

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH**

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2011

Marta Strnadová

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra Agroekologie

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Rizika rozpadu a regenerační potenciál smrkových porostů pod vlivem abiotických a biotických stresorů v revíru Štěkeň

Autor: Bc. Marta Strnadová

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Pavel Cudlín, CSc.

České Budějovice 2011

Prohlašuji, že závěrečnou diplomovou práci na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích, jsem vypracovala samostatně jen s použitím literatury uvedené v závěru práce a s poskytovanými informacemi od Lesní správy Vodňany. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány.

V Českých Budějovicích

Dne

Marta Strnadová

.....

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří jakýmkoli způsobem přispěli ke vzniku této diplomové práce. Mé poděkování patří zejména Dr. Pavlovi Cudlínovi za jeho laskavý přístup a velice přínosný způsob vedení práce od počátečního sběru dat v terénu až po závěrečnou verzi rukopisu. Děkuji též dalším pracovníkům Centra výzkumu globální změny AV ČR, Bc. Františku Havlíčkovi za zapracování do hodnocení korun smrku ztepilého a RNDr. Magdě Edwards, PhD. za pomoc při statistickém hodnocení výsledků. Nemenší dík si zaslouží Ing. Jiří Vokoun a revírník Václav Hroch za velmi cenné rady a pomoc při zpracování dat. V neposlední řadě děkuji své rodině za trpělivost a laskavou podporu v průběhu celého studia na vysoké škole.

ANOTACE.....	3
ABSTRACT.....	4
1. ÚVOD.....	5
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	7
2.1. Environmentální rizika rozpadu smrkových porostů.....	7
2.2. Faktory ovlivňující rozpad lesních ekosystému	8
2.2.1. Přirozené abiotické a biotické faktory.....	8
2.2.2. Znečištění ovzduší	9
Přímé působení plyných polutantů a kyselého deště	10
Nepřímé působení prostřednictvím acidifikace půd.....	13
Nadměrná dostupnost dusíku.....	14
Pásmo ohrožení imisemi	14
2.2.3. Vývoj emisí SO ₂ a NO _x v ČR a kategorizace jejich měření.....	15
2.2.4. Nevhodné způsoby hospodaření v lesích a kombinované působení více stresových faktorů	16
2.3. Monitoring zdravotního stavu a zátěže lesních ekosystémů	17
2.3.1. Program ICP Forests	18
ICP Forests Forest Focus – systematická síť ploch	18
2.3.2. Hodnocení zdravotního stavu lesa pomocí DPZ	20
2.4. Změny v bylinném patře lesních ekosystémů související se znečištěním ovzduší a kyselou depozicí.....	20
2.5. Přirozená obnova.....	22
2.5.1. Faktory ovlivňující přirozenou obnovu.....	22
2.5.2. Dynamika přízemní vegetace v lesních ekosystémech.....	25
2.5.3. Přirozená generativní obnova smrku ztepilého.....	27
3. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	28
3.1. Přírodní lesní oblast č. 10	28
3.1.1. Charakteristika PLO 10 – Středočeská pahorkatina.....	29
3.2. Přehled škodlivých činitelů v oblasti.....	30
Sucho	32
Houbové choroby.....	32
Hmyzí škůdci	32
3.3. Historický vývoj lesního hospodářství v oblasti.....	34
3.4. Charakteristika lesního porostu Brdo.....	35
3.5. Historický vývoj lesů v lesním komplexu Brdo.....	35
3.6. Základní údaje o studovaném území.....	37
3.6.1. Přírodní podmínky.....	37
3.6.2. Vývoj teploty a srážek v oblasti PLO 10.....	39
3.6.2.1. Průměrná teplota vzduchu v °C	39
3.6.2.2. Průměrný úhrn srážek.....	40
3.6.3. Porostní poměry.....	41
3.6.4. Zastoupení věkových tříd	42
3.6.5. Druhovú skladbu porostů	42
3.6.6. Hospodářské soubory.....	43
3.6.6.1. Hospodářský soubor 23 a 43.....	44

4. METODY	46
4.1. Výběr ploch a jejich základní charakteristika	46
4.2. Sběr dat.....	48
4.3. Analýza zdravotního stavu porostů	48
4.3.1. Metodika hodnocení zdravotního stavu pomocí retrospektivní analýzy	48
4.3.2. Vizualizace dat	52
4.4. Zjišťování schopnosti zmlazení porostů	54
4.4.1. Hodnocení přirozené obnovy	54
4.4.2. Statistické zpracování výsledků	55
4.5. Odhad prognózy vývoje porostů na základě regresní analýzy	56
4.6. Odhad odolnostního a regeneračního potenciálu smrkových porostů.....	59
5. VÝSLEDKY.....	61
5.1. Vyhodnocení škod na sledovaném území	61
5.1.1. Škody způsobené větrem	61
5.1.2. Škody způsobené suchem na lesních kulturách	62
5.1.3. Škody kůrovcem v závislosti na větrných polomech a suchu	62
5.1.4. Analýza vztahu nahodilých těžeb za období 1998 – 2007 ve vztahu ke stanovištním podmínkám.....	63
5.2. Hodnocení transformace struktury korun smrku ztepilého	65
5.3. Vyhodnocení schopnosti zmlazení porostů.....	74
5.3.1. Zastoupení mikrostanovišť na plochách.....	74
5.3.2. Vyhodnocení množství semenáčků na plochách.....	75
5.3.3. Statistická analýza schopnosti zmlazení porostů	77
5.4. Výsledky regresní analýzy.....	84
5.5. Stanovení odolnostního a regeneračního potenciálu	84
6. DISKUZE	87
7. ZÁVĚR	94
8. POUŽITÁ LITERATURA	96
9. SEZNAM PŘÍLOH.....	103
10. PŘÍLOHY	104

ANOTACE

Rizika rozpadu a regenerační potenciál smrkových porostů pod vlivem abiotických a biotických stresorů v revíru Štěkeň.

Poškození lesů, nejen v Evropě, je důsledkem stále narůstajících lidských aktivit a činností souvisejících s hospodářským rozvojem. Přírozená obnova imisemi poškozených horských smrkových ekosystémů je v posledních několika desetiletích předmětem řady různých výzkumných aktivit. Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, v které bylo cílem zhodnocení současného zdravotního stavu a odhadnutí environmentálních rizik destabilizace smrkových porostů v lesním komplexu Brdo.

Cílem diplomové práce bylo posouzení regeneračního potenciálu smrkových porostů v téže lokalitě na základě analýzy stavu korun dospělých smrkových porostů a studia schopnosti přirozeného zmlazení a závislosti vzházení a následného přežívání semenáčků na jednotlivých kategoriích půdního pokryvu. Statistické zpracování bylo provedeno pomocí analýzy variance s hierarchickým uspořádáním.

U většiny sledovaných ploch došlo k překročení vnitřní tolerance stromů, což znamená, že u více než 50% stromů byla zjištěna defoliace primární struktury větší než 50 %. Výsledky RDA analýzy prokázaly, že nejohroženějšími porosty jsou ve studované lokalitě porosty ve 2. a 3. vegetačním stupni, což vypovídá o tom, že tyto lesní vegetační stupně nejsou vhodné k pěstování smrku jako majoritní dřeviny.

Z výsledků bylo zjištěno, že smrkové semenáčky do 3 let, se vyskytovaly častěji na plochách s nižším procentem celkové defoliace a semenáčky v ostatních věkových kategoriích naopak na plochách s vyšším procentem celkové defoliace. Pro přirozené zmlazení lesních dřevin na jednotlivých mikrostanovištích, se z hlediska počtu nalezených semenáčků jeví nejvhodnější smrkový opad (61,3 % semenáčků). Vcházení semenáčků probíhalo relativně úspěšně i v porostech mechorostů, kde bylo zaznamenáno 37 % semenáčků.

Klíčová slova: defoliace, smrk ztepilý, přirozená obnova, revír Štěkeň, environmentální rizika, bylinné patro

ABSTRACT

Decay risks and regeneration potential of spruce stands under the influence of abiotic and biotic stressors in the district Štěkeň.

Damage to forests, not only in Europe, is due to the ever increasing human activities related to the economic development. Natural regeneration of mountain spruce ecosystems, damaged by pollution, is the subject of many different research activities in the last few decades. The thesis builds on the bachelor thesis in which the goal was to assess the current state of health and to estimate the environmental risk of spruce stand destabilization in the forest complex Brdo.

The aim of this thesis was to assess the regenerative potential of spruce stands in the same location on the basis of crown condition analysis of adult spruce stands and of studies of natural regeneration and subsequent seedling survival in various categories of land cover. Obtained results were processed using analysis of variance with hierarchical structure.

Most monitored Norway spruce forest stand exceeded the tree tolerance, which means that more than 50 % of trees had a defoliation of the primary structure higher 50 %. Results of the RDA analysis showed that the most vulnerable are stands within 2nd and 3rd growing vegetation degree. This indicates that these site conditions are not suitable for cultivation of the spruce trees as the main tree species.

From the results it was found that spruce seedlings to 3-years-old occurred more frequently on research plots with lower percentage of total defoliation and seedlings in higher age categories on the other hand grew more frequently on the plots with a higher percentage of the total defoliation. For natural regeneration of forest tree species on the spruce litter was determined to be the most appropriate (61,3 % of seedlings). Germination of seedlings was relatively successful in vegetation of mosses, too (37 % of seedlings).

Key words: defoliation, spruce, natural regeneration, district Štěkeň, environmental risks, herb layer

1. ÚVOD

Smrkové lesy jsou dosud nejrozšířenějším typem lesa v České republice. Vždy byly postihovány různými kalamitami, avšak pro ekonomickou výhodnost produkce smrkového dřeva a malý zájem o ekologické souvislosti se lesnictví stále upínalo ke smrku jako k hlavní „ekonomické dřevině“. Na konci minulého století a zejména v posledních několika letech však smrčiny trpí zvýšeným poškozováním různými škodlivými činiteli, které souhrnně označujeme jako „chřadnutí smrku“.

Lesní porosty pokrývají 33,3 % plochy České republiky, a tato plocha je dnes poměrně stabilizovaná. Jehličnaté dřeviny jsou plošně zastoupeny 76,7 %, přičemž jejich podíl klesá přeměnou imisně poškozených lesů a obecným vlivem tlaku na přeměnu holopasečného smrkového hospodářství na přírodě blízké hospodaření v lesích. Vliv imisí s následnou acidifikací a eutrofizací půd představuje jeden ze základních antropogenních faktorů negativně působících na stav lesů.

První výrazné poškození smrků se projevilo po extrémních výkyvech počasí v březnu 1977 a na začátku roku 1979. Masivní odumírání lesů pak vyvrcholilo v první polovině 80. let (Vacek, Lepš 1999). V polovině 90. let bylo výrazně poškozeno téměř 80 % porostů smrku ztepilého v nadmořských výškách nad 900 m n.m. Zdravotní stav stromů a s ním i jejich reprodukční schopnost jsou v současné době negativně ovlivněny nejen atmosférickým znečištěním a klimatickými výkyvy, ale především změněným chemizmem půdy a urychlenou tvorbou travního drnu. Přitom návrat k původnímu stavu bude pravděpodobně trvat desítky až stovky let (Hruška a Cienciala 2005). Období rozpadu horských smrkových ekosystémů postupně přešlo do přechodového a následně regeneračního období (Vacek et al. 2008).

Specifickým znakem hospodaření v lese je jeho biologický základ a dlouhá výrobní doba. Základním předpokladem řádného obhospodařování a trvale udržitelného rozvoje v lese je co nejúplnější poznání přírodních a hospodářských podmínek lesní výroby a cílevědomé plánování a především jeho ochrana. Jedním z nejdůležitějších úkolů lesního hospodářství jak v současné době, tak i v nejbližší budoucnosti se proto stává obnova lesů zničenými imisemi. Předpokladem úspěšného zvládnutí tohoto nelehkého úkolu je získání dostatečných poznatků nejen o vlivu znečištění ovzduší na lesy a o hospodářských opatřeních v pěstební činnosti v imisních oblastech, ale i o vývoji imisní kalamity, tj. o prognózách poškození a

odumírání lesních ekosystémů. K udržení příznivého stavu je třeba vhodné spojení hospodářského cíle s lokálními přírodními podmínkami a zohlednění rizikových faktorů zde působících. Není-li tomu tak, tento cenný ekosystém ztrácí nejen na ekonomické, ale i přírodní hodnotě. Proces poškození se liší podle typu, intenzity a délky stresového působení a jeho interakce s půdními, klimatickými a dalšími abiotickými a biotickými faktory. Založit a vypěstovat zdravý les a usilovat o zvýšení jeho přirůstavosti je hlavní náplní práce lesního hospodáře. Dobrý hospodář musí být zároveň i dobrým ochranářem. Musí využívat všech svých znalostí k tomu, aby při pěstitelských zásazích zvažoval i možné ohrožení lesa v budoucnu.

Pokud byl smrkový porost již delší dobu pod vlivem silného působení stresových faktorů, způsobujících předčasnou senescenci jehlic (zvýšenou defoliaci), lze pomocí studia transformace struktury korun a vzorníkových větví rekonstruovat reakci smrkových ekosystémů na tuto stresovou zátěž (Cudlín a kol., 2001; Polák a kol., 2007). Je to způsobeno tím, že rostliny reagují na změny přírodního prostředí nebo působení stresových faktorů, a to jak krátkodobou fyziologickou odezvou, tak i dlouhodobými fyziologickými, morfologickými a strukturálními změnami.

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, jejímž cílem byl odhad environmentálního rizika a vývoje vybraných smrkových porostů na základě shromážděných podkladů a vlastního terénního šetření. Tím, se rozumí odhad pravděpodobnosti rozpadu vybraných smrkových porostů v závislosti na jeho zdravotním stavu (sledování tvaru horní části koruny, defoliace primárních výhonů, způsob poškození a výskyt sekundárních výhonů, rozšířené o sledování transformace struktury koruny) a dalším předpokládaném působení škodlivých činitelů (Cudlín a kol., 2001).

Cílem diplomové práce bylo získat poznatky o příčinách a riziku rozpadu smrkových porostů na založených výzkumných plochách a přispět k odhadu jejich regeneračního potenciálu, za pomoci sledování vývoje přirozené obnovy v podmínkách narušených smrkových ekosystémů. Práce je zaměřena zejména na vzcházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého na zjištěných mikrostanovištích, jejich příznivost pro přežívání semenáčků. Jako modelové území byl zvolen revír Štěkeň, patřící pod Lesní správu Vodňany, s nejvyšším vrcholem Brdo, které dosahuje nadmořské výšky 508 m.

Výsledky výzkumu stavu smrkových porostů by tedy mohly pomoci odhadnout jejich současný regenerační potenciál a tím přispět k analýze příčin hynutí

smrkových porostů. Práce přináší informace, které by mohly přispět k úpravám managementu lesních porostů v revíru Štěkeň, minimalizujícím působení environmentálních rizikových faktorů a posuzuje potenciál přirozené obnovy v lesním komplexu.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

V definiční části zákona číslo č.289/1995 Sb., zákon o lesích /ze dne 3. listopadu 1995/ a o změně a doplnění některých zákonů, jsou mimo jiné vymezeny důležité pojmy a části související s naší problematikou.

2.1. Environmentální rizika rozpadu smrkových porostů

Environmentální riziko je jedním ze základních faktorů, který je třeba brát v lesnickém hospodářství v úvahu. Rizika můžeme členit na abiotická (způsobená neživými činiteli) a biotická (způsobená živými činiteli). Všechna rizika se uplatňují v každodenním životě lesa a jsou jeho neoddelitelnou součástí. Stresové faktory působí často společně nebo následují jeden po druhém. Pokud je například schopnost fyziologické obrany dřeviny narušena suchem, je pravděpodobnost jejího napadení podkorním hmyzem značně zvýšená. Velkým problémem za několika desítek let se stala imisní zátěž.

Lesy střední Evropy jsou v posledních letech postiženy velkoplošným kalamitním působením negativních imisně ekologických vlivů, které v řadě oblastí způsobují destrukci až odumírání porostů. Zejména v uplynulých 10 letech došlo k prudkému zhoršení zdravotního stavu lesů, které vyvolává ty nejvážnější obavy hlavně v horských oblastech, a to i bez zřetelného vztahu k velkým emisním zdrojům. Podobná situace je i v České Republice, kde vlivem imisí je poškozeno 52,2 % rozlohy lesů. Tato situace značně negativně působí nejen na produkční, ale i na ekologické a environmentální funkce lesů a tím způsobuje těžkosti a nenahraditelné škody lesnímu a vodnímu hospodářství i státní ochrany přírody (Vacek, Lepš 1991).

Dynamický rozpad lesa, selhávání jeho environmentálních funkcí a mizení genofondu dřevin má značné ekologické a celospolečenské dopady. Degradční procesy měly nejméně příznivý průběh zejména ve vrcholových a technologicky nepřístupných polohách většiny našich pohoří. Tyto porosty se rozpadaly bez

přirozené obnovy, jež byla silně poškozována a mnohdy zcela decimována vysokými stavy zvěře a celkově nepříznivou ekologickou situací.

2.2. Faktory ovlivňující rozpad lesních ekosystému

Lesy České republiky byly a jsou výrazně ovlivňovány antropogenními faktory. K těm patří cílená přeměna lesních ekosystémů mimo jejich přirozený stav (změna druhové skladby, věkového rozložení, výchova porostů atd.), změny v obhospodařování půd (odlesnění nebo zalesnění územních celků), export biomasy, degradace a odnos povrchových vrstev půd, dlouhodobá depozice imisních látek a dusíku, a také globální změna prostředí. Především antropogennímu působení je pak přičítáno na vrub poškozování či extrémně i hynutí lesů. Je totiž zřejmé, že oslabený a destabilizovaný lesní ekosystém pak není schopen se vyrovnat i s přírodními faktory prostředí, jako například působení extrémních teplotních a srážkových výkyvů, větrné polomy, hmyzí kalamity nebo houbová napadení (Hruška a Cienciala 2005).

2.2.1. Přirozené abiotické a biotické faktory

Mezi abiotické přírodní faktory ovlivňující stav a vývoj lesních ekosystémů patří především podmínky klimatické (teplota, srážky, ozáření, vítr, mráz, námraza, sníh, atd.) a půdní (vlhkost, pH, koncentrace živin v půdě, atd.) (Schwarz 1997). Podle globálních scénářů vývoje klimatu, ať již jde o scénář Business as Usual vypracovaný IPCC či o další scénáře globální i regionální, lze v roce 2030 očekávat roční průměr teploty na území ČR o 1,9 – 2,6 °C vyšší. Kromě zvýšení průměrné teploty lze očekávat i větší nerovnoměrnost v chodu srážek a změny v některých dalších klimatických charakteristikách (Kalvová a kol., 1996; Janouš a kol., 2001). S očekávanými změnami je spojena celá řada konkrétních rizikových situací: extrémní teploty ve vegetační období, zvýšení četnosti přísušků, prodloužení vegetační doby, vyšší hodnoty ozáření (rizikové pro elongační růstovou fázi), prodloužení období s teplotou kolísající kolem nuly (zvýšené riziko poškození vytranspirováním). Klimatické podmínky, ve kterých smrk už není schopen růst, se posunou do větších nadmořských výšek (Kalvová a kol., 1996). Očekávané celkové dopady na lesní ekosystémy lze jen kvalifikovaně odhadovat – na základě současného působení jednotlivých faktorů, očekávaného průběhu klimatických

charakteristik a znalostí o povaze jednotlivých působících stresorů i o reakci smrku na ně (Čermák a kol., 2004). Přestože míru vodního stresu, kterým stromy budou trpět, zmírní vyšší koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, očekává se posun vegetačních pásem a postupné odumírání smrkových porostů ve vyšších polohách, kde měly doposud dobré podmínky k růstu: zejména v důsledku jejich neschopnosti odolávat v sušším klimatu hmyzím a houbovým škůdcům (Kalvová a kol., 2003).

Mrkva (2000) uvádí, z biotických faktorů je nutné počítat zejména s působením podkorního (kůrovcovití) a listožravého hmyzu (ploskohřbetka, pilatka, mniška, smrková forma obaleče modřínového, píďalky, obaleči) či původců houbových chorob (václavka, kořenovník vrstevnatý, dřevomor kořenový, sypavka, padlí). Tyto organizmy buď sami způsobí odumření stromu, nebo přispějí např. ke snížení statické stability a vyvrácení nebo zlomení stromu. K dalším biotickým faktorům patří i okus, loupání a ohryz zvěří a činnost hlodavců.

2.2.2. Znečištění ovzduší

Imise jsou charakterizovány jako spady nebo plynná, kapalná či pevná znečištění ovzduší, která dopadají na zem v mnoha případech daleko od zdrojů emisí. Hlavním zdrojem emisí jsou spalovací procesy, které se často dějí za nevhodných podmínek a při nevhodných nebo nedostačujících ochranných opatřeních.

V minulosti byly velkým zdrojem znečištění elektrárny na černé nebo hnědé uhlí a lokální topeniště. Smrkové porosty jsou velmi účinným filtrem, který je ve srovnání s porosty jiných dřevin schopen zachytit vysoká množství polutantů (Schmidt-Vogt a kol. 1989). Ve srovnání s listnatými dřevinami jsou jehličnaté dřeviny obecně citlivější vůči znečištění atmosféry. Tato citlivost je dána tím, že jejich asimilační aparát je vystaven působení imisí po celý rok, takže může být poškozen i během zimního období (Arndt, Nobel 1987) *sec.* Vávrová (2009). Přestože, emise škodlivých látek se v poslední době v rámci celé Evropy výrazně snížily, lesní porosty mají díky dlouhodobému imisně-ekologickému zatížení značně sníženou regenerační a adaptační schopnost.

Hlavní hypotézy o vlivech znečištění ovzduší, kterým byla v posledních desetiletích věnována největší pozornost jsou:

- přímé působení plyných polutantů a kyselých dešťů – samostatně i v kombinaci (Schütt a kol. 1984)

- nepřímé působení přes acidifikaci půdy – nejdůležitější následky jsou snížená dostupnost určitých živin a / nebo toxický účinek hliníku (Ulrich 1979)
- nadměrné množství dusíku (Nihlgard 1985) sec. Vávrová (2009).

Přímé působení plynných polutantů a kyselého deště

Znečištění ovzduší a s ním spojené změny chemismu srážek a atmosférické depozice, často nazýváme souhrnně jako „kyselý dešť“, je považováno za jeden z prvních environmentálních problémů, který nabyl nadnárodního rozměru. Vliv znečištění ovzduší na chemismus vodních toků a na změny v ekosystémech ukázaly již studie z přelomu padesátých a šedesátých let. V České republice poukázal Stoklasa již v roce 1923 na možný negativní vliv znečištěného ovzduší na lesy, když zmiňuje vysoké koncentrace oxidu siřičitého v oblasti severních Čech (Vávrová 2003).

Zatížení oxidem siřičitým, lze jako nejvíce zatížené oblasti označit na území České republiky Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše (tzv. „Černé trojúhelník“), dále Doupovské hory, Lužické a Orlické hory. Za relativně nejméně imisně zatížené horské oblasti jsou považovány Šumava, Novohradské hory a Jeseníky (Vacek 2008). Na konci 20. století se průměrné koncentrace SO_2 v ovzduší pohybovaly v rozmezí od 5 do 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schwarz 1997). Tyto změny se následně promítly i do vývoje stavu lesních porostů (Vacek a kol. 2003).

Oxid siřičitý může působit na rostliny v plynné formě nebo může reagovat v atmosféře, kde dochází k oxidaci a vzniká kyselina sírová nebo sulfát. Oxid siřičitý může do rostliny vstupovat průduchy nebo v oxidované formě prochází kutikulou do epidermálních buněk rostlin.

Hruška a Cienciala (2005) uvádí, vysoká koncentrace SO_2 v ovzduší se rozpouští ve vzdušné vlhkosti a vzniká tak slabý roztok H_2SO_4 , který naleptává krycí rostlinné orgány. Pokud je narušena kutikulární vrstva, tyto látky se dostávají k buňkám asimilačního aparátu a k buňkám průduchů. Přímý kontakt koncentrovaného oxidu siřičitého s asimilačními orgány smrku poškozuje chlorofyl a funkci průduchů tak, že prakticky zamezí asimilaci. Při vhodném počasí stačí k poškození stromů desítky minut. Celý proces má pak za důsledek charakteristické zabarvení jehlic, ztrátou funkčnosti průduchů dochází k omezení výdeje vody. To může vést až k dysfunkci

asimilačních orgánů, což zapříčiní nedostatek energie pro fyziologické procesy v rostlině, anebo k dehydrataci dřeviny a následně k jejímu úhynu fyziologickým suchem.

Sloučeniny dusíku jsou další významnou složkou kyselého spadu a vyskytují se ve formě oxidované (N_2O , NO , NO_2 , HNO_3 , NO_3^-) i redukované (NH_3 , NH_4^+). Holandsko, Polsko, Belgie, Německo, Česká republika a Slovensko jsou obecně považovány za oblasti s nejvyšší atmosférickou depozicí sloučenin dusíku.

Kyselina dusičná, vznikající oxidací NO_x , má z hlediska kyselosti stejné účinky jako kyselina sírová vznikající z SO_2 . Sloučeniny dusíku působí v cílových ekosystémech kromě acidifikace zvýšení jejich úživnosti, neboť dusík (ve formě minerálních iontů NO_3^- nebo NH_4^+) představuje limitující živinu ve většině suchozemských ekosystémů (Vávrová 2003). Výsledky mnoha výzkumů potvrzují přímou souvislost mezi velikostí atmosférické depozice sloučenin dusíku a obsahem dusíku (%) v rostlinné biomase. Při trvajícím zvýšení vstupu dusíku do lesního ekosystému, nastává po určité době tzv. saturace ekosystému dusíkem. Saturace dusíkem označujeme stav ekosystému, v němž dostupnost minerálních forem dusíku převyšuje schopnost jejich příjmu přítomnými živými organismy. Zvýšení dostupnosti dusíku způsobuje narušení rovnováhy mezi jednotlivými organismy uvnitř ekosystému, přičemž některé druhy organismů jsou vyšší dostupností dusíku zvýhodněny, jiné naopak znevýhodněny (Bonnink, Hornung, 1995) *sec.* Soukupová (1996). Doba, kdy v ekosystému nastane stav saturace dusíkem, závisí na velikosti vstupu dusíku do ekosystému, morfologických a klimatických podmínkách dané oblasti, druhovém složení ekosystému, půdních vlastnostech, velikosti přirozené zásoby dusíku v ekosystému a způsobech obhospodařování v současnosti i v minulosti.

Mrkva (2000) uvádí, že dlouhodobým vstupem dusíku (NO_x) do těchto ekosystémů, se může projevit zvýšením obsahu dusíku v rostlinné biomase, v opadu a následně i v půdní organické hmotě, a zároveň snížením poměru C/N v půdě, což vede k vyplavování dusíku do spodních půdních horizontů nebo do povrchových vod, pokud zde byl dusík již před zvýšením depozice ve stavu nasycenosti. Vyplavování nitrátových iontů a s nimi zároveň bazických iontů je výrazně vyšší v jehličnatých porostech s poměrem C/N v organickém horizontu nižším než 24. Dlouhodobě zvýšený vstup dusíku do těchto ekosystémů může být z těchto důvodů příčinou změn v druhovém složení těchto ekosystémů (Tilman a kol. 1997) *sec.*

Vávrová (2003). Ekosystém jako celek se stává citlivějším vůči vnějším abiotickým i biotickým vlivům. Dusík jako živina se tak dostává do nadbytku v poměru k ostatním živinám, jež jsou vyplavovány z dosahu kořenového systému stromu, což vede k fyziologickým poruchám organismu. Stromy mají extrémně velké přírůstky biomasy, k jejíž stavbě potřebují větší množství vody a v půdě deficientních prvků (Ca a Mg). Nadměrný příjem dusíku tak vyvolává v metabolismu stromů nerovnováhu živin, která se projevuje celkovým chřadnutím, žloutnutím a opadáváním jehlic. Poškozený strom je velmi náchylný ke zlomům (má díky rychlému růstu křehké dřevo), škodám suchem a hmyzím škůdcům.

Znečišťující příměsí, které je v poslední době věnována celosvětově značná pozornost právě v souvislosti s přímým ovlivněním ekosystémů, je přízemní ozón vznikající v troposféře za určitých podmínek ze svých prekurzorů. Podle řady hypotéz může být oxidativní stress způsobený zvýšenou koncentrací přízemního ozónu považován za jeden z faktorů podílejících se na chřadnutí lesních porostů. Jeho vliv se neprojevuje okamžitě, ale stres se může kumulovat i při dlouhodobém působení nižších koncentrací. Důvodem k tomuto tvrzení je zřejmě i fakt, že v troposféře neexistuje žádná jiná látka, u které jsou rozdíly mezi měřenými koncentracemi a koncentracemi kritickými, při kterých se projevují toxické účinky, tak nepatrné (Hruška, Cienciala 2005). Proto je od devadesátých let pro hodnocení jeho negativního působení používán index AOT40, který charakterizuje sumu hodinových koncentrací převyšující hodnotu $80\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (40 ppb). Současné poznatky mezinárodního výzkumu však ukazují, že index AOT40 riziko poškození poněkud nadhodnocuje, protože je založen na výsledcích pokusů, při kterých byly rostliny udržovány v optimálních vlhkostních podmínkách a měly tedy vysokou vodivost průduchů, což usnadňovalo vstup ozonu do rostlinných pletiv. Reálné působení O_3 závisí významně na vodním režimu rostlin a limity pro působení ozonu v reálných podmínkách mohou být dvoj - až trojnásobně vyšší, než se předpokládalo. V některých regionech ČR je situace ještě nepříznivější. Hodnoty O_3 lze tedy interpretovat jako rizikové a nepříznivě ovlivňující vitalitu lesních porostů, nelze jim však připsat odpovědnost za pozorované projevy poškození smrkových porostů (Šrámek a kol., 2008) sec. Sedláková (2010).

Je nepochybné, že přímý vliv imisního zatížení v poslední dekádě v České republice poklesl, což platí zejména pro síru. Nepřímý vliv imisního zatížení, a tedy

možný vliv na ekosystémy přes pedosféru, kde došlo ke kumulaci řady škodlivin, však bude jistě přetrvávat ještě řadu let (Hruška, Cienciala 2005).

Nepřímé působení prostřednictvím acidifikace půd

V 70. a 80. letech byl vliv imisí na lesní půdy sledován na řadě lokalit v České republice. Výsledky tohoto šetření upozorňovaly, že imisní spady budou v následujícím období ovlivňovat lesní ekosystémy na celém území České republiky.

V přírodních podmínkách, ve kterých se nacházejí lesy ve střední Evropě, dochází k přirození acidifikaci půd. Tento proces je důsledkem tvorby organických kyselin, ke kterému dochází v lesních půdách při rozkladu organických látek, zejména opadu a povrchového humusu. Vznikající organické kyseliny na sebe poutají bazické kationty - tedy ionty vápníku, hořčíku a draslíku, které jsou v půdách velmi mobilní a aktivně se účastní procesu neutralizace organických kyselin. Vzniklé sloučeniny - soli organických kyselin - jsou v podmínkách přebytku srážek vyplavovány z půdy, a tím dochází k jejímu okyselení. Proces je umocněn acidifikací v důsledku antropogenní činnosti. Do této skupiny patří kyselá depozice, ale také nevhodné způsoby obhospodařování lesů, zejména pěstování jehličnatých monokultur.

Ulrich a kol. (1980) formulovali jinou hypotézu, která za hlavní problém v lesích ve střední Evropě považuje zvýšenou mobilitu hliníku pramenící ze zvýšené kyselosti půd. Hliníkové ionty v kombinaci s nízkou koncentrací iontů vápníku a hořčíku v půdním roztoku mohou negativně ovlivnit kořeny a rozvoj mykorhizních symbióz a redukovat tak příjem vody a rostlinných živin. Později přišel s myšlenkou, že žloutnutí jehlic má na svědomí hliník, který blokuje příjem hořčíku, a že zvýšená defoliace korun je způsobena změnou v distribuci jemných kořenů. Ty se v důsledku působení zvýšené acidity a mobility hliníku v minerálních půdních horizontech přesunuly z minerální půdy do svrchních půdních horizontů bohatých na organické látky. Tím se stromy staly více náchylnými na nedostatek vláhy. Cyklus živin se kvůli zvýšené mobilitě hliníku, snížené aktivitě dekompozitorů a zvýšené akumulaci organických látek zpomalí (Ulrich a kol. 1980). Vysoké koncentrace Al působí fyziologické problémy kořenového systému smrku (deformace, lámavost), kde porušují iontovou rovnováhu v buňkách a brání aktivnímu transportu iontů (Krejčí 2001).

Nadměrná dostupnost dusíku

Depozice dusíku pravděpodobně podporuje růst boreálních lesů, ale současně také zvyšuje nároky rostlin na ostatní živiny. Zvýšenou depozici dusíku dal poprvé do souvislosti s rozpadem lesa Nihlgard (1985) sec. Vávrová (2009). Argumentoval tím, že zvýšený růst stromů snižuje jejich odolnost vůči větru, suchu a parazitům. Dusík se též může akumulovat v buňkách v nebílkovinné formě a způsobovat toxické koncentrace odpadních produktů. Aby se těchto látek strom zbavil, ztrácí listy nebo jehličí. Schulze (1989) se také domnívá, že nadbytek dusíku hraje hlavní roli při rozpadu lesních ekosystémů. Tvrdí, že semenáčky smrku přednostně přijímají amonné ionty před ionty dusičnanovými, které tak zůstávají v půdě.

Zvýšené množství amonných iontů působí též proti příjmu iontů hořčíku. Pokud nejsou dusičnanové ionty přijímány stromy, budou z půdy vyluhovány. Tím se pravděpodobně zvyšuje vyluhování bazických kationtů a acidifikace půdy a snižují se tak poměry Ca/Al a Mg/Al v půdním roztoku. Příjem dusíkatých látek korunou podporovaný příjmem pomocí kořenů zvyšuje živinovou nerovnováhu a umocňuje rozpad lesa. Hauhs (1989) sec. Falta (2002) naznačuje, že půdy ve vyšších nadmořských výškách jsou v Německu nasyceny dusíkem, a tudíž dusičnanové ionty přispívají k acidifikaci půd stejným způsobem jako ionty síranové.

Pásma ohrožení imisemi

Ministerstvo zemědělství stanovilo s platností od 1.1. 1997 pásma ohrožení lesů pod vlivem imisí (dále jen pásma ohrožení), blíže charakterizováno ve vyhlášce č. 78/1996 Sb.

