

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

**Přirozená obnova smrku ztepilého (*Picea abies*) a
dynamika sukcese dominant bylinného patra v průběhu
rozpadu horských smrkových ekosystémů v Krkonoších**

Eva Vávrová

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Pavel Cudlín, CSc.
Interní konzultant: Ing. Luboš Matějček, PhD.

Praha 2003

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány.

Srpen 2003

Vávrová
Eva Vávrová

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 počáteční sběru dat v terénu až po závěrečnou verzi rukopisu. Nemenší dík si zaslouží Dr. Luboš Matějček, Dr. Tomáš Polák a Ing. Jan Wild 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. Srdečný dík patří také Tomášovi za pochopení, psychickou podporu a praktickou pomoc v terénu i při tvorbě mé diplomové práce.

OBSAH

| | |
|--|----|
| SOUHRN | 3 |
| SUMMARY | 4 |
| 1 ÚVOD | 5 |
| 2 LITERÁRNÍ ÚVOD | 7 |
| 2.1 Rozpad jako přirozené stádium vývoje lesního ekosystému | 7 |
| 2.2 Struktura ekosystému přirozených smrčin | 8 |
| 2.2.1 Horizontální struktura | 8 |
| 2.2.2 Vertikální struktura | 9 |
| 2.2.3 Věková struktura | 9 |
| 2.3 Faktory ovlivňující rozpad lesních ekosystémů | 10 |
| 2.3.1 Přirozené abiotické a biotické faktory | 10 |
| 2.3.2 Znečištění ovzduší | 11 |
| 2.3.2.1 Přímé působení plyných polutantů a kyselého deště | 11 |
| 2.3.2.2 Nepřímé působení prostřednictvím acidifikace půd | 12 |
| 2.3.2.3 Nadměrná dostupnost dusíku | 13 |
| 2.3.3 Nevhodné způsoby hospodaření v lesích nevedoucí k jejich trvalé udržitelnosti | 13 |
| 2.3.4 Teorie kombinovaného působení více stresových faktorů | 14 |
| 2.4 Změny v bylinném patře lesních ekosystémů související se znečištěním ovzduší a kyselou depozicí | 15 |
| 2.5 Přirozená obnova | 16 |
| 2.6 Faktory ovlivňující přirozenou obnovu | 17 |
| 2.6.1 Světlo | 18 |
| 2.6.2 Nadmořská výška | 18 |
| 2.6.3 Expozice | 19 |
| 2.6.4 Mikrorelief a sklon svahů | 19 |
| 2.6.5 Půdní poměry | 19 |
| 2.6.6 Fruktifikace | 20 |
| 2.6.7 Korunový zápoj | 20 |
| 2.6.8 Charakter půdního pokryvu | 21 |
| 2.6.9 Bylinné a mechové patro | 21 |
| 2.6.10 Patogenní mikroorganismy, fytofágní obratlovci a hmyz | 22 |
| 2.6.11 Imisní zatížení | 23 |
| 3 POPIS LOKALIT | 24 |
| 3.1 Mumlavská hora | 25 |
| 3.2 Alžbětinka | 26 |
| 3.3 Modrý důl | 27 |
| 3.4 Slunečné údolí | 28 |
| 3.5 Pašerácký chodníček | 28 |
| 4 SBĚR DAT | 30 |
| 5 ZPRACOVÁNÍ DAT | 32 |
| 5.1 Dynamika sukcese dominant bylinného a mechového patra v období mezi lety 1995 a 2002 | 32 |
| 5.2 Přirozená obnova smrku ztepilého | 33 |
| 5.2.1 Srovnání jednotlivých lokalit z hlediska vzcházení a přežívání dvouletých semenáčků | 33 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.2.2 | Srovnání jednotlivých mikrostanovišť z hlediska vzházení semenáčků na lokalitě Modrý důl | 33 |
| 5.2.3 | Srovnání mikrostanovišť z hlediska přežívání semenáčků na jednotlivých lokalitách..... | 34 |
| 5.2.4 | Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v obdobích 1995 – 1997 a 2000 – 2002..... | 35 |
| 5.2.5 | Změny v zastoupení mikrostanovišť na jednotlivých lokalitách v období mezi lety 1995 a 2002 | 36 |
| 6 | VÝSLEDKY | 37 |
| 6.1 | Vzházení a přežívání dvouletých semenáčků, vzešlých v letech 1996 a 2001, na jednotlivých lokalitách..... | 37 |
| 6.2 | Vzházení semenáčků na mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1996 a 2002..... | 39 |
| 6.3 | Přežívání semenáčků na lokalitě Modrý důl v letech 1995 až 2002 | 40 |
| 6.4 | Přežívání semenáčků na mikrostanovištích na jednotlivých lokalitách v období mezi lety 1994 a 2002..... | 45 |
| 6.4.1 | Alžbětinka..... | 45 |
| 6.4.2 | Modrý důl | 47 |
| 6.4.3 | Slunečné údolí..... | 49 |
| 6.4.4 | Pašerácký chodníček | 51 |
| 6.5 | Výskyt semenáčků na jednotlivých lokalitách v roce 2002 | 53 |
| 6.6 | Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v obdobích 1995 – 1997 a 2000 – 2002 | 55 |
| 6.7 | Zastoupení mikrostanovišť na lokalitách v letech 1995 a 2002 | 57 |
| 6.8 | Dynamika sukcese dominant bylinného a mechového patra v období mezi lety 1995 a 2002 | 61 |
| 6.8.1 | Změny pokryvnosti nejvíce zastoupených typů pokryvu půdy | 61 |
| 6.8.2 | Sukcese typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002..... | 64 |
| 7 | DISKUSE..... | 79 |
| 8 | ZÁVĚRY | 86 |
| 9 | PŘEHLED LITERATURY..... | 89 |
| 10 | SEZNAM PŘÍLOH | 93 |

