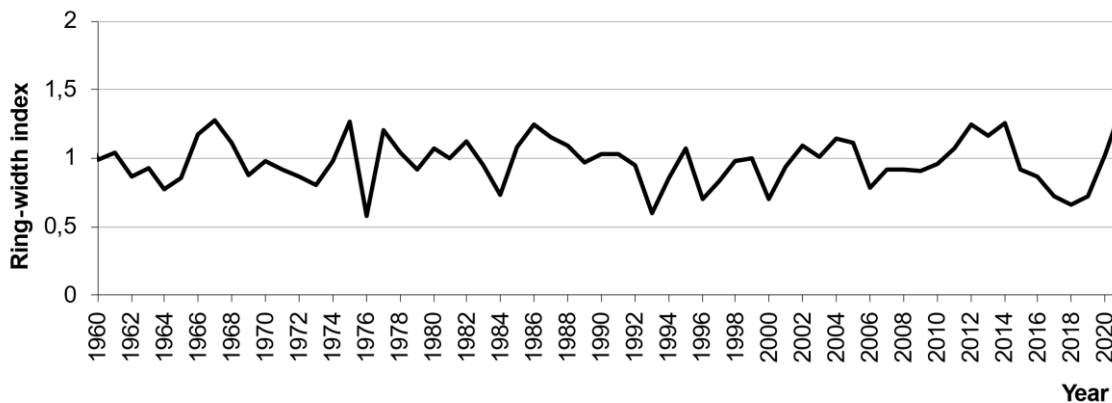
Tabulka č. 8 – Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 2.

Rok	Indexy										
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM <sub>d</sub> (Fi)	TM <sub>h</sub> (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)	CC	CP	SDI
2021	0,999	0,806	6,823	0,355	0,322	1,849	0,416	0,872	70,8	1,24	0,6

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM<sub>d</sub> – index tloušťkové diference, TM<sub>h</sub> – index výškové diference, K – index korunové diference, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti, CC – stupeň zápoje (biologický zápoj), CP – plocha projekce, SDI – index hustoty porostu.

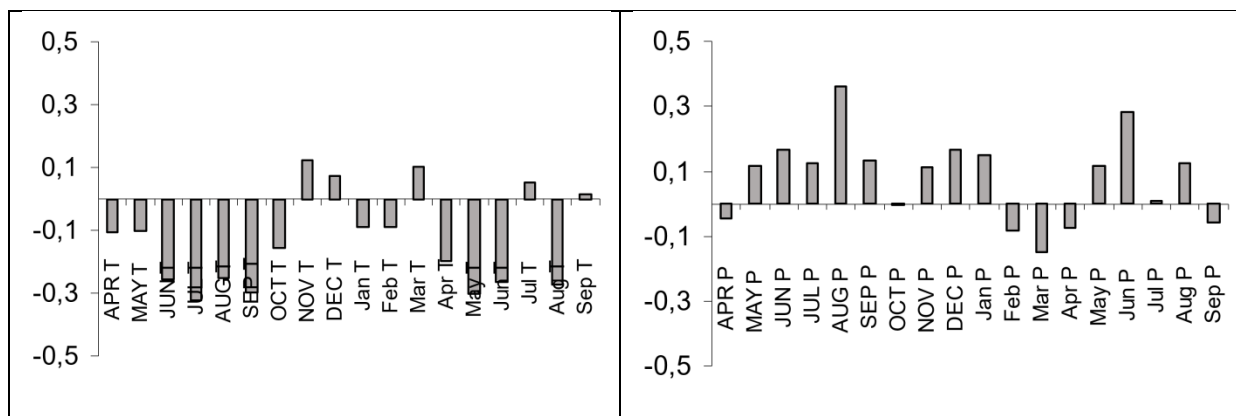
### 5.2.3. Letokruhové analýzy

Na TVP 2 v letech 1960 až 2021 byla průměrná tloušťka letokruhů 0,89 mm ( $s_x$  0,50), v období výrazného sucha v letech 2016 až 2020 to bylo 0,64 mm ( $s_x$  0,35). Významné negativní roky s extrémně nízkým radiálním růstem, dosahujícím méně než 40 % průměrného přírůstu v předchozích 4 letech a vyskytly se nejméně u 20 % stromů, byly zjištěny v letech 1976 a 1993. Dynamika borovice lesní vykazovala velmi silnou růstovou depresi v letech 1970-1974, která byla způsobena interakcí látek znečišťujících ovzduší ( $SO_2$ ), v r. 1976, 1984, 1993, 1996 a 2000 to bylo výrazným klimatickým stresem v období výrazných inverzí a zejména zimním vysycháním a v letech 2016 až 2020 to bylo značné sucho (Obr. č. 20).



Obrázek č. 20 – Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 2 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Průměrný tloušťkový přírůst borovice lesní v letech 1960–2021 je znázorněn na Obr. č. 21. S teplotami koreloval negativně v červnu, červenci, srpnu a v září předcházejícího roku ( $r = -0,25$ ;  $r = -0,32$ ;  $r = -0,25$ ;  $r = -0,34$ ) a též negativně koreloval s teplotami v květnu, červnu a v srpnu aktuálního roku ( $r = -0,30$ ;  $r = -0,26$ ;  $r = -0,27$ ). Kromě toho byl radiální růst v pozitivní korelaci se srážkami v srpnu předcházejícího roku ( $r = 0,36$ ) a v červnu aktuálního roku ( $r = 0,28$ ).



Obrázek č. 21 – Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 2.

Tabulka č. 9 – Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 2. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

APR-T	-0,10558	APR-P	-0,04435
MAY-T	-0,10102	MAY-P	0,116171
JUN-T	-0,25346	JUN-P	0,166467
JUL-T	-0,32046	JUL-P	0,123237
AUG-T	-0,2522	AUG-P	0,359889
SEP-T	-0,29619	SEP-P	0,133222
OCT-T	-0,15338	OCT-P	-0,00447
NOV-T	0,122549	NOV-P	0,112561
DEC-T	0,072228	DEC-P	0,16701
Jan-T	-0,09084	Jan-P	0,149095
Feb-T	-0,08875	Feb-P	-0,08157
Mar-T	0,103049	Mar-P	-0,15019
Apr-T	-0,19556	Apr-P	-0,0733
May-T	-0,30197	May-P	0,115868
Jun-T	-0,26426	Jun-P	0,282443
Jul-T	0,052213	Jul-P	0,010054
Aug-T	-0,27347	Aug-P	0,125441
Sep-T	0,014823	Sep-P	-0,05914

## 5. 3. TVP 3

### 5.3.1. Struktura porostu

V Tab. č. 10 jsou uvedeny růstové veličiny sdruženého porostu pro dřeviny borovice a smrk v roce 2021.

Průměrný věk této TVP je nejnižší ze všech zkoumaných ploch. Porost je nestejnověký.

Hodnota průměrné výčetní tloušťky je na této TVP nejnižší, tedy 24,7 cm.

Hodnota střední porostní výšky (h) je na této TVP 17,1m. BO na této ploše dosahuje vyšší h (19,29 m) nežli SM (15,58 m). Stejně tak je tomu u průměrné výčetní tloušťky (d), kterou má BO výrazně větší (29,1 cm) nežli SM (21,8 cm). Celková d je na této TVP nejnižší (24,7 m).

Štíhlostní kvocient (h:d) jako ukazatel stability stromu proti ohrožení větrem, sněhem (Sequens 2007) je na této TVP nejvyšší (68,9). BO dosahuje nižší hodnoty (66,3) nežli SM (71,5). Ovšem obě hodnoty jsou vysoké.

Dominantní dřevinou je smrk 496 ks/ha a borovice má 266 ks/ha. Celkový počet jedinců je 850ks/ha. Jedná se o smíšený porost s hloučkovitým až skupinkovým smíšením.

Hodnota celkové výtvarnice (f) je 0,543. SM i BO je mají totožné. Hodnota výčetní kruhové základny (G) je 40,6 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, mezi BO a SM není výrazný rozdíl.

Objem porostu (V) je 375 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Tyto hodnoty jsou nejvíce shodné s TVP 1. Průměrný objem stromu (v) vychází 0,442 m<sup>3</sup>. Obě veličiny jsou pro BO vyšší nežli pro SM.

Celkový průměrný přírůst (CPP) pro BO je ve 133 letech 1,40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> a pro SM ve 120 letech méně a tedy 1,32 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.