Pásma ohrožení lesů imisemi je chápáno jako území, na kterém synergické působení imisí, klimatu, orografických a stanovištních podmínek, má za následek zkrácení životnosti dospělých smrkových porostů. Dnes jsou základními úrovněmi 4 pásma ohrožení:

- Pásma ohrožení A

Jde o celky s významným imisním zatížením (zatížení například pro exponované nadmořské výšky nad 700 m). Životnost porostů je do 20 let od začátku poškozování a roční zvýšení poškozování +0,2. Je to nejvyšší pásmo ohrožení.

- Pásma ohrožení B

Ve stejných nebo nižších imisních podmínkách se liší od pásma A příznivějšími ekologickými podmínkami. Životnost porostů je 20 až 40 let od začátku poškozování a s ročním posunem poškozování 0,10 až 0,20 stupně.

- Pásma ohrožení C

Smrkové a borové porosty v příznivějších ekologických podmínkách s nižším imisním zatížením. V exponovaných lokalitách je zvýšení poškozování porostů odpovídající pásma C dosaženo při hladinách koncentrací nad 20 - 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ SO_2 . Životnost porostů je 40 - 60 let od začátku poškozování s roční změnou poškozování o 0,07 – 0,10 stupně. Lze zde uplatňovat výchovné zásahy.

- Pásma ohrožení D

Jde o vysloveně chráněné údolní polohy v různých nadmořských výškách a otevřené lokality s nízkou úrovní znečištění ovzduší (odpovídá zatížení do 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ SO_2). Životnost porostů je 60 až 80 let od začátku poškozování, tedy téměř mytní věk, roční posun poškozování o 0,05 – 0,07 stupně.

Mimoto se do tohoto pásma zahrnují i plochy, kde se nepředpokládá zkrácená životnost porostů, i když je vliv imisí patrný (Hruška, Cienciala 2005).

2.2.3. Vývoj emisí SO_2 a NO_x v ČR a kategorizace jejich měření

V roce 1999 bylo dokončeno odsíření velkých zdrojů SO_2 , což vedlo ke snížení celkových emisí síry v ČR na úroveň 10 % v polovině 80. let (2,27 mil. tun v roce 1985 na 0,27 mil. tun v roce 1999). Relativní snížení emisí síry je sice obrovské, ale i tak jsou dnešní emise síry stále na úrovni, která pravděpodobně nepovede k významně samovolné regeneraci půdního prostředí v nejpostiženějších oblastech. Emise NO_x klesly v průběhu 90. let o cca 50 % a změnila se jejich struktura – dominantním zdrojem se stala doprava, jež je v současnosti zdrojem 68 % emisí NO_x , zatímco v roce 1990 to bylo pouze 28 %. U obou polutantů, síry a dusíku, byly v současnosti vyčerpány meze dalšího významného snižování emisí. Pro dalších nejméně 10 let budou emise stagnovat (Machalek 1999) *sec.* Soukupová (2004). Fabiánek (2007) v lesnické práci uvádí, že již od poloviny 80. let dochází k

postupnému celkovému snižování emisí. Lesní porosty na tyto příznivé změny reagují s určitým zpožděním, a tak dochází až počátkem 90. let k výraznému zmírnění zhoršujícího se trendu. Přes pozitivní trend v celkovém snižování znečištění ovzduší se však stále vyskytují takové koncentrace škodlivin, které ohrožují zdravotní stav lesů. Nadále je nutné počítat s poškozováním lesů především v imisně zatížených oblastech. Neustálé riziko představují pro oslabené lesní porosty klimatické vlivy (vítr, námraza, sníh) a také biotičtí škůdci.

Stacionární zdroje znečišťování ovzduší jsou z hlediska velikosti, typu a závažnosti pro životní prostředí rozděleny na tři základní skupiny v tzv. Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší REZZO 1, 2, 3. Samostatnou kategorií pak tvoří mobilní zdroje, sledované jako plošné zdroje, které tvoří kategorii REZZO 4.

2.2.4. Nevhodné způsoby hospodaření v lesích a kombinované působení více stresových faktorů

Mezi pěstební praktiky, které mohou mít význam při posuzování příčin rozpadu lesních ekosystémů, patří například vysazování smrku mimo oblast jeho přirozeného rozšíření, přeměna původních listnatých a smíšených lesů na lesy smrkové, používání jedinců nevhodné provenience a v některých oblastech i ochuzování půd předchozím dlouhotrvajícím odstraňováním opadu. V důsledku vyplavení živin z minerálních horizontů je kořenový systém omezen pouze na vrchní humusový horizont s vyšším obsahem živin. Pěstování stromů v hustém sponu je příčinou nedostatečné velikosti korun (Schwarz 1997). Hlavním důvodem preferování smrku přitom byl jeho značný hospodářský význam. Dědictvím hospodářské činnosti v minulosti jsou proto vysoce labilní lesní ekosystémy neschopné odolávat stresovým situacím a právě v takovémto stavu zastihl porosty nástup imisí (Schwarz 1997). Je třeba podporovat trend zvyšování podílu listnatých dřevin, který rok od roku stoupá, např. v roce 2006 o 1,6 % oproti roku 2000. Přirozené skladbě našich lesů odpovídá 35% zastoupení jehličnatých dřevin a 65% zastoupení listnatých dřevin. V současné době je poměr opačný: 77 % jehličnatých a 23 % listnatých dřevin. Cílem je dosažení alespoň poměru 36 % listnáčů ku 64 % jehličnanů (Mrkva 2000). Aby lesy mohly plnit všechny své funkce, musí být samozřejmě v dobrém zdravotním stavu. A pohlédneme-li na les jako ekosystém, náprava špatného stavu vyžaduje stále větší posilování stability a biologické rozmanitosti lesních porostů, a to cestou postupných změn k přirozené skladbě.

Je nutné mít stále na mysli skutečnost, že žádný zmíněných stresových faktorů nepůsobí nikdy samostatně, ale v kombinaci s ostatními. Vznikla proto řada složitějších teorií, podle nichž některé faktory učiní stromy náchylné k poškození, zatímco jiné faktory toto poškození vyvolají nebo k němu nějakým způsobem přispívají. Mezi faktory, které oslabují jedince a činí je mnohem náchylnějšími k ostatním vlivům, patří hlavně klima, vlastnosti půdy, chronicky působící znečištění ovzduší a další. Tyto faktory na stromy působí po dlouhou dobu. Faktory vyvolávající poškození působí naopak krátkodobě a jedná se např. o mraz, sucho a akutní znečištění ovzduší. Zdravý strom by se měl s vlivem těchto faktorů vyrovnat, ale předchozí působení stresů jeho schopnosti regenerace značně snižuje. Oslabení jedinci špatně odolávají také útokům různých patogenů, které jsou řazeny mezi faktory přispívající k poškození. Během posledních desetiletí byla předložena řada hypotéz pojednávajících o vícenásobném stresu (např. Prinz, 1987; Roberts a kol. 1989). Liší se mezi sebou hlavně v počtu zahrnutých faktorů a v počtu možných interakcí.

2.3. Monitoring zdravotního stavu a zátěže lesních ekosystémů

Česká republika je zemí, která patří historicky k nejprůmyslovějším oblastem v Evropě. Negativní vliv výroby energie, chemického průmyslu a dalších druhů průmyslové výroby na lesní porosty je nesporný. Jedním ze sledovaných ukazatelů je zdravotní stav, který je charakterizován mnoha faktory jako defoliací korun, stupněm napadení hmyzem, stupněm napadení houbovými chorobami, stupněm ohrožení větry, mrazem, suchem aj. Z těchto výsledků pak lze hodnotit stabilitu lesního ekosystému a pravděpodobnost jeho rozpadu. Česká republika byla jedním ze zakládajících členů Mezinárodního kooperativního programu sledování a vyhodnocování vlivů znečištění ovzduší na lesy, označována jako ICP Forests, který byl ustanoven v roce 1985, u nás se rozběhl v roce 1994, a právě vymezen směrnicí ES č. 3528/86, jež byla novelizována nařízením EEC 2152/2003. Na ICP Forests souběžně navázal od roku 2004 nový projekt Evropského společenství, nazvaný Forest Focus.

2.3.1. Program ICP Forests

ICP Forests a EU velmi těsně spolupracují v oblasti monitoringu vlivu znečištění ovzduší na lesy. Na programu ICP Forests v současné době participuje 41 států, které přispívají k implementaci politiky čistého ovzduší na evropské a národní úrovni. Údaje a výsledky monitoračních aktivit poskytují základní informace pro řadu kritérií a indikátorů charakterizujících trvale udržitelné hospodaření v lesích, jak je definují Ministerské konference o ochraně lesů Evropy, přispívají k plnění rámcové konvence o klimatické změně a konvence o biologické diverzitě. Program je zaměřen na 2 úrovně monitorování - v úrovni I. se sledují vlastnosti půd a zdravotní stav stromů (defoliace, poškození jehlic a kmene, listové analýzy), v úrovni II. pak navíc chemismus půdních roztoků, růst stromů, stav přízemní vegetace, atmosférická depozice, kvalita ovzduší aj. Jedním z hlavních cílů tohoto programu je získat poznatky o stavu lesů a jejich ovlivnění stresovými faktory (součást úrovně I.) a ozřejmit vztahy mezi stupněm znečištění ovzduší, stavem ekosystému a působením ostatních stresorů (úroveň II.) (Hruška a Cienciala 2005). V České Republice probíhalo v letech 2006 – 2007 šetření na 146 plochách systematické evropské sítě 16 x 16 km (úroveň I) a na 16 plochách intenzivního monitoringu (úroveň II).

V roce 2003 byla směrnice modifikovaná do programu EU Forest Focus na období 2003 – 2006. V roce 2007 již neexistoval žádný právní rámec, který by zajišťoval závazný monitoring lesů v zemích EU. V průběhu roku 2007 PCC ICP Forests, jednotlivé země EU, ale i další nečlenské země EU intenzivně spolupracovaly na přípravě budoucího systému evropského monitoringu stavu lesů v rámci projektu „FutMon“. Ten se zaměřuje na těsnější spolupráci mezi programem ICP Forests a národními inventarizacemi lesů. Výstupem projektu by mělo být sblížení metodik ICP Forests a NIL, společné využívání ploch a také tvorba nové sítě, tzv. „core plots“ úroveň II, kde se bude provádět komplexní a intenzivní sledování (MZe 2004).

ICP Forests Forest Focus – systematická síť ploch

Hlavním cílem programu ICP Forests Forest Focus na plochách systematické sítě je soustavně monitorovat vliv znečištění ovzduší na lesy – shromažďovat informace o prostorovém a časovém vývoji stavu lesa v evropském měřítku a přispět

k prohloubení znalostí o příčinách současného poškození lesa se zvláštním důrazem na stupeň znečištění ovzduší. Na každé monitorovací ploše se v pravidelných intervalech provádí odborná šetření: hodnocení stavu koruny, zjišťování sociálního postavení, měření dendrometrických parametrů a fytoocenologické snímkování. V nepravidelných intervalech se jako doplňující šetření provádějí listové, půdní a letokruhové analýzy. Jedním z nejdůležitějších parametrů sledovaných při monitorování stavu lesa je defoliace, která je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání se zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách.

Pravidelné šetření zdravotního stavu lesa se v České republice provádí na monitorovacích plochách základní sítě 16 x 16 km a vybraných plochách ze sítě 8 x 8 km, v celkovém počtu 306 ploch. Plochy jsou umístěny v lesních porostech tak, aby dobře charakterizovaly dané stanovištní a porostní podmínky. V nadmořských výškách od 150 m do 1300 m se hodnotí každým rokem více než 14 tisíc stromů reprezentující 28 druhů lesních dřevin.

Fabiánek (2007) uvádí, defoliace patří mezi jedny z nejdůležitějších parametrů sledovaných při monitorování stavu lesa. Defoliace je ztráta, která je způsobena především vlivem nepříznivých změn lesních ekosystémů jako důsledku dlouhodobého a nadměrného znečištění ovzduší různými škodlivinami (SO_2 , NO_x , F, Cl, O_3 , těžké kovy, prachové částice aj.). Jedná se o parametr, který porovnává ztrátu listů nebo jehličí v koruně poškozeného stromu se zdravým stromem, rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách. Vývoj defoliace jehličnatých porostů starších 59 let v období 1986–2006 je nepříznivý – zřetelně narůstá zastoupení porostů ve druhé třídě defoliace na úkor nulté a první třídy. Tento trend pokračuje i po roce 2000 navzdory tomu, že imisní zatížení ovzduší, které škodí lesním porostům, se v těchto letech výrazně snížilo. V posledních letech jsou monitorovací plochy využívány i v souvislosti se sledováním biologické rozmanitosti formou fytoocenologických snímků zpracovaných v pravidelných intervalech (zpravidla 5 let). Na defoliaci mají vliv nejrůznější faktory. V létě roku 2003 to byla například extrémní vedra a sucha ve velké části Evropy, která přispěla k vyšší defoliaci v tomto i v dalších několika letech (Fabiánek 2007).

Pro plánování změn přírodních podmínek přímým zásahem člověka je nutné znát stávající stav a možné negativní dopady zásahu. Pro zjištění stávajícího stavu existují

tzv. diagnostické metody. Celková reakce stromu na synergické působení přírodních a antropogenních stresových faktorů lze zjistit pomocí Metodiky retrospektivní analýzy transformace struktury koruny (Cudlín a kol. 2001) popsaná v kapitole 4.3.1.

2.3.2. Hodnocení zdravotního stavu lesa pomocí DPZ

Hodnocení zdravotního stavu lesa metodou dálkového průzkumu Země (DPZ) s využitím družicových snímků má v České republice již dvacetiletou tradici. Výhodou hodnocení z družicových snímků je jednotnost a synchronnost klasifikace na území velkého rozsahu, neovlivněná subjektivními faktory lidského hodnotitele, a zachycení komplexního výsledného obrazu zdravotního stavu lesa. Neumožňuje však přímo identifikovat jednotlivé činitele, které tento stav zapříčinily (např. imisní zátěž, klimatické změny, biotické škůdce, stanovištní podmínky, hospodářské zásahy). Tato metoda umožňuje reálně provádět roční monitoring na přibližně 70-100 % plochy ČR s rozlišením 30 m v území.

Počítačovým zpracováním digitálních dat klasifikovaných družicových snímků jsou vytvářeny a sestavovány roční mapy zdravotního stavu lesa České Republiky. Z ročních map ve stupnici poškození a mortality porostů se zpracovávají mapy aktuálního vývoje zdravotního stavu jehličnatých porostů za období posledních pěti let a mapy dlouhodobého vývoje za období posledních deseti let. Na mapu aktuálního vývoje navazuje zpracování mapy ohrožení jehličnatých porostů. Mapy zdravotního stavu lesa z družicových snímků jsou vyhodnocovány rovněž statisticky (MZe 2004).

2.4. Změny v bylinném patře lesních ekosystémů související se znečištěním ovzduší a kyselou depozicí

Znečištění ovzduší a s ním související kyselá depozice způsobuje obvykle vedle odumírání lesních porostů i další hluboké poruchy ve struktuře a funkci lesních ekosystémů. Tyto poruchy se navenek projevují nadměrným hromaděním surového humusu, zatrávněním třtinou chloupkatou a metličkou křivolakou, vytvářením blokových sukcesních stádií třtiny chloupkaté popřípadě i kapradiny papratky horské, ochuzením biologické diverzity a absencí přirozené obnovy lesa. Mají bezprostřední souvislost s acidifikací půdy a závisí především na charakteru a vlastnostech organických půdních profilů (Schwarz 1997).

Defoliace a rozpad stromového patra má za následek zvýšené množství světla pronikajícího do spodních pater porostu, a to většinou vede k expanzi kompetitivních druhů přizemní vegetace. V souvislosti se stoupající defoliací a s úhynem dospělých stromů se např. v Krkonoších během posledních dvaceti let změnila druhová skladba a pokryvnost bylinného patra. Největší dynamika změn byla zaznamenána na lokalitách s nadmořskou výškou od 1000 do 1200 m (Vacek, Lepš 1999). Své zastoupení zvýšily některé dominantní druhy jako *Athyrium distentifolium*, *Calamagrostis villosa*, *Avenella flexuosa* a *Vaccinium myrtillus*, zatímco pokryvnost i druhová pestrost jiných druhů (*Blechnum spicant*, *Dryopteris dilatata*, *Luzula pilosa*, *Viola biflora*, *Veratrum lobelianum*) a zejména mechorostů se snížily (Vacek, Lepš 1999). Obdobný trend zaznamenali i Soukupová a Rauch (1998). Soukupová a kol. (1998) zjistili, že životní cyklus druhu *C. villosa* trval na podzolech zhruba sedm až osm let, po nichž následoval postupný návrat populace druhu *A. flexuosa* a období dominance druhu *C. villosa* bylo vystřídáno obdobím dominance druhu *A. flexuosa*. Nicméně *C. villosa* je zřejmě schopna přečkat nepříznivé období a za určitých podmínek se opět rozšířit (Soukupová 1996). Zvyšování abundance druhů, jako jsou např. *A. flexuosa* a *C. villosa*, je úměrná imisnímu zatížení a tím prosvětlování porostů. Obdobné výsledky byly získány i v dalších našich imisně postižených horských smrkových porostech v Orlických horách (Vacek, Lepš 1999) a na Šumavě (Jonášová, Prach 2004). Kompetice mezi druhy *A. flexuosa* a *C. villosa* může být ovlivněna též mykorrhizami. Oba zmíněné druhy trav tvoří symbiózy s arbuskulárními mykorrhizními houbami, přičemž jejich kořeny bývají silně kolonizovány i ve značně znečištěných půdách.

Dlouhodobý český výzkum vztahů mezi druhy třtina chloupkatá a metlička křivolaká ukazuje na cyklický vývoj mezi oběma travinnými dominantami. Rozvoj třtiny nastává při odumření více než 50 % stromů v rozpadajícím se porostu nebo na čerstvě odtěžených plochách při holosečích. Na plochách v mrtvém lese přibližně po 4 letech a na holinách po 7 letech rozvoj třtiny rychle ustává a klesá na úroveň před expanzí. Pro obnovu lesa v tomto stádiu nejsou příliš vhodné podmínky, jelikož třtina spotřebuje téměř všechnu surový humus (rychlá dekompozice surového humusu je z ekologického hlediska základní vlastností třtiny), který je v těchto stanovištních podmínkách nejdůležitějším zdrojem živin pro semenáčky. Po spotřebování humusu a vyčerpání živin nastupuje po třtině metlička (Soukupová 1996).

2.5. Přírozená obnova

Důležitým faktorem pro udržení ekologické stability horských klimaxových smrčín, řazených v poslední době mezi nejohroženější středoevropské lesní ekosystémy, je dostatečná schopnost jejich přírozené obnovy v pozměněných podmínkách, které jsou výsledkem působení člověka v minulosti. Přírozená obnova je jedním z klíčových procesů zajišťujících zachování autochtonního charakteru ekosystémů lesních smrčín. Přibližně před dvaceti lety byl zformulován požadavek ekosystémového přístupu k managementu lesa (Vacek 2003), jenž je základem současné strategie trvale udržitelného hospodaření v lesních porostech.

Přírozená obnova je způsob vytváření nové generace lesa autoreprodukcí mateřského porostu. V přírozených lesích probíhá samovolně, v hospodářských lesích je výsledkem cílevědomé činnosti lesního hospodáře. Přírozenou obnovu lze rozdělit na generativní a vegetativní. U smrku ztepilého se využívají oba tyto způsoby. Avšak vegetativní přírozená obnova smrku (hřížení) nabývá na významu pouze ve vyšších nadmořských polohách a na severní hranici výskytu smrku ztepilého, kde jsou možnosti rozmnožování pomocí semen výrazně omezeny (Schwarz 1997).

Na generativní přírozenou obnovu je v podstatě vázán podrostní hospodářský způsob, i když se může s úspěchem využít i při obnově porostů holými sečemi, a to buď ponecháním výstavek na pasekách nebo očekávaným bočním náletem semen z okolních porostů. Na počátku stádia rozpadu jsou podmínky pro přírozenou obnovu porostů nejpříznivější a proces přírozené obnovy postupně získává kontinuální průběh. V polohách blízko horní hranice lesa, kde reprodukce porostů probíhá velice pomalu, má celý proces přírozené obnovy kontinuální charakter (Vacek 1990).

2.5.1. Faktory ovlivňující přírozenou obnovu

Výskyt a následný vývoj přírozené obnovy ovlivňuje mnoho abiotických, biotických a antropogenních stresových faktorů, které nikdy nepůsobí odděleně, ale vždy v kombinaci s ostatními. Mezi abiotické faktory patří: světlo, klimatické podmínky (podmíněné nadmořskou výškou a expozicí svahů), mikrorelief, sklon svahů, teplotní a vlhkostní režim povrchu půdy, reakce půdního roztoku, charakter svrchních půdních horizontů (organické a organominerální horizonty) a povrchu půdy (smrkový opad, mrtvé dřevo a trouch).

K biotickým faktorům řadíme: fruktifikaci dospělých stromů, korunový zápoj, kompetiční vliv bylinného a mechového patra, alelopatické interakce, houbové choroby, zvěř, hlodavce a fytofágní hmyz. Mezi antropogenní faktory pak patří: imisní zatížení, management porostů, turistika, aj. (Falta 2002). Přizemní vegetace, vrstva humusu a mikrorelief jsou pro semenáčky smrku ztepilého považovány za hlavní složky mikrostanoviště. Protože se mohou abiotické a biotické faktory lišit mezi jednotlivými mikrostanovišti, je jejich role ve výskytu, vzcházení a přežívání semenáčků velmi důležitá (Jonášová, Prach 2004). Hanssen (2003) uvádí, že přizemní vegetace soupeří se semenáčky smrku ztepilého o vodu, světlo a živiny a v některých případech může inhibovat klíčení semen a následný růst semenáčků též alelopaticky. Rovněž predace semen a semenáčků lesních dřevin se může lišit v různých semenných substrátech a mikrostanovištích.

Světlo - Názory na vliv světla na průběh klíčení smrku ztepilého se různí. Další růst a vývoj semenáčků je v každém případě světlem ovlivněn. Tento vztah je modifikován ostatními stanovištními podmínkami. Schmidt- Vogt (1991) dokládá, přímou závislost délky výhonů 5 - 6letých semenáčků smrku ztepilého na osvětlení. Při osvětlení nižším než 20 % je růst semenáčků omezen, zatímco při osvětlení 35 % plně rostou.

Nadmořská výška - Fruktifikace, klíčení semen i následné přežívání vzešlých semenáčků úzce souvisí s nadmořskou výškou. Vysoce významným faktorem je v tomto kontextu vertikální pokles teploty s výškou a dále pak vliv sněhové pokrývky a přívalové vody (Schmidt-Vogt 1987). S rostoucí nadmořskou výškou klesá kvalita a kvantita fruktifikace, prodlužují se intervaly mezi jednotlivými semennými roky a projevuje se značný pokles klíčivosti semen. V souvislosti s rostoucí nadmořskou výškou bylo zaznamenáno také snížení hmotnosti semen. Klíčivost semen se v nadmořské výšce 992 m pohybovala okolo 67 %, zatímco klíčivost semen ve 1222 m n.m. dosahovala pouze 46 % (Vacek 1981).

Expozice - Ukázalo se, že smrk v porovnání s jinými druhy dřevin zvláště citlivě reaguje na změnu expozice (Schmidt-Vogt 1987). Pro klíčení semen je na jižních svazích limitujícím faktorem nadměrné sluneční záření a s ním spojené sucho, a to zejména v případě semen klíčících na organickém materiálu. Na severních svazích semenáčky klíčí lépe, ale v následném růstu jsou limitovány nedostatkem záření a patogenními houbami, vyvíjejícími se především v místech s akumulací sněhové pokrývky. V těchto podmínkách je hlavním limitujícím faktorem nízká teplota půdy.

Mikrorelief a sklon stanovišť – Mikrorelief má pro přirozenou obnovu smrku význam v souvislosti s tím, že smrk často zmlazuje na vyvýšených místech terénu, která bývají tvořena odumřelými částmi stromů (padlé kmeny, pařezy). Mezi výskytem semenáčků a sklonem svahů obecně zřejmě existuje negativní korelace – semenáčky bývají nalézány hojněji na rovnějších místech v terénu, zatímco na svazích méně. Tento vztah je podmíněn zejména mechanickými procesy (tání sněhu a posun ledu na jaře), ale pravděpodobně také vlastnostmi půdy a mikrostanovištními činiteli.

Půdní poměry - Rozhodujícím faktorem pro klíčení a vývoj semenáčků smrku ztepilého je půdní vlhkost. Mork (1938) sec. Falta (2004) uvádí jako optimum 35 % půdní vlhkost. Příliš vysoká i příliš nízká půdní vlhkost klíčení semen výrazně snižuje. Pro přežívání smrkových semenáčků ve vyšších polohách je za vysoce významný limitní faktor považována teplota půdy. Aktivní růst kořenů smrkových semenáčků začíná při půdní teplotě 2-4°C a vzrůstá až do 26°C. Při teplotách nad 26°C nastává pokles intenzity růstu.

Fruktifikace - Základem generativní přirozené obnovy smrku ztepilého je dostatečná fruktifikace dospělých stromů. V klimatických podmínkách střední Evropy lze očekávat významnou úrodu semen každých cca 3-5 let. Tento interval se prodlužuje úměrně s klesající průměrnou roční teplotou a se vzrůstajícím znečištěním ovzduší. K správnému vývinu a dozrání semen je nutná minimální průměrná teplota během vegetačního období od června do září 10°C.

Korunový zápoj - Na korunový zápoj je vázán především přísun světla a tepla do porostu. Příliš hustý zápoj stromů zamezuje přímému přísunu sluneční energie na půdní povrch a tím limituje přežívání semenáčků (Brang 1998). Korunový zápoj má velmi významný vliv na skladbu mikrostanovištní mozaiky, konkrétně na pokryvnost přízemních vegetačních pater.

Charakter půdního pokryvu - Velký vliv na vývoj přirozené obnovy smrku ztepilého má půdní pokryv tvořený smrkovým opadem. V souvislosti s vlivem smrkového opadu na přirozenou obnovu smrku ztepilého je nutno zmínit přítomnost alelopatických látek v jehlicích smrku ztepilého. Mimořádná pozornost je v literatuře věnována roli mrtvého dřeva jako materiálu vhodnému pro přirozenou obnovu jehličnatých dřevin v subalpinském stupni či v boreálních oblastech. Vyrovnané teplotní a vláhové poměry prodlužují vegetační období a tlumí vliv klimatických extrémů. Trough často tvoří v mikroreliefu vyvýšená místa, kde jsou semenáčky

chráněny nejen proti expanzivně rostoucí vegetaci, ale například i proti hlodavcům a zvěři. Ovšem z hlediska výživy semenáčků je tento substrát méně příznivý a semenáčky v něm rostoucí trpí později mimo jiné nedostatkem dusíku (Vávrová 2003).

Bylinné a mechové patro - Spodní vegetační patra smrkových porostů jsou v závislosti na stanovištních podmínkách tvořena různě vyvinutým mechovým a bylinným patrem. Dominantní druhy těchto společenstev často významně ovlivňují klíčení, růst a vývoj semenáčků, a to konkurencí o světlo, vláhu a živiny (Schmidt-Vogt 1991). Přítomnost metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) má podle některých autorů na klíčení semenáčků zvláště negativní dopad. Obdobně půdní povrch v porostu třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) je považován za prostředí nepříliš příznivé pro klíčení a přežívání semenáčků (Vacek 1981). Nepříznivý vliv porostu brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) na růst semenáčků smrku uvádí Schmidt-Vogt (1989). Naopak Vacek (1981) zjistil v porostu brusnice borůvky relativně příznivé podmínky a Svoboda (1957) nepovažuje porost brusnice borůvky za prostředí, jež by bylo překážkou ve zmlazování smrku. Vliv mechorostů na růst a vývoj semenáčků smrku ztepilého se různí a záleží na jednotlivých rodech. Při převaze rodu *Dicranum* docházelo k dostatečnému vývoji přirozené obnovy (Svoboda 1957).

Z patogenních mikroorganismů hrají u juvenilních stádií smrku ztepilého významnou roli pouze zástupci říše hub. Imisní zatížení působí na řadu abiotických a biotických složek ekosystému, prostřednictvím nichž je pak zasažena i přirozená obnova.

Propad (neúspěch) přirozené obnovy může být způsoben nedostatkem zralých semen nebo nedostatkem vhodných stanovišť pro klíčení semen a následné vzcházení a přežívání semenáčků či nepříznivými klimatickými podmínkami.

2.5.2. Dynamika přízemní vegetace v lesních ekosystémech

Výzkum dlouhodobých změn ve složení přízemní vegetace a její dynamiky během pozvolného rozpadu lesních porostů nebo po jejich náhlých různě intenzivních přírodních disturbancích či holosecích se začal významněji rozvíjet až v několika posledních desetiletích. Obecně jsou změny v druhovém složení přízemní vegetace často připisovány vlivu znečištění ovzduší, zejména zvýšené depozici síry a

dusíku, dále změnám v lesním hospodaření a vlivu změněných klimatických podmínek (Vacek a kol. 1999).

Znečištění ovzduší často vede ke zvýšené depozici okyselujících látek do lesních ekosystémů, což může negativně ovlivnit přízemní vegetaci, a to jak přímo (působením na asimilační orgány rostlin), tak i nepřímo přes změny chemických vlastností půd, změny dostupnosti živin nebo změny světelných podmínek ve spodních patrech rozpadajících se smrkových porostů (Soukupová 1996; Vacek a kol. 1999). Nepřímé vlivy jsou přitom pravděpodobně důležitější a závažnější. Rozpad stromového patra má za následek zvýšené množství světla pronikajícího do porostu, což může znamenat změnu podmínek pro mezidruhovou kompetici v přízemní vrstvě vegetace a ovlivnit tak populační dynamiku přítomných druhů.

Za další důležitý faktor ovlivňující složení přízemní vegetace a jeho změny je považováno zvýšení depozice dusíku. Jako obzvláště citlivé na depozici dusíkatých látek bývá často uváděno mechové patro. Cévnaté rostliny většinou reagují na zvýšenou dostupnost dusíku zlepšením růstu, pokud nejsou v mezidruhové kompetici potlačovány kompetičně silnějšími druhy. Nordin a kol. (1998) prezentovali hypotézu, že růstový potenciál druhu v podmínkách zvýšené dostupnosti dusíku závisí nejen na schopnosti tohoto druhu soupeřit o dusík a využít ho pro produkci biomasy, ale též na náchylnosti tohoto druhu k ataku ze strany herbivorů a parazitických hub (Vávrová 2003).

Důležité ekologické procesy v lesních ekosystémech jsou přirozeně spojeny s dynamikou mezer v zápoji stromového patra v čase i v prostoru. Z publikovaných studií vyplývá existující gradient ve složení přízemní vegetace, táhnoucí se od mikrostanovišť pod korunami velkých stromů směrem k otevřeným stanovištím v porostních mezerách. Podél tohoto gradientu se mění též řada environmentálních faktorů, jako např. intenzita dopadajícího záření, množství a chemické složení podkorunových srážek, půdní vlhkost, opad jehličí a struktura a chemické vlastnosti půd. Tyto procesy by měly být brány v úvahu při hodnocení a interpretaci změn v druhovém složení přízemní vegetace a v abundanci jednotlivých druhů v rozpadajících se lesních ekosystémech, protože dynamika porostních mezer je při rozpadu lesních ekosystémů jedním z nejdůležitějších průvodních dějů.

Vztahem mezi bylinným patrem a porostními mezerami v subalpínském smrkovém lese se zabýval Holeksa (2003). Zjistil, že i malá disturbance, jenž postihne jen několik stromů a pouze nepatrně změní světelné a půdní poměry, může

být příčinou významných změn ve vegetaci bylinného patra. V národním parku Šumava se zjišťoval vliv horizontálního korunového zápoje na zmlazení dřevin ve smrkovém horském lese v 1. zóně Trojmezí. Z porovnání ploch vyplývá možná překvapivý závěr, že zjištěný horizontální zápoj 29% je stále příliš velký a jím způsobený nedostatek světla významně limituje dorůstání obnovy smrku na většině míst plochy (Holeksa 2001). Pokud u ekosystémů přirozených smrčín bereme v rámci hodnocení diverzity v úvahu pouze stromové patro, lze říci, že dojdeme k nízkým hodnotám diverzity. Naopak vysoké diverzity dosahují v rámci středoevropských horských lesních ekosystémů např. horské smíšené lesy s příměsí smrku ztepilého. Rovněž u bylinného patra přirozených smrčín lze pozorovat podstatně nižší diverzitu ve srovnání s ekosystémy smíšených lesů (Vávrová 2003).

2.5.3. Přirozená generativní obnova smrku ztepilého

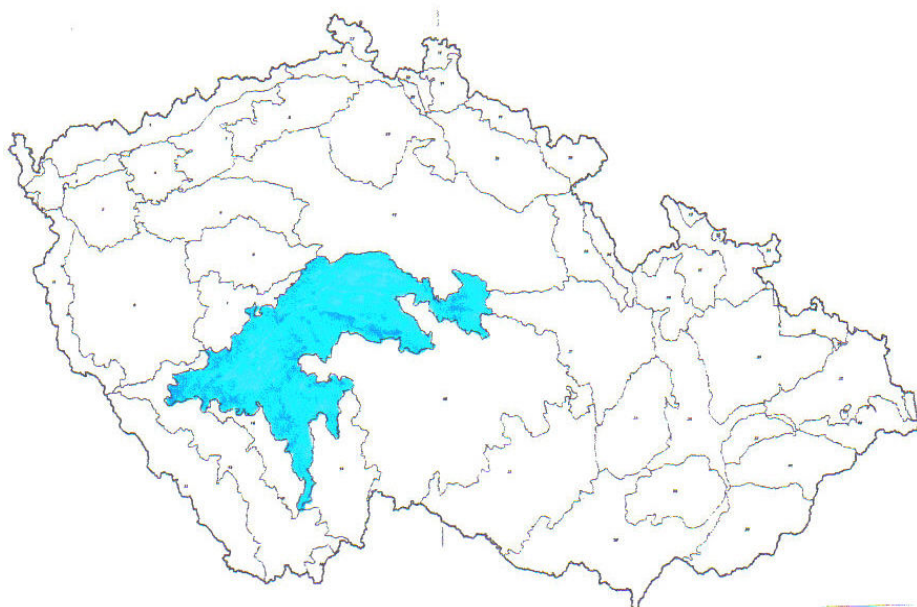
Smrk se stejně jako některé další dřeviny vyznačuje značnými meziročními rozdíly v produkci semen. Intenzita fruktifikace a zrání semen jsou ovlivněny teplotami ve vegetačním období, a proto se intervaly mezi jednotlivými semennými roky liší v závislosti na zeměpisné šířce a nadmořské výšce. Za faktory důležité pro klíčení semen bývají považovány zejména teplota a vlhkost. Pro klíčení semen smrku ztepilého jsou optimální teploty mírně přesahující 20°C. Při poklesu teploty pod 15°C pak bývá klíčení semen a vzcházení semenáčků silně inhibováno. Podobně negativní vliv byl zjištěn u nedostatečné vlhkosti. Hmyz a houby jsou dalšími faktory často zmiňovanými v souvislosti s jejich možným negativním vlivem na klíčení a přežívání semenáčků dřevin (Vávrová 2003).