SOUHRN

Důležitým faktorem pro udržení ekologické stability horských klimaxových smrčín, řazených v poslední době mezi nejhroženější středoevropské lesní ekosystémy, je dostatečná schopnost jejich přirozené obnovy v pozměněných podmínkách, které jsou výsledkem působení člověka v minulosti.

Cílem předkládané práce bylo zhodnocení vlivu stanovištních a mikrostanovištních podmínek na fruktifikaci a na vzcházení a přežívání náletových semenáčků smrku ztepilého a sledování dynamiky sukcese vybraných typů pokryvu půdy v průběhu rozpadu horských smrkových ekosystémů. Data pocházejí z výzkumu, který probíhal na pěti trvalých výzkumných plochách, situovaných v autochtonních smrkových porostech v Krkonoších, v období mezi lety 1995 až 2002.

Výsledky potvrdily závislost úspěšnosti přirozené obnovy smrku ztepilého na úrovni imisně-ekologické zátěže. Lze říci, že zátěž negativně ovlivňuje jak fruktifikační schopnost dospělých jedinců, tak i podmínky pro vzcházení a následné přežívání náletových semenáčků.

Bylo zjištěno, že semenáčky smrku ztepilého nejlépe vzcházely na opadu a na trouchu. Příznivost jednotlivých mikrostanovišť pro přežívání semenáčků závisela na stáří semenáčků. U mladších semenáčků se jako nejpríznivější jevíly opad a troucha, ale s přibývajícím věkem semenáčky na trouchu rychle mizely a na významu nabývaly vedle opadu ještě porost brusnice borůvky, mech a na některých lokalitách také porost metličky křivolaké.

V průběhu rozpadu stromového patra, vyvolaného zvýšenou imisně-ekologickou zátěží, docházelo ke snižování korunového zápoje, k zvýšenému pronikání světla dovnitř porostu a k expanzi konkurenčních druhů bylinného patra.