Celková objemová produkce (COP) jakožto produkční výkon porostu do roku 2021 je 377 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. U SM i BO odpovídá objemu porostu.

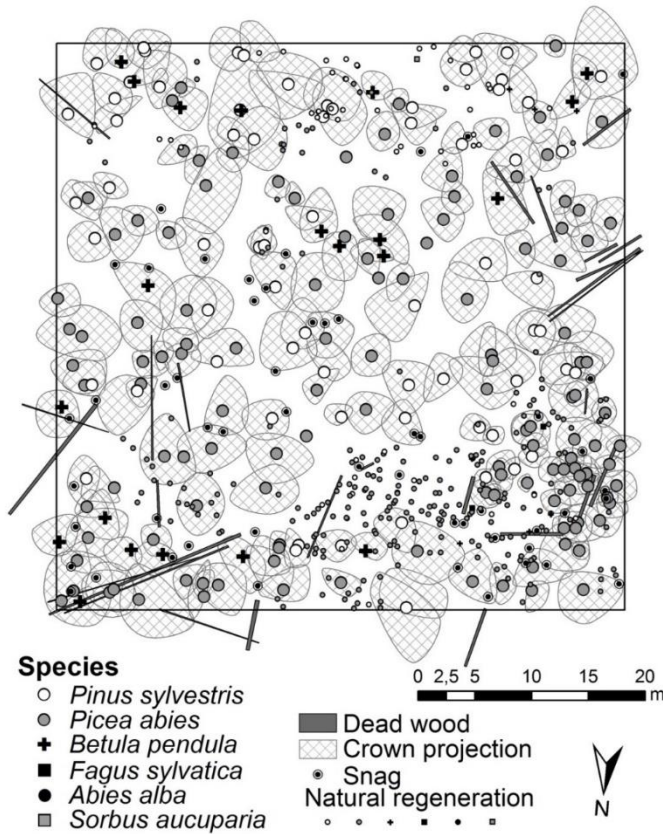
Tabulka č. 10 – Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 3.

Rok	Dřevina	Sdružený porost											
		t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2021	BO	133	29,1	19,29	0,544	0,700	266	17,7	186	66,3	2,5	1,40	186
2021	SM	120	21,8	15,58	0,549	0,319	496	18,4	158	71,5	3,3	1,32	159
2021	celkem	123	24,7	17,01	0,543	0,442	850	40,6	375	68,9	6,0	3,05	377

Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m<sup>3</sup>); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); V – objem porostu (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); CPP – celkový průměrný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); COP – celková objemová produkce (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Horizontální strukturu porostu jednotlivých dřevin na TVP 3 pro rok 2020 znázorňuje Obr. č. 22. Rozmístění jedinců je shlukovitě.

Tab. č. 11 uvádí hodnoty jednotlivých indexů horizontální struktury stromového patra. Podle všech čtyř indexů Hopkins–Skellam, Pielou–Mountford, David–Moore a Clark–Evans jsou jedinci mateřského porostu rozmístění agregovaně. Stejně jako na TVP 2.



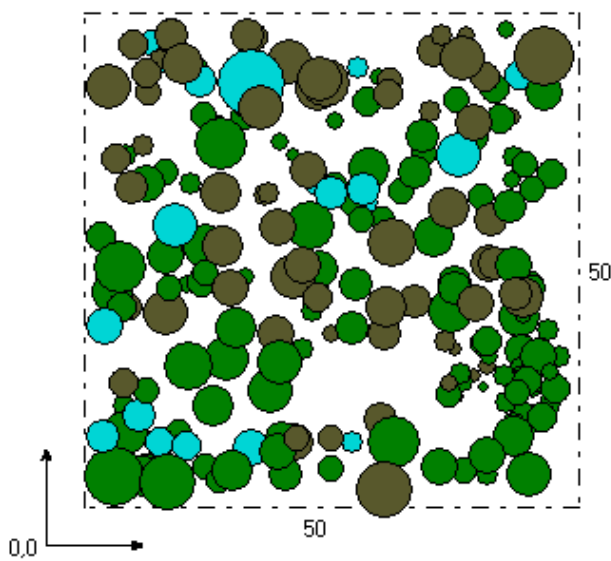
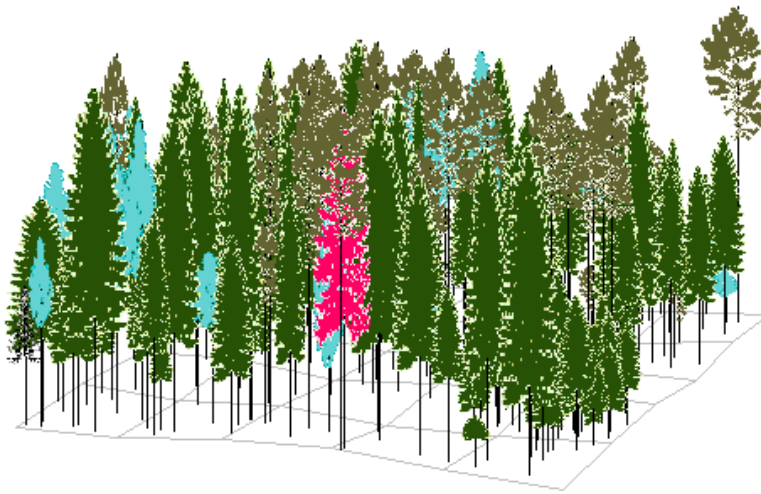
Obrázek č. 22 – Horizontální struktura reliktního boru na TVP 3 v r. 2020.

Tabulka č. 11 – Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 3.

Index	hodnota
Hopkins–Skellam	0,505
Pielou–Mountford	1,014
Clark–Evans	0,978
David–Moore	0,211



Vizualizace aktuálního stavu (rok 2021) vertikální a horizontální struktury porostu je znázorněna na Obr. č. 23. Jedná se o víceetážový porost s bohatou strukturou.



Obrázek č. 23 – Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 3 v roce 2021.

### 5.3.2. Biodiverzita porostu

Indexy strukturální diferenciace stromového patra porostu jsou uvedeny v Tab. č. 12.

Horizontální uspořádání jedinců je dle R (Clark–Evans) indexu agregované a lze předpokládat, že bude stoupat k náhodnému uspořádání.

Ukazatel vertikální struktury Arten-profil index s hodnotou 0,77 vypovídá o velmi vysoké prostorové rozrůzněnosti.

Index porostní proměnlivosti B je vysoký, výrazně přesahuje hodnotu 5, jde tedy o pestrou porostní skladbu. Hodnoty 7,1–7,9 značí porost s nerovnoměrnou výstavbou.

Indexy tloušťkové a výškové diference jsou spíše nižší, pohybují se okolo hodnot 0,3, to poukazuje na porost se střední strukturální rozrůzněností.

Index korunové diference nedosahuje hodnoty 2, jde tedy o střední korunovou diferenciaci.

Dle Shannonovo indexu (H) se jedná o porost se střední druhovou diverzitou a vysokou druhovou vyrovnaností (E index).

Charakteristiky pro denzitu porostu jsou taktéž uvedeny v Tab. č. 12. Hodnoty jsou spíše nižší CC (77,6) CP (1,5) a SDI (0,76), lze konstatovat, že využití produkčního prostoru je dobré.

V rámci malého vývojového cyklu je porost ve stádiu dorůstání.

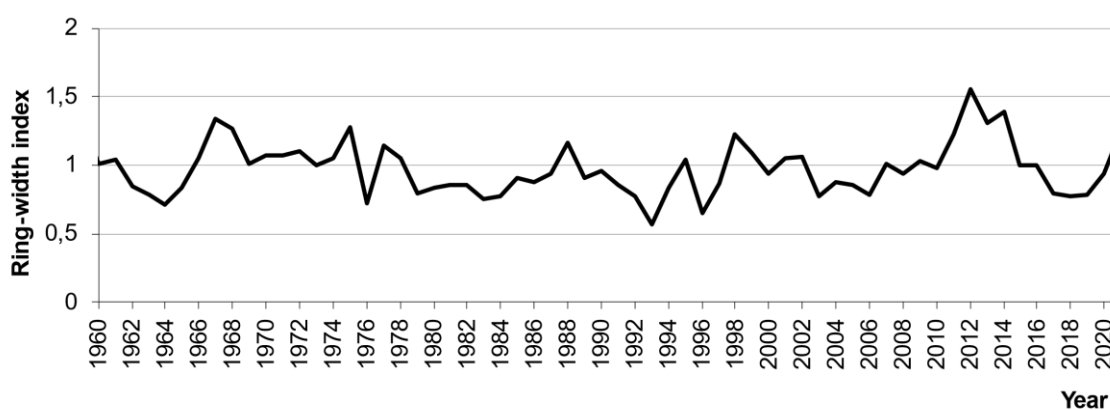
Tabulka č. 12 – Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 3.