Většina vzešlých semenáčků nepřežije několik prvních let jejich života. Udává se, že mortalita smrkových semenáčků během tohoto období může dosáhnout hodnot kolem 90 %. Se zvyšujícím se stářím semenáčků jejich mortalita obecně klesá. V obhospodařovaných různověkých smrkových porostech ve Skandinávii bylo např. zjištěno, že při dosažení výšky cca 10 cm mortalita semenáčků smrku ztepilého klesla pod 10 %. Větší semenáčky jsou méně citlivé k suchu, jsou zdatnějšími kompetitory o světlo a živiny a mají větší šanci přežít napadení predátorem.

3. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

3.1. Přírodní lesní oblast č. 10

Zalesněný komplex Brdo se geomorfologicky nachází v Kestřanské pánvi, která je součástí Českobudějovické pánve. Českobudějovická pánev spadá do Středočeské pahorkatiny, která tvoří přírodní lesní oblast (PLO) č. 10 (viz tab. 2). Území revíru nacházející se v PLO – Středočeská pahorkatina je charakteristické pahorkatinám reliéfem, většinou zvlněným. Její vymezení je patrné z obr. 1. Oblastní plán rozvoje lesa (OPRL) je pro ni zpracován s platností od 1.1. 2001 do 31.12.2020.



Obr. 1: *Vymezení hranic přírodní lesní oblasti – středočeská pahorkatina*

Tab. 1: Údaje PLO č. 10 (Středočeská pahorkatina) – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs n. Labem – pobočka Stará Boleslav (OPRL, 2001 – 2020)

<p>PLO 10 – Středočeská pahorkatina má výměru: 188 878,97 ha porostní půdy (dle dat LHP)</p> <p>Plochu PUPFL: 196 288,30 ha (dle digitalizace)</p> <p>typologicky zmapovanou plochu: 194 248,16 ha (dle digitalizace)</p>
<p><u>Zastoupení v bývalých krajích :</u></p> <p>52,15 % ve Středočeském, 38,36 % v Jihočeském, 6,80 % ve Východočeském a 2,69 % v Západočeském regionu (včetně vojenských lesů)</p> <p><u>Zastoupení v současných krajích:</u></p> <p>0,37 % v MHMP; 51,78 % ve Středočeském; 38,36 % v Budějovickém;</p> <p>2,28 % v Jihlavském; 4,52 % v Pardubickém a 2,69 % v Plzeňském kraji (včetně vojenských lesů)</p>
<p>Přibližná digitálně zjištěná katastrální rozloha PLO 10 činí: cca 660 145,70 ha</p>
<p>Lesnatost přírodní lesní oblasti č. 10 činí: cca 29,73 %</p>

3.1.1. Charakteristika PLO 10 – Středočeská pahorkatina

Středočeská pahorkatina je se svými 2000 km² největší PLO v Čechách. Je charakteristická vyzrálým, jednotvárným, typicky pahorkatinám, mírně zvlněným reliéfem. Les je tu většinou rozdroben a postupně vytlačen na absolutně lesní půdy. Nadmořská výška značně kolísá, zhruba od 220 do 650 m n.m. Jen ve Vlašimské pahorkatině vystupuje Javorová skála do výšky 723 metrů. V převážně mírně zvlněném reliéfu tvoří řeky Otava, Vltava, Lužnice, Sázava a jejich menší přítoky hluboce kaňonovitá údolí. Převládajícími povrchovými tvary jsou zde denudační plošiny, mírně skloněné svahy, hřbety a kamýky.

Většinu území tvoří krystalické břidlice středočeského plutonu (žuly, ruly). S tím souvisí převaha hlinitopísčitých půd. Hlinité půdy jsou zastoupeny deluviálními a sprašovými hlínami a jejich překryvy. Šterkovité půdy jsou na výchozech hřbetů a strmých svahů. Z půdních typů převládají kambizemě, význačné jsou i pseudogleje.

Klimatické poměry reprezentuje s velkou převahou okrsek mírně teplý a mírně suchý, převážně s mírnou zimou. Fenologické poměry se výrazně mění od

nadmořské výšky 500 m, hlavně v lesnatém prostředí. Sněhová pokrývka tu leží dříve a později roztává, rovněž zde bývá více srážek.

V pahorkatině převládá LVS dubo-bukový (50 %) a buko-dubový (23 %), méně již bukový (21 %). V původní dřevinné skladbě převládal buk, méně dub, dále jedle, habr, lípa, javor a další dřeviny. Převážně většina území byl z přirozené skladby buku a dubu přeměněna na monokultury smrku a borovice. Listnaté dřeviny zaujímají nyní jen 20 % plochy. Podle výhledových cílů by mělo být v budoucnu zastoupeno 60 % jehličnatých dřevin (rovným dílem smrk i borovice), příměs jedle a modřínu a přibližně 40 % listnáčů (Průša 2001).

3.2. Přehled škodlivých činitelů v oblasti

Rozbor poškození lesů škodlivými činiteli vychází zejména z dostupné LHE a ankety mezi revírníky LČR, odbornými hospodáři a ostatními pracovníky lesnického provozu.

Imisní zátěž

Emise produkované přímo v PLO 10 tvoří jen menší část celkového imisního zatížení, větší část pochází z dálkového přenosu. Zde se projevuje vliv převažujícího severozápadního proudění větru. Lokálními zdroji znečištění jsou průmyslové podniky ve městech ležící v oblasti nebo s ní sousedící. Pod relativně vyšším vlivem imisí (hlavně z elektráren Chvaletice, Opatovice, Mělník, a aglomerací Praha, Kolín a Kutná Hora) je severovýchodní část PLO 10.

Poměrně malé poškození lesních porostů imisemi při středním imisním zatížení části PLO, je způsobeno příznivými klimatickými i půdními podmínkami v nižších nadmořských výškách (tab. 2).

Nejrozšířenější stupeň poškození porostů je 0. Do tohoto stupně je zahrnuto 91 % plochy porostů v oblasti. Maximální stupeň poškození je IIIb. Tento stupeň se vyskytuje velmi ojediněle - jeho podíl v PLO je do 1 %. Poškozovány jsou nejčastěji dospělé, silně proředěné porosty ve vrcholových partiích, které jsou vystaveny i jiným stresovým faktorům (oslunění, sucho, vítr, sníh a námraza) (OPRL – PLO 10, 2001 - 2020).

Tab. 2: Plošný přehled stupňů poškození v oblasti v ha dle dřevin (OPRL – PLO 10 Středočeská pahorkatina 2001 - 2020)

Dřevina	Stupeň poškození imisemi						Celkem
	0	0/I	I	II	IIIa	IIIb	
SM	80 094	1 070	8 433	674	25	1	90 298
JD	1 320	28	149	52	7	2	1 557
BO	48 284	676	3 068	780	58	0	52 867
Ost. jehl.	7 612	33	35	0	0	0	7 680
BK	6 011	102	35	5	0	0	6 153
DB	12 145	63	540	112	7	1	12 868
Ost. list.	14 698	3	125	3	0	0	14 830
Celkem	170 164	1 975	12 387	1 627	97	3	186 253
%	91	1	7	1	+	+	100

Vysvětlivky: Charakteristika poškození porostů smrku (Henzlík 1991)

0- porosty zdravé, na žádném stromu nejsou patrné známky poškození imisemi.

0/I- porosty s prvními příznaky poškození. Projevují se maximálně u 20 % stromů proředěním korun, hlavně u okrajových stromů.

I- porosty slabě poškozené. Poškozené stromy se vyskytují i uvnitř porostu v proředěnějších místech a na okrajích či kolem mezer. Stromy odumírají jen výjimečně.

II- porosty středně poškozené. Stromy v porostních okrajích a v ředinách jsou alespoň středně poškozené. Silně poškozené stromy mají 1 - 2 ročníky jehličí, v korunách proschlé větve. Odumírání postihuje především stromy podúrovňové.

IIIa- porosty silně poškozené. Slabě poškozené stromy zachovávají 2 - 4 ročníky jehličí, méně vyvinutého. I v zapojených porostech odumírají jednotlivé stromy v úrovni, porosty se pomalu, ale vytrvale prořezávají. Po silném narušení se postup poškození zřetelně urychluje.

IIIb- porosty velmi silně poškozené. Celkové prosychání korun i u méně poškozených stromů, jak u smrku, tak v borovici. Již se neobjevují zdravé ani slabě poškozené stromy.

IVa - porosty odumírající. Jehličí je velmi silně redukováno, zachovávají se zbytky jehličí, koruny stromů s četnými suchými větvemi. Stromy odumírají v celých skupinách.

IVb - porosty odumřelé - cca 70 % stromů je znehodnoceno tak, že se nehodí ke zpracování konvenčními technologiemi.

Současný zdravotní stav porostů

Lesní porosty v PLO 10 i přes ještě v nedávné době poměrně silné imisní zatížení některých lokalit, zejména v severovýchodní části, nevykazují v současnosti známky většího postižení. Poškození se tak projevuje v redukcii počtu ročníků jehličí, zvláště v proředěných porostech na kyselých stanovištích a na exponovaných stanovištích vyšších poloh. Současný zdravotní stav porostů je vyjádřen rozsahem stanoveného stupně poškození (viz tab. 2). Postiženy jsou nejčastěji jehličnaté porosty, zvláště pak

smrkové. Celkově však v současné době nedochází ke zhoršování zdravotního stavu porostů a do budoucnosti lze očekávat postupné zlepšování.

Vítr

Vítr je spolu se sněhem a suchem určujícím faktorem poškození lesů v oblasti. Největší škody jsou způsobovány větry Z a SZ směrů v jarním období na podmáčených lokalitách, kde je ohrožena stabilita zejména smrkových monokultur.

Vzhledem ke konfiguraci terénu se největší škody objevují ve vyšších partiích PLO (náhorní plošiny, hřebeny), ale i v hlubokých zářezech údolí. V letním období se při bouřkách objevuje i poškození tzv. přepadavými větry J směrů (JV až JZ). Tyto větry, i když je jejich působení spíše lokální, jsou na rozdíl od bořivých větrů Z a SZ směru nebezpečné svou orientací, neboť rozvracejí porosty ze závětrné strany. Škody se pak často objevují liniově za sebou ve „skocích“. Převážně se jedná o soustředěné škody ve SM porostech.

Sucho

Sucho patří k základním limitujícím faktorům, které ovlivňují hospodaření v oblasti. Velké ztráty suchem se objevují už při zakládání kultur. V průměru má sucho podíl na celkovém nezdaru asi 35 %. Tento údaj je ovšem pouze orientační, neboť i v rámci PLO se údaje jednotlivých vlastníků značně liší. Kromě specifických klimatických podmínek v PLO hraje velkou roli i reliéf a expozice stanoviště. Nejčastěji jsou suchem postiženy exponované plochy s mělkým půdním profilem a jihovýchodní až jihozápadní expozice, kde se také navíc projevují i suché V až JV větry. Postiženy jsou nejčastěji smrkové porosty na nepůvodních stanovištích a porosty borovice.

Houbové choroby

Sypavka borová, jejímž původcem je houba rodu *Lophodermium*, se v mladých porostech vyskytuje spíše sporadicky. Václavka (rod *Armillaria* sp.) se projevuje v odrůstajících kulturách poškozením kořenového systému a následným žloutnutím jehličí smrků, až jejich usycháním.

Hmyzí škůdci

Z kalamitních hmyzích škůdců se vyskytují: lýkožrout smrkový, lýkožrout lesklý, bekyně mniška, bekyně velkohlavá, obaleč dubový a klikoroh borový.

Lýkožrout smrkový je nejvážnějším škůdcem smrku v České republice v posledních desetiletích a současně s bekyní mniškou nejnebezpečnějším hmyzím škůdcem v lesním hospodářství. V PLO působil značné škody ve smrkových

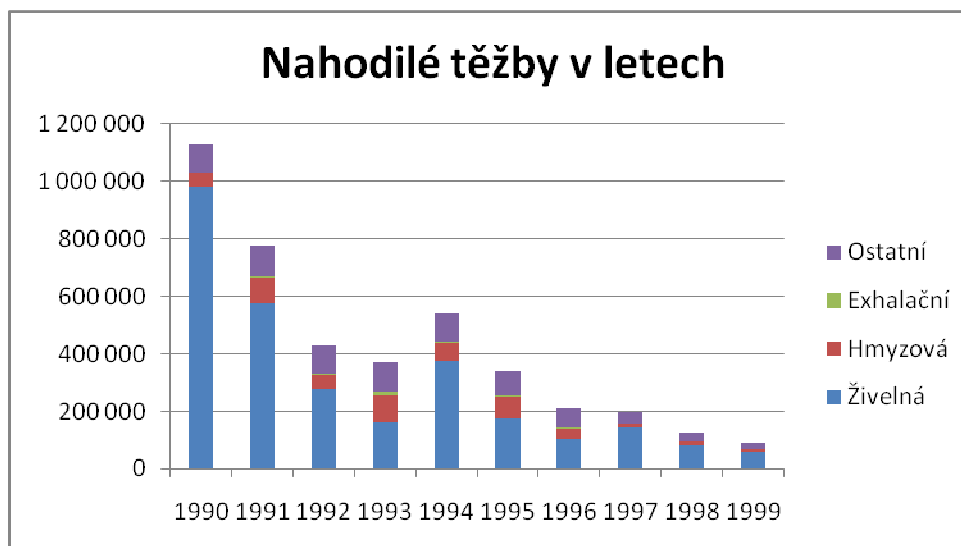
porostech už v minulosti, kdy první zmínka o rozsáhlejší kůrovcové kalamitě pochází po polomu z r. 1734 a hlavně po orkánu z roku 1740, kterému padlo za oběť asi 412 000 kmenů. Celkově se odhadovalo, že v celé ČSR bylo za období let 1900 – 1940 zpracováno cca 2 200 tis m³ kůrovcem napadené hmoty, zatímco jen v rozmezí let 1946 – 1954 to bylo již cca 8 milionů m³ (OPRL- PLO 10 Středočeská pahorkatina, 2001 – 2020).

OPRL uvádí, že podíl nahodilých těžeb k těžbě celkové činí za období let 1990 – 1999 průměrně 63 %. Z uvedených dat vyplývá, že nejškodlivějším faktorem ovlivňujícím výši nahodilých těžeb v PLO je bořivý vítr a v poněkud menší míře i mokrý sníh (tab. 3). Příčiny nahodilých těžeb jsou dále znázorněny v obrázku 2.

Tab. 3: Příčiny nahodilých těžeb v letech 1990 - 1999 (údaje jsou uvedeny v m³) (OPRL – PLO 1 Středočeská pahorkatina, 2001 - 2020)- Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs n. Labem – pobočka Stará Boleslav

Rok	Živelná	Hmyzová	Exhalační	Ostatní	Celkem NT	Celkem těž.	% NT
1990	979 070	50 653	638	96 779	1 127 139	1 454 134	78
1991	575 053	91 039	1 818	109 465	777 375	1 035 711	75
1992	278 605	46 888	6 064	98 299	429 856	672 613	64
1993	163 861	92 443	10 515	103 575	370 393	491 251	75
1994	375 889	63 329	4 463	95 531	539 213	638 434	84
1995	172 811	75 863	4 938	84 035	337 647	531 908	63
1996	104 448	36 809	1 952	66 173	209 381	484 222	43
1997	142 092	13 128	2 887	37 572	195 679	516 287	38
1998	82 642	11 675	794	29 800	124 911	510 347	24
1999	59 581	9 696	498	19 081	88 857	347 490	26
Celkem	2 934 052	491 522	34 568	740 309	4 200 452	6 682 398	63

Bořivý vítr se za sledované období nejvýrazněji projevil v letech 1990 a 1991, kdy došlo v jarních měsících k celkovému rozvrácení velkého počtu převážně smrkových porostů. Podíl nahodilých těžeb v přírodní lesní oblasti se v tomto období zvýšil na 78 % z celkové roční těžby. V roce 1994 se opět na celkové nahodilé těžbě podílel hlavně bořivý vítr. V případě hmyzích škůdců je v období 1990 – 1995 patrná úzká provázanost mezi včas nezpracovanou dřevní hmotou a zvýšeným podílem hmyzích škůdců na nahodilé těžbě. Dalším významným faktorem bylo sucho především začátkem devadesátých let.



Obr. 2: Složení nahodilých těžeb v m³ v letech 1990 – 1999 (OPRL- PLO 10 Středočeská pahorkatina, 2001 – 2020)

3.3. Historický vývoj lesního hospodářství v oblasti

Lesy se původně těžily extenzivně, dřeva bylo všude dostatek. V roce 1558 postoupil Ferdinand I. městu Písek lesy s výhradou, že v případě potřeby bude dodáváno dříví pro panovníka. Toto právo bylo uplatněno poprvé v r. 1570, kdy bylo dodáváno dříví do Prahy po vorech nejen k vytápění hradu, ale i pro jiné úřady, až do r. 1610. V té době došlo k nadměrnému vytěžení lesů hlavně podél splavných toků.

Třicetiletou válkou byla oblast a zvláště Povltaví, silně poznamenána. Velkým břemenem byly časté průchody vojsk stavovských i císařských, později i švédských, která bezohledně pustošila, drancovala a vypalovala vesnice a městečka. Po třicetileté válce značně vzrostla spotřeba dřeva na obnovu zpustošených měst, obcí, velkostatků a dvorů. Vzrůstala populace, takže lesy kolem obcí a na přístupných místech ustupovaly, byly klučeny na nová pole a louky. Někdy byly i úmyslně zapalovány, aby byla získána pastevní plocha.

V 1. polovině 18. století se vzrůstajícím průmyslem stoupala spotřeba dřeva pro pivovary, sklárny, hutě, sladovny, palírny, cihelny, vápenky aj. Neblahý vliv měla pastva dobytka a hrabání steliva. Některé pozemky, vedené jako lesy, byly zarostlé jen řídkými nárosty plevelných dřevin. Neutěšené poměry si vynutily potřebu nakládat s lesy hospodárně. K odstranění nedostatků bylo uloženo: omezit pastvu, vybudovat ochranné příkopy nebo oplocení vůči zemědělským pozemkům, omezení hrabání steliva, zavést nové způsoby zalesňování, vylepšování raději sadbou než sítí,

zakládat školky, zajistit sběr vlastních semen. V poslední třetině 19.století průmysl přecházel na fosilní topivo a koks. Do této doby spadá největší rozmach velkých holosečí.

Jedním z největších majetkových celků v oblasti bylo zejména panství Horažďovice, které svou jižní částí zasahovalo i do přílehlé PLO 12. Nejstarší popis horažďovických lesů máme z r. 1755. Dovídáme se z něho, že lesy v minulých dobách byly přetěženy a část z nich přeměněna na pole. Důležitým mezníkem ve vývoji lesů byl přechod panství do majetku zámožného rodu Kinských v r. 1834. Bylo ihned započato s intenzivní obnovou lesů, která je tu sice prokázána již počátkem 18. století, ale v nedostatečné míře. Holosečné hospodaření a obnova, prováděná převážně smrkem, měnily smíšené porosty na smrkové monokultury (OPRL- PLO 10 Středočeská pahorkatina, 2001 – 2020).

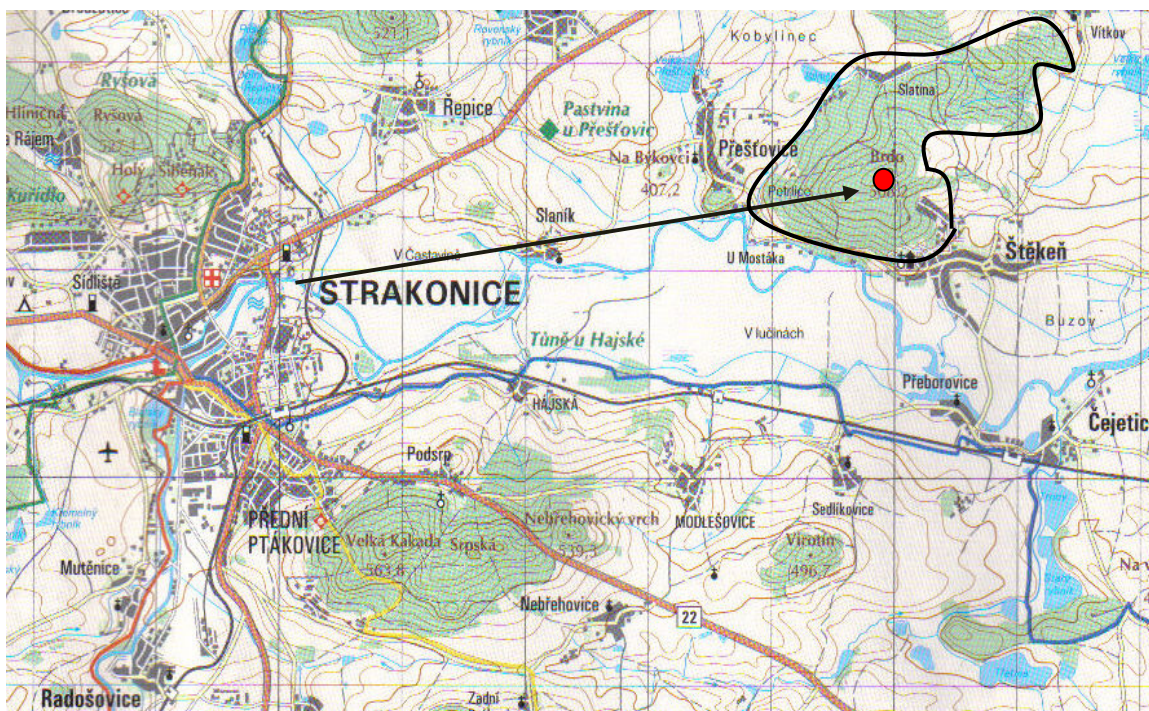
3.4.Charakteristika lesního porostu Brdo

Zalesněný vrch Brdo, o celkové výměře 256,43 ha, je začleněn do revíru Štěkeň, který je součástí Lesní správy Vodňany. Zalesněný vrch Brdo spadá do přírodní lesní oblasti Středočeská pahorkatina. Svými slunnými svahy přiléhá k severozápadnímu výběžku Budějovické pánve. Revír je z hlediska posuzování revírů u LČR, s. p. revírem kombinovaným. Nachází se cca 8 km východně od města Strakonice (obr. 2). Nadmořská výška Štěkne činí 388 mⁿ/m a lesní komplex Brdo se zdvihá do nadmořské výšky 508 mⁿ/m, rozdíl tedy je 120 mⁿ/m. Zeměpisné zaměření zájmového území je zhruba vymezeno zeměpisnou šířkou 49°16'6.00'' a délkou 14°0'34.00''.

3.5. Historický vývoj lesů v lesním komplexu Brdo

Jak uvádí Kruml (1971), v roce 1781 získali panství Štěkeň Windischgratzové. V roce 1918 byl jejich majetek vyvlastněn státem. K panství patřilo 1162 ha lesů. Lesy byly koncem 18. století v žalostném stavu. Porosty starší než 60 let byly vytěžené, lesy byly silně prořídle a pásly se v nich ovce a dobytek. Původní druhová skladba lesů, už byla zcela změněna a 98% plochy zaujímaly borové porosty, jen místy byl v nich slabě přimíšen smrk. Na listnaté dřeviny, především dub, připadaly jen 2% plochy.

V roce 1809 zcela převažovaly porosty mladší než 40 let. Porosty starší než 60 let zaujímaly jen 11% plochy lesů. V revíru byly téměř jen borové porosty, jen místy byl přimíšen smrk. Lesy byly silně proředěné. V roce 1845 bylo rozložení věkových tříd: I. - 8,7%, II. - 48,9%, III. - 40,0%, IV.- 2,4%. Malá rozloha I. věkové třídy svědčí o výrazném omezení těžby v uplynulém dvacetiletém období. Obmýti lesa bylo stanoveno na 80 let.



Obr. 3: Turistická mapa, Okres Strakonice

V roce 1869 byla v revíru stále převažující dřevinou borovice, ale v porostech I. věkové třídy už zcela převažoval smrk. Smrk byl od počátku 40. let 19. století protěžován oproti borovici jako dřevina rychleji rostoucí, dávající vyšší výnos. Borové porosty byly hodnoceny jako zakrslé nebo špatně přirůstavé. Jejich nízký přírůst byl však způsoben vyhrabáváním lesního steliva, které se používalo ke stlání v chlévech, a pak jako hnojivo na polích. Ve Štěkni byly panské ovčiny, ve kterých se chovalo 3-500 ovcí. Ty se pásly v lesích, ušlapávaly půdu, ničily všechny nárosty dřevin a okusem poškozovaly mladé porosty.

V roce 1890 s nástupem australské ovčí vlny na světové trhy ustal chov ovcí a jejich pastva v lese. Na pasekách se prakticky vysazoval jen smrk. V I. věkové třídě bylo zastoupení smrku 93,3%, borovice 3,4% a modřínu 3,3%.

V roce 1901 už smrk v revíru Štěkeň zaujímal 59% plochy, borovice 40% a modřín 0,2% plochy. Kdysi původní dřeviny zaujímaly jen nepatrnou plochu, a to jedle 0,1%, dub 0,1%, lípa 0,1%, olše 0,4% a bříza 0,1%.

Vývoj druhové skladby v lese Brdo svědčí tedy o tom, že tu byly původní dřeviny vytlačeny z porostní skladby už dávno před rokem 1781.

3.6. Základní údaje o studovaném území

3.6.1. Přírodní podmínky

1) Geografické – Vrch Brdo leží severozápadně od obce Štěkeň. Geomorfologicky patří do Středočeské pahorkatiny, do jejího celku nazvaného Blatenská pahorkatina. Brdo, které dosahuje výšky 508 m, vystupuje poměrně ostře z nivy Strakonické kotliny, kterou protéká řeka Otava. Strakonická kotlina je nejzápadnějším výběžkem Českobudějovické pánve. Hřebenem, probíhajícím ve směru od západu k východu, je rozdělen na slunnou, poměrně značnou svažitou jižní část a stinnou severní část. Při severozápadním okraji komplexu je údolí protékané potůčkem. Nad řekou Otavou se zvedá srázný, místy skalnatý svah.

2) Geologické a pedologické – Geologicky náleží území ke krystaliniku vltavsko-dunajské oblasti, tzv. moldanubiku. Komplex lesa Brda je tvořen žulorulou. Je to hornina tvrdá, obtížně zvětratelná, patří k minerálně nejchudším horninám. Dává vzniknout kyselým, živinami špatně zásobeným půdám, poměrně mělkým, hlinitopísčítým, značně šterkovitým. Převažujícím půdním typem je chudá hnědá lesní půda (oligotrofní kambium), která pod jehličnatými porosty snadno podléhá podzolizačním procesům. V hřebenové poloze prostupuje žulorulou mocný pruh světlé žilné žuly, která se tu těží v lomu. Málo mocné pruhy žilné žuly pronikají celým komplexem. Největší mocnosti dosahují v hřebenové části vrchu Brdo. Půdy vytvořené na žilné žule jsou extrémně chudé na živiny, jsou mělké, silně šterkovité, jen slabě hlinitě písčité. V plochých úžlabinách a na plochých bázích vrchů se vytvořily svahové hlíny. Na srázném, místy skalnatém srázu nad řekou Otavou, jsou půdy značně proměnlivého charakteru. Z hnědé lesní půdy (kambizemě) mohou rychle přecházet do silně skeletovitých půd. Naopak, mírně skloněná úpatí svahů jsou překryta svahovými hlínami. Převažujícím půdním typem je tu pseudoglej. V úzkém pruhu podél Otavy se vytvořily občasně zaplavované, místy zamokřené

aluviální naplaveniny (fluvizem). Tyto jsou bohatě zastoupeny živinami (Czudek 1972).

3) Klimatické – Podle Quittovy (1971) klimatické mapy patří území do klimatické oblasti mírně teplé MT 11 (viz. tab. 4). Tato klimatická jednotka je nejteplejší a nejsušší v jižních Čechách. Vyplňuje především Českobudějovickou pánev a k ní přiléhající svahy. Do Středočeské pahorkatiny zasahuje podél Vltavy až po Orlík, podél Lomnice do okolí Blatné a podél Otavy do okolí Strakonice. Jednotka je charakterizována teplým a suchým létem a krátkou, mírnou zimou s krátkým trváním sněhové pokrývky. V rámci této jednotky je pak nejsušší a nejteplejší území trojúhelníkového tvaru, vymezené zhruba čarou spojující města Písek - Protivín a Strakonice. Do tohoto prostoru spadá i slunné svahy lesa Brdo. Pro klimatickou charakteristiku oblasti je nejvýznamnější rozložení průměrné teploty vzduchu během roku a dále pak rozložení srážek během roku.

Tab. 4: Charakteristika klimatické oblasti MT 11 podle Quittovy klasifikace: (Mapa klimatických oblastí ČSR 1:500 000, 1971)

	MT 11
Počet letních dnů	40 – 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	30 – 40
Průměrná teplota v lednu	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	17 – 18
Průměrná teplota v dubnu	7 – 8
Průměrná teplota v říjnu	7 – 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1mm a více	90 – 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 – 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 – 250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50 – 60
Počet dnů zamračených	120 – 150
Počet dnů jasných	40 – 50

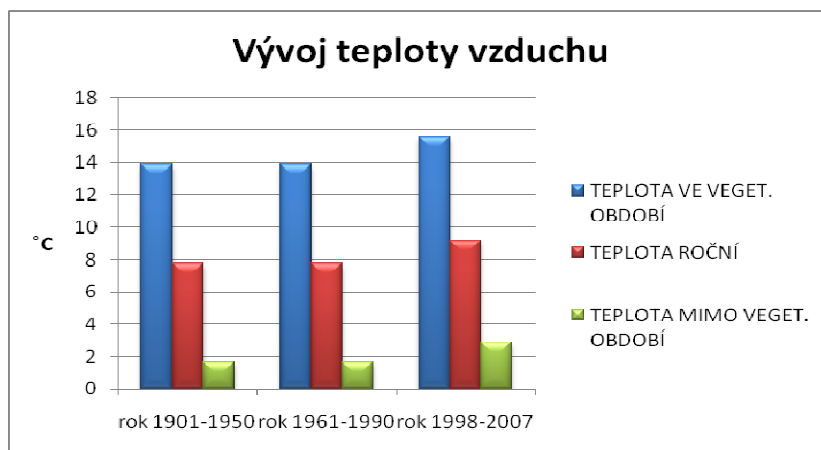
4) Krajinářská charakteristika – V krajině se hojně vyskytují kulturní louky s přechody k mezofilním ovsíkovým loukám a liniové porosty listnáčů, převážně dubů letních (*Quercus robur*) o průměru kmene až cca 80-100 cm, podél vodotečí a komunikací. V podúrovni se hojně zmlazuje javor mléč (*Acer platanoides*) a roztroušeně se vykytují střemcha obecná (*Prunus padus*) a bez černý (*Sambucus nigra*). Bylinné patro je silně ruderalizované: kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*),

kulík městský (*Geum urbanum*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), česnáček lékařský (*Alliaria petiolata*), aj. V biocenóze naprosto převládají běžné druhy kulturní krajiny, výjimkou je výskyt chráněného tesaříka obrovského (*Cerambyx cerdo*) (Mareš 2008).

3.6.2. Vývoj teploty a srážek v oblasti PLO 10

3.6.2.1. Průměrná teplota vzduchu v °C

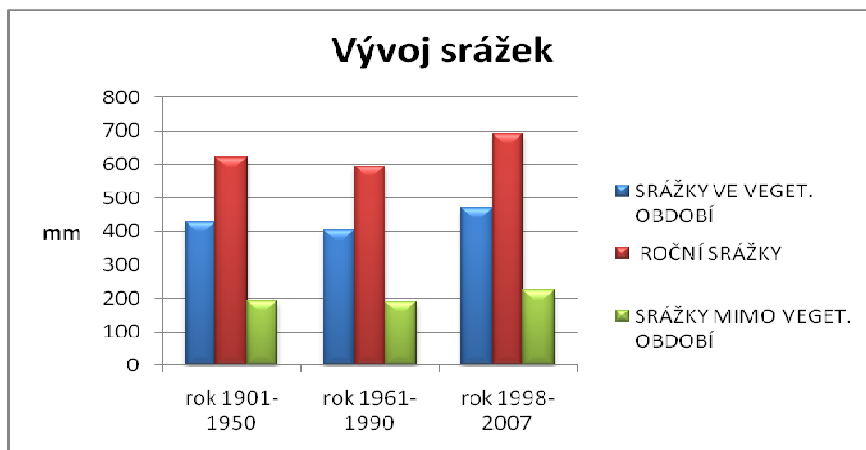
Průměrná roční teplota vzduchu i rozložení teplot vzduchu v jednotlivých měsících během roku je prakticky totožné u naměřených hodnot za období od roku 1901 do roku 1950 i za období od roku 1961 – 1990. Na stanici v Českých Budějovicích byla naměřena průměrná roční teplota vzduchu 7,8 °C, ve vegetačním období (od dubna do září) 13,9°C. Dá se proto předpokládat, že v celém období od roku 1901 až do roku 1990 se průměrná teplota vzduchu vcelku nezměnila, roční odchylky se v dlouhodobém průměru vyrovnávaly. Teplota vzduchu se začala výrazně zvyšovat až po roce 1990. Také je zaznamenáno větší množství teplotních výkyvů. Ve sledovaném období platnosti hospodářského plánu pro revír Štěkeň od roku 1998 do roku 2007 byla naměřena na stanici v Českých Budějovicích průměrná roční teplota vzduchu 9,2 °C, tedy o 1,4 °C vyšší než v období od roku 1901 do roku 1990. Ve vegetačním období byla naměřena průměrná teplota vzduchu 15,6 °C, což je dokonce o 2,3 °C vyšší než do roku 1990. Extrémně teplým rokem byl ve vegetačním období rok 2003. Průměrná teplota vzduchu dosáhla hodnoty 16,9 °C. V dalších letech se trend zvyšování teploty ukončuje, dochází k poklesu průměrné roční teploty vzduchu a odchylek od normálu. V roce 2008 byla naměřena průměrná roční teplota vzduchu 8,3°C, odchylka od normálu činní 1,2°C , v roce 2009 dokonce 8°C a odchylka 0,9°C . Znázorněno v obrázku 4.