Pokud počty semenáčků vzešlých v letech 1993 a 1996 a přežilých do roku 2002 srovnáme s hranicí 2500 jedinců, potřebných pro výsadbu 1 hektaru lesa v horských polohách, dojdeme k závěru, že na třech z pěti sledovaných lokalit přirozená obnova v současné době postačuje k zajištění dalšího vývoje smrkových porostů. Avšak vzhledem k výraznému úbytku opadu a minimálnímu zastoupení trouchu lze na většině zkoumaných lokalit do budoucnosti předpokládat zhoršování podmínek pro rozvoj přirozené obnovy.

Výsledky sledování dynamiky sukcese dominant bylinného patra naznačily, že s klesajícím korunovým zápojem smrkového porostu dochází nejdříve k invazi brusnice borůvky, poté třtiny chloupkaté a nakonec metličky křivolaké. V dalším průběhu se za určitých podmínek zřejmě navrací opět brusnice borůvka, což může znamenat začátek nového cyklu.

SUMMARY

Sufficient ability to proceed with natural regeneration in the man-influenced environment is an important factor for maintaining the ecological stability of mountain climax Norway spruce that belong to the most endangered Central-European forest ecosystems.

The goal of this diploma thesis was, firstly, to evaluate the influence of site and microsite conditions on fructification and on germinating and surviving of Norway spruce seedlings and, secondly, to monitor the succession dynamics of selected soil coverage types during the decline of mountain Norway spruce forests. The research took place on five permanent research plots situated in autochthonous stands in the Krkonoše Mts. from 1995 to 2002.

Obtained results proved dependence of natural regeneration of Norway spruce on the level of pollution-ecological load. This load affects negatively both fructification of mature trees and conditions for germinating and consequent surviving of natural seedlings.

It was found out that Norway spruce seedlings germinated best on litter and on rotten wood. The favourableness of individual microsites for seedling surviving depended on particular age of seedlings. Litter and rotten wood seemed to be the most favourable for surviving of younger seedlings, however, for older seedlings rotten wood was less favourable and together with litter also *Vaccinium myrtillus*, mosses and on some plots *Avenella flexuosa* appeared to be more important.

The decline of tree layer caused by increased pollution-ecological load resulted in reduction of canopy cover, increased light supply into the stand and also in expansion of competitive herb layer species.

When we compare numbers of seedlings which germinated in 1993 and 1996 and survived till 2002 with the minimum amount of 2500 individuals needed for outplanting of 1 ha of forest in mountain conditions, we come to a conclusion that on three out of five plots the natural regeneration is sufficient for further proper development of Norway spruce stands. However, in view of a marked decrease of litter and minimum amount of rotten wood, worsening of conditions for natural regeneration development could be expected on most of observed plots.

The results of monitoring of succession dynamics of herb layer dominants showed that diminishing canopy cover of Norway spruce stands resulted firstly in invasion of *Vaccinium myrtillus*, then of *Calamagrostis villosa* and finally of *Avenella flexuosa*. In further course *Vaccinium myrtillus* is most likely to spread again under particular conditions and this might be the beginning of a new cycle.

1 ÚVOD

Přirozená obnova je jedním z klíčových procesů zajišťujících zachování autochtonního charakteru ekosystémů horských smrčín. Tyto ekosystémy byly v České republice od druhé poloviny 20. století vystaveny různému stupni působení imisního zatížení. Přestože se emise škodlivých látek v poslední době v rámci celé Evropy výrazně snížily, lesní porosty mají díky dlouhodobému imisně-ekologickému zatížení značně sníženou regenerační a adaptační schopnost. 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 *et al.* 1999). V této souvislosti nabývá na významu otázka, jaký je aktuální regenerační potenciál zmíněných porostů a rovněž za jakých podmínek k přirozené obnově horských smrkových ekosystémů dochází.

Předkládaná práce se snaží přispět k získání dat o průběhu přirozené obnovy v podmínkách narušených horských smrkových ekosystémů. Je zaměřena zejména na fruktifikaci, vzházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého v konkrétních stanovištních a mikrostanovištních podmínkách (nadmořská výška, sklon svahu, antropogenní zátěž, tvar reliéfu, atd.) a na dynamiku sukcese dominant mechového a bylinného patra v průběhu rozpadu těchto ekosystémů.