Rok	Indexy										
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM <sub>d</sub> (Fi)	TM <sub>h</sub> (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pii)	CC	CP	SDI
2021	0,978	0,77	7,859	0,322	0,301	1,862	0,439	0,73	77,6	1,5	0,76

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM<sub>d</sub> – index tloušťkové diference, TM<sub>h</sub> – index výškové diference, K – index korunové diference, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti, CC – stupeň zápoje (biologický zápoj), CP – plocha projekce, SDI – index hustoty porostu.

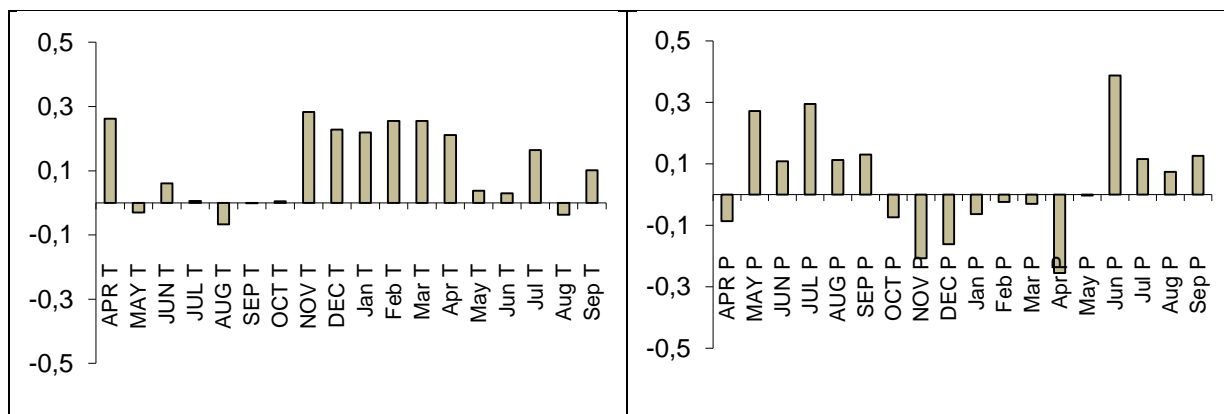
### 5.3.3. Letokruhové analýzy

Na TVP 3 v letech 1960 až 2021 byla průměrná tloušťka letokruhů 1,00 mm ( $s_x$  0,50), v období výrazného sucha v letech 2016 až 2020 to bylo 0,82 mm ( $s_x$  0,48). Významné negativní roky s extrémně nízkým radiálním růstem, dosahujícím méně než 40 % průměrného přírůstu v předchozích 4 letech a vyskytly se nejméně u 20 % stromů, byly zjištěny v letech 1976, 1993 a 1996. Dynamika borovice lesní vykazovala růstovou depresi v letech 1962–1965, která byla způsobena interakcí látek znečišťujících ovzduší ( $SO_2$ ), v r. 1976, 1993 a 1996 to bylo výrazným klimatickým stresem v období výrazných inverzí a zejména zimním vysycháním a v letech 2016 až 2020 to bylo značné sucho (Obr. č. 24).



Obrázek č. 24 – Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 3 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Průměrný tloušťkový přírůst borovice lesní v letech 1960–2021 je znázorněn na Obr. č. 25. S teplotami koreloval pozitivně v dubnu, listopadu a v prosinci předcházejícího roku ( $r = 0,26$ ;  $r = 0,28$ ;  $r = 0,22$ ) a též pozitivně koreloval s teplotami v lednu, únoru březnu a v dubnu aktuálního roku ( $r = 0,22$ ;  $r = 0,26$ ;  $r = 0,26$ ;  $r = 0,21$ ). Kromě toho byl radiální růst v pozitivní korelaci se srážkami v květnu a v červenci předcházejícího roku ( $r = 0,27$ ;  $r = 0,29$ ) a v negativní korelaci se srážkami v listopadu předcházejícího roku ( $r = -0,21$ ) a v negativní korelaci se srážkami v dubnu aktuálního roku ( $r = -0,26$ ) a v pozitivní korelaci se srážkami v červnu aktuálního roku ( $r = 0,29$ ).



Obrázek č. 25 – Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 3.

Tabulka č. 13 – Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 3. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

<b>APR T</b>	<b>0,261889</b>	APR P	-0,08661
MAY T	-0,03017	<b>MAY P</b>	<b>0,271761</b>
JUN T	0,061092	JUN P	0,108456
JUL T	0,005872	<b>JUL P</b>	<b>0,294999</b>
AUG T	-0,06731	AUG P	0,112444
SEP T	-0,00102	SEP P	0,129975
OCT T	0,004994	OCT P	-0,07367
<b>NOV T</b>	<b>0,283428</b>	<b>NOV P</b>	<b>-0,20731</b>
<b>DEC T</b>	<b>0,228543</b>	DEC P	-0,16083
<b>Jan T</b>	<b>0,219197</b>	Jan P	-0,06322
<b>Feb T</b>	<b>0,255095</b>	Feb P	-0,02408
<b>Mar T</b>	<b>0,255505</b>	Mar P	-0,0299
<b>Apr T</b>	<b>0,211514</b>	<b>Apr P</b>	<b>-0,25507</b>
May T	0,037997	May P	-0,00333
Jun T	0,030197	<b>Jun P</b>	<b>0,387969</b>
Jul T	0,164252	Jul P	0,115965
Aug T	-0,03737	Aug P	0,074131
Sep T	0,101471	Sep P	0,125887

## 5. 4. TVP 4

### 5.4.1. Porostní ukazatelé

V Tab. č. 14 jsou uvedeny růstové veličiny sdruženého porostu pro dřeviny borovice a smrk v roce 2021.

Průměrný věk porostu celkem je 125let. Porost je nestejnověký.

Hodnota střední porostní výšky (h) je na této TVP nejvyšší 17,27 m. BO na této ploše dosahuje vyšší h (19,68 m) nežli SM (15,92 m). Stejně tak je tomu u průměrné výčetní tloušťky (d), kterou má BO výrazně větší (30,6 cm) nežli SM (22,5 cm).

Štíhlostní kvocient (h:d) jako ukazatel stability stromu proti ohrožení větrem, sněhem (Sequens, 2007) je na této TVP 66,9. BO dosahuje nižší hodnoty (66,3) nežli SM (70,8). Ovšem obě hodnoty jsou spíše vysoké.

Dominantní dřevinou je smrk 434ks/ha a borovice má 324 ks/ha. Celkově 870ks/ha, to je po TVP 1 nejvíce. Jedná se o smíšený porost s hloučkovitým až skupinkovým uspořádáním.

Hodnota celkové výtvarnice (f) je 0,542. SM i BO je mají totožné. Hodnota výčetní kruhové základny (G) je 45,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, BO oproti SM nabývá vyšší hodnoty.

Objem sdruženého porostu (V) je 423 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, což je nejvíce ze všech zkoumaných ploch. Taktéž průměrný objem stromu (v) vychází nejvyšší 0,491m<sup>3</sup>. Obě veličiny jsou pro BO vyšší nežli pro SM.

CBP je pro tuto TVP nejvyšší, stejně tak CPP a COP.

Celkový průměrný přírůst (CPP) pro BO je ve 134 letech 1,86 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> a pro SM ve 122 letech méně a tedy 1,21 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.

Celková objemová produkce (COP) jakožto produkční výkon porostu do roku 2021 je 434 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. U SM i BO jsou hodnoty mírně vyšší nežli objem porostu.