Obr. 4: Vývoj průměrné teploty vzduchu v °C, ČHMÚ České Budějovice

3.6.2.2. Průměrný úhrn srážek

V období od roku 1901 – 1950 byl na stanici v Českých Budějovicích naměřen průměrný úhrn ročních srážek 620 mm, ve vegetačním období 427 mm. V období od roku 1961 – 1990 byly průměrné roční srážky 569 mm, ve vegetačním období byly 404 mm. Pokles průměrných ročních srážek o 25 mm a srážek ve vegetačním období o 23 mm není příliš významný. Naproti tomu v období od roku 1998 do roku 2006 dosáhly naměřené průměrné srážky hodnoty 691 mm a srážky ve vegetačním období hodnoty 518 mm. To už představuje výrazné zvýšení průměrných srážek oproti období od roku 1961 do roku 1990. Roční srážky stouply o 96 mm, srážky ve vegetačním období o 64 mm. Extrémně mokřím rokem s ničivými záplavami byl rok 2002, kdy spadlo 1157 mm srážek, ve vegetačním období pak 797 mm srážek. Naopak extrémně suchým byl následující rok 2003, kdy spadlo jen 483 mm srážek, ve vegetačním období pouhých 279 mm srážek. Co se týká dalších let, tak v roce 2009 spadlo na území 826 mm srážek a v roce 2008 spadlo pouze 598 mm srážek, což je o 228 mm srážek méně. Vývoj srážek je graficky znázorněn v obrázku 5.



Obr. 5: Vývoj průměrného úhrnu srážek v mm, ČHMÚ České Budějovice

Klimatické hodnoty sledovaného lesního komplexu Brdo

Nejstudenějším rokem v oblasti byl rok 1996, kdy roční průměrná teplota vzduchu dosáhla 6,8 °C, nejnižší teplota v roce byla -24,8°C a nejvyšší, oproti jiným rokům, pouhých 30,8°C, co se týče úhrnů srážek, dosahovaly hodnoty 766,6 mm. Naopak nejteplejším rokem byl rok 2007, roční průměrná teplota dosáhla 9,5°C a roční průměrný úhrn srážek byl 629,3 mm. Nejnižší teplota v roce dosahovala pouhých -10°C a naopak nejvyšší neměřená teplota měla 37,5°C. Dosud největší zaznamenaná hodnota úhrnu srážek, která činila 984,2 mm, byla naměřená v roce 2002. Tomu odpovídá i skutečnost, že v tomto roce byly rozsáhlé katastrofické povodně na celém území České republiky.

3.6.3. Porostní poměry

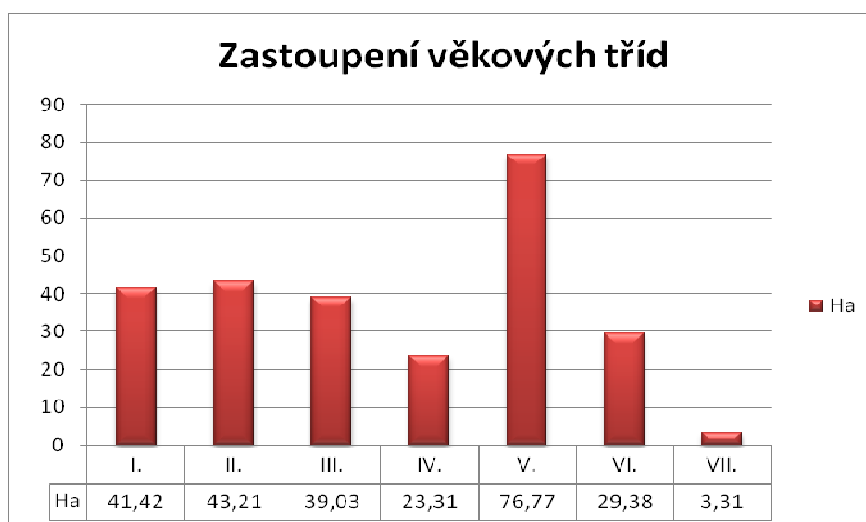
K rozboru porostních poměrů v lese Brdo byl využit Lesní hospodářský plán pro revír Štěkeň, s platností od 1.1. 1998 do 31.12.2007. Údaje z nového lesního plánu s platností od 1.1.2008 do 31.12.2017 nebyly využity, protože chyběla evidence o těžební činnosti v lesním komplexu.

Les Brdo je rozčleněn hlavním průsekem probíhajícím na severním svahu pod hřebenem ve směru od západu k východu a bočním průsekem, který je kolmý na směr hlavního průseku. V tomto území se podle porostní mapy vyskytují 4 oddělení, která jsou označena čísly: 912, 913, 915, 916. Přilehá k nim oddělení 914, které je odděleno silnicí ze Štěkně do Slatiny. Celkem zaujímají plochu 256,43 ha. Oddělení

jsou dále členěna do dílců a porostních skupin, z nichž každý dílec obsahuje několika porostních skupin. Znázornění porostních poměrů v příloze 1.

3.6.4. Zastoupení věkových tříd

Podle stáří porostů je možno porosty zařadit do 7 věkových tříd po 20 letech. V porostní mapě jsou věkové třídy odlišeny barevně. Jak je patrné z grafu 5, výrazně největší rozlohu zaujímají porosty V. věkové třídy, tedy mýtní porosty ve stáří od 81 do 100 let. Celková rozloha mýtních porostů je 76,77 ha. Je to důsledek intenzivních těžeb na začátku 20. století. Holoseče byly zalesněny smrkem, který se zdá být nevhodnou dřevinou zvláště na jižních svazích lesa Brdo. Současně byla zalesněna smrkem i málo úrodná pole v jihovýchodní části lesa. Smrk tu trpí hnilobami. Rozloha ostatních věkových tříd je znázorněná v obrázku 6.



Obr. 6: Zastoupení věkových tříd v ha plochy (LHP 1998-2007)

3.6.5. Druhová skladba porostů

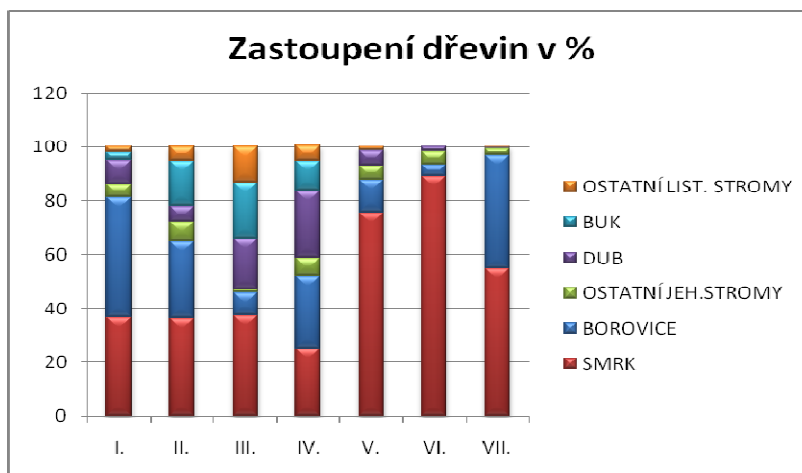
A) Zastoupení dřevin

V současné době v lese Brdo absolutně převažuje smrk, a to ve všech odděleních. Jeho celkové zastoupení je 53,6 %, v oddělení 912 dokonce 61,1 % a v oddělení 916 55,7 %. Druhou nejvíce zastoupenou dřevinou je borovice. Ta má zastoupení 20,5 %, nejvíce v oddělení 913, a to 24,0 %. Modřín tvoří slabou příměs ve smrkových a borových porostech. Jeho zastoupení činí 2,7 %. Jedle zaujímá jen 1,1% plochy. Jehličnaté dřeviny pokrývají celkem 79,0 % plochy. Na listnaté dřeviny zbývá jen

21,0 % plochy. Dub má zastoupení 9,4%, buk 7,5%, lípa 1,7%, jasan 1,0%, olše 0,7%. (LHP 1998-2007).

B) Zastoupení dřevin ve věkových třídách

Zastoupení dřevin se značně měnilo v průběhu uplynulých 140 let. V porostech starších jak 120 let je vedle smrku (54,7%) silně zastoupena i borovice (42,3%). Doznívá tu někdejší absolutní převaha borovice, kdy byly holoseče po odstranění zbytků přirozených lesů zalesňovány borovicí. V mýtních porostech V. a VI. věkové třídy (porosty staré 81-120 let) už absolutně převažuje smrk. V VI. věkové třídě zaujímá 89,1 % plochy a v V. věkové třídě 75,7 % plochy (obr. 7). Po roce 1918 lesníci nově přehodnotili význam původních dřevin, hlavně buku, dubu a jedle, pro zpevňování porostů a zlepšování jejich zdravotního stavu. To se projevilo i v lese Brdo změnou dřevinné skladby lesů ve prospěch listnáčů, především dubu, buku a lípy. Smrk je na stanovištích pro něj nevhodných postupně nahrazován borovicí. Ta zaujímá v I. věkové třídě 44,7 % plochy, smrk jen 36,6 % (LHP 1998-2007).



Obr. 7: Zastoupení dřeviny ve věkových třídách v % (LHP 1998-2007)

3.6.6. Hospodářské soubory

V lese Brdo se vyskytuje 5 hospodářských souborů (HS), které charakterizují hospodářsky významné odlišnosti přírodních podmínek.

HS 23 – kyselá stanoviště nižších poloh (46,5 % plochy)

Zaujímá převážně slunné, sušší svahy lesa Brdo na žulorule a hřebenové polohy a kupy, kde vystupuje žilná žula. Půdy jsou kyselé, živinami chudé, značně mělké a skeletovité. Velmi chudé a silně skeletovité jsou půdy, které vznikly na žilné žule.

Přirozeným lesním společenstvem tu byla kyselá a chudá buková doubrava, ve vyšších polohách dubová bučina. V nižších polohách v dřevinném patru převažoval dub zimní, k němu byla přimíšená lípa malolistá a buk. Ve vyšších, hřebenových polohách převažoval buk s příměsí dubu zimního, případně i lípy malolisté.

HS 43 – kyselá stanoviště středních poloh (40 % plochy)

Zaujímá spíše stinné, relativně vlhčí a chladnější svahy lesa Brdo, hlavně na žulorule. Půdy jsou kyselé a živinami chudé, ale vlivem příznivější půdní vlhkosti a větší hloubky půdy poněkud úrodnější. Přirozeným společenstvem tu byla kyselá dubová bučina. V dřevinné skladbě převažoval buk, přimíšen byl dub zimní, a menší míře jedle a lípa malolistá.

HS 21 – exponovaná stanoviště nižších poloh (3,5 % plochy)

Soubor navazující na kyselá stanoviště nižších poloh (HS 23) při jižním okraji lesa, kde se nad řekou Otavou vytvořil srázný svah. Mozaikovitě se tu střídají chudá, kyselá, vysychavá i silně skeletovitá stanoviště, ojediněle se vyskytují i skalky. Dřevinná skladba byla tvořena vedle převažujícího dubu zimního a lípy malolisté i javory, na skalkách se vyskytovala borovice.

HS 47 – oglejená stanoviště středních poloh (2,9 % plochy)

Vyskytuje se na svahových oglejených hlínách v úžlabině na severozápadním úpatí svahu. Půdy jsou hluboké, převážnou část roku vlhké, relativně úrodné. Přirozeným společenstvem tu byla kyselá jedlová doubrava. K dubu byla přimíšená jedle, v menší míře buk.

HS 29 – zamokřená stanoviště potočních náplavů (1,4 % plochy)

Na aluviálních sedimentech podél potůčku při severozápadním okraji lesa se vyskytuje jasanová olšina, přecházející místy v potoční luh. V dřevinném patru převažovala olše s jasanem, na vyvýšených místech dub s lípou, javory a jasan (Štípl 1997).

3.6.6.1. Hospodářský soubor 23 a 43

V lese Brdo zcela převažuje hospodářský soubor 23, který zaujímá kyselá stanoviště nižších a teplejších poloh, ale i výrazně chudá stanoviště na slunných svazích ve vyšších, hřebenových polohách. Zaujímá 46,5 % plochy. Silně je také zastoupen hospodářský soubor 43 na kyselých stanovištích středních poloh, který je svým výskytem vázán na stinné, poněkud vlhčí a chladnější svahy. Zaujímá 40,0 % plochy. Základní rozdíl mezi těmito dvěma hospodářskými soubory spočívá

v možnostech využití smrku jako základní hospodářské dřeviny. Na teplých a suchých stanovištích hospodářského souboru 23 je už smrk dřevinou zcela nevhodnou a bude postupně nahrazen hlavně borovicí nebo dubem a lípou. Na příznivějších, relativně vlhčích a chladnějších stanovištích hospodářského souboru 43 může zůstat smrk alespoň dočasně hlavní hospodářskou dřevinou. Je však, třeba snížit jeho zastoupení ve prospěch buku a jedle, případně buku s dubem. V hospodářském souboru 23 zaujímá smrk celkem 44,0 % plochy (52,45 ha), borovice jen 13,1%. V hospodářském souboru 43 má smrk zastoupení 67,0 % (68,64 ha plochy), borovice jen 13,0%. I tady je smrk na okraji možností trvalejší existence. Vyhovují mu jen nejvlhčí a nejchladnější lokality. Z původních dřevin je třeba především zvýšit zastoupení buku (MZe ČR, 1997).

4. METODY

4.1. Výběr ploch a jejich základní charakteristika

Pro retrospektivní analýzu reakce smrku ztepilého na synergické působení přírodních a antropogenních stresových faktorů a následné zjišťování přirozené obnovy byly vybrány porosty v předmětním a mýtním věku, kde podíl smrku tvořil minimálně 55%. Plochy byly vybrány tak, aby se co nejlépe pokryla zájmová oblast, postižená místy odumíráním smrku ztepilého.

Výzkumné plochy byly zakládány tak, aby plocha měla v průměru zhruba 25 m a v ní se nacházelo alespoň 12 stromů (obdobně byly zakládány plochy pro pozemní výzkum ICP Forest I. úrovně). Středový strom byl označen jedničkou a od něj se pak ve spirále pokračovalo v označování zbývajících stromů ve směru hodinových ručiček, přičemž strom číslo 2 měl orientaci na sever. Z celého území bylo vybráno 10 výzkumných ploch s přibližně stejnou věkovou třídou a druhovou skladbou, s průměrnou nadmořskou výškou 450 mⁿ/m s těmito porostními skupinami: 912 C 12, 913 C 10, 913 E 10, 913 E 13, 914 F 11, 915 D 9, 915 E 10, 916 A 11, 916 C 10, 916 D 9.

912 C 12 – Porost o výměře 1,94 ha je starý 116 let. Lesním typem je kyselá dubová bučina biková (3K3), řazená do HS 43. Leží na svahu pod hlavním hřebenem orientovaném k severozápadu. Stanoviště je relativně vlhčí a chladnější. Během uplynulého decenia byl tento porost výrazně poškozen škodlivými činiteli. V nahodilých těžbách se tu vytěžilo 393,7 m³ dřeva.

913 C 10 – Porost má výměru 1,58 ha, je starý 91 let. Leží na plochem hřbítku, který vystupuje z mírného svahu orientovaného k severozápadu. Lesním typem je kyselá dubová bučina borůvková (3K5), řazená do HS 23. Půda je značně mělká a kamenitá, relativně suchá. V nahodilých těžbách bylo vytěženo 18,59 m³ dřeva. Stanoviště není vhodné pro pěstování smrku.

913 E 10 – Větší porost na severním svahu o výměře 5,79 ha a stáří 94 let. Lesním typem je kyselá dubová bučina biková (3K3), řazená do HS 43. V uplynulém deceniu byl značně poškozen škodlivými činiteli. Nahodilá těžba v něm činila 109,8 m³ dřeva.

913 E 13 – Porost leží na silně sklonitém severozápadním svahu pod vrcholem lesa Brdo. Má výměru 1,33 ha a je starý 122 let. Lesním tepem je kyselá dubová bučina

biková (3K3), řazená do HS 43. Zřetelně vlhčí a chladnější stanoviště je vcelku příznivé pro růst smrku. V nahodilých těžbách bylo vytěženo 38,96 m³ dřeva.

914 F 11 – Výměra porostu je 3,42 ha, stáří 105 let. Leží na mírně skloněném jihovýchodním svahu (sklonitost 7,2°). Lesním typem je kyselá dubová bučina se šťavelem (3K7), která je řazena do HS 43. Stanovištní poměry jsou celkem příznivé, půda je už vlhčí a hlubší. V uplynulém deceniu zde bylo vytěženo 208,53 m³.

915 D 9 – Velký porost o výměře 11,75 ha je starý 84 let. Leží v západní části hlavního hřebenu, na svahu orientovaném k jihozápadu. Lesním typem je kyselá dubová bučina borůvková (3K5), která je řazena do HS 23. Půda je sušší a značně kamenitá. Je to stanoviště nevhodné pro pěstování smrku. Nahodilé těžby v uplynulém deceniu činily 173,22 m³.

915 E 10 – Porost o výměře 8,43 ha a stáří 95 let leží na slunném jihozápadním svahu. Teplá a značně suchá stanoviště v nižších polohách jsou řazena do kyselé bukové doubravy bikové (2K3) a do HS 23, kde jsou podmínky pro pěstování smrku zcela nevhodné. V nahodilých těžbách bylo vytěženo 426,89 m³ dřeva.

916 A 11 – Porost ve vrcholové části lesa Brdo má výměru 9,69 ha a je starý 110 let. Výzkumná plocha se nachází v jeho dolní, už mírněji svažité části, orientované k jihozápadu. Lesním typem je kyselá dubová bučina metličková (3K1), řazená do HS 43. Porost byl silně poškozen stresovými faktory, a to především kůrovcem a polomem. V nahodilé těžbě bylo v minulém deceniu vytěženo 494,71 m³.

916 C 10 – Porost o výměře 6,60 ha je starý 99 let. Leží na jihozápadním svahu se sklonitostí 7,4°. Převažujícím lesním typem je kyselá buková doubrava kostřavová (2K5). Je to stanoviště slunné a teplé, půda je značně vysychavá. Pěstování smrku je zde zcela nevhodné. V uplynulém deceniu v něm bylo vytěženo v nahodilé těžbě 291,01 m³ dřeva.

916 D 9 – Porost přiléhá k zámeckému parku, v němž převažuje dub zimní s lípou malolistou. Má výměru 1,72 ha a je starý 86 let. Orientace výrazného svahu směřuje převážně k jihu. Lesním typem je vysychavá buková doubrava lipnicová (2C2), řazená do HS 21. Negativní vliv škodlivých činitelů byl zanedbatelný. V nahodilých těžbách za deceniu nebylo nic vytěženo.

4.2. Sběr dat

Data týkající se této části diplomové práce byla použita z LHP a z LHE pro revír Štěkeň s platností od 1. 1. 1998 do 31. 12. 2007. Jak již bylo zmíněno data z nového LHP s platností od 1. 1. 2008 do 31. 12. 2017, nemohla být využita, protože nebyla k dispozici evidence o těžební činnosti za jednotlivé porostní skupiny podle nového LHP. Všechny těžební i zalesňovací práce byly evidovány podle jednotlivých roků, kdy byly prováděny a podle podvýkonu (příčiny těžby). Těžba nahodilá vznikla hlavně v důsledku větrného polomu a na větrný polom většinou navazujících škod kůrovcem. Škody kůrovcem byly vyvolány i suchem a nevhodnými podmínkami pro pěstování smrku. Škody byly evidovány podle jednotlivých dřevin v m³ dřevní hmoty vytěžených stromů. Dále byl zjištěn sklon, expozice, nadmožská výška, věk porostů a lesní typ.

Získaná data byla zpracována v programu Excel a použita pro statistickou analýzu. Data o objemech nahodilých těžeb způsobených různými faktory byla zpracována mnohorozměrnými metodami v programu Canoco (viz kap. 4.4.2). Pro zjišťování schopnosti zmlazení porostu byla použita metoda, která je popsána níže. Získaná data byla zpracována v programu Excel a vyhodnocena statisticky, pomocí analýzy variance s hierarchickým uspořádáním.

4.3. Analýza zdravotního stavu porostů

4.3.1. Metodika hodnocení zdravotního stavu pomocí retrospektivní analýzy

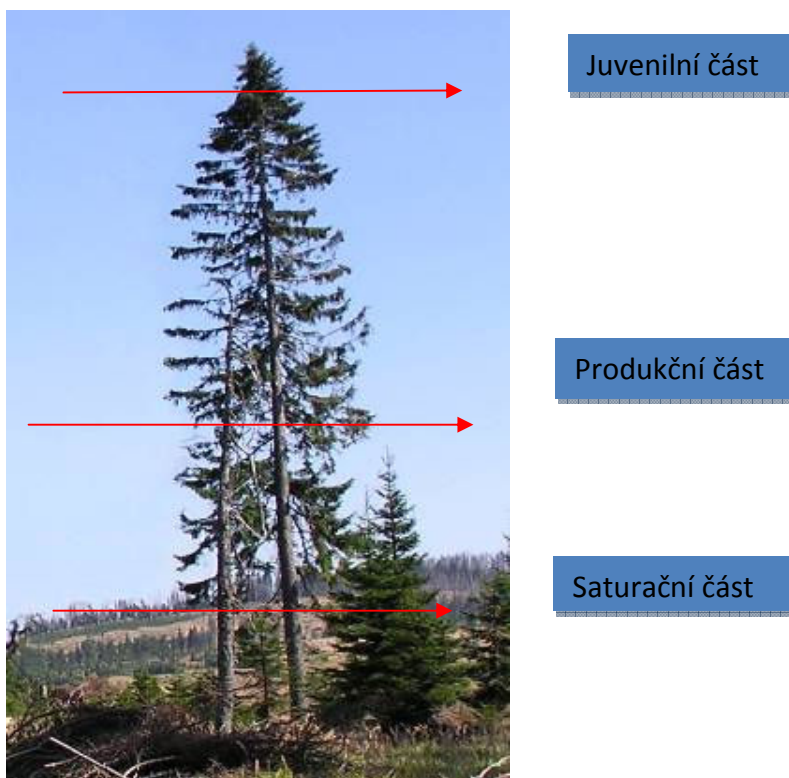
Těžiště terénního šetření spočívalo ve výzkumu zdravotního stavu korun smrku ztepilého pomocí hodnocení transformace struktury koruny dle Cudlína a kol. (2001). Metodika rozpracovává původní poznatky a principy Lesinského a Landmana (1985) a Grubera (1994). Cílem dlouholetého studia Laboratoře ekologie lesa ÚEK AV ČR bylo navrzení a ověření možností využití vybraných indikátorů pro stanovení regeneračního potenciálu smrkových porostů pod vlivem dlouhodobého synergického působení přírodních (abiotických i biotických) a antropogenních stresových faktorů (Cudlín a kol. 2001).

Pro retrospektivní analýzu zdravotního stavu byly vybrány porosty věkové třídy 5 (tj. 81 – 100 let) případně výše. Pro každou plochu byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka pro všechny základní charakteristiky, tj. celková defoliace, defoliace primární struktury, procento sekundárních výhonů a stupeň transformace

koruny, dále byla hodnocena míra diskolorace. Dále se zjišťovaly další fyziologické projevy a poškození dřevin jako je řídnutí koruny, zlomy, změny vrcholů, produkce šišek aj. Jako základní pomůcky při výzkumu se používá dalekohled a pro určení expozice zkusné plochy a místa pozorování jednotlivých korun buzola. Hodnocení se provádělo v období po vyzrání nových výhonů (zhruba září, říjen). Samotné hodnocení by se mělo provádět ze vzdálenosti přibližné výšky stromu z místa, odkud je nejlépe viditelná koruna. Výsledky se zapisovaly do předčištěných tabulek, které se dále zpracovávaly v programu Excel podle metody vizualizace dat, uvedeno v kapitole 4.3.2.

Hodnocení stavu koruny smrku ztepilého

- 1. Sociální postavení stromu** - Všeobecně známý znak, hodnocený podle Kroftovy stupnice.
- 2. Typ větvení** - Jde o složitý znak způsobu větvení, ovlivněný transformací primárních výhonů v sekundární. Hodnotí se větve, které jsou dobře viditelné a hodnotí se pod přechodem juvenilní a produkční části koruny. Často se jedná o přechodný typ a navíc je třeba rozlišit, zda v produkční části koruny nepřevládají již sekundární výhony (viz příloha 2).
- 3. Vícetřepák** – Popis větvení stromu ve vrcholové, korunové či kmenové části.
- 4. Části koruny (tzv. trojzlomek)** - Vyjadřuje procentický podíl juvenilní, produkční a bazální (saturační) části koruny z celkové výšky stromu. Většina parametrů se zjišťuje jen u produkční části koruny (viz obr. 8).



Obr. 8: Schéma rozdělení koruny

5. Tvar horní části koruny - Ukazatel vypovídající o tom, zda se v uplynulých letech vyskytly takové nepříznivé stanovištní podmínky, které výrazně zhoršily přírůsty juvenilní části koruny stromu (viz příloha 3).

6. Typ vrcholu - Poslední vertikální přírůst juvenilní části koruny. Zhodnocení růstových podmínek v poslední vegetační sezóně (viz příloha 4)

7. Celková defoliace - Procento chybějícího olistění z celkového objemu koruny (ve smyslu metodiky ICCP). Je to základní ukazatel poškození stromu. Hodnotí se pouze v produkční části koruny a jedná se o procento dřer z celkové plochy koruny. U typu větvení hřeben nemusí být mezery mezi větvemi způsobené defoliací, a proto se nezapočítávají. Pokud není strom proti obloze a je za ním jiný strom, je třeba použít k hodnocení dalekohledu.

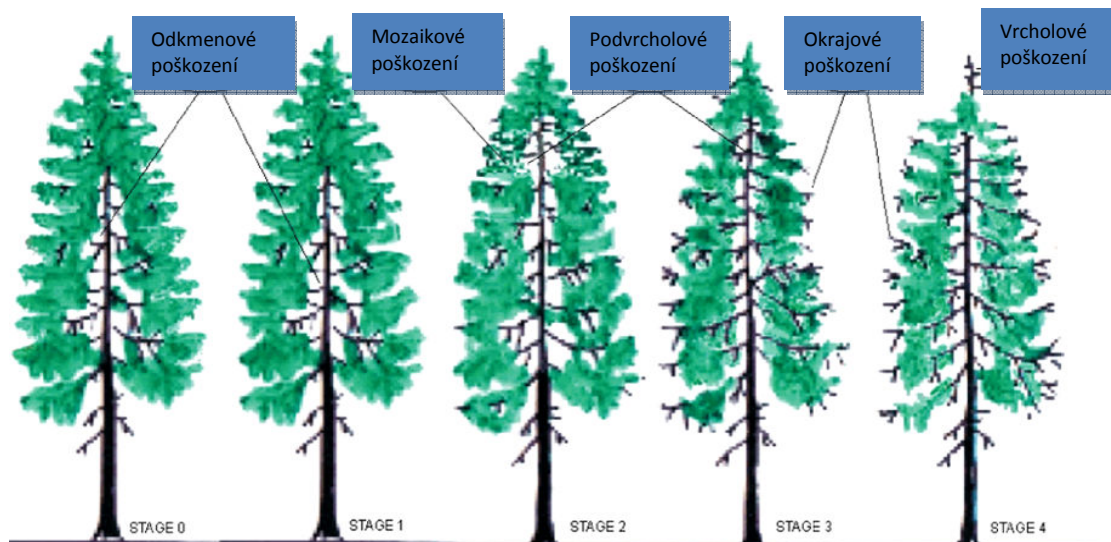
8. Defoliace primární struktury - Procentuální vyjádření ztráty olistění primární struktury v produkční části koruny. V průběhu vývoje smrku dochází ke tvorbě třech typů výhonů, které se liší dobou mezi založením pupenu a vyrašením výhonu. Proleptické výhony (někdy nazývané syleptické) vznikají z pupenu založeného v totměž vegetačním období (vyskytující se v juvenilní části koruny), pravidelné (primární) výhony se tvoří z přezimujícího pupenu, založeného v minulé vegetační sezóně a náhradní, neboli sekundární výhony vyrážejí na dva a více let starém dřevě.

Míra ztráty primární struktury indikuje zvýšené působení stresových faktorů v minulosti.

9. Procento sekundárních výhonů - Sekundární výhony se tvoří při jakémkoliv narušení rovnováhy mezi celkovým množstvím asimilačních orgánů a vnějšími nebo vnitřními podmínkami pro fotosyntetickou asimilaci. Sekundární výhony tedy nejsou specifickým symptomem imisního poškození smrku. Míra tvorby sekundárních výhonů většinou indikuje jak již významné poškození primární struktury, tak i schopnost stromu kompenzovat úbytek asimilačních orgánů tvorbou sekundárních výhonů. Uvádí se v procentech s krokem 5%. Obdobně jako při odhadu defoliace primární struktury je vhodné odhadovat procento sekundárních výhonů v jednotlivých vertikálních profilech koruny.

10. Typ poškození - Způsob opadu jehličí na jednotlivých místech produkční části koruny. Slouží k lokalizaci defoliace a následnému zařazení stromu do stupně transformace struktury koruny.

11. Stupeň transformace struktury koruny - Stupeň doplnění či náhrady původní (primární) struktury asimilačního aparátu sekundárními výhony. Zjištění stavu transformace struktury koruny; využití pro určení kategorie stresové reakce stromu.



Obr. 9: *Stupeň transformace a typ poškození koruny.*

Transformace koruny je tak výsledkem reakce stromu na změnu spektra či intenzity působení stresových faktorů. Tato reakce se může projevit jako krátkodobá fyziologická odezva i jako dlouhodobé fyziologické, morfologické a strukturální změny.

12. Zlomy - Zaznamenávají se i zlomy staré.

13. Žloutnutí a reznutí - Reverzibilní a irreverzibilní barevné změny jehlic. U žloutnutí se rozlišuje „hořčikové“ žloutnutí (rozlišitelné podle intenzivnějšího žloutnutí horní strany jehlic) od ostatních typů žloutnutí. Příčiny reznutí (nekróz) se většinou nepodaří určit.

14. Šišky - Zaznamenávají se šišky v celé koruně.

15. Poškození kmene – Hodnotí se podle šířky poškozené plochy kmene.

16. Celkový stupeň poškození - Celkový stupeň poškození by měl zachycovat průběh poškozování stromů v celém jeho dosavadním životě. Zohledňována byla především celková defoliace (vyjadřující celkový zdravotní stav jedince), následně typy poškození podle pořadí, třetím kritériem bylo poškození kmene, dále bylo zohledňováno přítomnost zlomů a šišek - při oslabení stromů se snižuje reprodukce.

17. Pozice při hodnocení - Popisuje pozici s orientací na světové strany při hodnocení číslovaného stromu ve zkusné ploše. Pozice se určí podle buzoly.

18. Viditelnost koruny – Hodnotí se, nakolik korunu daného stromu zakrývají okolní stromy.

4.3.2. Vizualizace dat

Jedná se o klasifikaci stromu (porostu) podle hodnoty celkové defoliace, defoliace primární struktury a procenta sekundárních výhonů. Využívá se pro rychlou orientaci stavu stromu (porostu) podle současného poškození a stupně transformace struktury koruny. Podle základních parametrů poškození a transformace (hodnot celkové defoliace a zastoupení sekundárních výhonů) se stromy rozdělí do čtyř základních kategorií stresové reakce: strom rezistentní (odolný vůči doposud působícím vnějším činitelům), rezidentní (schopný vyrovnat se s dosavadní stresovou zátěží), poškozený strom mírně transformovaný a poškozený strom silně transformovaný (tab. 5). Místo zastoupení sekundárních výhonů lze použít stupeň transformace struktury koruny (kategorie 1 a 3 mají stupeň 0 a 1, kategorie 2 a 4 stupeň 2, 3 a 4) (Cudlín a kol., 2001).

Tab. 5: *Kategorie stresové reakce.*

Kategorie stresové reakce		Celková defoliace [%]		Procento sekundární struktury [%]	
1	rezistentní	≤ 35	slabě až mírně poškozené	≤ 50	slabě až středně transformované
2	resilientní	≤ 35	slabě až mírně poškozené	> 50	silně až velmi silně transformované
3	poškozené & mírně transformované	≥ 40	středně až silně poškozené	≤ 50	slabě až středně transformované
4	poškozené & silně transformované	≥ 40	středně až silně poškozené	> 50	silně až velmi silně transformované

Pro podrobnější popis stresové reakce jednotlivých stromů a celých porostů smrku ztepilého na komplexní působení stresových faktorů byly zkonstruovány křivky stresové reakce, rozdělené do stresových fází (Cudlín, 2002). Pokud strom ještě nepřekročil vnitřní toleranci stromu (defoliace primární struktury > 50%), nachází se na stresové trajektorii U. Pokud ano, záleží na intenzitě, délce a opakování stresového působení, zda se strom nachází na trajektorii A (slabší, krátkodobé stresové působení), B (slabší, opakované nebo chronické stresové působení) či C (silnější, opakované nebo chronické stresové působení). Strom se dále může nacházet ve třech různých stádiích, podle toho, zda převažuje defoliace nad regeneračními procesy (stádium I), zda jsou oba procesy v rovnováze – přes probíhající tvorbu sekundárních výhonů zůstává defoliace po několik let na stejné hodnotě (stádium II), nebo zda došlo k období s převažujícími regeneračními procesy (stádium III). Na trajektorii C může dojít i k situaci, že strom, který byl delší dobu ve stresové fázi CII, není již schopen regenerace a odumírá (fáze CIII-).

Při vyjadřování stresových fází celého porostu se tyto fáze určí podle tab. 6 pro jednotlivé stromy a do grafu se vynese procento stromů, nacházejících se v jednotlivých fázích (viz např. obr. 16).

Tab. 6: Indikátory fází reakce korun smrku ztepilého na synergické působení stresových faktorů (Cudlín, 2002).