Výzkum probíhal na pěti trvalých výzkumných plochách situovaných v autochtonních smrkových porostech v Krkonoších v nadmořské výšce od 1185 do 1317 m. Zvolené lokality se lišily především expozicí a sklonem svahů, úrovní imisní zátěže a stádiem rozpadu stromového patra a s ním souvisejícím různým korunovým zápojem a různou pokryvností kompetitivních složek bylinného patra. Ve své práci jsem navázala na dlouholeté výsledky sledování vývoje těchto ekosystémů pracovníky Ústavu ekologie krajiny AV ČR v Českých Budějovicích.

Cíle diplomové práce

- ◆ Na základě dat získaných na pěti trvalých výzkumných plochách v Krkonoších v období mezi lety 1994 až 2001 pracovníky ÚEK AV ČR a vlastních dat z roku 2002 zhodnotit současný stav a potenciál přirozené obnovy autochtonních horských smrkových ekosystémů.

- ◆ Zhodnotit vliv vybraných stanovištních a mikrostanovištních podmínek na fruktifikaci dospělých jedinců smrku ztepilého a na vzcházení a přežívání náletových semenáčků smrku ztepilého.
- ◆ Na základě porovnání mapek různých typů pokryvu půdy zakreslených na daných lokalitách v letech 1995 (resp. 1994 na Pašeráckém chodníčku) a 2002 zjistit za použití geografických informačních systémů dynamiku sukcese dominant bylinného patra v průběhu rozpadu horských smrkových ekosystémů.
- ◆ Na základě zjištěné příznivosti jednotlivých mikrostanovišť pro vzcházení a přežívání semenáčků smrku ztepilého, změn pokryvností těchto mikrostanovišť a dynamiky sukcese dominant bylinného patra mezi lety 1995 (resp. 1994 na Pašeráckém chodníčku) a 2002 odhadnout možný další vývoj přirozené obnovy na jednotlivých lokalitách.

2 LITERÁRNÍ ÚVOD

2.1 Rozpad jako přirozené stádium vývoje lesního ekosystému

V podmínkách středoevropského klimaxového lesa se obecně uplatňují dva typy vývojových cyklů přirozeného lesního porostu:

- ◆ *velký vývojový cyklus*, který je charakterizován tzv. sekundární sukcesí, tj. sukcesí probíhající na stanovišti, kde se předtím nacházelo určité společenstvo, které bylo odstraněno disturbancí. V rámci této sekundární sukcese se zde střídají porostní typy lesa přípravného, přechodného a závěrečného (Míchal 1995).
- ◆ *malý vývojový cyklus*, který lze popsat jako sled stádií, jež se odlišují prostorovou a věkovou strukturou daného porostu (Vacek 1990; Míchal 1995)

Současné rozlišování stádií tzv. malého vývojového cyklu u většiny autorů vychází z třídění podle Wecka (1956) a Leibundguta (1959), kteří ve svých pracích popisují tyto tři základní vývojová stádia:

1. *Stádium dorůstání*, při kterém jedinci nové generace intenzivně uplatňují své růstové schopnosti. Toto stádium se též vyznačuje vysokým stupněm korunového zápoje, nepatrnou mortalitou odrostlých semenáčků a vysokou vitalitou stromů horní vrstvy. Menší mezery, vzniklé v porostním zápoji po vypadnutí zbytků stromů z předcházejícího vývojového cyklu nebo náhodným odumřením jednotlivých silných stromů nového cyklu, se rychle zapojují. Charakteristická je patrovitost porostu.
2. *Stádium optima*, při němž dochází k vyrovnání výškových rozdílů mezi stromy, což má za následek ztrátu patrovitosti. K tomuto vyrovnání dochází i při značné věkové různorodosti stromů. Počet stromů na jednotku plochy je nízký, zvyšuje se mortalita nejsilnějších jedinců a částečně se rozvolňuje zápoj lesa. Celkově svým stejnorodým vzhledem porost dostává podobu stejnověkého hospodářského lesa.
3. *Stádium rozpadu*, v němž přestárlé nevitální stromy postupně hynou a jejich úbytek začínají nahrazovat jedinci nastupujících generací. Prostorová struktura porostu je v tomto stádiu velmi nepravidelná. Dospělé stromy se vyskytují ve skupinkách a jsou střídány mezerami a světlinami, kde se plně uplatňuje nastupující obnova.