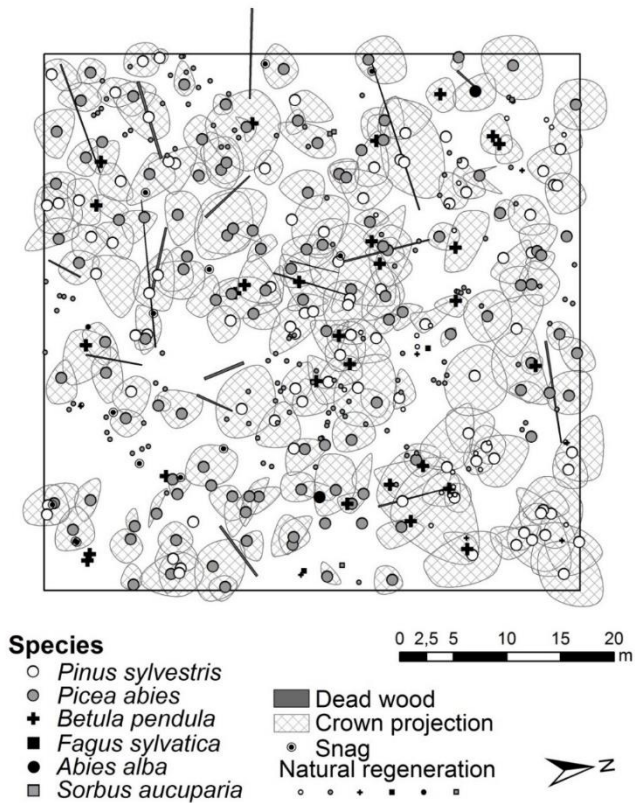
Tabulka č. 14 – Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 4.

Rok	Dřevina	Sdružený porost											
		t	d	h	f	v	N	G	V	h:d	CBP	CPP	COP
2021	BO	134	30,6	19,68	0,536	0,78	324	23,6	249	64,3	3,0	1,86	254
2021	SM	122	22,5	15,92	0,54	0,342	434	17,2	147	70,8	2,8	1,21	152
2021	celkem	125	25,8	17,27	0,542	0,491	870	45,2	423	66,9	6,1	3,38	434

Vysvětlivky: t – průměrný věk porostu; d – průměrná výčetní tloušťka (cm); h – střední porostní výška (m); f – výtvarnice; v – průměrný objem stromu (m<sup>3</sup>); N – počet stromů na 1 ha; G – výčetní kruhová základna (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>); V – objem porostu (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>); h:d – štíhlostní kvocient; CBP – celkový běžný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); CPP – celkový průměrný přírůst (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>); COP – celková objemová produkce (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).

Horizontální strukturu porostu jednotlivých dřevin na TVP 4 pro rok 2020 znázorňuje Obr. č. 26. Rozmístění jedinců je převážně shlukovité.

Tab. č. 15 uvádí hodnoty jednotlivých indexů horizontální struktury stromového patra. Podle indexu Hopkins–Skellam, Clark–Evans a David–Moore jsou jedinci stromového patra rozmístění pravidelně. Pouze dle indexu Pielou-Mountford jsou jedinci rozmístění agregovaně.

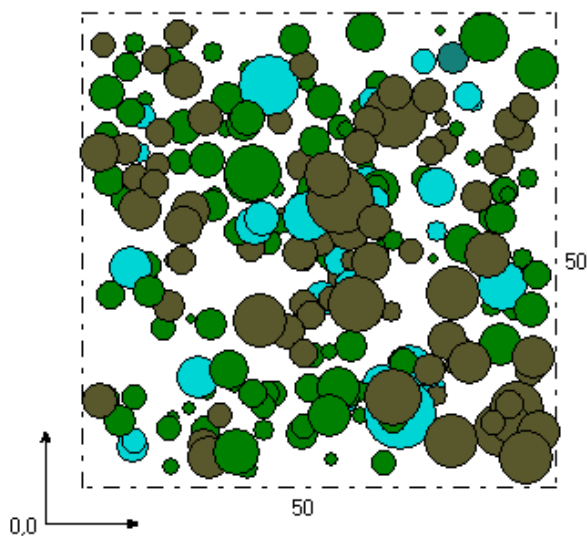
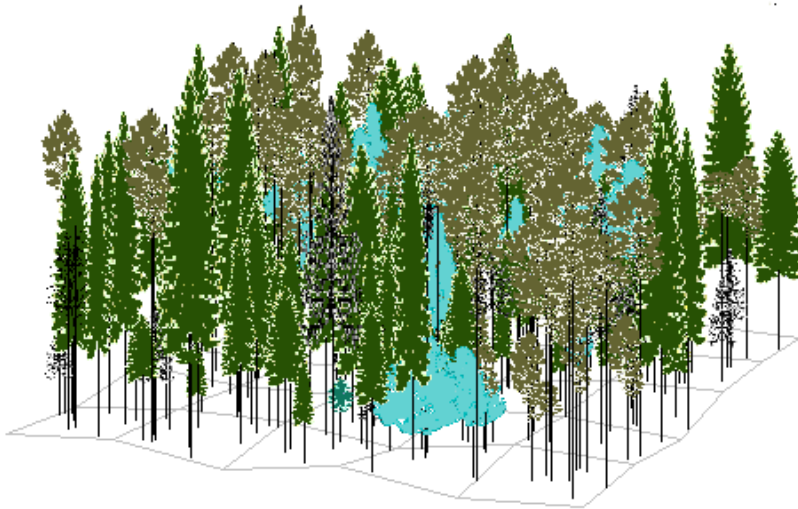


Obrázek č. 26 – Horizontální struktura reliktního boru na TVP 4 v r. 2020.

Tabulka č. 15 – Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 4.

Index	hodnota
Hopkins–Skellam	0,505
Pielou–Mountford	1,014
Clark–Evans	0,978
David–Moore	0,211

Vizualizace aktuálního stavu (rok 2021) vertikální a horizontální struktury porostu je znázorněna na Obr. č. 27. Jedná se o víceetážový porost s bohatou strukturou.



Obrázek č. 27 – Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 4 v roce 2021.

#### 5.4.2. Biodiverzita porostu

Indexy strukturální diferenciace stromového patra porostu jsou uvedeny v Tab. č. 16.

Horizontální uspořádání jedinců je dle R (Clark–Evans) indexu pravidelné.

Ukazatel vertikální struktury Arten-profil index s hodnotou 0,732 vypovídá o velmi vysoké prostorové rozrůzněnosti.



Index porostní proměnlivosti B je vysoký, výrazně přesahuje hodnotu 5, jde tedy o pestrou porostní skladbu. Hodnoty 7,1–7,9 značí porost s nerovnoměrnou výstavbou.

Indexy tloušťkové a výškové diference jsou spíše nižší, to poukazuje na porost se střední strukturální rozrůzněností. Ze zkoumaných TVP zde dosahují hodnot nejvyšších.

Index korunové diference nedosahuje hodnoty 2, jde tedy o střední korunovou diferenciaci.

Dle Shannonova indexu (H) se jedná o porost se střední druhovou diverzitou a vysokou druhovou vyrovnaností (E index).

Charakteristiky pro denzitu porostu jsou taktéž uvedeny v Tab. č. 16. Hodnoty jsou spíše vyšší CC (80,4) CP (1,63) a SDI (0,74), lze konstatovat, že využití produkčního prostoru je dobré.

V rámci Malého vývojového cyklu je porost ve stádiu dorůstání.

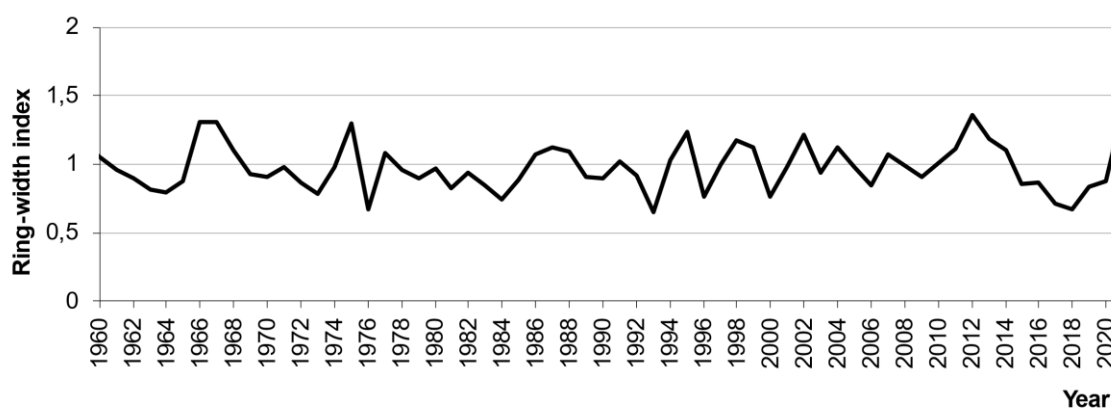
Tabulka č. 16 – Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 4.