Průběh reakce na synergické působení stresových faktorů	Indikátory stresové reakce na úrovni stromu				Stresová fáze
	Celková defoliace	Defoliace primární struktury	Procento sekundárních výhonů	Doplňující charakteristika	
Stromy s mírnou stresovou zátěží	neuvažuje se	≤ 50%	neuvažuje se		U
Překročení stresové tolerance		> 50%			A, B, C
Významné poškození asimilačního aparátu		> 80%		Ušchlé terminály většiny větví prvního řádu v produkční části koruny	C
Období s převažujícími degračními procesy	neuvažuje se	> 50% a < 65%	≤ 40%	Překročena stresová tolerance stromu	A I
		> 65% a < 80%	≤ 50%		B I
		≥ 80%	≤ 60%		C I
Období cyklické regenerace výhonů (kontinuální nahrazování defoliováných primárních výhonů výhony sekundárními)	neuvažuje se ≥ 40%	≤ 65% ≤ 65%	> 40% > 50%	Překročena stresová tolerance stromu	A II
	neuvažuje se ≥ 40%	> 65% a < 80% > 65% a < 80%	> 50% > 65%		B II
	neuvažuje se ≥ 40%	≥ 80% ≥ 80%	> 60% ≥ 80%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C II
Regenerace (převládnutí regeneračních procesů nad degračními)	≤ 35%	≤ 65%	> 50%	Překročena stresová tolerance stromu	A III
	≤ 35%	> 65% a < 80%	> 65%		B III
	≤ 35%	≥ 80%	≥ 80%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C III ₊
Vyčerpání (ztráta schopnosti nahrazovat defoliované výhony)	≥ 40%		≥ 95%	Strom s významným poškozením asimilačního aparátu	C III ₋

4.4. Zjišťování schopnosti zmlazení porostů

4.4.1. Hodnocení přirozené obnovy

Monitoring přirozené obnovy smrku ztepilého byl zaměřený zejména na zhodnocení úspěšnosti vzcházení a následného přežívání náletových semenáčků v závislosti na různých typech mikrostanovišť. Stav přirozené obnovy byl hodnocen na 10 již založených výzkumných plochách v lesním komplexu Brdo v roce 2010. Porosty na plochách dosáhly mýtního věku a převažoval v nich smrk ztepilý. Na

každé ploše kolem středového stromu (označen č. 1) byly vytyčily 4 transeky o délce 10 m a šířce 1 m. Byly rozmístěny ve tvaru kříže kolem středového stromu. Začátek každého transektu přiléhal ke kmenu stromu, případně k jeho kořenovému náběhu. Dva transeky byly vedeny po spádnicí svahu a dva ve směru vrstevnic. Od centrálního stromu byl buzolou změřen azimut všech transektů. Čtverce se číslovaly od středového stromu čísly 1 – 10. Transeky byly při pohledu proti svahu označeny jako nahoře, dole, nalevo a napravo. Schéma značení je zobrazeno v příloze 5.

Každý transekt byl rozdělen na 10 čtverců o velikosti 1x1m. Semenáčky dřevin byly spočítány a zapsány pro každý čtverec zvlášť a byl zaznamenán typ mikrostanoviště, ve kterém se vyskytovaly. Rozlišováno bylo 8 typů mikrostanovišť: smrkový opad, trouch, porost metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*), porost třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), porost brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*), mechy a dvě směsné kategorie nazvané ostatní druhy bylinné vegetace a ostatní abiotické složky pokryvu povrchu půdy – jiný povrch (kameny, kořeny stromů, kůra, větve, atd.).

Byly počítány semenáčky všech dřevin (jehličnany i listnáče). Semenáčky smrku ztepilého byly rozděleny do dvou kategorií podle věku (podle počtu ročních přírůstků) do 3 let a 4 a více let. Tato kategorie pak byla ještě rozdělena dle výšky: do 10 cm, 10 - 20 cm, 20-50 cm, 50 – 100 cm, více jak 1 m. U ostatních semenáčků jehličnanů byly určeny, pokud to bylo možné, věkové kategorie a pokud ne, tak pouze výškové kategorie, tak jakou listnáčů: do 10 cm, 10 - 20 cm, 20-50 cm, 50 – 100 cm, víc jak 1 m.

4.4.2. Statistické zpracování výsledků

Získaná data o nahodilých těžbách i následné schopnosti zmlazení byla zpracovaná do tabulek v programu Excel a následně použita pro statistické vyhodnocení. Pro vyhodnocování závislosti dat o nahodilých těžbách na stanovištích i porostních podmínkách byla použita mnohorozměrná statistická analýza pomocí programu Canoco pro Windows verze 4.5. Nejprve byla použita metoda nepřímé gradientové analýzy DCA (Detrended Correspondence Analysis) pro zjištění délky gradientu ve vysvětlovaných proměnných. Pokud byl gradient nižší než 3, byla jako nepřímá analýza použita PCA (Principal Component Analysis), parametry stanoviště a porostu a rok byly použity jako pasivní environmentální proměnné. Pokud byl gradient vyšší než 3, byla použita analýza DCA. Na základě zjištěné délky gradientu

byla pro následné přímé analýzy většinou zvolena lineární metoda gradientové analýzy RDA (Redundancy Analysis). Statistická významnost byla testována pomocí Monte Carlo permutačním testu, který se vyznačuje nezávislostí na rozdělení testovaných dat (Lepš, Šmilauer 2003).

Pro vyhodnocování dat o schopnosti zmlazení smrkových porostů na plochách byla použita analýza variance s hierarchickým uspořádáním. Byl testován efekt plochy, mikrostanoviště a transektu. Transekt byl testován jako náhodný efekt. Pro post-hoc porovnání byl použit Tukey HSD test. Ve všech případech byla použita odmocninová transformace dat.

4.5. Odhad prognózy vývoje porostů na základě regresní analýzy

Pro výpočet koeficientů rizika rozpadu porostů s převahou smrku ztepilého na území revíru Štěkeň byla modifikována metoda využití obecných lineárních modelů založených na logistické regresi pro zjišťování priorit zásahů na přeměnu rozpadajících se porostů smrku ztepilého.

Logistickou regresi lze použít ke stanovení závisle proměnné na základě kontinuální a/nebo kategorické nezávislé. Umožňuje stanovit i pořadí relativního významu nezávislých, hodnocení interakcí a porozumění vlivu různých proměnných. Logistická regrese se používá pro maximální věrohodnost odhadu po transformaci závislé na logit proměnnou (DeMaris, 1992) sec. Müllerová (2009).

Vzhledem k tomu, že pro studovanou oblast byla k dispozici data pro konstrukci závisle proměnné (procento nahodilých těžeb za období minulého LHP 1998-2007) s normálním rozdělením, byla v této práci použita pouze mnohonásobná regrese s postupným výběrem signifikantních vysvětlujících proměnných (forward stepwise = kroková dopředná metoda), pro zahrnutí proměnné $\leq 0,005$ v programu Statistica 6.0. Cílem bylo zjistit, které z použitých nezávisle proměnných měly statisticky prokazatelně největší vliv na stav závisle proměnnou.

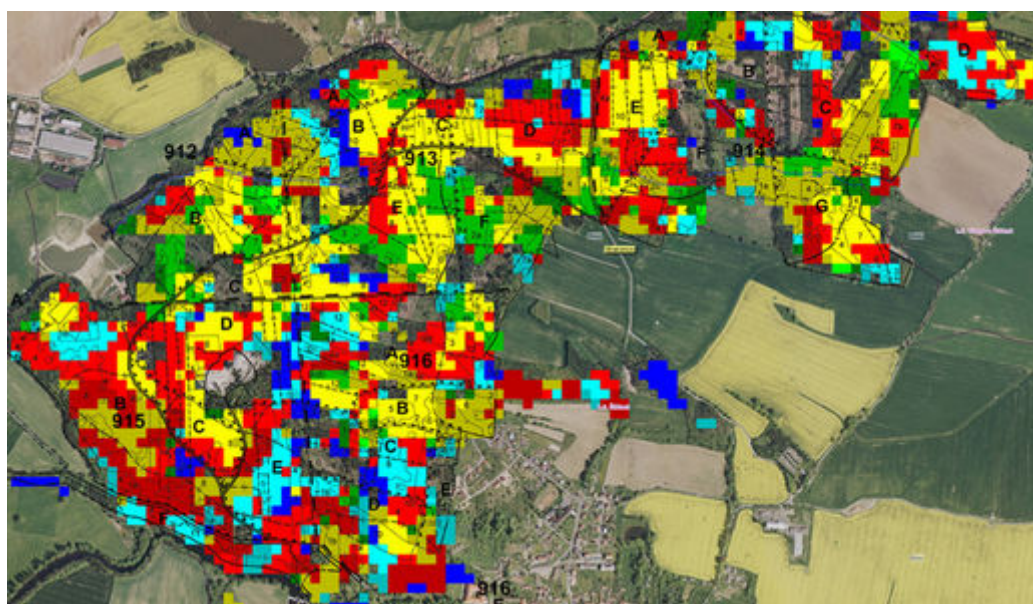
Vstupními daty pro logistickou regresi byly údaje z lesnické evidence LS Vodňany o jednotlivých revírech a výsledky terénních průzkumů. Jako nezávisle proměnné byly použity porostní a stanovištní charakteristiky, které jsou uvedené v tabulce 7:

- Lesní vegetační stupeň byl odvozen z údajů o souboru lesních typů jednotlivého porostu, v rozsahu 0 až 9 podle metodiky ÚHÚL.

- Trofická úroveň byla stanovena podle souboru lesních typů, dle typologie používané ÚHÚL, kdy každé trofické úrovni odpovídá číselná hodnota, rozsah 0-25 (viz příloha 6a).
- Hydrická úroveň vycházela z charakteristiky edafických kategorií PLO, úprava ÚHÚL 2009, v rozsahu 0 – suchá až 8 – rašeliniště (viz příloha 6b).
- Ozáření bylo odvozeno z expozice porostní skupiny, v rozsahu 1-4 (viz příloha 6c).
- Zastoupení smrku bylo stanoveno podle údajů z LHP, pokud byl smrk v porostní skupině zastoupen 100%, byla mu přiřazena hodnota 1, pokud byla v porostu přítomna i jiná dřevina, měl porost hodnotu 2.
- Věk porostu byl uveden v ordinální škále 51-165, dle skutečného věku uvedeného v LHP, porosty mladší 50 let byly z analýzy vyloučeny.
- Vertikální struktura porostu byla hodnocena jako přítomnost jedné nebo více etáží v porostu; pokud byla přítomna pouze jedna etáž, měl porost číslo 1, pokud jich bylo více než jedna, měl porost přiřazenou hodnotu 2.
- Zapojení porostu bylo vyjádřeno zakmeněním v rozsahu 0-9, údaj o zakmenění byl získán z LHP daného revíru.
- Počáteční poškození bylo vyjádřeno přítomností nahodilých těžeb abiotického nebo biotického původu v prvních dvou letech decenia v příslušné porostní skupině; pokud nebyly přítomny, přiřadili jsme číslo 1, pokud se vyskytly, porostní skupina získala číslo 2.
- Zdravotní stav byl odvozen ze stupňů poškození smrkových porostů (0 nejmenší, 6 největší), které byly rozlišeny na základě družicových snímků Landsat (data ÚHUL - zdravotní stav lesních porostů ve stupnici poškození a mortality, rok 2008 (viz obr. 5) a následně sloučeny do 4 kategorií (viz příloha 6d).

Tab. 7: *Nezávisle proměnné, vstupující do logistické regresní rovnice pro výpočet pravděpodobnosti rozpadu porostů s převahou smrku ztepilého.*

Nezávisle proměnné	Škála	Rozsah
Lesní vegetační stupeň	Ordinální	0 - 9 (3-6)
Trofická úroveň	Kategoriální	1 – 25
Hydrická úroveň	Kategoriální	1 – 8
Ozáření(nazákladě expozice)	Ordinální	1 – 4
Zastoupení smrku	Ordinální	1 – 2
Věk porostu	Ordinální	51 – 165
Vertikální struktura	Ordinální	1 – 3
Zapojení porostu	Ordinální	1 -10
Počáteční poškození	Ordinální	1 – 2
Zdravotní stav	Ordinální	1 – 4



Obr. 10: *Zdravotní stav lesních porostů ve stupnici poškození a mortality (ÚHUL -2008), družicový snímek lesního komplexu „Brdo“ (Katastrální území Štěkeň).*

Pro porostní skupiny ve sledovaném lesním komplexu Brdo se zastoupením smrku > 50% a starší než 50 let byly spočítány predikce pravděpodobnosti, že tyto porosty budou v příštích 40 letech silně poškozeny a začnou se rozpadat.

4.6. Odhad odolnostního a regeneračního potenciálu smrkových porostů

Adaptační potenciál porostu souvisí se schopností stromu odolávat komplexnímu působení stresových faktorů (zjišťuje se pomocí odolnostního potenciálu) a jeho schopností regenerace asimilačních orgánů cestou tvorby sekundárních výhonů (zjišťuje se pomocí regeneračního potenciálu). Samotný adaptační potenciál, není vlastností stromu a především závisí na tom, na co se má strom adaptovat. Vypracování stanovení adaptačního potenciálu, bylo vytvořeno, na základě dostatečných informací o působení faktorů klimatické změny.

Ke stanovení odolnostního a následně regeneračního potenciálu bylo provedeno hodnocení transformace a stavu korun a hodnocení poškozených a odumřelých stromů na plochách. Tímto způsobem lze odhadnout retrospektivní reakci stromů na kombinaci přírodních a antropogenních stresových faktorů, lze také odhadnout současný adaptační potenciál porostu (Cudlín a kol., 2001).

Procento poškozených stromů vychází z terénního průzkumu mrtvých (včetně odtěžených) a poškozených stromů, přičemž za poškozený strom se považuje silně defoliovaný strom, kde je celková defoliace větší nebo rovna 40 %. Jako rozpadlý považujeme porost, ve kterém je více než 50 % dospělých stromů odumřelých, viz tab. 8.

Tab. 8: Stanovení odolnostního potenciálu

ODOLNOSTI	% odumřelých stromů v současnosti	vývoj porostu následných 40 let	% poškozených stromů (Křístek a kol., 2009)	pravděpo dobnost rozpadu porostu do 40 let*
A	0%	převaha resistantních stromů, ≤10% stromů odumře do 40ti let	10 %	0,2
B	< 10%	zhoršení zdravotního stavu, postupné odumírání stromů, rozpad > 40 let, 10-40% individuálních stromů odumře do 40ti let	10 % - 50%	0,5
C	>10-30%	odumírání jednotlivých stromů, díry v porostu > 0,01ha, rozpad	> 50 %	0,9

		porostu za 6-40 let		
D	>30-50%	díry v porostu > 0,04 ha, rozpad porostu za 4-5 let	≥ 70 %	1
E	≥ 50%	> 50% odumřelých stromů do 3 let	≥ 90 %	1

Regenerační potenciál byl stanoven vyhodnocením zastoupení stromů ve stresové kategorii 1 – rezistentní a ve stresové kategorii 3 – poškozené stromy mírně transformované, následně zastoupení kategorie 2 – resilientní stromy a poté hodnocení přítomnosti či nepřítomnosti kategorie stresové reakce 4 – poškozené stromy silně transformované, a to podle tabulky 9. Následně bylo osm stupňů regeneračního potenciálu přiřazeno do kategorií A a B odolnostního potenciálu. Regenerační potenciál tak umožňuje zařadit přesněji porost do kategorií odolnostního potenciálu A a B. Vztah mezi kategoriemi regeneračního potenciálu a odolnostního potenciálu je zobrazen v tab. 9.

Tab. 9: Stanovení regeneračního potenciálu.

kategorie stresové reakce				regenerační potenciál	odolnostní potenciál
1	3	2	4		
60-70%	40-30%	< 10%	ne	I.	A
40-60%	60-40%	>10%	ne	II.	A (B*)
			ano	III.	B
		< 10%	ne	IV.	A (B*)
			ano	V.	B
30-40%	70-60%	>10%	ne	VI.	A (B*)
			ano	VII.	B
		< 10%	ne	VIII.	B

* za 40 let

5. VÝSLEDKY

5.1. Vyhodnocení škod na sledovaném území

5.1.1. Škody způsobené větrem

V hodnoceném desetiletém období způsobil větší škody vítr na počátku roku 2003 a v roce 2007. V roce 2003 vítr vanul od západu až k severozápadu. Vyvracel stromy, případně lámal kmeny nebo jejich koruny. Polomy byly jak jednotlivé, tak skupinové. V roce 2007 se přes Českou republiku přehnal orkán o ničivé síle. Tento orkán dostal název „Kyrill“. Škody, které napáchal nejen na sledovaném území, byly obrovského rázu. Nejčastěji byly postiženy závětrné svahy a větru vystavené, nechráněné okraje mýtních porostů. Kalamitní těžby polomů ve sledovaném území v jednotlivých letech byly: 2002 - 230 m³, 2003 - 874 m³, 2004 - 182 m³, 2006 - 176 m³, 2007 - 1598,48 m³. V ostatních letech sledovaného období byly škody větrem jen jednotlivé. Škody větrem se soustředily především na mýtní porosty, porosty starší jak 81 let. Škody jsou znázorněné v tab. 10.

Tab. 10: Škody způsobené větrem v (m³) v jednotlivých odděleních lesního komplexu Brdo za desetileté období (LHP 1998-2007).

Oddělení	Celkem m ³ v předmýtních porostech	Celkem m ³ v mýtních Porostech	Celkem m ³
912	8,00	693,05	701,05
913	62,03	617,14	679,17
914	43,77	1181,59	1225,36
915	60,00	557,22	617,22
916	19,00	520,20	539,20
Celkem	192,80	3569,20	3762,00

Za celé sledované období bylo v důsledku škod větrem vytěženo 3762 m³ dřeva. V předmýtních porostech byly škody jen jednotlivé. V důsledku větrných polomů tu bylo vytěženo jen 193 m³ dřevní hmoty (10 % z celkového rozsahu těžby v polomů). Polomy byl nejvíce poškozen smrk, a to 87 %. Borovice se podílela na polomech 5%, modřín rovněž 5%. Nejvíce polomů bylo v oddělení 914 na jihovýchodě lesa Brdo. V důsledku větrných polomů se tu vytěžilo 1225 m³ dřeva. Tento porost není nijak chráněn hřebenem před větrem. Nejvíce polomů bylo na severozápadních,

stinných svazích lesa Brdo, které jsou zařazeny do hospodářského souboru 43. Bylo tu vytěženo 2855 m³ polomového dříví. Soubor zaujímá celkově jen 39% plochy. Naopak v hospodářském souboru 23 na převážně jižních svazích, chráněných hřebenem před větrem, bylo vytěženo jen 907 m³ polomového dříví. Soubor zaujímá celkově 55 % plochy lesního komplexu Brdo.

5.1.2. Škody způsobené suchem na lesních kulturách

Sucho je často příčinou úhynu vysazených sazenic i stromů v porostech. Citlivé jsou dřeviny s mělkým kořenovým systémem na výsušných půdách. V hodnoceném období vznikly těžbou úmyslnou holé seče na ploše 19,04 ha, z předchozího období byla převedena holina o ploše 1,32 ha. Nahodilou těžbou v důsledku větrných polomů vznikla holina o ploše 1,39 ha. Celkem bylo zalesněno 21,01 ha holin. K jejich zalesnění bylo spotřebováno 147 900 kusů sazenic. Podle počtu vysazených sazenic připadlo: borovice - 69,5 %, smrk - 11,3 %, modřín - 1,7%, dub - 8,2 %, buk - 8,4 %, lípa - 0,9 %.

Částečně bylo využito i přirozené obnovy dřevin. Vysazené sazenice z různých příčin odumřely na ploše 2,42 ha. Co do počtu vysazených sazenic jich odumřelo celkem 21 250 kusů, což představuje 14,4%. Dubových sazenic odumřelo 20,7% a bukových 19,4%. Extrémně suché počasí v jarních měsících roku 2003 bylo příčinou vysokých ztrát na kulturách. Vlivem sucha odumřely kultury na ploše 1,43 ha, což představuje zhruba 60% podíl na zalesňovacích ztrátách. Po mimořádně teplém a suchém roku 2003, kdy teplota vystoupila až na 33°C a udržovala se delší dobu, začaly celoplošně odumírat smrkové nárosty vzniklé přirozenou obnovou pod clonou matečného porostu.

5.1.3. Škody kůrovcem v závislosti na větrných polomech a suchu

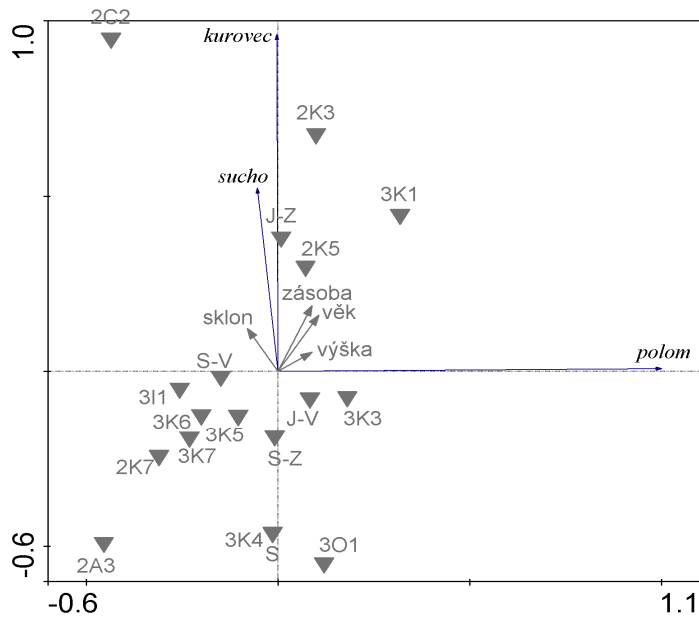
Škody na lesních porostech, které jsou způsobené suchem či větrem, představují nejvhodnější útočiště pro škodlivé biotické činitele, především hmyz. Nejvíce především hmyzích činitelů. K přemnožení kůrovců došlo v extrémně suchém a teplém roce 2003, kdy na počátku roku vznikly nejrozsáhlejší větrné polomy. V uplynulém desetiletém období bylo vytěženo 943 m³ dřeva napadeného kůrovci a 196 m³ kůrovcových souší. Celkem bylo za sledované období vytěženo 1 139 m³ poškozeného dřeva. O počínající kůrovcové kalamitě je možno uvažovat až v roce

2003, kdy bylo vytěženo 213 m³ kůrovcem napadené hmoty stromů. Největší škody vznikly v následném roce 2004, kdy bylo vytěženo 522 m³ dřevní hmoty napadené kůrovcem. Nejvíce kůrovcem způsobených škod vzniklo na teplejších a sušších svazích hospodářského souboru 23. Vytěžilo se tam celkem 650 m³ dřevní hmoty, tedy 57 % z celkového rozsahu kalamitní těžby vyvolané kůrovcem. Nejvíce postižené bylo oddělení 915, zde bylo celkem vytěženo 359 m³ poškozeného dřeva. Druhé nejvíce napadené oddělení kůrovcovým škodlivým činitelem bylo 914. V nahodilých těžbách se zde vytěžilo 259 m³ dřevní hmoty.

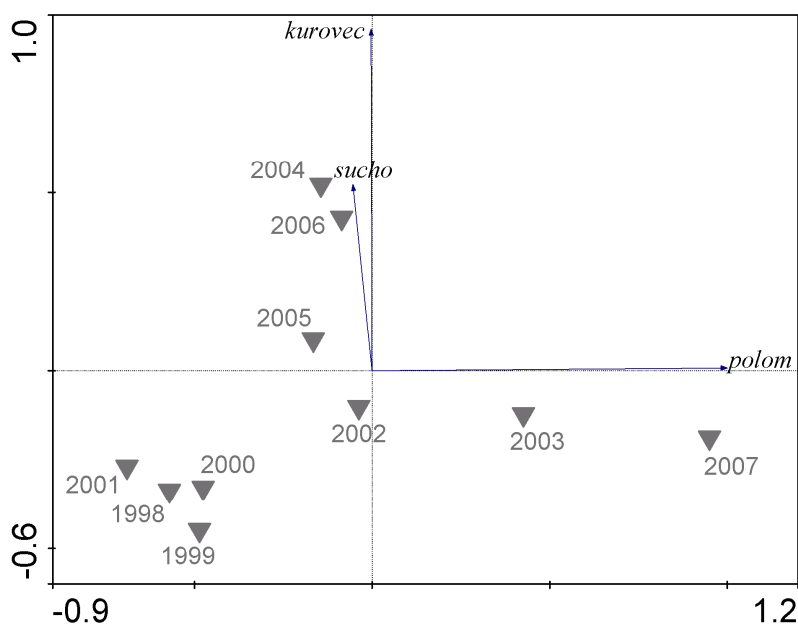
5.1.4. Analýza vztahu nahodilých těžeb za období 1998 – 2007 ve vztahu ke stanovištním podmínkám

Na obrázcích č. 11, 12, 13, 14 vidíme statistické zpracování objemu nahodilých těžeb podle příčin mnohorozměrnými metodami v programu Canoco. Výsledky analýzy PCA ukázaly na zvýšený výskyt nahodilých těžeb způsobených kůrovcem a suchem na plochách s vyšším věkem a vzrůstem stromů, sklonem svahu a v lesních typech 2K3, 2K5 a 3K1, tedy většinou na stanovištích s kyselou půdní řadou, případně i ve vyšších nadmořských výškách. Kůrovcové kalamity se nejméně často vyskytovaly v porostech ve 2. vegetačním stupni, ve vysychavé buko-dubové řadě. Výskyt nahodilých těžeb způsobených větrným polomem stoupal poněkud s nadmořskou výškou (obr. 11). Ještě těsnější závislost byla zjištěna mezi výskytem těžeb a jednotlivými lety pozorování; zatímco výskyt nahodilých těžeb způsobených kůrovcem a suchem byl nejvyšší v letech 2004 a 2006, větrné polomy se vyskytovaly nejvíce v roce 2007 a 2003. Menší závislost byla zjištěna v letech 1998, 1999, 2000, 2001 a 2002 (obr. 12).

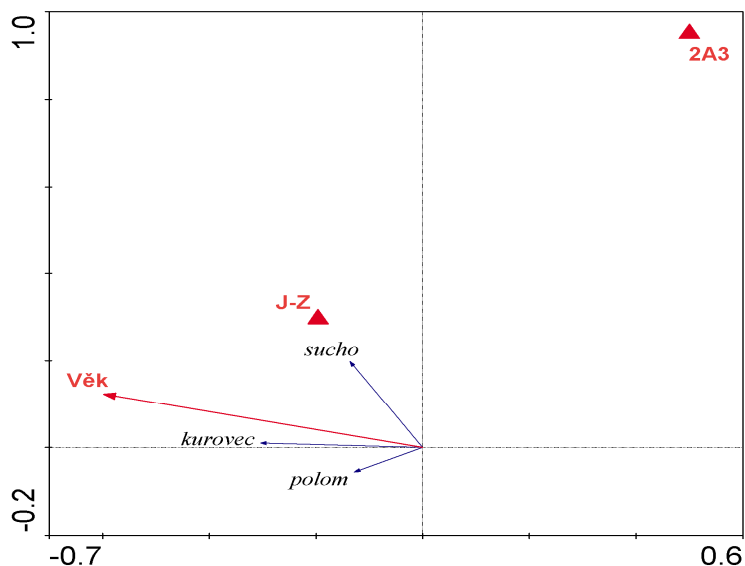
Analýza RDA (redundanční) prokázala statisticky významnou korelaci mezi všemi třemi analyzovanými příčinami nahodilých těžeb a věkem a jihozápadní expozicí porostů, přičemž nejsilnější vztah byl zjištěn mezi kůrovcovou těžbou a věkem porostu, těžbou suchem a jihozápadní expozicí (obr. 13). Obdobně pro těžby způsobené suchem a kůrovcem byla zjištěna průkazná kladná korelace s lety 2004, 2005 a 2006, zatímco pro větrné polomy s lety 2007 a 2003 (obr. 14).



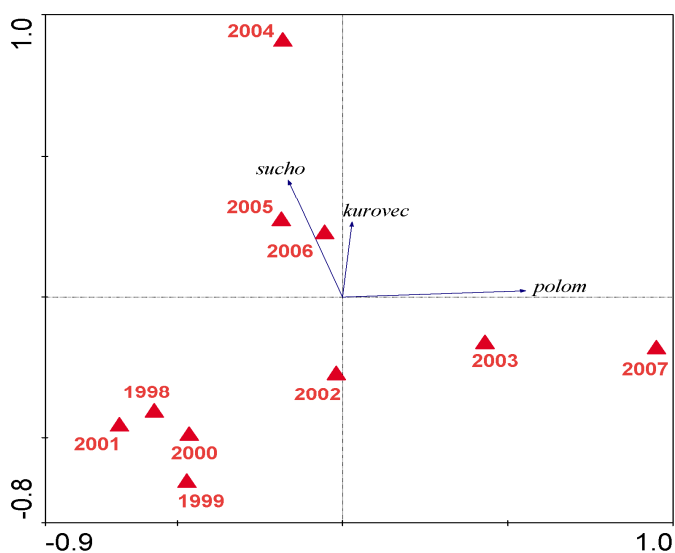
Obr. 11: PCA analýza pro objemy nahodilých těžeb způsobených polomem, suchem a kůrovcem. Parametry stanoviště (nadmořská výška, sklon, expozice), porostu (věk, zásoba dřeva a lesní typ) byly použity jako pasivní environmentální proměnné.



Obr. 12: PCA analýza pro objemy nahodilých těžeb způsobených polomem, suchem a kůrovcem. Rok byl použit jako pasivní proměnná.



Obr. 13: RDA analýza pro objemy nahodilých těžeb způsobených polomem, suchem a kůrovcem v závislosti na vybraných parametrech porostu a stanoviště.



Obr. 14: RDA analýza pro objemy nahodilých těžeb způsobených polomem, suchem a kůrovcem v závislosti na roku.

5.2. Hodnocení transformace struktury korun smrku zteplého

Výsledky terénního sledování stavu korun smrku zteplého, pro každou plochu, byly zapsány do příslušných tabulek, viz příloha č. 7. Dále byly z každé tabulky spočítány aritmetický průměry a směrodatné odchylky pro všechny základní

charakteristiky, tj. celkovou defoliaci, defoliaci primární struktury, procento sekundárních výhonů a stresové reakce podle hodnocení stavu korun, viz příloha č. 8.

Na sledovaných plochách činila průměrná celková defoliace 30 %. Největší procento celkové defoliace měla plocha 916 A 11 a to 37 %. Naopak nejmenší procento celkové defoliace můžeme přiřadit k ploše 915 D 9. Průměrné procento defoliace primární struktury, která nás informuje o míře jejího poškození v minulosti, bylo 49,6 %. U většiny sledovaných ploch došlo k překročení vnitřní tolerance stromů, což znamená, že u více než 50 % stromů byla zjištěna defoliace primární struktury větší než 50 %.

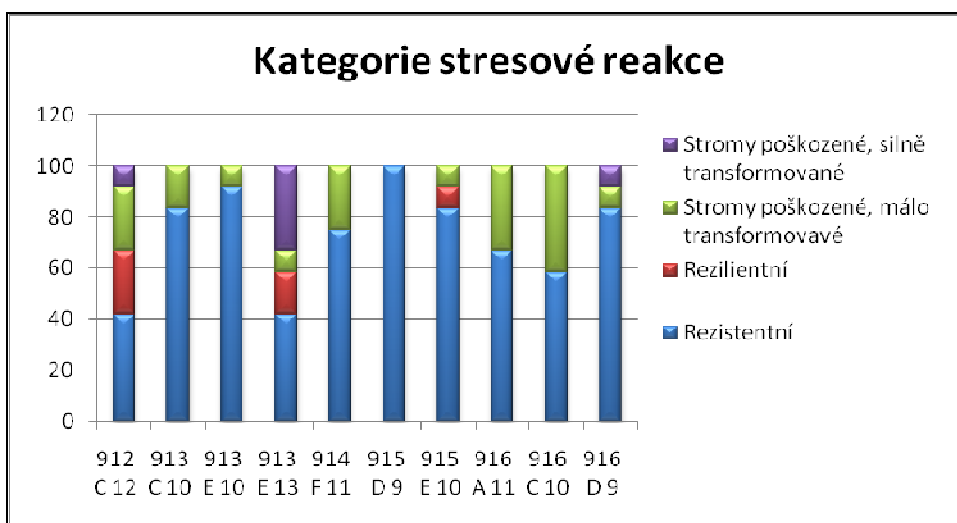
Mezi jednotlivými výzkumnými plochami byla pozorována rozkolísanost v hlavních sledovaných parametrech. Nejmenší rozdíly byly zaznamenány u celkové defoliace, průměry defoliace z jednotlivých ploch se pohybovaly v rozpětí 22 % (plocha 915 D 9) až 35 % (916 C 10). Nejvýrazněji kolísalo % sekundárních výhonů, od minima 18,00 % (915 D 9) k maximu 46 % (912 C 12). Defoliace primární struktury se pohybovala v rozmezí 35 % (915 D 9) až 63 % (912 C 12, 913 E 13).

Na žádné sledované ploše nedošlo k významnému poškození stromu (defoliace primární struktury větší než 80 %). Nejvyšší procento defoliace primární struktury připadlo na plochy 912 C 12, 913 E 13 (63 %) a plochu 916 A 11 (55 %). Poslední z významných procentických ukazatelů je procento sekundárních výhonů, které informuje o procentu sekundárních výhonů z celkového množství asimilačních orgánů. Jeho průměrná hodnota ze všech ploch se pohybovala kolem 28 %. Nejvyšší procento (46 a 45 %) měly již zmíněné plochy, s nejvyšším poškozením primární struktury, a to plochy 912 C 12 a 913 E 13. Průměrný stupeň transformace korun v porostech byl 0,79, z čehož vyplývá, že koruny jsou pouze mírně transformovány. Nejvíce zastoupenou stresovou kategorií (72 %) byla na všech plochách kategorie 1 (rezistentní stromy – stromy málo poškozené i málo transformované). Nejzdravější plochou, na které se vyskytovaly pouze málo poškozené a málo transformované stromy byla plocha 915 D 9 (100 % rezistentních stromů), za ní pak následovaly plochy 913 E 10 (91,7 %), 913 C 10 (83,3 %), 915 E 10 (83,3 %) a plocha 916 D 9 (83,3 %).

Rezilientní stromy, spadající do kategorie 2 – (stromy slabě poškozené a silně transformované), se vyskytovaly jen řídce (5 %), a to na plochách založených v porostech 912 C 12 (25 %), 913 E 13 (16,7 %) a 915 E 10 (8,3 %).