Pro smrkové přírodní lesy je typická značná délka trvání jednotlivých vývojových stádií i celého vývojového cyklu. Podle Vacka, který zkoumal původní smrkové populace na Strmé stráni v Krkonoších (Vacek 1990), trvá jejich vývojový cyklus v závislosti na nadmožské výšce a na celkových stanovištních poměrech zhruba 260 až 420 let. Stádium dorůstání je

vymezeno časovým úsekem 100 až 140 let, stádium optima 100 až 170 let a stádium rozpadu 60 až 110 let (Vacek 1990).

Ve smrkovém přírodním lese se při vymezení délky vývojového cyklu ve zvlášť významné míře uplatňují abiotičtí činitelé a to především vítr. I při tzv. bezkatastrofálním průběhu stádia rozpadu velká část stromů dožívající generace odumírá v důsledku vyvrácení či zlomení větrem (případně poškozením sněhem a námrazou) a jen menší část odumřelých stromů je stojících. Z biotických faktorů je nutné zmínit především vliv lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), jehož působení se za extrémních podmínek kůrovcových kalamit může blížit až velkému vývojovému cyklu, který se jinak v našich podmínkách vyskytuje velice zřídka.

K vymezení a popisu jednotlivých vývojových stádií porostů je nutné brát v úvahu hlavně jejich strukturu. Z tohoto hlediska je zajímavá především struktura prostorová, a to jak horizontální tak i vertikální, a dále pak struktura věková a druhová.

2.2 Struktura ekosystému přirozených smrčín

2.2.1 Horizontální struktura

Horizontální struktura představuje plošné uspořádání stromů na stanovišti. V podstatě lze rozlišit tyto základní typy rozmístění jedinců v populaci (Schmidt-Vogt *et al.* 1989):

- ◆ náhodné
- ◆ agregované či skupinové
- ◆ pravidelné

Struktura porostu ale není stabilní a v průběhu času se mění. Rozmístění stromů tudíž do značné míry souvisí právě s tím, v které fázi malého vývojového cyklu se daný porost zrovna nachází. V průběhu tohoto cyklu se skupinové uspořádání většinou postupně mění v náhodné či pravidelné. Vacek (1990) tento jev vysvětluje tím, že jsou v porostu slabší jedinci odstraňováni přirozenou mortalitou v důsledku zastínění a konkurence tak, že ve stádiu optimálního růstu jsou jedinci přibližně stejně daleko od sebe (pokud nejsou postiženi kalamitou).

Odlišná situace nastává v oblasti horní hranice lesa. Zde často převládá skupinové rozmístění jedinců i v pokročilejších stádiích vývoje ekosystému. Příčinou jsou především extrémní mikroklimatické poměry a místy i vegetativní rozmnožování. V hloučcích i větších skupinách jsou příznivější ekologické poměry než pro jednotlivě rostoucí stromy.

Na téma horizontální struktury náletových a nárostových jedinců jsou v literatuře prezentovány různé názory. Vacek (1981) zjistil, že přirozená obnova v autochtonních

smrkových porostech na Strmé stráni v Krkonoších probíhá převážně hloučkovitě ve světlinách vzniklých zánikem jedinců především ze stádia dozívání. Hofgaard (1993) poukazuje na vyšší pravděpodobnost agregace smrkových semenáčků, a to na stanovištích, kde je jejich výskyt vázán převážně na přítomnost odumírajícího dřeva. Jiní autoři naopak uvádějí, že mladší jedinci smrku ztepilého, a to především do věku deseti let, bývají často rozmístěni náhodným způsobem (Schmidt-Vogt *et al.* 1989).