Rok	Indexy										
	R (C&Ei)	A (Pri)	B (J&Di)	TM <sub>d</sub> (Fi)	TM <sub>h</sub> (Fi)	K (J&Di)	H' (Si)	E (Pi)	CC	CP	SDI
2021	1,011	0,732	7,511	0,42	0,366	1,66	0,414	0,687	80,4	1,63	0,74

Vysvětlivky: R – Clark-Evansův agregační index, A – Arten-profil index, B – index porostní proměnlivosti, TM<sub>d</sub> – index tloušťkové diference, TM<sub>h</sub> – index výškové diference, K – index korunové diference, H' – index druhové různorodosti (entropie H'), E – index druhové vyrovnanosti, CC – stupeň zápoje (biologický zápoj), CP – plocha projekce, SDI – index hustoty porostu.

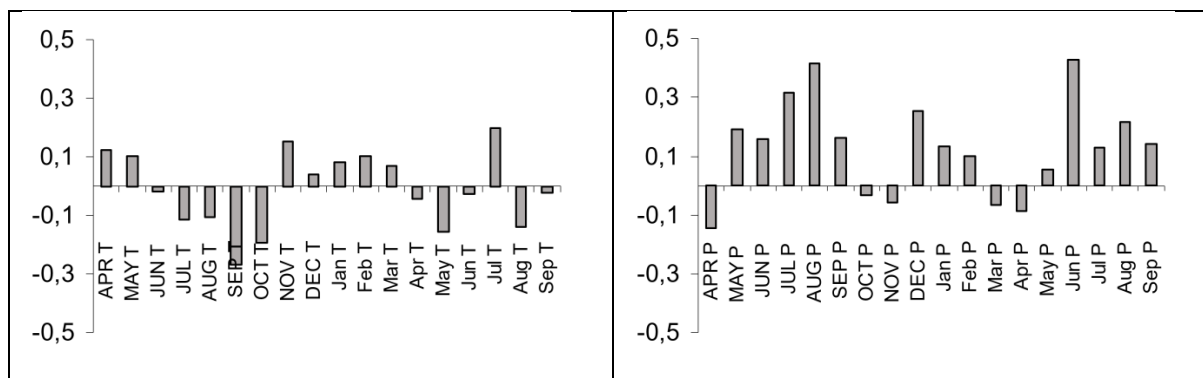
### 5.4.3. Letokruhové analýzy

Na TVP 4 v letech 1960 až 2021 byla průměrná tloušťka letokruhů 0,91 mm ( $s_x$  0,50), v období výrazného sucha v letech 2016 až 2020 to bylo 0,59 mm ( $s_x$  0,39). Významné negativní roky s extrémně nízkým radiálním růstem, dosahujícím méně než 40 % průměrného přírůstu v předchozích 4 letech a vyskytly se nejméně u 20 % stromů, byly zjištěny v letech 1976 a 2018. Dynamika borovice lesní vykazovala růstovou depresi v letech 1962–1965 a 1969–1973, která byla způsobena interakcí látek znečišťujících ovzduší ( $SO_2$ ), v r. 1976, 1993, 1996 a 2000 to bylo výrazným klimatickým stresem v období výrazných inverzí a zejména zimním vysycháním a v letech 2015 až 2020 to bylo značné sucho (Obr. č. 28).



Obrázek č. 28 – Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 4 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Průměrný tloušťkový přírůst borovice lesní v letech 1960–2021 je znázorněn na Obr. č 29. S teplotou koreloval negativně v září předcházejícího roku ( $r = -0,27$ ) a pozitivně koreloval se srážkami v červenci, srpnu a prosinci předcházejícího roku ( $r = 0,32$ ;  $r = 0,42$ ;  $r = 0,25$ ) a též pozitivně koreloval se srážkami v červnu a srpnu aktuálního roku ( $r = 0,43$ ;  $r = 0,21$ ).



Obrázek č. 29 – Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 4.

Tabulka č. 17 – Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 4. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

APR-T	0,122173	APR-P	-0,14714
MAY-T	0,104046	MAY-P	0,190764
JUN-T	-0,01687	JUN-P	0,157518
JUL-T	-0,11533	JUL-P	0,315478
AUG-T	-0,1059	AUG-P	0,416829
SEP-T	-0,2667	SEP-P	0,160523
OCT-T	-0,19469	OCT-P	-0,03349
NOV-T	0,150663	NOV-P	-0,05667
DEC-T	0,040399	DEC-P	0,252119
Jan-T	0,081455	Jan-P	0,134891
Feb-T	0,10195	Feb-P	0,098098
Mar-T	0,069718	Mar-P	-0,06492
Apr-T	-0,04458	Apr-P	-0,08767
May-T	-0,15353	May-P	0,052563
Jun-T	-0,02659	Jun-P	0,426535
Jul-T	0,198464	Jul-P	0,129999
Aug-T	-0,14033	Aug-P	0,21498
Sep-T	-0,02388	Sep-P	0,141261

## 6. Diskuze

Názory na ponechání lesních porostů jejich samovolnému vývoji se velmi liší (Vacek, Moucha et al. 2012), problematika lesních ekosystému pod dlouhodobým a výrazným vlivem imisí se objevuje v mnoha diskuzích (cf. Vacek et al. 2007, Tesař et al. 2011, Vacek et al. 2015). Reliktní bory v Adršpašsko-teplických skalách, jsou pod vlivem imisí z elektrárny EPO II v Poříčí u Trutnova a k těmto diskutabilním porostům patří (Mikeska, Vacek et al. 2008). Dle Sullivan et al. 2009 a Vacek et al. 2017 je ale studií zabývajících se vývojem, strukturou a obnovou autochtonních borových porostů ve středoevropských podmínkách nedostatek.

Počet živých stromů se na TVP 1–4 pohyboval od 584 (TVP 2) do 922 (TVP 1) ks/ha. V porovnání se studií Vacek (2015) se počty jedinců na všech TVP snížily, u TVP 3 a 4 to lze přisuzovat napadením smrku ztepilého lýkožroutem smrkovým, který je na obou plochách základní dřevinou. Zásoba porostu se pohybovala od 277 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (TVP 2) do 423 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (TVP 4). Od roku 2000 a 2015 (Vacek et al. 2015) se hodnoty stále zvyšují. Kromě TVP 2 se na všech TVP na zásobě podílela dominantně borovice lesní. Nejvyšší hodnota je na TVP 1 278 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, zde je také převažující dřevinou, na ostatních TVP převažuje smrk ztepilý. V souladu se zásobou se pohybují hodnoty COP a CPP, které se zvětšují. Nejnižší jsou na TVP 2 a nejvyšší na TVP 4. CBP do roku 2015 narůstala, pro rok 2021 klesá (Vacek et al., 2015). Hodnoty jsou obdobné s prací Bílek et al. (2016), která se zabývá přirozenými borovými stanovišti v ČR a Polsku.

Horizontální struktura porostů u stromového patra dle strukturálních indexů zaznamenala posun od převážně nevýrazně pravidelného rozmístění (Vacek et al. 2015) k výrazně shlukovitému rozmístění (především TVP 2 a 3). Shlukovité uspořádání je typické pro extrémní stanovištní podmínky (Bílek 2016).

Radiální růst byl ovlivněn řadou různých faktorů, především imisemi, suchem, mrazy, klimatickým stresem. Na všech TVP (nejvíce na TVP 1) z výsledků letokruhových analýz vyplývá snížení radiálního růstu v posledních letech, zejména v důsledku sucha. Velmi silná růstová deprese byla pozorována v letech 1970–1974 z důvodu imisního zatížení (SO<sub>2</sub>). Dále v letech 1976, 1993, 1996 kvůli klimatickému stresu v období výrazných inverzí a zimního vysychání. Výsledky jsou v souladu s prací Vacek et al. 2015. Materna 1971 a Maňkovská 1988 uvádí jako prahovou hodnotu toxického vlivu imisí SO<sub>2</sub> na jehličnaté dřeviny ve

vegetačním období  $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dále se k fyziologickému poškození dřevin přidává stres. Dlouhodobé tříměsíční průměry  $\text{SO}_2$  se ze stanice Hony pohybovaly okolo  $68 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z dosavadních šetření zdravotního stavu borovice lesní v této oblasti (Vacek, Podrázský, 1994, 2000) se jedná o chronické poškození asimilačního aparátu. Z dalších výsledků jsou pozorovány obrovské regenerační schopnosti borovice, projevující se (od r. 1990–2015) postupným nárůstem olistění.