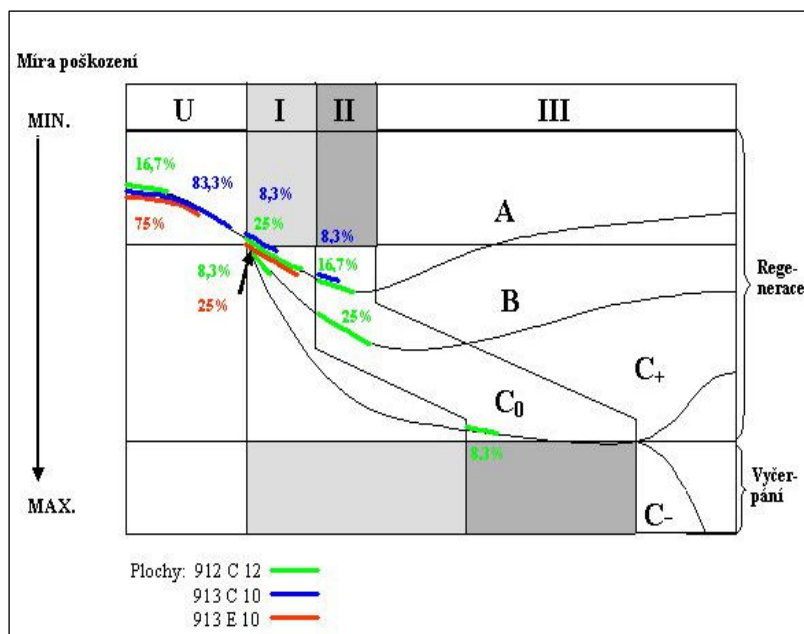
Druhou významně zastoupenou kategorií byla kategorie 3 (stromy poškozené, málo transformované), v průměru 17,5 %. Vyskytovaly se téměř na všech ploch, s výjimkou plochy 915 D 9. Největší zastoupení stromů této kategorie bylo zjištěno na plochách 916 C 10 (41,7 %) a 916 A 11 (33,3 %). Na ostatních plochách se tato kategorie pohybovala v rozmezí od 8,3 % do 25 %.

Dále se na plochách nalézaly v menším množství i stromy z kategorie 4 – stromy poškozené a silně transformované (4,99 %). Tyto stromy byly nejvíce na ploše 913 E 13 a v menší míře na plochách 912 C 12 a 916 D 9. Stojí za zmínku, že na ploše 913 E 13 bylo zjištěno 33,3 % poškozených stromů a u zbývajících ploch 8,3 %. Z terénního šetření tedy vyplynulo, že tyto plochy byly nejvíce poškozeny. Na těchto plochách se vyskytovalo nejvíce jedinců smrku, které překročily hranici významného poškození transformace struktury koruny. Naopak nejméně poškozena plocha byla 915 D 9, na které, jak již bylo zmíněno, byly nalezeny pouze rezistentní stromy (viz obr. 15).



Obr. 15: Kategorie stresové reakce smrkových porostů na výzkumných plochách v lesním komplexu Brdo.

Konkrétnější popis v jakých stresových kategoriích a stresových fázích se nacházejí stromy smrku ztepilého v každém ze studovaných porostů je uveden na následujících stránkách, schémata průběhu reakce smrkových porostů na synergické působení stresových faktorů podle hodnocení stavu korun na plochách jsou znázorněny na obr. 16, 17 a 18.



Obr. 16: Schéma průběhu reakce smrkových porostů na synergické působení stresových faktorů podle hodnocení stavu korun na plochách 912 C 12, 913 C 10 a 913 E 10.

A – Reakce stromů na krátkodobé stresové působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu; poškozené asimilační orgány byly brzy téměř zcela nahrazeny regeneračními procesy.

B – Reakce stromů na déle trvající stresové působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu; poškozené asimilační orgány byly postupně do značné míry nahrazeny regeneračními procesy po kratším či delším období cyklické regenerace výhonů.

C – Reakce stromů na chronické stresové působení, které způsobilo významné poškození stromu; delší dobu trvající období cyklické regenerace výhonů může skončit úplným vyčerpáním a odumřením stromu, anebo postupnou regenerací asimilačních orgánů.

I. Období reakce stromů na stresové působení, které překročilo vnitřní toleranci stromu, kdy procesy poškození převažují dočasně nad regeneračními.

II. Období cyklické regenerace výhonů – období, kdy defoliace je v rovnováze s regeneračními procesy.

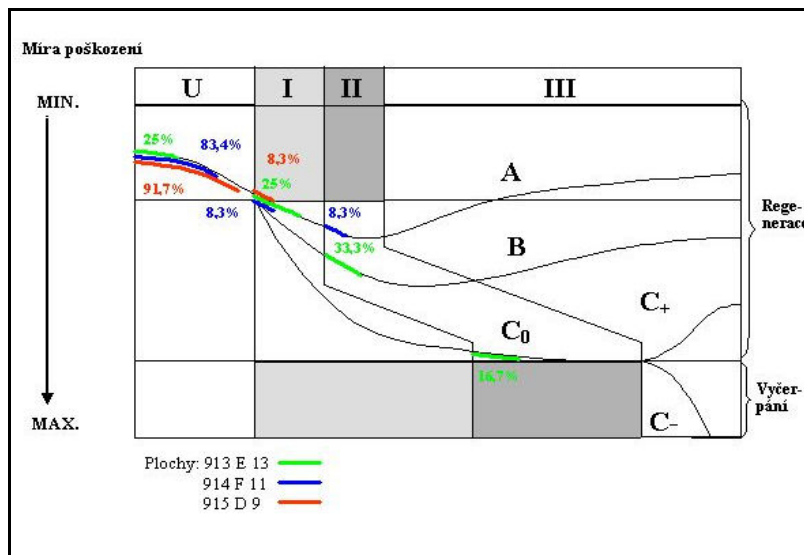
III. Období, kdy převažují buďto regenerační procesy, anebo dochází k úplnému vyčerpání a odumření stromu.

- 912 C 12

Na této ploše překročilo vnitřní toleranci vůči stresovým faktorům 83,3% stromů, což je nejvíce ze všech sledovaných ploch; 41,7 % stromů lze klasifikovat jako stromy rezistentní a 8,3 % jako stromy nejpoškozenější, byť silně transformované, tedy zařazené do kategorie stresové reakce 4 (obr. 16). Tomu odpovídá větší procento stromů v období cyklické regenerace výhonů, konkrétně 25 % stromů ve fázi stresové reakce AII, což představuje stromy mírně poškozené a 8,3 % v silněji a dlouhodoběji poškozované fázi C₀ (obr. 16).

- 913 C 10

Tato plocha se řadí mezi tři plochy s nejmenším ovlivněním stresovými faktory; velké procento (83,3 %) slabě poškozených stromů s nízkou transformací struktury koruny dosud nepřekročilo vnitřní toleranci vůči stresovým faktorům a ve stresové kategorii I (rezistentní stromy) se nachází přes 80 % stromů. Pouze 8,3 % stromů se nachází se fázi stresové reakce AII – stromy mírně poškozené, v období cyklické regenerace výhonů (obr. 16).



Obr. 17: Schéma průběhu reakce smrkových porostů na synergické působení stresových faktorů podle hodnocení stavu korun na plochách 913 E 13, 914 F 11 a 915 D 9. Vysvětlivky uvedeny u obr. 16.

- 913 E 10

Jedná se též o zdravou plochu. 75 % stromů se nachází ve stresové fázi U – stromy, které ještě nepřekročily vnitřní toleranci vůči stresovým faktorům. Pouze 8,3 % stromů spadá do stresové fáze AI a zároveň do kategorie stresové reakce 3 – tedy stromy poškozené a mírně transformované (obr. 16).

- 913 E 13

Plocha s druhým nejmenším zastoupením stromů, které dosud nepřekročily vnitřní toleranci vůči stresovým faktorům (25%); transformace struktury koruny však v tomto porostu dosáhla nejvyšších hodnot. Vyskytuje se zde i 8,3 % rezidentních stromů (stromy v současnosti téměř nepoškozené, ale jen díky intenzivní regeneraci), a největší zastoupení ze všech ploch zde mají stromy ze 4. stresové kategorie - silně poškozené a silně transformované stromy (33,3%). Tomu odpovídá i nejvyšší procento stromů (16 %) ve stresové fázi CII – stromy s překročeným prahem významného poškození v období cyklické regenerace výhonů (obr. 17).

- 914 F 11

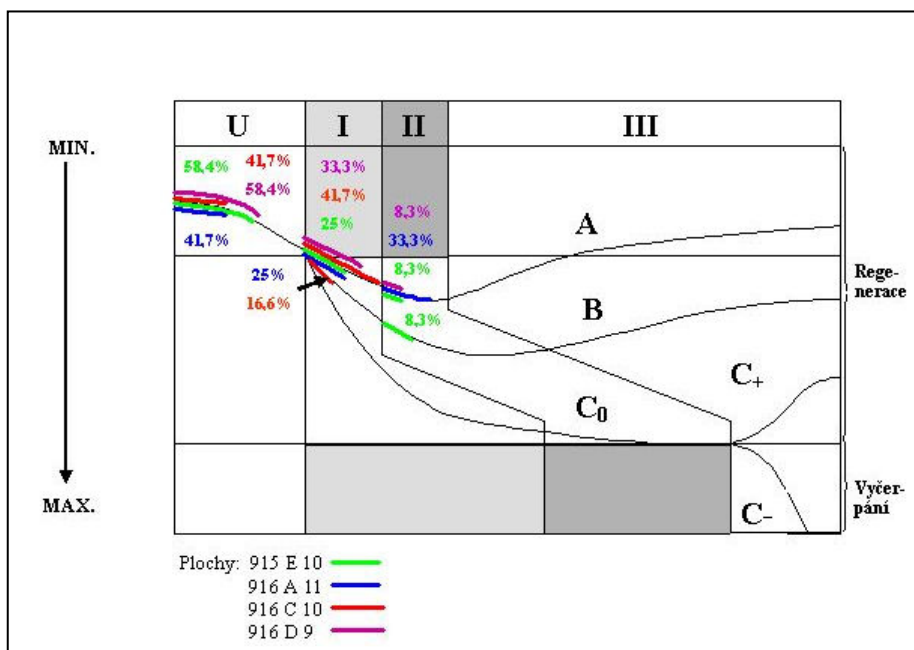
Další z ploch s převahou málo poškozených stromů, nacházející se téměř ve stejném stavu jako porost na ploše 913 E 13; 83,4 % stromů se nachází ve stresové fázi U – stromy, které ještě nepřekročily vnitřní toleranci vůči stresovým faktorům. 75 % stromů patří do kategorie stresové reakce 1, což znamená, že se jedná o stromy rezistentní, 25 % stromů spadá do kategorie 3 – stromy poškozené, málo transformované (obr. 17).

- 915 D 9

Jedná se o plochu s nejmenšími příznaky poškození vlivem stresových faktorů. Všechny stromy patří do kategorie stresové reakce 1 – jedná se o stromy rezistentní, slabě nebo málo poškozené, s nízkou transformací struktury korun. Procento stromů ve stresové fázi U dosáhlo 91,7 % (obr. 17).

- 915 E 10

Tato plocha poněkud blíží dvěma nejzatíženějším plochám, má pouze (58,4 %) stromů ve stresové fázi U a 8,3% v této oblasti již méně běžné stresové fázi BII – stromy středně poškozené v období cyklické regenerace výhonů. Stále má však poměrně velké procento rezistentních stromů (83,3%), patřících do kategorie stresové reakce 1 (obr. 18).



Obr. 18: Schéma průběhu reakce smrkových porostů na synergické působení stresových faktorů podle hodnocení stavu korun na plochách 915 E 10, 916 A 11, 916 C 10 a 916 D 9. Vysvětlivky uvedeny u obr. 16.

- 916 A 11

Vzhledem k poškození i transformaci je tato plocha velmi podobná ploše předešlé tedy 915 E 10. Je zde patrný mírný pokles zastoupení stromů ve stresové fázi U (pouze 41,7% stromů). Zajímavostí je, že tato plocha obsahuje relativně velké procento (33,3 %) stromů patřících do fáze stresové reakce AII – stromy slabě poškozené v období cyklické regenerace výhonů (obr. 18).

- 916 C 10

Předposlední výzkumná plocha má stejné procentuální zastoupení stromů, patřících do fáze stresové reakce U jako předchozí plocha (41,7 %). Všechny ostatní stromy se nacházejí ve stresových fázích AI a BI, tedy ve stádiu, kdy převažuje defoliace nad regeneračními procesy. Tomu odpovídá i poměrně velké zastoupení stromů (41,7%) ve stresové kategorii 3 (stromy poškozené a slabě transformované). Kategorie 2 a 4 s větším zastoupením více transformovaných stromů se v porostu vůbec nevyskytují. To svědčí o relativně intenzivním, leč krátkodobém působení stresových faktorů na této ploše (obr. 18).

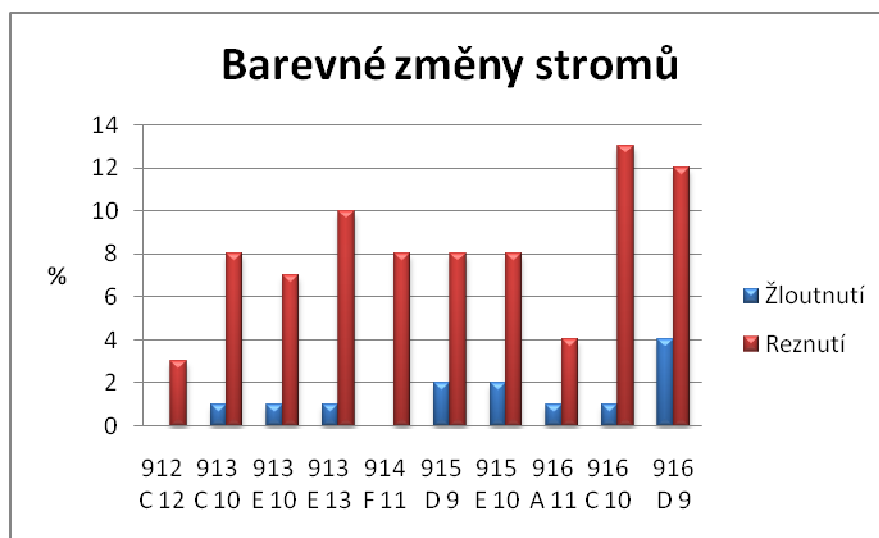
- 916 D 9

Jde o obdobně málo transformovaný porost jako na předchozí ploše, ale s mnohem menším poškozením; na ploše bylo nalezeno (83,3 %) rezistentních stromů,

spadajících do stresové kategorie 1 (stromy málo poškozené i málo transformované). Jen 8,3 % stromů se nacházelo ve stresové fázi AII - stromy slabě poškozené v období cyklické regenerace výhonů. (obr. 18).

Diskolorace – žloutnutí, hnědnutí

Pozorované barevné změny byly většinou v koruně rozptýlené a nerovnoměrné. Diskolorace se vyskytovala na všech zkoumaných plochách. Plochy 912 C 12 a 914 F 11 byly bez žloutnutí, reznutí se vyskytovalo ve všech plochách v poměrně vysokých hodnotách. Žloutnutím byla nejvíce zasažena plocha 916 D 9, kde průměrná hodnota žloutnutí byla 4 % objemu asimilačních orgánů. Nejčastěji byly zastoupeny průměrné hodnoty 2 %. Hnědnutí neboli reznutí se vyskytovalo výrazně více. Průměrné hodnoty se pohybovaly od minima 3% (plocha 912 C 12) do maxima 13% (916 C 10). Nejvíce zasažené plochy byly: 913 E 10, 916 C 10 a 916 D 9, na kterých se hodnoty pohybovali od 10 % do 13 % (viz obr. 19).



Obr. 19: *Barevné změny asimilačního aparátu na výzkumných plochách*

Zajímavé je, že na zmíněných plochách 916 C 10 a 916 D 9 bylo při hodnocení defoliace a transformace struktury koruny nalezeno vysoké zastoupení rezistentních stromů, tedy těch stromů co jsou málo poškozené a transformované. Naopak porost 912 C 12 s nejmenším objemem zasažených asimilačních orgánů měl největší zastoupení rezilientních stromů, s více než polovinou asimilačních orgánů, tvořenou sekundárními výhony (viz tab. 11).

Tab. 11: Charakteristiky stresové reakce smrku ztepilého na působení stresových faktorů na výzkumných plochách podle hodnocení stavu korun.

Výzkumná plocha	Celková defoliace [%]	Def. primární struktury [%]	[%] sekundárních výhonů	Průměrná hodnota stupně transformace koruny (vyšší hodnota \Leftrightarrow vyšší transformace)	Překročení vnitřní tolerance stromů v porostu [+/-]	Významné poško. stromů [+/-]	Kategorie stresové reakce - zastoupení stromů [%]				Procento zastoupení stresových fází (%)
							1	2	3	4	
912 C 12	33 7,73	63 12,3	46 13,82	1,3 0,47	+	-	41,7	25	25	8,3	U (16,7) AI (25) AII(16,7) BI (8,3) BII (25) CII (8,3)
913 C 10	27 7,99	40 12,91	20 9,57	0,3 0,4714	-	-	83,3	0,0	16,7	0,0	U (83,3) AI (8,3) AII (8,3)
913 E 10	30 5,4	46 9,16	24 7,11	0,8 0,433	+	-	91,7	0,0	8,3	0,0	U (75) AI (25)
913 E 13	34 7,86	63 15,74	45 18,54	1,5 0,7638	+	-	41,7	16,7	8,3	33,3	U (25) AI (25) BII(33,3) CII(16,7)
914 F 11	33 4,71	45 8,77	20 7,64	0,4 0,493	-	-	75	0,0	25	0,0	U (83,4) AI (8,3) AII (8,3)
915 D 9	22 8,74	35 13,14	18 9,67	0,4 0,49	-	-	100	0,0	0,0	0,0	U (91,7) AI (8,3)
915 E 10	28 6,28	48 12,13	28 13,61	0,8 0,55	+	-	83,3	8,3	8,3	0,0	U (58,4) AI (25) AII (8,3) BII (8,3)
916 A 11	37 7,17	55 8,03	28 9,67	0,8 0,433	+	-	66,7	0,0	33,3	0,0	U (41,7) AI (25) AII(33,3)
916 C 10	35 9	54 11,7	30 11,55	0,8 0,43	+	-	58,3	0,0	41,7	0,0	U (41,7) AI (41,7) BI (16,6)
916 D 9	28 8,28	47 13,12	28 13,91	0,8 0,6	+	-	83,3	0,0	8,3	8,3	U (58,4) AI (33,3) AII (8,3)

5.3. Vyhodnocení schopnosti zmlazení porostů

5.3.1. Zastoupení mikrostanovišť na plochách

Zastoupení ploch se na jednotlivých lokalitách více či méně lišilo. Na všech sledovaných ploch dominovaly následující typy půdního pokryvu či složky bylinného patra (viz obr. 20):

1) **Smrkový opad** – Vyskytoval se v hojném zastoupení na všech lokalitách, jeho průměrná pokryvnost byla 54,2 %. Jeho největší zastoupení bylo na plochách 915 E 10 (86 %), 916 D 9 (77 %) a 913 E 13 (71 %), naopak nejmenší zastoupení na plochách 916 A 11 (37 %), 914 F 11 (23 %) a 913 C 10 (18 %).

2) **Mechorosty** – Druhé největší zastoupení po smrkovém opadu měly mechorosty, průměrná pokryvnost byla 33,7 %. Největší zastoupení mechorostů bylo na plochách 913 C 10 (79 %), 914 F 11 (63 %) a 915 D 9 (48%), naopak nejmenší pokryvnost byla patrná na plochách 916 C 10 (12 %) a 915 E 10 (11 %).

3) **Metlice křivolaká** – Průměrná pokryvnost byla 6,3 %. Její největší zastoupení bylo zjištěno na ploše 916 A 11 (27 %) a 912 C 12 (20 %). Na plochách 916 D 9, 915 E 10, 915 D 9, 913 E 10 a 913 C 10 se metlice křivolaká vůbec nevyskytovala.

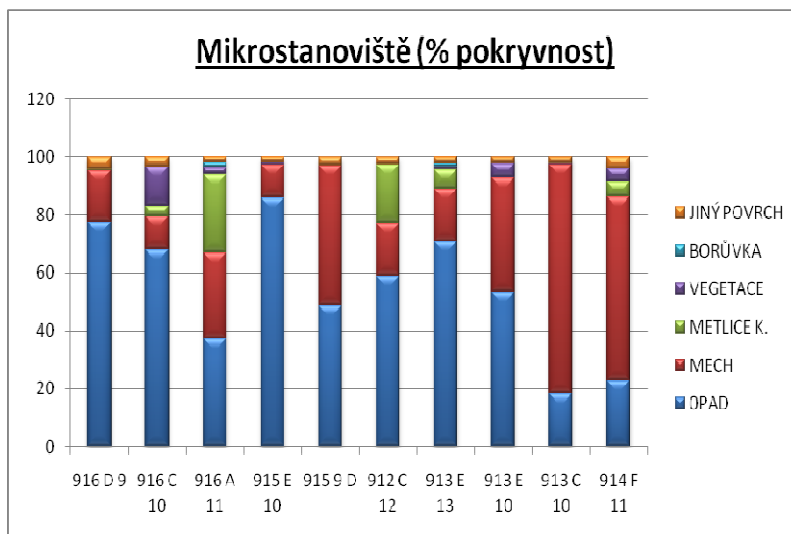
4) **Vegetace** – Ostatní vegetace měla průměrnou pokryvnost 2,8 %. Největší pokryvnosti dosáhla na ploše 916 C 10 (13 %).

5) **Jiný povrch** – Tento půdní povrch měl stejné průměrné procentické zastoupení jako ostatní vegetace, a to 2,7 %. Toto mikrostanoviště mělo své zastoupení na všech plochách.

6) **Porost brusnice borůvky** – Mikrostanoviště s nejmenším průměrným procentickým zastoupením (0,3 %). Vyskytovalo se na plochách 916 A 11 a 913 C 10.

Nejvhodnějším mikrostanovištěm pro přirozenou obnovu se jevil smrkový opad s největším zastoupením semenáčků dřevin s počtem 1317 ks (61,3 %), v mechu bylo nalezeno 795 ks semenáčků (37 %) a zbylých 37 ks semenáčků (1,7 %) připadlo na metličku křivolakou.

Výskyt porostu třtiny chloupkaté a trouchu nebyl na sledovaných plochách zaznamenány.



Obr. 20: Pokryvnost mikrostanovišť na plochách v lesním komplexu Brdo v roce 2010.

5.3.2. Vyhodnocení množství semenáčků na plochách

Celkem bylo na výzkumných plochách nalezeno 2149 ks semenáčků 10 druhů dřevin: smrku ztepilého (*Picea abies*), modřínu opadavého (*Larix decidua*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), jedle bělokoré (*Abies alba*), dubu zimního (*Quercus petraea*), buku lesního (*Fagus sylvatica*), jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*), javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*), jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*).

Největší zastoupení měl smrk ztepilý, kterého na plochách rostlo 61 % (1307 ks semenáčků) z celkového množství, vyskytoval se na všech studovaných plochách. Druhé největší zastoupení na výzkumných plochách připadlo na jedli bělokorou se 17,9 % (383 ks). Dále byly zastoupeny borovice lesní 5,8 % (124 ks), dub zimní 4,9 % (108 ks), modřín opadavý 3,5 % (75 ks) a jasan ztepilý 2,5 % (52 ks). Hustota ostatních nalezených druhů semenáčků se pohybovala od 1,9 % (41 ks), což připadlo na jeřáb ptačí, do 0,3 % (11 ks), což bylo zastoupení břízy bělokoré. Dále se na nalezené skladbě zmlazujících se dřevin podílel buk lesní 1,5 % (34 ks) a javor klen 0,7 % (14 ks).

Mezi plochami byly nalezeny velké rozdíly ve schopnosti přirozeného zmlazení. Největší zmlazení semenáčků bylo zjištěno na plochách 913 E 13 (451 ks semenáčků/40m²), pak následovala plocha 916 C 10 (369 ks), dále plocha 914 F 11

(328 ks) a jako poslední byla plocha 915 D 9 (215 ks). Na ostatních plochách bylo nalezeno kolem 100 ks semenáčků.

Na zkoumaných plochách byly zjištěny následující počty semenáčků (viz. příloha 9):

Plocha **916 D 9**: Celkové množství semenáčků na této ploše bylo 97 ks. Ve velkém zastoupení se zde vyskytoval smrk ztepilý, a to 87 ks semenáčků. Dále zde rostla borovice lesní (2 ks) a dub zimní s břízou bělokorou po 2 ks semenáčků.

Plocha **916 C 10**: Tento porost měl vyšší prosvětlení korun. Celkové množství semenáčků, které se vyskytovalo na této ploše, bylo 369 ks, což představuje druhou plochu s největší schopností zmlazení. Největší množství semenáčků opět připadlo na smrk ztepilý (166 ks). Často se zde vyskytl dub zimní (60 ks), dále borovice lesní (39 ks), jasan ztepilý (38 ks), modřín opadavý (27 ks) a buk lesní (21 ks). U ostatních druhů semenáčků bylo nalezeno méně než 10 ks.

Plocha **916 A 11**: Zde se nacházelo celkem 112 ks semenáčků. Tato plocha vykazovala nejmenší zastoupení semenáčků smrku ztepilého (37 ks). Modřínu opadavého bylo nalezeno 22 ks semenáčků. Jeřáb ptačí měl na této ploše největší zastoupení ze všech sledovaných ploch, a to 15 ks.

Plocha **915 E 10**: Na této slunné ploše se vyskytovalo 114 ks semenáčků. Největší zastoupení měl smrk ztepilý (81 ks). Jasan ztepilý zde byl relativně dosti zastoupen (14 ks).

Plocha **915 D 9**: Celkové množství semenáčků na této ploše bylo 215 semenáčků s převahou smrku ztepilého (162 ks). Poměrně vysoké zastoupení měla borovice lesní (32 ks). Tato plocha měla vyšší prosvětlení porostu, vlivem menšího zakmenění.

Plocha **912 C 12**: Na této ploše připadlo 157 ks semenáčků na smrk ztepilý. Celkové množství semenáčků zde bylo 177 ks.

Plocha **913 E 13**: Plocha s největším zmlazením semenáčků (451 ks). Převažovala zde jedle bělokorá (357 ks semenáčků), v důsledku početného zastoupení vzrostlých stromů jedle bělokoré a nízkému korunovému zápoji. Smrk ztepilý byl zastoupen pouze 71 ks semenáčků. Větší zastoupení zde připadlo na jeřáb ptačí (12 ks).

Plocha **913 E 10**: Tato plocha měla celkové množství semenáčků 148 ks. Převažujícím druhem zde byl opět smrk ztepilý se 143 ks semenáčků.

Plocha **913 C 10**: Velké zastoupení semenáčků připadlo na této ploše, smrku ztepilému (90 ks) a borovici lesní (33 ks). Celkové množství bylo 138 ks semenáčků.

Plocha **914 F 11**: Další plocha s výraznějším množstvím semenáčků, a to celkem 328 ks. Zastoupení smrku ztepilého bylo 313 ks. Další zde byl nalezen modřín opadavý, dub zimní, buk lesní a jeřáb ptačí. I na této ploše bylo vyšší prosvětlení stanoviště.

Na plochách 916 D 9, 916 C 10, 915 E 10, 913 E 10 a 914 F 11 nebyly přítomny semenáčky jedle bělokoré.

Co se týče úspěšnosti mikrostanoviště v zajištění přirozené obnovy, tak největší zastoupení semenáčků s počtem 1317 ks připadlo na smrkový opad, v mechorostech bylo nalezeno 795 ks semenáčků a zbylých 37 ks různých druhů semenáčků připadlo na metličku křivolakou.

5.3.3. Statistická analýza schopnosti zmlazení porostů

Data byla zpracována analýzou variance s hierarchickým uspořádáním. Byl testován vliv plochy, mikrostanoviště a transektu na výskyt druhů semenáčků.

Rozdíl mezi plochami v zastoupení semenáčků

Analýza variance prokázala statisticky významnou rozdílnost v počtu semenáčků všech sledovaných dřevin mezi jednotlivými plochami. Rozdílnost ve výskytu semenáčků na jednotlivých plošných transektech (označeny: N= nad stromem, PR= vpravo od stromu, P= pod stromem, LV= vlevo od stromu) se ukázala statisticky významná pro smrk, borovici, modřín, jedli a dub ($P= 0,016607$). Domnívám se, že jednou z příčin by mohl být výskyt zmlazení ve shlucích, přičemž jednotlivé shluky byly menší než 10 m (délka jednoho transektu).

Dalším souvisejícím zjištěním by mohla být severní a severovýchodní orientace svahu na plochách, a tudíž i spádnice a horního transektu, na kterém bylo nalezeno na všech výzkumných plochách největší množství semenáčků. Dále bylo zjištěno, že se semenáčky všech druhů (buk, jasan, javor, jeřáb, bříza), které se vyskytovaly na všech čtyřech transektech zhruba stejně, byly nalezeny ve větším množství pouze na jedné ploše (916 C 10, LT 2K5).

V tabulce 12 jsou uvedeny dosažené hladiny významnosti, přičemž statisticky průkazné rozdíly na hladině významnosti 5 % jsou vyznačeny barevně (Kruskal-Wallisův test). Počty semenáčků smrku ztepilého, které tvořily celkově přes 60 %

z počtu všech nalezených semenáčků, na jednotlivých výzkumných plochách jsou znázorněny v obrázku 19.

Tab. 12: *Výsledky analýzy variance vlivu plochy na počty semenáčků jednotlivých druhů dřevin. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.*

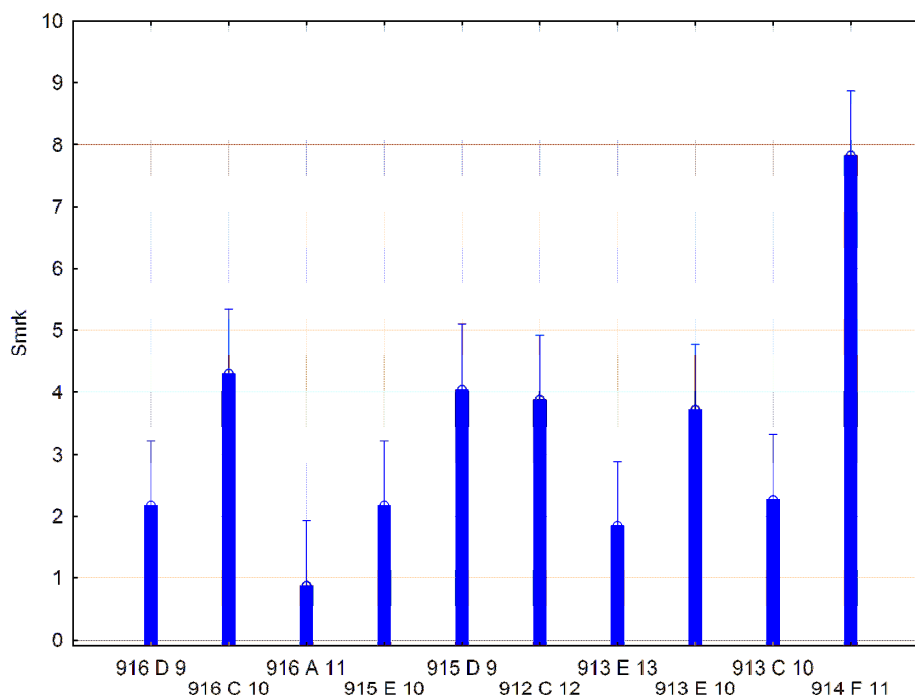
DŘEVINA	EFEKT	STUPNĚ VOLNOSTI	F	P
SMRK	Plocha	9	5,2148	0,000273
	trans(Plocha)	30	3,2596	0,000000
BOROVICE	Plocha	9	8,28906	0,000004
	trans(Plocha)	30	2,80349	0,000003
MODŘÍN	Plocha	9	2,52125	0,027654
	trans(Plocha)	30	2,14803	0,000598
JEDLE	Plocha	9	29,79102	0,000000
	trans(Plocha)	30	9,26444	0,000000
DUB	Plocha	9	8,68961	0,000003
	trans(Plocha)	30	1,67257	0,016607
BUK	Plocha	9	7,35020	0,000014
	trans(Plocha)	30	1,25914	0,168700
JASAN	Plocha	9	30,60087	0,000000
	trans(Plocha)	30	0,63606	0,933307
JAVOR	Plocha	9	6,01245	0,000085
	trans(Plocha)	30	1,37713	0,093668
JEŘÁB	Plocha	9	4,38430	0,001013
	trans(Plocha)	30	0,64793	0,925107
BŘÍZA	Plocha	9	2,67531	0,020669
	trans(Plocha)	30	0,72982	0,851419

Následně bylo pomocí Tukeyho HSD testu pro mnohonásobná porovnávání zjišťováno, které plochy se v jednotlivých případech od sebe statisticky významně lišily (tab. 13).

Statisticky průkazně nejvíce odlišnou plochou se ukázala plocha 914 F 11, která se lišila od všech ostatních ploch pouze s jednou výjimkou (tab. 13). Mohlo by to souviset s větším semeníčků smrku ztepilého, který byl zjištěn i na jediné ploše (916 C 10), od které se plocha 914 F 11 významně nelišila. Rozdíly v zastoupení počtu semenáčků na jednotlivých výzkumných plochách jsou znázorněny na obrázku 21.

Tab. 13: Výsledky Tukeyho HSD testu, zjišťovacího rozdíly v počtech semenáčků mezi jednotlivými plochami. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.

Tukeyho HSD test; proměnná smrk. Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE =0,74453, sv = 359,00											
	Plocha	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	916 D 9		0,001490	0,115501	0,999839	0,172758	0,019785	1,000000	0,031776	0,999781	0,000012
2	916 C 10	0,001490		0,000012	0,015713	0,917684	0,999621	0,001372	0,998638	0,000090	0,057759
3	916 A 11	0,115501	0,000012		0,018136	0,000013	0,000012	0,121594	0,000012	0,436847	0,000012
4	915 E 10	0,999839	0,015713	0,018136		0,535642	0,123320	0,999790	0,173417	0,964217	0,000012
5	915 D 9	0,172758	0,917684	0,000013	0,535642		0,999154	0,164817	0,999812	0,028955	0,000241
6	912 C 12	0,019785	0,999621	0,000012	0,123320	0,999154		0,018482	1,000000	0,001785	0,005732
7	913 E 13	1,000000	0,001372	0,121594	0,999790	0,164817	0,018482		0,029805	0,999832	0,000012
8	913 E 10	0,031776	0,998638	0,000012	0,173417	0,999812	1,000000	0,029805		0,003242	0,003931
9	913 C 10	0,999781	0,000090	0,436847	0,964217	0,028955	0,001785	0,999832	0,003242		0,000012
10	914 F 11	0,000012	0,057759	0,000012	0,000012	0,000241	0,005732	0,000012	0,003931	0,000012	



Obr 21: Výskyt smrkových semenáčků (počet semenáčků/m²) na výzkumných plochách lesním komplexu Brdo.