2.2.2 Vertikální struktura

Vertikální struktura přirozených porostů závisí na počtu vytvořených pater a na věkově a geneticky podmíněné výšce jednotlivých rostlinných složek ekosystému, mikroklimatických poměrech, přísunu světla a na konkurenčních vztazích mezi rostlinnými složkami.

Vertikální struktura může mít úzkou vazbu na strukturu horizontální. Tesař a Tesařová (1996) ve smrčinách v Labském dole v Krkonoších například zjistili, že v transektech probíhajících částmi porostu se stromy agregovanými do větších či menších skupin se vyskytuje větší podíl vyšších jedinců.

Vertikální struktura smrkových porostů souvisí také s nadmořskou výškou. Vacek (1990) ve svých výsledcích z výzkumu autochtonních smrkových porostů na Strmé stráni v Krkonoších uvádí, že při horní hranici lesa jsou stromy poměrně značně výškově diferencovány. V nižších polohách se vertikální struktura porostů naopak blíží k jednovrstevnému stejnověkému lesu.

Vertikální struktura porostů je rovněž diferencována průběhem sukcese a vývojového cyklu. Pro stádium dorůstání je charakteristická patrovitost porostu, která se pak postupně během vývoje vytrácí. Tento trend pokračuje až do stádia optima, kdy dochází k úplné ztrátě patrovitosti a k vyrovnání výškových rozdílů mezi stromy.

2.2.3 Věková struktura

Věková struktura porostů představuje podíl jednotlivých věkových tříd stromů na stanovišti. Věková třída zahrnuje skupinu jedinců, kteří vyklíčili a vzešli během určitého časového úseku. Tvorba věkových tříd vychází z různých hledisek; nejčastěji se v lesnické praxi používá členění v intervalech po 10 až 20 letech (Schmidt-Vogt *et al.* 1989).

Pokud je zastoupení věkových tříd ve smrkových populacích nevyrovnané a nespojitě (jak to zjistil např. Vacek (1990) u většiny smrkových porostů na Strmé stráni), svědčí to o cyklickém vývoji těchto porostů. Obnova neprobíhala nepřetržitě, ale v 80 až 120letých fázích, mezi kterými byly 80 až 130leté časové úseky, kdy ke zmlazování téměř nedocházelo. Výjimku tvoří porosty poblíž horní hranice lesa, kde v důsledku extrémních

klimatických podmínek ke zmlazování dochází velice pomalu, přitom však téměř nepřetržitě a poměrně rovnoměrně. To se samozřejmě projeví i na „věkové pyramidě“ takovýchto porostů, která bude více vyrovnaná a spojitá.

Podle věkové struktury se rozlišují následující základní typy porostů:

- ◆ **Stejnověké porosty** – bývají zastoupeny v ekosystémech v iniciálních sukcesních stádiích po invazi pionýrských druhů a jsou charakteristické pro sekundární sukcesní procesy po intenzivních požárech, event. vznikají v hospodářsky využívaných porostech, a to výsadbou nového porostu či rychle probíhající přirozenou obnovou na vykácených plochách.
- ◆ **Dvouvěké porosty** – vznikají ve stádiu zralosti a stádiu rozpadu pionýrského lesa, kdy zároveň probíhá přirozená obnova následného lesa (přechodného). V kulturních porostech tento typ věkového uspořádání vzniká například podsadbami nebo přirozenou obnovou, jež probíhá pod korunovým zápojem stejnověkého porostu.
- ◆ **Vícevěké (mnohověké) porosty** – vznikají při nenarušeném průběhu sukcese a v ideálním případě se vyznačují zastoupením všech věkových tříd.