Indexy hodnotící biodiverzitu dosahovaly středních a vysokých hodnot, poukazovaly na vysokou biodiverzitu. Vyšší hodnoty byly převážně pro celkovou diverzitu dle indexu B (Jaehne, Dohrenbusch 1997), kdy na všech TVP byla nerovnoměrná výstavba a relativně pestrá porostní skladba. K podobným výsledkům z borových porostů pod přímým vlivem imisí dochází také i práce Vacek et al. 2015. V reliktních borech na pískovcových skalních útvech je biodiverzita větší než na chudých písčích přirozených borových stanovištích nížin (stanovištní a porostní poměry jsou více variabilní) (Mikeska, Vacek 2008). To dokládá práce (Bílek et al. 2016, Vacek et al. 2015, Vacek et al. 2010) stejně tak výsledky této práce. Podobně je tomu i s přirozenou obnovou. Na těchto TVP byly ještě v roce 2005 počty jedinců přirozené obnovy relativně nízké (Vacek et al. 2017), především z důsledků imisního zatížení, zejména z elektrárny EPO II v Poříčí u Trutnova (Tesař et al. 2011). Do roku 2015 došlo k poměrně značnému nárůstu počtu jedinců přirozené obnovy (až 5,9krát) – (Vacek et al. 2017). To svědčí o obrovském regeneračním potenciálu borovice lesní i na těchto extrémních stanovištích (Vacek et al. 2015). Z pohledu samovývoje je tato schopnost vysoce důležitá, jelikož přirozená obnova je významná pro přírodě blízké lesní ekosystémy (Pardos et al. 2008).

## 7. Závěr

Porosty reliktních borů jsou ponechány samovolnému vývoji již více než 80 let, jak z důvodu chráněného území (od r. 1993), tak z terénní nepřístupnosti. Po snížení imisního zatížení tyto porosty vykazují výrazné regenerační schopnosti. Studované TVP jsou ekologicky dostatečně stabilní, mají vysoký stupeň přirozenosti, biodiverzity a jsou schopny autoregulace. Také se zde ještě nerozeběhly procesy rozpadu stromového patra fyziologickým stářím či napadením fytopatogeny, které by výrazně změnily biodiverzitu a narušily stabilitu těchto porostů. To vše nasvědčuje tomu, aby byly i nadále ponechány vývoji.

Získané výsledky lze využít při tvorbě modelů přírodě blízkého managementu v lesích hospodářských na obdobných stanovištích a porostních poměrech CHKO Broumovsko, v lesích ekologicky cenných, u kterých se též rozhoduje o ponechání/neponechání samovolnému vývoji. Dále tato práce též přispěla k dlouhodobému monitoringu stavu a vývoje těchto reliktních borů v NPR Adršpašsko-teplické skály.

## 8. Zdroje

- AOPK ČR (2001) : *Správa chráněných krajinných oblastí ČR Správa CHKO Broumovsko. Plán péče* [online]. Opočno, VÚLHM VS Opočno, 2001 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <http://broumovsko.ochranaprirody.cz/res/archive/099/013946.pdf?seek=1372770610>
- AOPK ČR (2012) : *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky Správa Chráněné krajinné oblasti Broumovsko. Chráněné krajinné oblasti Broumovsko.* [online]. Police nad Metují, 2012 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <http://broumovsko.ochranaprirody.cz/res/archive/144/018924.pdf?seek=1384521751>
- AOPK ČR (2017) : *Správa chráněných krajinných oblastí ČR Správa CHKO Broumovsko. Plán péče* [online]. Opočno, VÚLHM VS Opočno, 2001 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z [https://www.obecadrspach.cz/e\\_download.php?file=data/uredni\\_deska/obsah323\\_2.pdf&original=OZUOPK-NPR\\_Adrspassko-teplicke\\_skaly\\_text\\_oznameni-20170803.pdf](https://www.obecadrspach.cz/e_download.php?file=data/uredni_deska/obsah323_2.pdf&original=OZUOPK-NPR_Adrspassko-teplicke_skaly_text_oznameni-20170803.pdf)
- AOPK ČR (2018) : *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Správa CHKO Broumovska.* [online]. Praha, Resort životního prostředí, 2018 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <http://broumovsko.ochranaprirody.cz/>
- Bílek, L., Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Král, J., Bulušek, D., Gallo, J. (2016): *How close to nature is close-to-nature pine silviculture?* Journal of Forest Science, 2016, roč. 62, č. 1, 24–34s. ISSN: 1212-4834
- Buriánek, V., Novotný, P., Frýdl, J. (2014) : *Metodická příručka k určování domácích druhů bříz: certifikovaná metodika.* Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2014. 40 s. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-081-2
- Clark, P. J.; Evans F. C. (1954): *Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations.* Ecology, 1954, vol. 35, no. 4, 445–453s. ISSN: 00129658
- David, F. N.; Moore, P. G. (1954): *Notes on contagious distributions in plant populations.* Annals of Botany. London, 1954, vol. 18, no. 1, 47–53s.
- Fabrika, M.; Ďurský, J. (2005): Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator. Journal of Forest Science, 2005, vol. 51, no. 10, 431–445s. ISSN 12124834
- Füldner, K., 1995: *Strukturbeschreibung in Mischbeständen.* Forstarchiv, 66, 235-606s.

- Gutzerová, N. (2004). *Inventarizační průzkum NPR Adršpašsko-teplické skály z oboru bryologie*. [Depon in: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 2004]
- Halda, P. J. (2005). *Inventarizační výzkum NPR Adršpašsko-teplické skály z oboru lichenologie*. [Depon in: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 2005].
- Hopkins, B.; Skellam, J. G. (1954): *A new method for determining the type of distribution of plant individuals*. *Annals of Botany*, 1954, vol. 18, no. 2, 213–227s.
- Husová, M. (1999): Bory. In: Míchal, I. - Petříček V. et al. (1999): *Péče o chráněná území II. – lesní společenstva*, Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky, Praha, 1999. 383s. ISBN 80-86064-14-X
- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí M., Grulich, V. & Lustyk, P., (eds), (2010): *Katalog biotopů České republiky*. 2. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky, 2010. 445s. ISBN 978-80-87457-03-0
- Jahne, S., Dohrenbusch, A. (1997): *Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversitat*. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. *Forstw*, 116. 1997. 333–345s.
- Korpeľ, Š. et al. (1991): *Pestovanie lesa*. *Príroda*. Bratislava 1991. 475s. ISBN 80-07-00428-9.
- Křístek, K. et al. (2002) : *Ochrana lesů: Ochrana lesů a přírodního prostředí*. 2. vyd. Písek, Matice lesnická spol. s.r.o., 2002. 386 s. ISBN 80-86271-08-0
- Kučera, T. (1999): *Reliktní bory, suťové a roklinové lesy*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 1999. 27 s. ISBN 80-86064-32-8
- Kuneš, P., Jankovská, V. (2000): *Outline of Late Glacial nad Holocene Vegetation in a Landscape with Strong Geomorphological Gradients*.- *Geolines* 11, Průhonice, International Conference on Past Global Changes, 2000. 112-114s.
- Maňkovská B. (1988): *The accumulation of atmospheric pollutants by Picea abis Karst*. *Ekológia*, Bratislava, 1988. vol. 38, no. 1, 51–57s.
- Materna J. (1971): *Effect of low sulphur dioxide concentrations on spruce*. *For. Comm. Re. Dev. Paper*, London, 82: 19s.