Vztah mezi plochami a výskytem semenáčků smrku ztepilého v různých věkových kategoriích

Pro odhad vlivů stanovištních podmínek na jednotlivých plochách na zastoupení semenáčků smrku v různých věkových kategoriích byla opět provedena statistická analýza variance. Hodnotily se semenáčky smrku ztepilého pouze ve dvou

kategoriích: 1. věková kategorie (do 3 let) a „ostatní věkové kategorie“ smrku. Podrobnější rozdělení ostatních věkových kategorií podle výšky (< 10 cm, 10-20 cm, 20-50 cm, 50-100 cm, > 1m) nemohlo být bohužel testováno pro malé zastoupení semenáčků. Z tabulky 14, vyplývá, že se sledované lokality mezi sebou významně liší v počtu semenáčků smrku ztepilého v obou věkových kategoriích. Co se týká testování rozdílů mezi jednotlivými transeky, byla též potvrzena jejich statistická významnost.

Tab. 14: *Vliv plochy na počty semenáčků ve věkových kategoriích zjištěny analýzou variance. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.*

DŘEVINA	EFEKT	STUPNĚ VOLNOSTI	F	P
SMRK (věk. kat. 1)	Plocha	9	10,2049	0,000001
	trans(Plocha)	30	1,9833	0,002005
SMRK (věk. kat. ostatní)	Plocha	9	2,70412	0,019587
	trans(Plocha)	30	4,53936	0,000000

Následně bylo pomocí Tukeyho HSD testu pro mnohonásobná porovnávání zjišťováno, které plochy se od sebe odlišovaly, v počtu semenáčků do 3 let (semenáčky v 1. věkové kategorii). Nejvíce se odlišovala plocha 914 F 11, a to do všech ostatních ploch. Jedná se o výzkumnou plochu s největším zastoupením semenáčků smrku ztepilého, což bylo prokázáno již v předešlé statistické analýze celkového počtu semenáčků jednotlivých druhů dřevin, která byla podle vyhodnocování tabulek zjištěna (tab. 15).

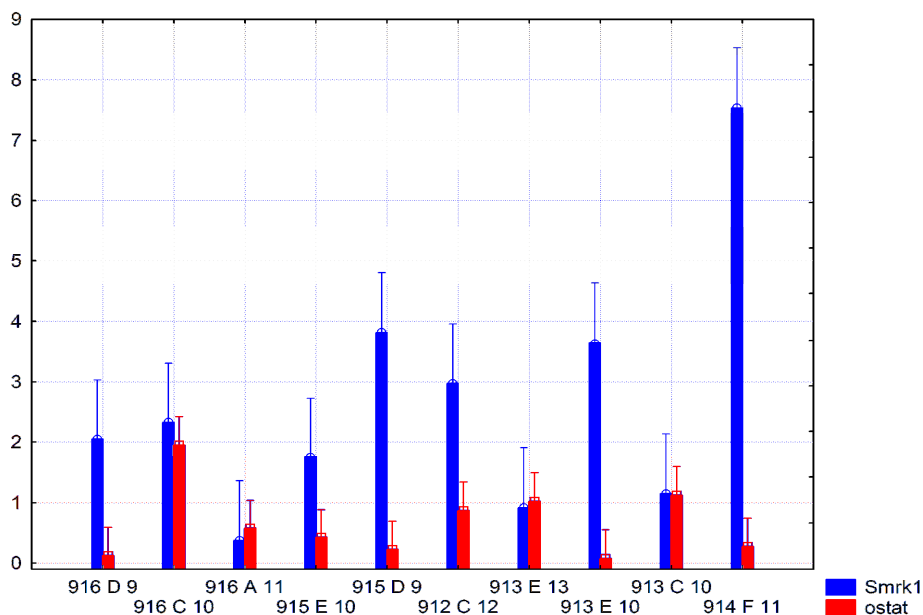
Tab. 15: *Výsledky Tukeyhova HSD testu, zjišťujícího rozdíly v počtech semenáčků v 1. věkové kategorii (semenáčky do 3 let) mezi jednotlivými plochami. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.*

Tukeyho HSD test; proměnná Smrk. Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 0,80982, sv = 359,00											
	Plocha	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	916 D 9		0,999782	0,002366	1,000000	0,241941	0,539028	0,575005	0,025408	0,528128	0,000012
2	916 C 10	0,999782		0,000147	0,998064	0,659719	0,912141	0,185943	0,155603	0,159552	0,000012
3	916 A 11	0,002366	0,000147		0,005168	0,000012	0,000012	0,608624	0,000012	0,654597	0,000012
4	915 E 10	1,000000	0,998064	0,005168		0,154920	0,401150	0,712170	0,012972	0,668176	0,000012
5	915 D 9	0,241941	0,659719	0,000012	0,154920		0,999984	0,000204	0,997869	0,000152	0,000339
6	912 C 12	0,539028	0,912141	0,000012	0,401150	0,999984		0,001589	0,952277	0,001211	0,000045
7	913 E 13	0,575005	0,185943	0,608624	0,712170	0,000204	0,001589		0,000015	1,000000	0,000012
8	913 E 10	0,025408	0,155603	0,000012	0,012972	0,997869	0,952277	0,000015		0,000014	0,011904
9	913 C 10	0,528128	0,159552	0,654597	0,668176	0,000152	0,001211	1,000000	0,000014		0,000012
10	914 F 11	0,000012	0,000012	0,000012	0,000012	0,000339	0,000045	0,000012	0,011904	0,000012	

Výsledky testování odlišnosti mezi plochami ve výskytu semenáčků zařazených do věkové kategorie „ostatní věkové třídy“ jsou ukázány v tab. 16. V tomto případě se od všech ostatních ploch odlišovala pouze plocha 916 C 10. I zde šlo o výzkumnou plochu s velkým zastoupením semenáčků smrku ztepilého, viz obr. 22. Porosty na této ploše, tak i na ploše 914 F 11, patřily ke slabě poškozeným porostům a se zastoupením rezistentních stromů 60 – 75 %.

Tab. 16: Výsledky Tukeyova HSD testu. Testování vlivu plochy na počty semenáčků v ostatních věkových kategoriích. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.

Tukeyho HSD test; proměnná smrkat. Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE =0,32770, sv = 359,00											
	Plocha	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}
1	916 D 9		0,000012	0,182921	0,612082	0,999859	0,000872	0,000273	1,000000	0,042171	0,990575
2	916 C 10	0,000012		0,000019	0,000013	0,000012	0,010289	0,025144	0,000012	0,000132	0,000012
3	916 A 11	0,182921	0,000019		0,999546	0,546358	0,856206	0,708560	0,184416	0,999943	0,824257
4	915 E 10	0,612082	0,000013	0,999546		0,934097	0,402378	0,248651	0,611461	0,966342	0,994640
5	915 D 9	0,999859	0,000012	0,546358	0,934097		0,009595	0,003603	0,999840	0,209881	0,999993
6	912 C 12	0,000872	0,010289	0,856206	0,402378	0,009595		1,000000	0,000923	0,989696	0,040528
7	913 E 13	0,000273	0,025144	0,708560	0,248651	0,003603	1,000000		0,000293	0,954157	0,017435
8	913 E 10	1,000000	0,000012	0,184416	0,611461	0,999840	0,000923	0,000293		0,043090	0,990108
9	913 C 10	0,042171	0,000132	0,999943	0,966342	0,209881	0,989696	0,954157	0,043090		0,463206
10	914 F 11	0,990575	0,000012	0,824257	0,994640	0,999993	0,040528	0,017435	0,990108	0,463206	



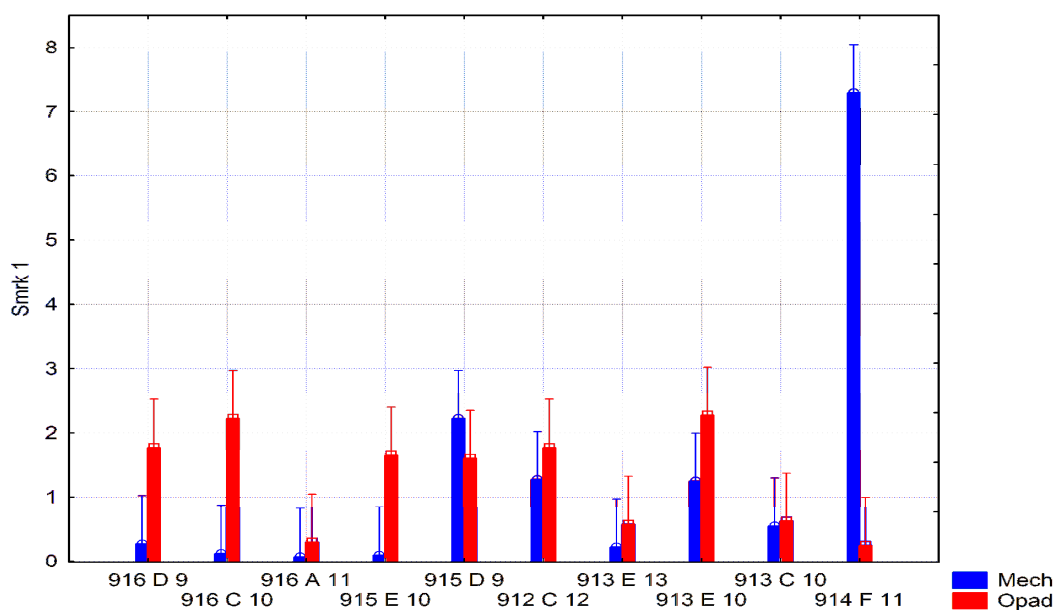
Obr. 22: Výskyt smrkových semenáčků (počet semenáčků/m²) ve dvou věkových kategoriích na výzkumných plochách v elsním komplexu Brdo. Vysvětlivky: Smrk I - semenáčky smrku ztepilého mladší tři let; ostat – semenáčky smrku ztepilého starší tři let.

Rozdíl mezi plochami a zastoupením věkových kategorií smrku ztepilého v jednotlivých mikrostanovištích

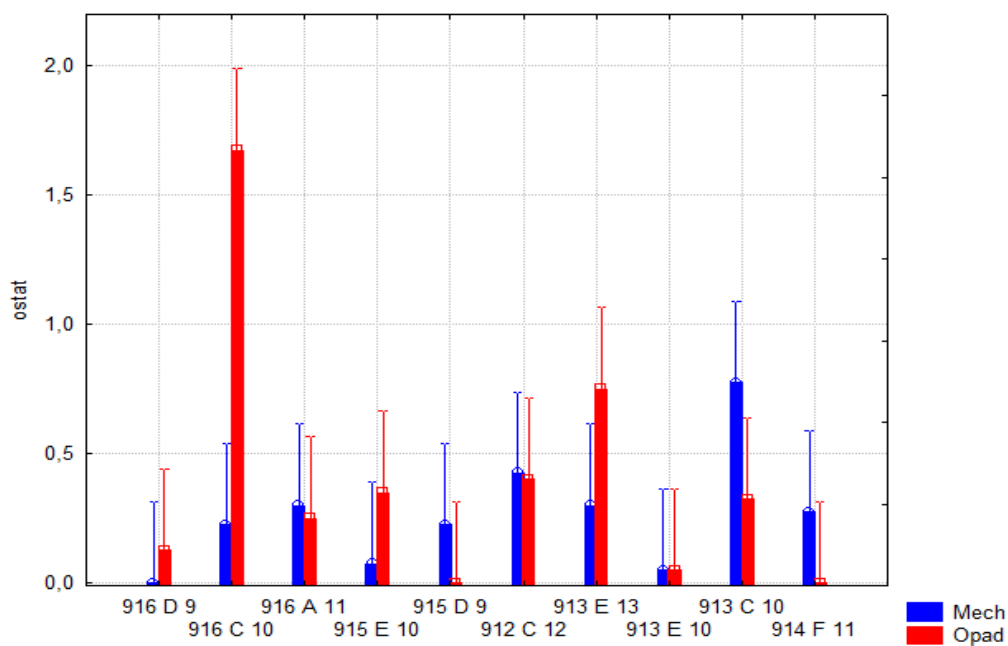
Pomocí analýzy variance byla testována statistická průkaznost rozdílů mezi výzkumnými plochami ve výskytu semenáčků smrku ztepilého v různých věkových kategoriích, rostoucích ve dvou nejčastěji se vyskytujících mikrostanovištích (v opadu a mechu). Z tabulky 17 lze usuzovat, že na výskyt semenáčků smrku ztepilého 1. věkové kategorie měla statisticky významný vliv plocha a mikrostanoviště (opad nebo mech). Pro druhou věkovou skupinu to bylo kromě mikrostanoviště i výskyt jednotlivých transektů. Jako příznivé typy mikrostanovišť pro přežívání semeníčků smrku všech věkových kategorií byly prokázány smrkový opad a mechy. Z obrázku 23 vyplývá, že pro dvě plochy s největším výskytem semenáčků smrku ztepilého do 3 let (914 F 11 a 915 D 9) byly nejvhodnějším mikrostanovištěm mechorosty. U ostatních ploch byl vhodnějším stanovištěm smrkový opad. Na obou uvedených plochách zůstaly mechorosty vhodnějším mikrostanovištěm i pro přežívání semenáčků staršího věku (viz obr. 24). Také na ploše 913 C 10 přežívaly semenáčky lépe v mechorostech. Na ostatních plochách byl i zde vhodnější smrkový opad.

Tab. 17: Testování Tukeyho HSD testu na vliv mikrostanoviště a semenáčky v 1. věkové kategorii. Statisticky průkazné výsledky jsou vyznačeny červeně.

Tukeyho HSD test; proměnná Smrk. Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE =0,82960, sv = 759,00			
	Mikrost	{1}	{2}
1	Mech		0,029801
2	Opad	0,029801	



Obr. 23: Výskyt smrkových semenáčků (počet semenáčků/m²) mladších 3 let, rostoucích ve smrkovém opadu a mechu, na výzkumných plochách v lesním komplexu Brdo.



Obr. 24: Výskyt smrkových semenáčků (počet semenáčků/m²) starších 3 let, rostoucích ve smrkovém opadu a mechu, na výzkumných plochách v lesním komplexu Brdo.

5.4. Výsledky regresní analýzy

Pro jednotlivé porostní skupiny v revíru Štěkeň se zastoupením smrku > 50 % a vyšším věkem než 50 let bylo zjištěno, které stanovištní a porostní faktory se nejvíce podílely na vysvětlení nahodilých těžeb v období uplynulého hospodářského plánu. Pro vyhodnocení regresního vztahu byly použity údaje z porostních skupin nacházejících se v revíru Štěkeň, Stará Dobev a Rovná u Strakonic. Všechny jmenované revíry patří pod LS Vodňany a pro hodnocení odpovídaly svými stanovištními a porostními podmínkami.

Pomocí mnohorozměrné regrese bylo zjištěno, které z použitých nezávisle proměnných vysvětlovaly statisticky prokazatelně největší procento variability nezávisle proměnné (procenta nahodilých těžeb z celkové porostní zásoby). Byly to proměnné (podle klesající průkaznosti): počáteční poškození a zastoupení smrku (tab. 18).

Tab. 18: *Výsledky mnohonásobné regrese, vybrané proměnné se signifikantním vlivem na % poškozených stromu.*

Zahrnuté proměnné	Regresní koeficient	Beta	p
Abs. člen	-42,5948		0,03707
Počát. poškození	25,6032	0,5154	0,000001
Zastoupení smrku	19,6476	0,1972	0,04255

Test celkového regresního modelu: $R^2 = 0,3053$, $F = 16,703$, $p = 0,000001$.

Beta = standardizovaný regresní koeficient (jeho absolutní hodnota určuje míru vlivu jednotlivých proměnných)

5.5. Stanovení odolnostního a regeneračního potenciálu

Na základě podrobného hodnocení stromů na výzkumných plochách byly jednotlivé plochy zařazeny do kategorií odolnostního a regeneračního potenciálu a byly stanoveny průměrné hodnoty těchto kategorií pro základní parametry transformace korun (celková defoliace, defoliace primární struktury a procento sekundárních výhonů). Z hodnocení vyplývá, že nejčastěji měly sledované porosty regenerační potenciál I., k němuž bylo přiřazeno 7 výzkumných ploch. Jedná se o skupinu ploch, na kterých nebyly nalezeny stromy v kategorii stresové odpovědi 4 –

stromy poškozené a silně transformované. Nejvíce byly na všech plochách nalezeny stromy s kategorií stresové reakce 1 - stromy rezistentní. Dvě výzkumné plochy byly zařazeny do regeneračního potenciálu III. a jedna plocha do regeneračního potenciálu V. Pro stupeň regeneračního potenciálu II., IV. a VI. se očekává, že do čtyřiceti let se změni zařazení z odolnostního potenciálu A na odolnostní potenciál kategorie B. Tyto kategorie regeneračního potenciálu se ale v lesním komplexu Brdo nevyskytují. U ostatních posun v následujících čtyřiceti letech neočekáváme. S využitím údajů z LHP o nahodilých těžbách a z terénního průzkumu byly porosty přiřazeny k jednotlivým stupňům odolnostního (tab. 19) a regeneračního potenciálu (tab. 20). Z tabulky stupňů odolnostního potenciálu vyplývají odhady pravděpodobnosti rozpadu porostů na jednotlivých sledovaných plochách v příštích 40 letech.

Tab. 19: Přiřazení výzkumných ploch v lesním komplexu Brdo ke stupňům regeneračního potenciálu.

I.	Regenerační potenciál						
	Výzkumná plocha	Celková defoliace (%)	Defoliace primár. struk. (%)	Podíl zastoupení sekun. výhonů (%)	Kategorie stresové odpovědi		
1					2	3	4
913 C 10	27	40	20	83,3	0,0	16,7	0,0
	7,99	12,91	9,57				
913 E 10	30	46	24	91,7	0,0	8,3	0,0
	5,4	9,16	7,11				
914 F 11	33	45	20	75	0,0	25	0,0
	4,71	8,77	7,64				
915 D 9	22	35	18	100	0,0	0,0	0,0
	8,74	13,14	9,67				
915 E 10	28	48	28	83,3	8,3	8,3	0,0
	6,28	12,13	13,61				
916 A 11	37	55	28	66,7	0,0	33,3	0,0
	7,17	8,03	9,67				
916 C 10	35	54	30	58,3	0,0	41,7	0,0
	9	11,7	11,55				
Průměr	30,29	46,14	24	79,76	1,19	19,04	0
III.	Regenerační potenciál						
912 C 12	33	63	46	41,7	25	25	8,3
	7,73	12,3	13,82				
913 E 13	34	63	45	41,7	16,7	8,3	33,3
	7,86	15,74	18,54				
916 D 9	28	47	28	83,3	0,0	8,3	8,3
	8,28	13,12	13,91				
Průměr	31,67	57,67	39,67	55,57	13,9	13,87	16,63

Z tab. 20 vyplývá velká pravděpodobnost, že většina sledovaných porostů bude v příštích 40 letech natolik poškozena působením stresových faktorů, že bude nutno v nich nahodilou těžbou odstranit více než 50% stromů, což se již na ploše 912 C12 stalo v uplynulém období. Takovýto proces již nazýváme rozpadem porostu. Vychází to z procenta nahodilých těžeb v minulém LHP, vztaženého k celkové porostní zásobě porostní skupiny, které jsem v tomto případě považovala za procento odumřelých stromů v době hodnocení porostu.

Tab. 20: *Odolnostní a regenerační potenciál výzkumných ploch v lesním komplexu Brdo*

PLOCHA	% odumřelých stromů v současnosti	% poškození stromů	Odolnostní potenciál	Regenerační potenciál	Pravděpodobnost rozpadu porostu do 40 let*
912 C 12	56,63	33	E	III	1
913 C 10	3,94	27	B	I	0,5
913 E 10	24,33	30	C	I	0,9
913 E 13	7,13	34	B	III	0,5
914 F 11	30,89	33	C	I	0,9
915 D 9	41,64	22	D	I	1
915 E 10	66,27	28	E	I	1
916 A 11	64,97	37	E	I	1
916 C 10	55,01	35	E	I	1
916 D 9	67,28	28	E	III	1

6. DISKUZE

Smrk ztepilý (*Picea abies* /L./ Karst.) je přirozenou dřevinou horských poloh. V nejvyšších polohách vytvářel přirozeně horní hranici lesa, v nižších polohách tvořil směs s bukem a jedlí a směrem do nižších vegetačních stupňů jeho podíl zvolna klesal. V polohách kolem 600 mⁿ/ m. už přirozeně smrk chyběl, neboť jeho přirozený výskyt byl vázán na chladné polohy v inverzních polohách, sevřených údolích nebo na rašeliništích (Stolina a kol., 1985).

Přirozená skladba lesa se vyvíjela několik tisíc let a byla v souladu s přírodními podmínkami. S postupem času člověk stále více zasahoval do přirozené skladby lesa, až původní dřeviny buď částečně, nebo úplně ustoupily. Podobně tomu bylo i na sledovaném lesním komplexu Brdo, kde začal od konce 19. století smrk převažovat.

Z rozboru škod větrem a suchem ve sledovaném období vyplývá, že nejvíce ohroženou dřevinou je smrk ztepilý. Zdravotní stav smrku je navíc zhoršen velmi častým napadením kmene a kořenů červenou hnilobou a václavkou. Nejvýznamnějším sekundárním stresovým faktorem, šířícím se vždy po působení sucha a větru, je v zájmovém území kůrovec.

Za celé sledované období bylo v důsledku škod větrem vytěženo 3762 m³ dřeva. Nejvíce polomů se vyskytlo v oddělení 914 na jihovýchodě lesního komplexu Brdo. V důsledku větrných polomů se tu vytěžilo 1225 m³ dřeva. Polomy byly nejvíce poškozeny smrkové porosty (87,1%). Vlivem sucha odumřely kultury na ploše 1,43 ha, což představuje zhruba 60% podíl na zalesňovacích ztrátách. V uplynulém desetiletém období bylo vytěženo 1139 m³ dřeva poškozeného kůrovcem. Hroch (2009) považuje, smrk ztepilý za poměrně náchylnou dřevinu. Smrkové porosty byly špatně vychovávané, dlouho byly udržovány v hustém zápoji. V důsledku toho jsou jejich koruny špatně vyvinuté, kmeny jsou slabé a kořenový systém nedostatečný. Koruny smrků jsou navíc oslabeny dálkově přenášenými emisemi, které způsobily silné okyselení půdy. V důsledku toho odumírají kořeny stromů, jsou více napadeny kořenovými hnilobami a snižuje se stabilita porostů. K těmto poznatkům je potřebné přihlížet i při návrzích adaptačních opatření, ve kterých je třeba brát v potaz vliv všech stresorů dohromady.

Výsledky hodnocení transformace struktury koruny smrku ztepilého ukazují na to, že v revíru je situace značně různorodá. Jak hodnoty defoliace primární struktury, tak i procenta sekundárních výhonů, vykazovaly značnou rozkolísanost. V revíru se

nacházela plocha, kde se vyskytovaly pouze stromy rezistentní a na jiné ploše ve stejném revíru se vyskytovalo značné procento stromů poškozených a málo transformovaných. Na dvou plochách již bylo nalezeno více jak třetina stromů silně transformovaných (s procentem sekundárních výhonů > 50%). Nejmenší rozdíly byly zaznamenány u celkové defoliace, pohybovaly se v rozmezí 22 % až 35 %. Nejvýrazněji kolísalo procento sekundárních výhonů, a to od 18,00 % do 46 %, průměrná hodnota byla kolem 28 %. Průměrný stupeň transformace struktury korun v porostech studovaných ploch byl 0,79; koruny tedy byly pouze mírně transformovány.

U většiny sledovaných ploch došlo k překročení vnitřní tolerance stromů, což znamená, že u více než 50 % stromů byla zjištěna defoliace primární struktury větší než 50 %. Na žádné sledované ploše nedošlo k významnému poškození stromu (defoliace primární struktury větší než 80 %). Procento sekundárních výhonů mělo průměrnou hodnotu kolem 28 %. Z odpovědi stromů na synergické působení stresových faktorů vyplývá, že většina zkoumaných jedinců spadá do kategorie stromů rezistentních, tedy stromů odolných vůči stresovým faktorům (72 %). Rezilientní stromy spadající do kategorie 2 – stromy slabě poškozené a silně transformované, se vyskytovaly jen řídce (5 %). Druhou významnou zastoupenou kategorií byla kategorie 3 – stromy poškozené, málo transformované (17, 5 %). Dále se na plochách nalézaly v menším množství i stromy z kategorie 4 – stromy poškozené a silně transformované (4,99 %). Při porovnání s výsledky autorů, kteří se zabývali stejnou problematikou, můžeme říci, že smrkové porosty v okolí Štětkně jsou relativně zdravé a nepříliš dlouho stresované. Soukupová (2004) zjistila, že u většiny studovaných ploch ve východních Krušných horách bylo již v roce 2002 zjištěno překročení stresové tolerance stromu. Müllerová (2009) uvádí, že na LS Jablunkov ve Slezských Beskydech se nacházelo 62,04 % stromů v kategorii rezistentních stromů a 32, 96 % stromů v kategorii 3 - poškozené stromy málo transformované; zbylé dvě kategorie stromů nebyly na žádné ploše významně zastoupeny. Toto zastoupení kategorií stresové reakce se neliší příliš od mnou získaných hodnot, nicméně smrkové porosty ve Slezských Beskydech se v posledních letech velmi rychle rozpadají vlivem komplexního působení stresových faktorů. Vyplývá z toho, že za určitých okolností může dojít rychlému odumírání porostu i doposud málo stresovaného (Cudlín a kol. 2001).

Oproti jiným smrkovým porostům v různých částech ČR vykazovaly tedy stromy ve štěkeňském revíru při téměř shodné celkové defoliaci nižší stupeň transformace struktury koruny. To ukazuje na začínající a relativně pomalý průběh chřadnutí porostů na lesních plochách ve studované oblasti.

Někteří jedinci na plochách se nacházely ve fázi stresové reakce CII, což představuje stromy s překročeným prahem významného poškození v období cyklické regenerace výhonů (defoliace primární struktury > 80%). Příčinou může být jejich věk. Jedná se totiž spíše o porosty starší 100 let, a proto byly stresovány po delší dobu (např. naakumulovaly více polutantů z ovzduší); mohou mít již též nižší vitalitu. Tato skutečnost odpovídá výsledkům analýzy RDA, která prokázala statisticky významnou korelaci mezi všemi třemi analyzovanými příčinami nahodilých těžeb a věkem.

Plocha H 100 - Slapy, patřící do PLO 10 – Středočeská pahorkatina, odpovídá přírodními a územními ukazateli (jako je: bonita SM, druhová skladba, průměrný věk a nadmořská výška), plochám, které jsem zkoumala v lesním komplexu Brdo. Z výsledků hodnocení zdravotního stavu korun na této ploše vyplývá, že průměrná defoliace po roce 1995 měla hodnotu 31,7 %, po roce 2000 však začala mírně stoupat. Podíl stromů, kde již byla překročena vnitřní stresová tolerance stromu, zde dosáhl hodnot až 84,9 %. Z jednotlivých výzkumů, uskutečněných na různých monitorovacích plochách v České republice, vyplývá, že smrkové porosty rostoucí na zalesněném komplexu Brdo ve štěkeňském revíru jsou dosud výrazně zdravější.

Co se týče barevných změn asimilačního aparátu, které jsou průvodním znakem chřadnutí smrku v této oblasti, vyskytovaly se na všech zkoumaných plochách. Žloutnutím byla nejvíce zasažena plocha 916 D 9, kde průměrná hodnota žloutnutí byla 4% objemu asimilačních orgánů. Hnědnutí se vyskytovalo výrazně více. Průměrné hodnoty se pohybovaly od minima 3% (plocha 912 C 12) do maxima 13% (916 C 10). Tyto barevné změny, především žloutnutí, byly většinou v koruně rozptýlené a nerovnoměrné. Při zkoumání možného vztahu výskytu barevných změn a reakce stromu na komplexní působení stresových faktorů bylo zjištěno, že na zmíněných plochách 916 C 10 a 916 D 9 bylo při hodnocení defoliace a transformace struktury koruny nalezeno vysoké zastoupení rezistentních stromů, tedy těch stromů co jsou málo poškozené a transformované. Naopak porost 912 C 12 s nejmenším objemem zasažených asimilačních orgánů měl největší zastoupení rezilientních

stromů, s více než polovinou asimilačních orgánů, tvořenou sekundárními výhony (viz tab. 11).

Výsledky PCA analýzy, o kalamitních těžbách za období 1998-2007 prokázaly, že porosty smrku nejvíce ohrožené kalamitami se nacházely v buko-dubovém (2.) a v dubo-bukovém (3.) lesním vegetačním stupni s kyselou půdní řadou. Jednalo se o kalamity živelné a kůrovcové. Z toho vyplývá, že tento vegetační stupeň již nyní není a ani v budoucnu, zejména v podmínkách globální klimatické změny, nebude vhodný k pěstování smrku ztepilého jako majoritní dřeviny a tomuto poznatku je třeba přizpůsobit následný management pěstování smrku nejen v těchto oblastech. Dále analýza prokázala korelaci mezi věkem porostu a kůrovcovou kalamitou.

Přirozená obnova ekosystémů přirozených smrčín je ovlivněna řadou abiotických, biotických a antropogenních činitelů. Významnými ukazateli průběhu přirozené obnovy je množství a kvalita diaspor a typ půdního pokryvu. Závislost fruktifikace na imisní zátěži (odehrávající se velice pravděpodobně prostřednictvím průběhu degradačních regeneračních procesů na stanovišti) je v obecném měřítku v souladu se zkušenostmi řady autorů (Mrkva 1993, Schmidt-Vogt a kol. 1989, Vacek a kol. 1999 aj). I malé narušení stromového patra týkající se pouze několika málo jedinců smrku ztepilého může vést k výrazným změnám v přízemní vrstvě vegetace (Holeksa 2003).

Na výzkumných plochách byl zjišťován výskyt druhů jednotlivých semenáčků a jejich množství. Bylo nalezeno celkem 10 druhů dřevin: smrk ztepilý, modřín opadavý, borovice lesní, jedle bělokorá, dub zimní, buk lesní, jasan ztepilý, javor klen, jeřáb ptačí, bříza bělokorá

Celkové množství nalezených semenáčků na výzkumných plochách bylo 2149 ks. Klíčovým faktorem podmiňujícím výskyt a expanzivní růst kompetitivních druhů jsou zřejmě světelné poměry pod různým korunovým zápojem, diferencovaným imisní zátěží (skrze defoliaci porostů) na stanovišti. Z pozorování vyplynulo, že při určitém stupni prosvětlení porostu dochází k zřetelnému nárůstu pokryvnosti bylinného patra. Uvedené zjištění se shoduje s výsledky, které uvádí Falta (2002), z Krkonoš a Krušných hor. Zjistil, že při 50 % - 60 % prosvětlení porostů dochází k nárůstu pokryvnosti bylinného patra až o 80 %. Stejně výsledky uvádí Vávrová (2003). Zvýšení pokryvnosti bylinného patra limituje vcházení a následné přežívání semenáčků.

Semenáčků smrku ztepilého bylo na plochách nejčastěji a vyskytoval se na všech plochách. Jejich procentické zastoupení činilo 61 %, což představuje 1307 ks semenáčků. Na ploše 914 F 11 se semenáčky smrku ztepilého vyskytovaly nejvíce, bylo zde nalezeno 313 ks. Pak následovala plocha 916 C 10 se 166 ks, plocha 915 D 9 (162 ks), 912 C 12 (157 ks) a plocha 913 E 10 (143 ks). Na ostatních výzkumných plochách bylo již nalezeno pod 100 ks smrkových semenáčků. Vyjdeme-li ze skutečnosti, že uvedené plochy (914 F 11, 916 C 10 a 915 D 9) patří k plochám s převahou rezistentních stromů, můžeme formulovat hypotézu, že celkový počet semenáčků smrku ztepilého (jako obecný ukazatel pravděpodobnosti úspěšné přirozené obnovy, a tím i vhodnosti podmínek pro pěstování smrku) pravděpodobně souvisí se stresovou zátěží stanoviště. Ta, zřejmě kromě dalších činitelů, ovlivňuje průběh regeneračních procesů a následnou plodnost dospělých stromů (Cudlín 2002).

Druhé největší zastoupení připadlo na jedli bělokorou se 17,9 % (383 ks). Další druhy semenáčků na lokalitách byly: borovice lesní 5,8 %, dub zimní 4,9 %, modřín opadavý 3,5 %, jasan ztepilý 2,5 %, jeřáb ptačí 1,9 %, bříza bělokorá 0,3 %, buk lesní 1,5 %, javor klen 0,7 %.

Pomocí statistické analýzy variance s hierarchickým uspořádáním, bylo testováno, zda měly jednotlivé plochy a v rámci nich 4 zkoumané transekty statisticky prokazatelný vliv na stav zastoupení druhů a počtů semenáčků. Tento vliv na zastoupení semenáčků jednotlivých druhů dřevin byl prokázán jak pro jednotlivé plochy, tak i jednotlivé transekty; pomocí Tukeyho HSD testu pak byla zjištěna vzájemná odlišnost jednotlivých ploch. Poměrně obtížně vysvětlitelný je statisticky významný vliv jednotlivých 10 m dlouhých transektů na výzkumných plochách, orientovaných po spádnicí a po vrstevnici od středového stromu, na výskyt semenáčků. Domnívám se, že jednou z příčin by mohl být výskyt zmlazení ve shlucích, přičemž jednotlivé shluky byly menší než 10 m (délka jednoho transektu). Dalším souvisejícím zjištěním by mohla být severní a severovýchodní orientace svahu na plochách, a tudíž i spádnice a horního transektu, na kterém bylo nalezeno na všech výzkumných plochách největší množství semenáčků. Dále bylo zjištěno, že se semenáčky všech druhů (buk, jasan, javor, jeřáb, bříza), které se vyskytovaly na všech čtyřech transektech zhruba stejně, byly nalezeny ve větším množství pouze na jedné ploše (916 C 10, LT 2K5).

Pro odhad vlivů stanovištních podmínek na jednotlivých plochách na zastoupení semenáčků smrku v obou věkových kategoriích byla opět provedena analýza

variance. Hodnotily se semenáčky smrku ztepilého pouze ve dvou kategoriích: 1. věková kategorie (do 3 let) a „ostatní věkové kategorie“ smrku. Podrobnější rozdělení ostatních věkových kategorií podle výšky (< 10 cm, 10-20 cm, 20-50 cm, 50-100 cm, > 1m) nemohlo být bohužel testováno pro malé zastoupení semenáčků. Sledované lokality se mezi sebou významně lišily v počtu semenáčků smrku ztepilého v obou sledovaných věkových kategoriích.

Při hledání souvislostí mezi celkovým výskytem semenáčků dřevin, smrku ztepilého a jeho dvou věkových kategorií jsem narazila na častější výskyt většího počtu semenáčků ve věkové kategorii do 3 let na plochách s nižší celkovou defoliací, zatímco vyšší počty smrkových semenáčků ostatních věkových kategorií se nacházely častěji na plochách s vyšší celkovou defoliací.