2.3 Faktory ovlivňující rozpad lesních ekosystémů

Je obecně uváděným faktem, že rozpad lesních ekosystémů Krkonoš byl způsoben složitým komplexem vzájemně propojených imisně-ekologických vlivů. Těmito vlivy jsou nejen fytotoxické látky v ovzduší a v půdě z emisí z tepelných elektráren, průmyslových závodů apod., ale i klimatické vlivy (mráz, sníh, námraza, vítr), zhoršování půdních vlastností, poruchy ve výživě rostlin a v neposlední řadě i patogenní organizmy (hmyz, houby, bakterie, viry). Intenzita působení těchto imisně-ekologických vlivů se různí zejména podle vegetačních stupňů, konfigurace terénu, půdních podmínek, uspořádání, původu a věku porostu i jeho dřevinné skladby. Negativní účinky imisně-ekologických vlivů jsou prokazatelně kombinovány s účinky nevhodných způsobů hospodaření v minulosti (Schwarz 1997).

2.3.1 Přirozené abiotické a biotické faktory

Mezi abiotické přírodní faktory ovlivňující stav a vývoj lesních ekosystémů patří především podmínky klimatické (teplota, srážky, ozářenost, vítr, mráz, námraza, sníh, atd.) a půdní (vlhkost, pH, koncentrace živin v půdě, atd.) (Schwarz 1997). Lesní porosty ve vyšších zeměpisných šířkách a nadmořských výškách jsou v důsledku dlouhé zimy, kdy zmrzlá půda

snižuje příjem vody stromy, vystaveny zvýšenému riziku vodního stresu. V důsledku nedostatku vody se snižuje také tolerance vůči nízkým teplotám (Mrkva 2000) a zvyšuje se např. pravděpodobnost možné infekce kořenů václavkou (Jankovský, Cudlín 2002).

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 (Mrkva 2000). K dalším biotickým faktorům patří i okus, loupání a ohryz zvěří a činnost hlodavců.

2.3.2 Znečištění ovzduší

V souvislosti s imisním poškozováním smrkových porostů mají prvořadý význam následující chemické látky: SO_2 , SO_3 a jejich deriváty v mokrých depozicích (SO_3^{2-} a SO_4^{2-}), NO_x a deriváty (NO^- , NO_2^- , NO_3^-), dále přízemní O_3 , NH_3 (v mokrých depozicích NH_4^+), HF, peroxyacetylnitrát (PAN) a volné radikály (OH-R) (Hock, Elstner 1984; Crutzen 1986; Schlee 1986).

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

- ♦ přímé působení plynných polutantů a kyselých dešťů – samostatně i v kombinaci (Schütt *et al.* 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)

2.3.2.1 Přímé působení plynných polutantů a kyselého deště

Přes snižující trend emisí v celé Evropě zůstává síra i nadále jedním z významných stresových faktorů ovlivňujících stav lesních porostů (Hruška *et al.* 1999). 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 (Larcher 1995).

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^+). Atmosférická mokrá depozice dusíku je v nitrátové a amonné formě, suchý spad dusíku je převážně ve formě kyseliny dusičné, amoniaku a oxidu dusičitého. Podobně jako oxid siřičitý i oxidy dusíku

pronikají do rostliny průduchy a kutikulou. Kutikulou přitom procházejí oxidy dusíku díky rozpustnosti v tucích daleko rychleji než oxid siřičitý (Viskari 2000).

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 stres způsobený zvýšenou koncentrací přízemního ozónu považován za jeden z faktorů podílejících se na chřadnutí lesních porostů. 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 2001).

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 2001).

2.3.2.2 Nepřímé působení prostřednictvím acidifikace půd

Této problematice se vědci začali intenzivně věnovat od začátku 70. let 20. století. První a nejjednodušší hypotéza předpokládala, že depozice kyseliny sírové zvyšuje okyselení půd díky zvýšenému vyluhování bazických kationtů, a to konkrétně iontů hořčíku a vápníku. To by snížilo dostupnost těchto kationtů v půdě a potenciálně vyvolalo jejich deficit v rostlinách. Později, když bylo v půdě prokázáno zvýšené ukládání anorganických dusíkatých látek, se hypotéza rozrostla o předpoklad, že zvýšená dostupnost dusíku pravděpodobně zvyšuje možnost deficitu živin. Boreální lesy se normálně vyznačují nedostatkem dusíku, a tudíž by zvýšená depozice amonných a dusičnanových iontů mohla zvýšit produkci lesů a tím i nárok na ostatní živiny, jako např. hořčík, fosfor a draslík.