- Mikeska, M. – Vacek, S. et al. (2008): *Lesnicko – typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR* 1. vyd, Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2008. 450 s. 978-80-87154-20-5
- Mikeska, M. (2000). *Prověření typologického vymezení azonálních borových stanovišť v NPR Adršpašsko-teplické skály*. Závěrečná zpráva. Dílčí úkol 1. 6. v rámci projektu Výzkum a management lesních ekosystémů ve ZCHÚ VaV/610/1/99.
- Mikeska, M. et al. (2008) : *Lesnicko-typologické vymezení, struktura a management přirozených borů a borových doubrav v ČR*. 1. vyd. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s. r. o., 2008. 450 s. ISBN 978-80-87154-20-5
- Moucha, P. (1999): *Zásady začleňování lesů v chráněných krajinných oblastech do zón odstupňované ochrany přírody a krajiny a principy hospodaření v nich*. In: Moucha, P. (ed.) *Přírodě blízké způsoby hospodaření v lesích chráněných krajinných oblastí*. Průhonice 30. 3. 1999, Praha, SCHKO ČR, ČLS, 41-45s
- Mountford, M. D. On E. C. (1961): Pielou's index of nonrandomness. *Journal of Ecology*, vol. 49, 271 – 275s
- Musil, I., Hamerník J., (2007) : *Jehličnaté dřeviny : Lesnická dendrologie 1*. 1.vyd. Praha : Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9
- Novotný, M. (2014). Inventarizační průzkum NPR Adršpašsko-teplické skály z oboru mykologie. [Depon. in: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha2014]
- Pardos M., Montes F., Cañellas I. (2008). *Spatial dynamics of natural regeneration in two differently managed Pinus sylvestris stands before and after silvacultural intervention using replicated spatial point patterns*. *Forestry Science*, vol. 54, 2008. 260–272s.
- Pielou E.C. (1959): *The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations*. *Journal of Ecology* vol. 47, no. 3, 1959. 607–613 s.
- Pielou, E. C., 1975. *Ecological diversity*. New York, 1975. 165s. ISBN 0471689254
- Plíva, K. (1971): *Typologie lesů – Metodika a pracovní postupy*. Manuscript. [Depon in: ÚHÚL, Brandýs nad Labem, 1971. 52 s]

- Podrázský, V., Vacek, S. (1994a) : *Ohrožení lesních ekosystémů na pískovcových útvarech CHKO Broumovsko. II. Stav výživy borovice lesní a smrku ztepilého*. In: Příroda. Sborník prací z ochrany přírody. Sv. 1. Monitoring vybraných přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v České republice. Praha, Český ústav ochrany přírody 1994, 145 – 151 s. - Res. angl
- Podrázský, V., Vacek, S. (1994b) : *Ohrožení lesních ekosystémů na pískovcových útvarech CHKO Broumovsko. I. Stav lesních půd*. In: Příroda. Sborník prací z ochrany přírody. Sv. 1. Monitoring vybraných přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v České republice. Praha, Český ústav ochrany přírody 1994, 137 – 143 s. - Res. angl.
- Podrázský, V., Vacek, S. (1996): *Stav lesních půd na pískovcových útvarech v CHKO Broumovsko*. [Forest soil status at sandstone localities of the protected landscape area Broumovsko]. In: środowisko przyrodnicze parku narodowego gór Stołowych. Sympozjum naukowe. Kudowa Zdrój, 11 – 13. października 1996. Kudowa Zdrój, Wyd. Parku Narodowego Gór Stołowych, 95–100 s.
- Poleno, Z., Vacek, S. et al. (2007) : *Pěstování lesů II. : Teoretická východiska pěstování lesů* 1. vyd., Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., 2007. 464 s. ISBN 978-80-87154-09-0
- Poleno, Z., Vacek, S. et al. (2009) : *Pěstování lesů III. : Praktické postupy pěstování lesů*. 1. vyd., Zlín, Lesnická práce, s.r.o., 2009. 951 s. ISBN 978-80-87154-34-2
- Poleno, Z., Vacek, S. et al. (2011) : *Pěstování lesů I. : Ekologické základy pěstování lesů* 2. vyd., Zlín, Lesnická práce, s.r.o., 2011. 951 s. ISBN 978-80-87154-99-1
- Pretzsch, H. (2006): Wissen nutzbar machen für das Management von Waldökosystemen. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald, 61, 2006. 1158–1159 s.
- Průša, E. (1990): *Přirozené lesy České republiky*. 1. vyd, Ministerstvo lesního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČR ve Státním zemědělském nakladatelství, Praha 1990. 246 s., [16] s. obr. příl. Lesnictví, myslivost a vodní hospodářství.
- Reineke, L. H. (1933): *Perfecting a stand density index for even-aged forests*. Journal of Agricultural Research, Washington, 1933, vol. 46, no. 7, 627-638s.

- Sequens, J., (2007): *Dendrometrie*: [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: [https://katedry.czu.cz/storage/3844\\_Souhrn\\_Dendrometrie.pdf](https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf)
- Shannon, C. E., (1948): *A mathematical theory of communications*. The Bell. Syst. Techn. J., 1948, vol. 27, no. 3, 379-423 s.
- Sullivan T.P, Sullivan D.S., Lindgren P.M.F., Ransome D.B. (2009) : *Stand structure and the abundance and diversity of plants and small mammals in natural and intensively managed forests*. Forest Ecology and Management 2009. 258: 127–141s.
- Svoboda, M., Pouska, V., (2009): *Význam a funkce tlejícího dřeva v horských lesích v NP Šumava*. [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Jihočeská univerzita 2009 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: [http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008\\_dw.pdf](http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2008_dw.pdf)
- Šindelář, J. (2004) : *Přirozená obnova borovice lesní. Lesnická práce: Časopis pro lesnickou vědu a praxi* [online]. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2004, [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-83-2004/lesnicka-prace-c-8-04/prirozena-obnova-borovice-lesni>
- Tesař V., Balcar V., Lochman V., Nehyba J. (2011): *Přestavba lesa zasaženého imisemi na Trutnovsku. Conversion of a forest affected by air pollution in the region of Trutnov*. Brno, Mendelova univerzita v Brně, 2011. 176 s.
- ÚHÚL (2000) : *Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast* [online]. Brandýs nad Labem: ÚHÚL, 2000 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: [http://www.uhul.cz/images/ke\\_stazeni/oprl\\_oblasti/OPRL-LO24-Sudetske\\_mezihori.pdf](http://www.uhul.cz/images/ke_stazeni/oprl_oblasti/OPRL-LO24-Sudetske_mezihori.pdf)
- Vacek S, Podrázský V (2000) : *Influence of the environment on the health state of relict pine forests in the Broumovsko Protected Landscape Area, NE Bohemia*. [Vliv prostředí na zdravotní stav reliktních borů v CHKO Broumovsko]. In: Příroda. Sborník prací z ochrany přírody. Sv. 17. Ed. Kirschnerová L., Kučera T., Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky, 2000. 81–100 s. ISBN 80-86064-29-8, ISSN 1211-3603
- Vacek S., Nosková I., Bílek L., Vacek Z., Schwarz O. (2010): *Regeneration of forest stands on permanent research plots in the Krkonoše Mts*. 2010, Journal of Forest Science, roč. 56, č. 11, 541–554 s. ISSN: 1212-4834

- Vacek S., Podrázský V. (1994) : *Decline of pine forests in the protected area Broumovsko and their nutrition status*. In: Matějka K. (ed.). Investigation of the forest ecosystems and forest damage. Lowland and submontane forests and monitoring of the forest status. VÚLHM, Praha. p. 176–183
- Vacek, S. (1983): *Morfologická proměnlivost autochtonních smrkových populací v Krkonoších*. Lesnictví, 1983, roč. 29, č. 4: 265 – 284s.
- Vacek, S. et al. (2007): *Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší*. [Health status and dynamics of forest ecosystems under air pollution stress in the Giant Mts.]. Folia forestalia Bohemica. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., č. 4, 2007, 216 s.
- Vacek, S. et al. [2015] : *Struktura, vývoj a biodiverzita reliktních borů ponechaných samovolnému vývoji pod vlivem imisí v NPR Adršpašskoteplické skály v České republice*. [2015], 29s
- Vacek, S., Hůnová, I., Vacek, Z., Hejmanová, P., Podrázský, V., Král, J., Putalová, T., Moser, W. K. (2015): *Effects of air pollution and climatic factors on Norway spruce forests in the Orlické hory Mts. (Czech Republic), 1979–2014*. European Journal of Forest Research, 134: 1127–1142 s.
- Vacek, S., Krejčí, F. (2009): *Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava*. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 2009. 512 s.
- Vacek, S., Malík, V., Kašíková, V., (2006): *Biotechnické metody přiblížení kulturních forem lesa přírodě blízkému stavu ve ZCHÚ*. In: Neuhöferová, P. (ed) *Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statutem ochrany*. Kostelec nad Černými lesy 25. 5. 2006. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav hospodářské úpravy lesů, 2006. ISBN 80-213-1493-1.
- Vacek, S., Moucha, P. et al. (2012) : *Péče o lesní ekosystémy v chráněných územích ČR*. 1. vyd., Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2012. 896 s. ISBN 978-80-7212-588-3
- Vacek, S., Podrázský, V. (1996a): *Ohrožení lesních ekosystémů na pískovcových útvarech CHKO Broumovsko, III. Dynamika poškození reliktních borů*. [Forest ecosystem stability at sandstone localities in the Protected Landscape Area Broumovsko, NE Bohemia. III. Decline dynamics of relict pine forests]. In: Příroda, Sborních prací z ochrany přírody. Sv.