Mohlo by to indikovat příhodnější podmínky pro klíčení a přežívání smrkových semenáčků v prvních letech pod větším korunovým zápojem, který lépe chrání před vysycháním a naopak lepší světelné podmínky ve více defoliováných či jinak prosvětlených porostech pro přežívání starších semenáčků. Podobné preference naznačují i jiní autoři, Falta (2003) a Vávrová (2009).

Při srovnání jednotlivých mikrostanovišť podle podmínek pro vzcházení a růst semenáčků do 3 let je možno nejlépe hodnotit smrkový opad a mechorosty. V zastoupení semenáčků smrku ztepilého, rostoucích v opadu a mechu se jednotlivé plochy mezi sebou statisticky významně lišily.

Některými autory je smrkový opad považován spolu s trouchnivějícím dřevem za jeden z nejpříznivějších typů mikrostanovišť (např. Hanssen 2003; Jonášová, Prach 2004; Falta 2002; Vávrová 2003), naopak v rozporu jsou některé publikace, které považují smrkový opad za relativně negativní prostředí pro klíčení semenáčků (Gallet 1993; Pellissier 1993). Příznivost smrkového opadu je zřejmě limitováno dalšími stanovištními poměry (např. sklonem svahů). Podle některých autorů mechorosty neposkytují vhodné podmínky pro klíčení semenáčků.

V této práci se však mikrostanoviště pokrytá mechorosty ukázala jako relativně příznivá. Je nutno podotknout, že mechové patro bylo bráno jako celek, bez rozlišení jednotlivých druhů mechorostů. Naopak jako nejméně vhodné mikrostanoviště pro vzcházení semenáčků byla vyhodnocena vegetace, jiný povrch a porost brusnice borůvky. Na zmíněných půdních pokryvech nebyly zaznamenány žádné semenáčky. Obdobnému závěru došli např. Vacek (1981), Falta (2002) i Vávrová (2003). Zajímavým nálezem bylo zmlazení v porostu metličky křivolaké; v této práci byl

zjištěn výskyt 37 ks semenáčků smrku ztepilého ve zmíněném porostu. Přičemž přítomnost metličky křivolaké má podle některých autorů na klíčení semenáčků zvláště negativní dopad. Nicméně díky její nižší pokryvnosti na sledovaných plochách (6,3 %), nelze uvažovat o její zásadní úloze v procesu přirozené obnovy.

Zjištěné hodnoty pravděpodobnosti silného poškození a následného rozpadu porostů s převahou smrku ztepilého umožní následné použití stresového modulu růstového simulátoru Sibyla pro odhad vývoje konkrétního porostu podle scénářů klimatické změny. Zároveň mohou pomoci vytipovat ohrožené porosty, ve kterých by ještě bylo možné provést výchovné zásahy tak, aby se riziko jejich rozpadu co nejvíce snížilo. Je totiž více než pravděpodobné, že ve stále více oblastech nebudou schopny stromy dožít obmýtí, jelikož budou nadále vystaveny stresovým faktorům a jejich regenerační potenciál není dostatečný (Müllerová 2009).

Pomocí mnohorozměrné regrese bylo zjištěno, které z použitých nezávisle proměnných vysvětlovaly statisticky prokazatelně největší procento variability nezávisle proměnné (procenta nahodilých těžeb z celkové porostní zásoby). Byly to proměnné (podle klesající průkaznosti): počáteční poškození a zastoupení smrku.

K pokusu o vysvětlení toho, co se děje se smrky v oblastech nespecifického odumírání smrčín a ke stanovení predispozičních, iniciačních a mortalitních stresových faktorů můžeme použít Manionovu spirálu (Manion, 1981). Ze zjištěných údajů a terénních výzkumů je patrné, že predispozičními faktory v takových oblastech genetický potenciál, chronický nedostatek živin v půdě, nedostatek vody v půdě a výkyvy klimatu. Iniciačními, neboli spouštěcími faktory jsou často sucha a další extrémní klimatické jevy. V závěru působí faktory mortalitní, většinou napadení podkorním hmyzem a fytopatogenními druhy hub, někdy též nedostatek vody na hranici bodu vadnutí, které vedou k úhynu stromu.

Z přiřazení porostů do stupňů regeneračního a odolnostního potenciálu vyplývá velká pravděpodobnost, že většina sledovaných porostů se v příštích 40 letech rozpadne, tzn., že budou natolik poškozeny působením stresových faktorů, že bude nutno v nich nahodilou těžbou odstranit více než 50% stromů.

K těmto poznatkům je potřebné přihlížet i při návrzích adaptačních opatření, ve kterých je třeba brát v potaz vliv všech stresorů dohromady a ne se zaměřovat pouze na nejobvyklejší z nich.

7. ZÁVĚR

Předmětem studia této práce, bylo zhodnotit zdravotního stavu smrkových porostů v lesním revíru Štěkeň a odhadnout environmentální rizika rozpadu porostů s převahou smrku ztepilého v současnosti. Dalším cílem bylo zjištění schopnosti vzcházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého na již založených plochách.

Z odpovědi stromů na synergické působení stresových faktorů vyplývá, že většina zkoumaných jedinců spadá do kategorie stromů rezistentních, tedy stromů odolných vůči stresovým faktorům (72 %). Rezilientní stromy byly zastoupeny jen 5 %, stromy poškozené, málo transformované, 18 % a stromy poškozené a silně transformované, 5 %. U většiny sledovaných ploch došlo k překročení vnitřní tolerance stromů, což znamená, že u více než 50 % stromů byla zjištěna defoliace primární struktury větší než 50 %. Stromy v lesním komplexu Brdo vykazovaly nižší procento sekundárních výhonů a tím také nižší stupeň transformace struktury koruny ve srovnání se stavem korun než v horských a imisních oblastech ČR. To ukazuje na začínající a relativně pomalý průběh chřadnutí porostů na lesních plochách ve studované oblasti.

Výsledky RDA analýzy prokázaly, že nejohroženějšími porosty jsou ve studované lokalitě porosty ve 2. a 3. vegetačním stupni, což vypovídá o nevhodnosti pěstování smrku jako majoritní dřeviny, jelikož je v těchto podmínkách vystaven značnému vlivu stresových faktorů.

Test analýzy variance prokázal rozdíly mezi plochami v zastoupení semenáčků různých druhů dřevin a různých věkových kategorií semenáčků smrku. Pro přirozené zmlazení lesních dřevin na jednotlivých mikrostanovištích, se z hlediska počtu nalezených semenáčků projevil jako nejvhodnější smrkový opad. Vzcházení semenáčků probíhalo relativně úspěšně i v porostech mechorostů. Nejméně příznivé podmínky pro semenáčky vykazovala ostatní vegetace, jiný povrch, porost brusnice borůvky.

Z přiřazení porostů do stupňů regeneračního a odolnostního potenciálu vyplývá velká pravděpodobnost, že většina sledovaných porostů se v příštích 40 letech rozpadne.

Na základě zjištěných dat se domnívám, že je potřeba více respektovat stanovištní nároky smrku a přihlížet i k postupným změnám klimatu, které mají ve spojení s ostatními stresovými faktory za následek odumírání smrku v těchto

oblastech. Pokud nebudou tyto poznatky respektovány a dodržována nově navržená adaptační opatření, je možné, že i v revíru Štěkeň nebudou smrkové monokultury schopny se dožít doby obmýtí.

8. POUŽITÁ LITERATURA

ANONYMUS 1. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z WWW.
[http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historick
a_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&last=false /](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historick_a_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&last=false/)

ANONYMUS 2. Oficiální stránka obce Štěkně. Dostupné z WWW.
<http://mesta.obce.cz/steken/>

ANONYMUS 3. Zákon 289/1995 Sb. lesní zákon. Dostupný z WWW.
http://www.pohoda.joste.cz/ii/zak_o_lesich-289_1995.doc

ANONYMUS 4. Hospodářské doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů, Mze ČR, 1997.

BRANG, P: *Early seedling establishment of Picea abies in small forest gaps in the Swiss Alps*. Canadian Journal of Forest Research, vol. 28 (4), 1998, s. 626-639.

CUDLÍN, P.: *Vliv hospodářských zásahů na změnu biologické diverzity ve zvláště chráněných územích. Závěrečná zpráva projektu: Retrospektivní analýza reakce horských smrkových ekosystémů na působení stresových faktorů*, depon. in knihovna Ústavu ekologie krajiny AVČR, České Budějovice, 2002.

CUDLÍN, P., VÁVROVÁ, E.: *Dynamika přízemní vegetace v klimaxových horských smrčínách Krkonoš v různém stadiu rozpadu během období po výrazném snížení imisí SO₂*. Zprávy České botanické společnosti, Praha, Mater. 24, 2009, s. 79-91.

CUDLÍN, P., NOVOTNÝ, R., MORAVEC, I., CHMELÍKOVÁ, E.: *Retrospective evaluation of the response of montane forest ecosystems to multiple stress*. Ekológia (Bratislava) 2001, vol. 20, s. 108-124.

CZUDEK, T.: *Geomorfologické členění ČSR*. Československá Akademie věd, Geografický Ústav, Brno, 1972, 137 s.

ČERMÁK, P., JANKOVSKÝ, L., CUDLÍN, P.: *Risk evaluation of the climatic change impact on secondary Norway spruce stands as exemplified by the Křtiny Training Forest Enterprise*. Journal of Forest Science, 2004, vol. 50 (6): s. 256-262.

ČERMÁK, P.: *Browsing and peeling damage on woody plants in the Czech Republic. Kostelec nad Černými lesy*. Lesnická práce, s.r.o., Folia Forestalia Bohemica, 2007, 64 s.

ČERMÁK, P.: *Defoliace a radiální růst ukazatelé vitality smrku ztepilého*. Lesnická práce. [online]. 2007, 86, 11, [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/2005/166/>>.

ČERNÝ, Z., NERUDA, J.: *Základy ochrany lesních kultur*, Praha, 1997.

FABIÁNEK, P.; HELLEBRANDOVÁ, K.: *ICP Forests (Forest Focus) - Výsledky sledování v ČR v roce 2006*. Lesnická práce. [online]. 2007, 86, 2, [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/1029/105/>>.

FALTA, V.: *Přežívání semenáčků smrku ztepilého (Picea abies (L.) Karst.) a jeřábu ptačího (Sorbus aucuparia L.) v narušených lesních ekosystémech Krkonoš a Krušných hor*. Disertační práce, depon. in knihovna VÚO, Holovousy, 2002

FORST, P., DOLEJŠ, K., HENDRYCH, V., KUČERA, V., KUDLER, J.: *Ochrana lesů*. SZN Praha, 1966, 419 s.

GRUBER, F.: *Morphology of coniferous trees: possible effects of soil acidification on the morphology of Norway spruce and silver fir*. In Godbold, D.L., Hüttermann, A. (eds), *Effects of acid rain on forest processes*, Wiley-Liss, New York, 1994, s. 265-324.

HANSSEN, K. H.: *Natural regeneration of Picea abies on small clear-cuts in SE Norway*. *Forest Ecology and Management*, vol. 180, 2003, s. 199-213.

HROCH, V.: *Pohled na komplex lesa s místním názvem „Brdo“*. Revír Štěkeň, Slatina, 2009, 42 s.

HOLEKSA, J.: *Relationship between field-layer vegetation and canopy openings in a Carpathian subalpine spruce forest*. *Plant Ecology*, 2003, vol. 168, s. 57-67.

HRUŠKA, J., CIENCIALA, E.: *Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví*. MŽP, Praha, 2005, 159 s.

JANOUS, D. a kol.: *Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na sektory hydrologie, zemědělství a lesního hospodářství a vliv klimatických změn na lidské zdraví*. Projekt VaV/740/1/00 DP 02. Bod C Sektor lesního hospodářství. NKP, Praha, 2001.

JONÁŠOVÁ, M., PRACH, K.: *Central-European mountain spruce (Picea abies (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak*. Ecological Engineering, 2004, vol. 23, s. 15-27.

KALVOVÁ, J. a kol.: *Climate Change Scenarios for the Czech Republic*. Studie v rámci NKP, Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze, 1996, 101 s.

KRUML, F.: *Historický průzkum lesů pro lesní závod Protivín*. 1971.

KREJČÍ, R., ČERNÝ, J., HAVEL, M., HRUŠKA, J., DAVIES, T.D., BRIDGES, K.S., PETERS, N.E., HŮNOVÁ, I. a ZEMAN, Z.: *Poškození smrkového lesa v Krušných horách. Vliv námrazy a změn ve složení emisí elektráren*. Vesmír 80 (131), (2001), No. 10, s. 576-580.

Lesní hospodářský plán pro lesní správu Vodňany (revír Štěkeň) pro období od 1.1.1998 do 31.12.2007, Hradec Králové: Lesoprojekt, 1998.

Lesní hospodářská evidence pro lesní správu Vodňany (revír Štěkeň) pro období od 1.1.1998 do 31.12.2007. Hradec Králové: Lesoprojekt, 1998.

Lesní hospodářský plán pro lesní správu Vodňany (revír Štěkeň), pro období od 1.1.2008 do 31.12.2017. Hradec Králové: Lesoprojekt, 2008.

LEPŠ, J., ŠMILAUER, P.: *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, 2003.

LESINSKI, J., A., LANDMAN, G.: *Crown and branch malformation in conifers related to forest decline*. In: Cape, J.,N., Mathy, P. (eds.). Scientific basis of forest

decline symptomatology, Air Pollution Research Report 15. Commission of European Communities, Brussels, 1985, s. 95-105.

MAREŠ, J.: *Produkční potenciál douglasky tisolisté v Lesích města Písku*. Diplomová práce, Brno, 2008

Ministerstvo zemědělství ČR: *Monitoring stavu lesa v České republice 1984 – 2003*. Mze ČR, VÚLHM, Strnady, 2004, 431 s.

MRKVA, R.: *Ochrana lesa: ekologické pojetí a rozvoj*. Lesnictví – Forestry, 1993, vol. 39, s. 357- 364.

MRKVA, R.: *Chřadnutí dřevin jako významný a očekávaný problém ochrany lesa*. *Lesnická práce* [online]. 2000, 79, 6, [cit. 2011-05-02]. Dostupný z WWW: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/1559/140/>>.

MÜLLEROVÁ, T.: *Odhad environmentálních rizik rozpadu porostů s převahou smrku ztepilého v současnosti a pro vybrané scénáře klimatické změny (v souvislosti s navrhovaným lesnickým managementem) na základě shromáždění dostupných podkladů, vlastního terénního šetření a informací z DPZ*. Závěrečná zpráva grantu IG ZF JU 14/09, depon. in knihovna ZF JcU, České Budějovice, 2009.

NORDIN, A., NÄSHOLM, T. & ERICSON, L.: *Effects of simulated N deposition on understorey vegetation of a boreal coniferous fores*. *Functional Ecology*, 1998, vol. 12, s. 691-699.

Oblastní plán rozvoje lesů České Republiky: *Přírodní lesní oblast 10, Údaje o stavu lesa*, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, pobočka Stará Boleslav, 2001 – 2020.

POLÁK, T., CUDLÍN, P., MORAVEC, I.: *Macroscopic indicators for the retrospective assessment of Norway spruce crown response to stress in the Krkonoše Mountains*. 2007, *Trees* 21, s. 23-35.

PELLISSIER, F.: *Allelopathic inhibition of spruce germination*. *Acta Ecologica*, 1993, vol. 14(2), s. 211 – 218.

PRŮŠA, E.: *Pěstování lesů na typologických základech*. Kostelec n. Č. 1., Lesnická práce 2001. 593 s.

QUITT, E.: *Klimatické oblasti Československa*. Brno, 1971.

SEDLÁKOVÁ, I.: *Stav přirozené obnovy chřadnoucích smrkových porostů ve Slezských Beskydech*. Bakalářská práce, depon. in knihovna LDF MENDELU Brno, 2010.

SCHMIDT-VOGT, H.: *Die Fichte. 1.Auflage, Band II/2, Verlag Paul Parey*. Hamburg und Berlin, 1989, 600 s.

SCHMIDT-VOGT, H.: *Die Fichte. 2.Auflage, Band I, Verlag Paul Parey*. Hamburg und Berlin, 1987, 647 s.

SCHMIDT-VOGT, H.: *Die Fichte. Band II/3, Verlag Paul Parey*. Hamburg und Berlin, 1991, 781 s.

SCHULZE, E. D.: *Air pollution and forest decline in a spruce (Picea abies) forest*. Science, 1989, No. 244, s. 776-783.

SCHWARZ, O.: *Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš*. Správa KRNAP, 1997, 174 s.

SOUKUPOVÁ, B.: *Odhad environmentálního rizika vývoje vybraných porostů v Krušných Horách*. Diplomová práce, depon. in knihovna Katedry fyziologie rostlin PŘ F UK, Praha, 2004.

SOUKUPOVÁ, L.: *Víceletá dynamika rozvoje Calamagrostis villosa v acidifikovaných horských smrčínách středních Sudet*. In: Vacek S. (ed.), Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Opočno, 1996, s. 321-326.

SOUKUPOVÁ, L., VOSÁTKA, M. & RAUCH, O.: *Lesní trávy a jejich endomykorrhizy v acidifikovaném prostředí horských smrčín*. In: Geoekologiczne problemy Karkonoszy, Przesieka, Poland, 15.–18. 10. 1997, Acarus, Poznań, 1998, s. 307-312.

STOLINA, M. a kol.: *Ochrana lesa*. Příroda 1985, Bratislava, 473 s.

SVOBODA, P.: *Lesní dřeviny a jejich porosty – část III*. SZN, Praha, 1957.

ŠERÁ, B., FALTA, V., CUDLÍN, P., CHMELÍKOVÁ, E.: *Contribution to knowledge of natural growth and development of mountain Norway spruce seedlings*, Ekológia (Bratislava), Vol.19, No.4, 2000, s. 420-434.

ŠTÍPL, P.: *Hospodářská úprava lesa*, Hranice 1997, 128 s.

ULRICH, B.; MAYER, R.; KHANNA, P.K.: *Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling*. Göttingen, 1979, Schriften aus d. Forstl. Fak. Univ. Göttingen u.d. Niedersächs. Forstl. Versuchsanst. 58, s. 1-291.

VACEK, S.; BASTL, M.; LEPŠ, J.: *Vegetation changes in forest of the Krkonoše Mts. over a period of air pollution stress (1980-1995)*. Plant Ecology, 1999, vol. 143, s. 1-11.

VACEK, S.; LEPŠ, J.: *Vegetační dynamika v lesních ekosystémech Krkonoš*. Zprávy České botanické společnosti, Praha, 1999, Mater. 17, s. 89-101.

VACEK, S.; LEPŠ, J.: *Použití Leslieho matic pro predikci vývoje smrkových porostů pod vlivem imisí*. Výzkumná stanice VÚHLM, Opočno; Jihočeské biologické centrum ČSAV, České Budějovice, Lesnictví 37, 1991, s. 133-159.

VACEK, S.: *Analýza autochtonních smrkových populací na Strmé stráni v Krkonoších*, Opera Concortica 27, 1990, s. 59-103.

VACEK, S.: *Vyhledky na úspěch přirozené obnovy v ochranných lesích Krkonoš*. Lesnická práce, 1981, vol. 60 (3), s. 118–124.

VACEK, S.: *Stav, vývoj a management lesních ekosystémů v průběhu existence NP Šumava*. Knihovna AV ČR a PřF JU, Lesnická práce, 2008, 95 s.

VACEK, S., VANČURA, K., PIER CARLO ZINGARU, JENÍK, J., SIMON, J., ŠMEJKAL, J.: *Horské lesy České republiky*. MZČR, 2003, 293 s.

VÁVROVÁ, E.: *Přirozená obnova smrku ztepilého (Picea abies) a dynamika sukcese dominant bylinného patra v průběhu rozpadu horských smrkových ekosystémů v Krkonoších*. Diplomová práce, depon. in knihovna Ústavu životního prostředí Př F UK, Praha, 2003, 93 s.

VÁVROVÁ, E.: *Dynamika přízemní vegetace a přirozená generativní obnova smrku ztepilého v horských smrčínách Krkonoš v období po výrazném snížení imisí SO₂*. Disertační práce, depon. in knihovna Ústavu životního prostředí Př F UK, Praha, 2009, 151 s.

VÁVROVÁ, E., CUDLÍN, P., ŠERÁ, B.: *Trendy přirozené obnovy klimaxových smrčín Krkonoš*. Zprávy České botanické společnosti, Praha 2006, Mater. 21, s. 227-237.

VICENA, I.: *Ochrana lesa proti polomům*, SZN, Praha 1979, 244 s.

VYSKOT, M. aj.: *Praktická rukověť lesnická*, I.díl, SZN Praha 1962, 1123 s.

VYSKOT, M. aj.: *Praktická rukověť lesnická*, II.díl, SZN Praha 1962, 986 s.

Další prameny:

Turistická mapa: Okres Strakonice, 1 : 75 000

Mapa souborů a podsouborů, LHC Vodňany, revír Štěkeň, 1 : 10 000

Porostní mapa, LHC Vodňany, revír Štěkeň, 1 : 10 000

9. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Přehled prostorového rozdělení lesa Brdo (LHP 1998-2007)

Příloha 2 – Typ větvení

Příloha 3 – Tvar horní části koruny

Příloha 4 - Typ vrcholu

Příloha 5 - Schéma vytýčení transektu na výzkumných plochách

Příloha 6 - Vysvětlení vstupních dat pro logistickou regresi

6a: Trofická úroveň

6b: Hydrická úroveň

6c: Ozáření

6d: Zdravotní stav

**Příloha 7 - Příklad tabulky z terénního sledování stavu korun na plochách
(výzkumná plocha 912 C 12)**

**Příloha 8 – Vzor tabulky charakteristiky stresové reakce stromů podle
hodnocení stavu korun v porostu**

**Příloha 9 – Zjištěné počty nalezených semenáčků na jednotlivých sledovaných
plochách**

**Příloha 10 - Mapa souborů a podborů lesních typů, LHC Vodňany, revír
Štěkeň, 1 : 10 000**

10. PŘÍLOHY

Příloha 1: Přehled prostorového rozdělení lesního komplexu Brdo (LHP 1998-2007)

Oddělení	Dílec	Porost												Celková výměra v ha		
912	A	1	3	6	13										23,92	
	B	1	2	3	5a	5b	6	7	9a	9b	12					
	C	1a	1b	2	4	8	12									
913	A	1	2a	2b	3	6	11								61,56	
	B	1	2	3	9	13										
	C	2	3	10												
	D	1	2a	2b	2c	3a	3b	4	6	10						
	E	1	2	3	6	7	10	13								
	F	1a	1b	2	3	6	11	12								
914	A	1	2	3	6										71,71	
	B	1a	1c	3	6	7	11									
	C	1	2a	2b	3a	3b	3d	3e	4/3c	5	6a	6b	8	12		
	D	1	4	9												
	E	1	2	3	4a	4b	5	9								
	F	0	1a	1b	3	6a	6b	8	11							
	G	1a	1b	2	3	6										
915	A	1	3	4	5	6	10								56,37	
	B	2	3	4	7	8	10	11								
	C	4	7	9a	9b											
	D	1	4a	4b	7a	7b	9									
	E	3	7	10												
	F	10														
916	A	1	2a	2b	3a	3b	3c	5	6	11					42,87	
	B	1	6a	6b												
	C	4	7	10												
	D	2	3	5	9	12										
	E	1	2	3	10											
	G	5														
Celková výměra lesa Brdo												256,43				

Příloha 2: Typ větvení

- 1) hřeben - *dlouhé výhony směřující dolů*
- 2) kartáč - u „*genetického*“ kartáče rostou primární výhony všemi směry, u „*sekundárního*“ kartáče rostou primární výhony dolů a sekundární výhony nahoru
- 3) deska - *vodorovné výhony*
- 4) přechod mezi hřebenem a kartáčem – *většina výhonů směřuje šikmo dolů*

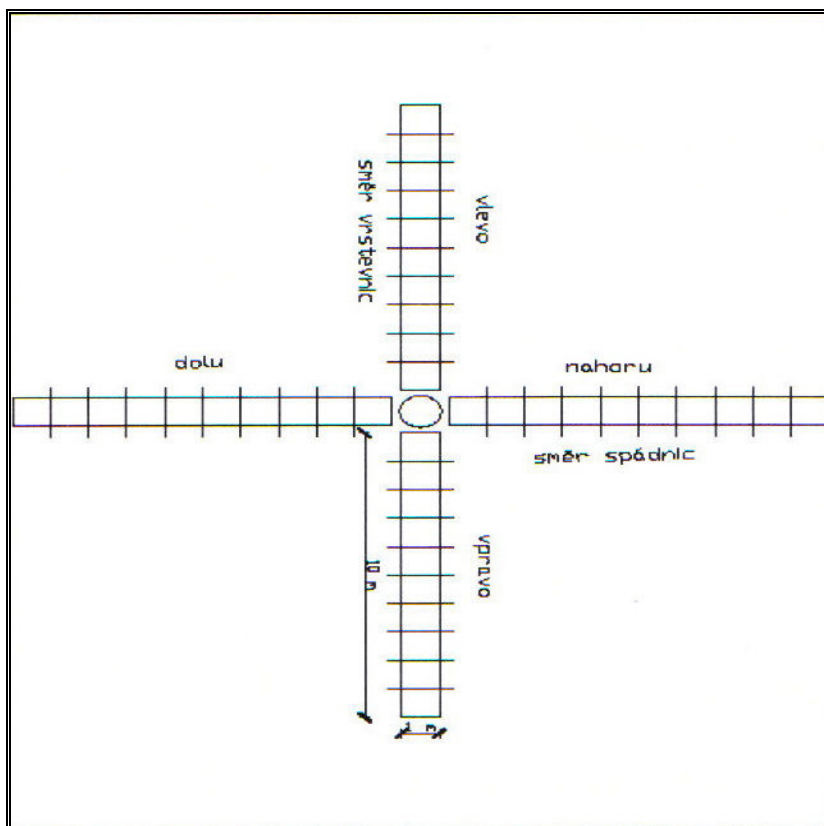
Příloha 3: Tvar horní části koruny

1. normální – *kužel*
2. široký – *dochází k redukci vertikálních přírůstů, horizontální ještě přirůstají normálně; vzhledem připomíná vrchol jedle*
3. úzký – *zkrácené vertikální i horizontální přírůsty*
4. nepravidelný (zlom) – *ulomená horní část koruny*
5. suchý vrchol – *strom přestal vrchol vyživovat, nebo odumřel z jiných důvodů*
6. náhradní – *vytvořen náhradní vrchol po zlomu*
7. jednostranný (vlajkový) – *většinou dán jednostranným zastíněním koruny nebo jejím poškozením větvemi sousedního stromu*

Příloha 4: Typ vrcholu

- 1) normální – *poslední vertikální přírůst obdobný jako přírůsty v posledních letech*
- 2) zkrácený - *poslední vertikální přírůst kratší*
- 3) suchý – *poslední terminální letorost suchý*
- 4) ohnutý - *poslední terminální letorost ohnutý*
- 5) zlomený - *poslední terminální letorost zlomený*

Příloha 5: Schéma vytyčení transektů na výzkumných plochách



Příloha 6: Vysvětlení vstupních dat pro logistickou regresi

6a: Trofická úroveň

k	X	Z	Y	M	K	I	N	S	C	F	H	B	W	D	A	J	L	U	V	O	P	Q	T	G	R
a																									
t.																									
číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

6b: Hydrická úroveň

číslo	odpovídající LT	charakteristika
1	C, W,	suchá
2	X, Z, Y, J	omezená
3	B, F, K, S, A, N, M	normální
4	D, I, H	slabě oglejená
5	O, P, Q,	oglejená
6	L, U, V	proudící voda
7	G, T,	glej
8	R	rašeliniště

6c: Ozáření

číslo	odpovídající expozice
1	338°- 67,5°
2	293°-337,5° ; 68° -112,5°
3	248° - 292,5°; 113° - 157,5°
4	158° - 247,5

6d: Zdravotní stav

číslo	charakteristika
1	zdravý porost
2	první a mírné příznaky poškození
3	střední poškození
4	silné a velmi silné poškození

Příloha 7: Příklad tabulky z terénního sledování stavu korun na výzkumných plochách

Zápis z terénního šetření stavu korun smrku ztepilého v porostu 912 C 12

PLOCHA:č. 912 C 12								Datum: 11.11.2008				HODINA: 12:00					POČASÍ: Jasno												
Průměr								33	63	46	1,3					0	3												
Směrodatná odchylka								7,73	12,30	13,82	0,47					0,49	2,92												
čtverec	číslo stromu	sociální postavení	typ větvení	Vícerák	juvenilní část	produkční část	saturační část	tvár horní části koruny	typ vrcholu	celková defoliace	def. primární struktury	% sekundárních výhonů	typ poškození 1	typ poškození 2	typ poškození 3	typ poškození 4	typ poškození 5	stupeň transformace	stupeň transformace	% transparence větvi	zlomy	žloutnutí	Reznutí	šišky	rašení	poškození kmene	celkový stupeň poškození	pozice při hodnocení	viditelnost koruny
	1	1	1-(2)	0	3	25	40	3	2	35	60	40	4	3				1			0	1	5	2		0,5	2	J	1
	2	3	(3)-1	3/2	0	10	20	4	0	25	60	50	2	4				1			2	0	1	0,5		0	3	S-V	1
	3	2	(1)-2	0	3	25	45	2	2	40	75	60	4	2				2			0	0	5	3		0	2,5	J	0
	4	2	1	0	4	25	45	1,7	1	15	35	25	4	2				1			0	0	0	2		0	1	Z	2
	5	3	3-(1)	0	0	15	25	5	3	40	50	25	1	4	2			1			0	0	5	0,5		0	3	V	2
	6	3	3	0	3	15	20	4	1	45	70	45	4	3				1			2	0	0	0,5		0	2	J-V	1
	7	2	(1)-2	0	0	15	25	4	0	35	75	60	1	3	2			2			2	1	5	3		0	2,5	Z	0
	8	2	1-(2)	0	3	25	35	1	2	40	65	40	4	2				1			0	0	1	0,5		1	1,5	V	1
	9	2	(1)-2	0	0	15	25	4	0	30	75	60	4					2			2	0	1	0,5		0	1,5	S	1
	10	2	2	0	3	15	30	3,6	2	35	80	70	4	2				2			2	1	10	3		1	3	S-V	1
	11	2	2	0	3	20	30	2	2	30	60	40	4					1			2	1	1	0,5		0,5	2	V	1
	12	2	1-(2)	0	2	15	35	3,6	2	30	55	35	4	2				1			2	1	5	2		2	2	V	1

Příloha 8: Vzor tabulek pro charakteristiky stresové reakce stromů podle hodnocení stavu korun, tabulka pro porost 912 C 12.

PLOCHA	Strom č.	Celková defoliace	Defoliace primární struktury	Procento sekundární struktury	Překročení vnitřní tolerance stromu	Významné poškození stromu	Vyčerpání [-] / periodická regenerace výhonů [0] / regenerace [+] stromu	Kategorie stresové reakce	Fáze stresové reakce	Procento zastoupení stresových fází
912 C 12	1	35	60	40	+	-	-	1	AI	25
	2	25	60	50	+	-	-	1	AII	16,7
	3	40	75	60	+	-	-	4	BII	25
	4	15	35	25	-	-	-	1	U	16,7
	5	40	50	25	(+)	-	-	3	U	16,7
	6	45	70	45	+	-	-	3	BI	8,3
	7	35	75	60	+	-	-	2	BII	25
	8	40	65	40	+	-	-	3	AII	16,7
	9	30	75	60	+	-	-	2	BII	25
	10	35	80	70	+	(+)	-	2	CII	8,3
	11	30	60	40	+	-	-	1	AI	25
	12	30	55	35	+	-	-	1	AI	25

Příloha 9: Zjištěné počty nalezených semenáčků na jednotlivých sledovaných plochách

Plocha	Tran.	Smrk	Borovice	Modřín	Jedle	Dub	Buk	Jasan	Javor	Jeřáb	Bříza
916 D 9	N	34	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	PR	32	1	0	0	2	0	0	0	0	1
	P	17	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	LV	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Celkem	87	2	0	0	4	0	0	0	0	4
916 C 10	N	0	4	10	0	17	6	8	0	6	0
	PR	41	10	15	0	18	3	11	3	1	0
	P	62	13	9	0	19	7	15	2	1	1
	LV	63	16	3	0	6	5	4	1	0	3
	Celkem	166	39	27	0	60	21	38	6	8	4
916 A 11	N	6	1	11	0	0	0	0	0	7	0
	PR	10	2	3	5	5	0	0	0	0	0
	P	21	10	8	10	0	1	0	0	6	1
	LV	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0
	Celkem	37	13	22	15	7	2	0	0	15	1
915 E 10	N	37	0	4	0	2	0	2	4	0	0
	PR	10	0	1	0	0	1	5	0	0	0
	P	19	0	0	0	1	0	5	3	0	0
	LV	15	0	0	0	3	0	2	0	0	0
	Celkem	81	0	5	0	6	1	14	7	0	0
915 D 9	N	33	1	3	1	0	0	0	1	0	0
	PR	33	10	0	0	3	0	0	0	0	0
	P	54	17	1	6	3	0	0	0	0	0
	LV	42	4	1	1	0	1	0	0	0	0
	Celkem	162	32	5	8	6	1	0	1	0	0
912 C 12	N	32	0	3	1	2	0	0	0	0	0
	PR	44	3	0	0	2	0	0	0	1	2
	P	56	0	0	0	3	0	0	0	1	1
	LV	25	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Celkem	157	3	3	1	8	0	0	0	2	3
913 E 13	N	26	0	0	174	1	1	0	0	1	0
	PR	14	0	0	53	1	1	0	0	5	0
	P	21	2	0	79	0	5	0	0	3	0
	LV	10	0	0	64	0	0	0	0	3	0
	Celkem	71	2	0	357	2	7	0	0	12	0
913 E 10	N	25	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	PR	46	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	P	21	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	LV	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Celkem	143	0	4	0	1	0	0	0	0	0

913 C 10	N	7	7	0	0	1	0	0	0	0	0
	PR	48	10	0	0	2	0	0	0	0	0
	P	5	5	0	1	3	0	0	0	0	0
	LV	30	11	7	2	0	0	0	0	0	0
	Celkem	90	33	7	2	6	0	0	0	0	0
914 F 11	N	105	0	0	0	2	1	0	0	0	0
	PR	55	0	0	0	4	0	0	0	2	0
	P	57	0	2	0	1	1	0	0	1	0
	LV	96	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Celkem	313	0	2	0	7	2	0	0	4	0

Příloha 10: Mapa souborů lesních typů, 1 : 10 000