5. Monitoring vybraných přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v České republice II. Ed. L. Kirschnerová. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky 1996, 109 – 112 s. ISBN 80-901855-7-6, ISSN 1211-3603.
- Vacek, S., Podrázský, V. (1996b): *Struktura a vývoj reliktních borů v CHKO Broumovsko*. [Structure and development of relict pine forests of the protected landscape area Broumovsko]. In: *środowisko przyrodnicze parku narodowego gór Stolowych. Sympozjum 64 naukowe*. Kudowa Zdrój, 11 – 13. pazdzionika 1996, Kudowa Zdrój, Wyd. Parku Narodowego Gór Stolowych, 151–158 s
- Vacek, S., Podrázský, V. (1996c): *Dynamika poškození reliktních borů v CHKO Broumovsko*. [Damage dynamics of relict pine forests of the protected landscape area Broumovsko]. In: *środowisko przyrodnicze parku narodowego gór Stolowych. Sympozjum naukowe*. Kudowa Zdrój, 11 – 13. pazdzionika 1996. Kudowa Zdrój, Wyd. Parku Narodowego Gór Stolowych, 159–165 s
- Vacek, S., Podrázský, V. (1997a): *Ohrožení lesních ekosystémů na pískovcových útvarech CHKO Broumovsko. IV. Struktura a vývoj reliktních borů*. [Forest ecosystem stability potential on sandstone localities of the Protected Landscape Area of Broumov Region. IV. Structure and development of relict pine forests]. In: *Příroda. Sborník prací z ochrany přírody*. Sv. 10 Monitoring přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v ČR III. Ed. L. Kirschnerová. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny České Republiky, 1997. 125 – 141 s. ISBN 80-86064-07-7, ISSN 1211-3603.
- Vacek, S., Podrázský, V. (1997b): *Ohrožení lesních ekosystémů na pískovcových útvarech CHKO Broumovsko. Vegetační změny v reliktních borech*. In: *Příroda. Sborník prací z ochrany přírody*. Sv. 11 Monitoring přirozených společenstev a populací rostlinných indikátorů v ČR IV. Praha, AOPK ČR, 1997. 171–182s. - Res. angl
- Vacek, S., Podrázský, V., Souček, J., (1998): *Management NPR a PR v CHKO Orlické hory*. In: *Acta musei Richnoviensis, Sect. natur. Časopis Okresního muzea Orlických hor v Rychnově nad Kněžnou. Příspěvky ze semináře Příroda Orlických hor a jejich podhůří*. část 2. roč. 5, 1998, č. 3, 117 – 132 s. ISBN 80-86076-12-1
- Vacek, S., Simon, J., Remeš, J. et al. (2007) : *Obhospodařování bohatě strukturovaných přírodě blízkých lesů*. 1. vyd. Zlín: Lesnická práce, s. r. o., 2007. 447 s. ISBN 978-80-86386-99-7

Vacek, S., Vacek, Z., Remeš, J., Bílek, L., Hůnová, I., Bulušek, D., Putalová, T., Král, J., Simon, J. (2017) : *Sensitivity of unmanaged relict pine forest in the Czech Republic to climate change and air pollution*. *Trees – Structure and Function*, 2017, roč. 31, č. 5, 1599–1617 s. ISSN 0931-1890

Vacek, S., Vacek, Z., Schwarz, O. et al. (2009) : *Obnova lesních porostů na výzkumných plochách v národních parcích Krkonoš*, [ *Regeneration of forest stands on research plots in the Krkonoše national parks*]. *Folia forestalia Bohemica*, Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s. r. o., č. 11, 2009. ISBN 978-80-87154-87-8.

## 9. Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Časový sled, návaznost a prolínání vývojových cyklů (vývojových stadií, fází) na příkladu přírodního lesa v 6 LVS (upraveno podle Korpeľ 1988; Poleno, Vacek et al., 2011).

Obrázek č. 2 – Převažující formy dynamiky přírodních smrčín (A) v boreální tajgové zóně Skandinávie, Sibíře a Severní Ameriky (velký vývojový cyklus)a (B) v horských ekosystémech smrkového vegetačního stupně, vklíněného do zóny listnatých opadavých lesů (malý vývojový cyklus) s trvalou existencí typu lesa závěrečného-klimaxu (upraveno podle Schmidt-Vogt 1985; Poleno, Vacek et al., 2011).

Obrázek č. 3 – Mapa s vyznačenými MZCHÚ v CHKO Broumovsko (AOPK ČR 2018).

Obrázek č. 4 -Vyznačené hranice NPR Adršpašsko-teplické skály (AOPK ČR 2018).

Obrázek č. 5 - Zóny CHKO Broumovsko (AOPAK ČR 2018).

Obrázek č. 6 – Mapa LVS v CHKO Broumovsko (Vacek, Moucha et al. 2012).

Obrázek č. 7 – Zastoupení SLT v CHKO Broumovsko (AOPK ČR 2001).

Obrázek č. 8 – Přirozená a současná dřevinná skladba v CHKO Broumovsko (Vacek, Moucha et al. 2012).

Obrázek č. 9: Lokalizace TVP 1-4 v NPR Adršpašsko-teplické skály (Vacek et al., 2000).

Obrázek č. 10 – TVP 1 „Nad Skalní bránou 1“ (foto: K. Kašparová).

Obrázek č. 11 – TVP 2 „Nad Skalní bránou 2“ (foto: K. Kašparová).

Obrázek č. 12 – TVP 3 „U Střmenu“ (foto: K. Kašparová).

Obrázek č. 13 – TVP 4 „U Vstupní rokle“ (foto: K. Kašparová).

Obrázek č. 14.: Horizontální struktura reliktního boru na TVP 1 v r. 2020.

Obrázek č. 15.: Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 1 v roce 2021.

Obrázek č. 16.: Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 1 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Obrázek č. 17.: Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 1.

Obrázek č. 18.: Horizontální struktura reliktního boru na TVP 2 v r. 2020.

Obrázek č. 19.: Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 2 v roce 2021.

Obrázek č. 20.: Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 2 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Obrázek č. 21.: Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 2.

Obrázek č. 22.: Horizontální struktura reliktního boru na TVP 3 v r. 2020.

Obrázek č. 23.: Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 3 v roce 2021.

Obrázek č. 24.: Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 3 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Obrázek č. 25: Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 3.

Obrázek č. 26.: Horizontální struktura reliktního boru na TVP 4 v r. 2020.

Obrázek č. 27.: Vertikální a horizontální struktura porostu na TVP 4 v roce 2021.

Obrázek č. 28.: Standardizovaná průměrná chronologie borovice lesní na TVP 4 v letech 1960–2021 vyjádřená letokruhovým indexem.

Obrázek č. 29.: Dendroklim – korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 4.



## 10. Seznam tabulek

Tabulka č. 1.: Intervaly hodnot indexů a odpovídající uspořádání horizontální struktury porostu.

Tabulka č. 2.: Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 1.

Tabulka č. 3. : Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 1.

Tabulka č. 4.: Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 1.

Tabulka č. 5.: Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 1. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

Tabulka č. 6.: Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 2.

Tabulka č. 7. : Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 2.

Tabulka č. 8.: Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 2.

Tabulka č. 9.: Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 2. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

Tabulka č. 10.: Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 3.

Tabulka č. 11. : Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 3.

Tabulka č. 12.: Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 3.

Tabulka č. 13: Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 3. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.

Tabulka č. 14.: Růstová tabulka sdruženého porostu na TVP 4.

Tabulka č. 15. : Indexy popisující horizontální strukturu stromového patra na TVP 4.

Tabulka č. 16.: Indexy stromového patra reliktního boru na TVP 4.

Tabulka č. 17.: Korelační koeficienty regionální standardní chronologie letokruhových indexu borovice lesní s průměrnou měsíční teplotou (na obrázku vlevo) a úhrnem srážek (obrázek vpravo) od dubna do prosince minulého roku (velká písmena) a od ledna do září daného roku (malá písmena) v letech 1960–2021 na TVP 4. Poznámka. Statisticky průkazné korelační koeficienty jsou označeny žlutě.