Ulrich *et al.* (1979; 1980) formuloval 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 Ulrich (1989 sec. Abrahamsen, Stuanes, Tveite 1994) 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 *et al.* 1980).

2.3.2.3 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). Argumentoval tím, že zvýšený růst stromů snižuje jejich odolnost vůči větru, suchu a parazitům. Dusík se též může akumulovat v buňkách v nebiřkovinné 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. I Hauhs (1989) zdůrazňuje roli dusíku v acidifikaci půd. 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 (Hauhs 1989 sec. Abrahamsen, Stuanes, Tveite 1994).

2.3.3 Nevhodné způsoby hospodaření v lesích nevedoucí k jejich trvalé udržitelnosti

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 proveniencí a v některých oblastech i ochuzování půd předchozím dlouhotrvajícím odstraňováním opadu (Abrahamsen, Stuanes, Tveite 1994).

Dnes je zřejmé, že za primární příčinu rozpadu lesních ekosystémů Krkonoš je možné považovat právě nevhodné změny druhové, věkové a prostorové skladby lesních ekosystémů způsobující především zvýšení jehličnatého opadu (v jeho důsledku okyselení půdy a vyplavení živin), snížení mikrobiální aktivity v půdě, zpomalení rozkladu surového humusu a jeho hromadění a nenavrácení živin do svrchních půdních horizontů hluboce kořenícími dřevinami. 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).

K záměně přirozené skladby a struktury lesních porostů za přehoustlé stejnověké porosty smrkové došlo přibližně na 75 % plochy dnešních lesních ekosystémů Krkonoš. Hlavním důvodem preferování smrku přitom byl jeho značný hospodářský význam (Schwarz 1997). Jako doklad změn v zastoupení jednotlivých druhů dřevin je zde uvedena tabulka 1.

Tab. 1: Porovnání přirozené, optimální a současné druhové skladby (Podle Schwarze 1997)

| Dřevina | Současná druhová skladba (%) | Přirozená druhová skladba (%) | Optimální druhová skladba (%) |
|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Jedle bělokorá | 0,1 | 15,55 | 9,19 |
| Kleč | 6,9 | 6,13 | 6,13 |
| Modřín opadavý | 0,9 | 0 | 0 |
| Smrk ztepilý | 86,7 | 49,44 | 49,03 |
| Jehličnany celkem | 94,6 | 71,12 | 64,35 |
| Břízy | 0,9 | 0,38 | 0,88 |
| Buk lesní | 2,6 | 26,68 | 30,43 |
| Jasan ztepilý | 0,2 | 0,03 | 0,03 |
| Javor klen | 0,6 | 0,41 | 1,54 |
| Jeřáb ptačí | 0,6 | 1,30 | 2,37 |
| Jilm horský | + | + | + |
| Olše | 0,4 | 0,08 | 0,14 |
| Vrby | 0,1 | + | 0,26 |
| Listnáče celkem | 5,4 | 28,88 | 35,65 |

Legenda:

přirozená druhová skladba (potenciální klimax) – bez zohlednění vlivu imisí, vychází z geobotanické mapy rekonstruované vegetace a z nepublikovaných fytoecologických prací profesora Zlatníka

optimální druhová skladba – upravená podle imisně-ekologických podmínek a podle zonace národního parku

Dědictvím hospodářské činnosti v minulosti jsou proto vysoce labilní lesní ekosystémy neschopné odolávat stresovým situacím a právě v takovémto stavu zastihl krkonošské lesní porosty nástup imisí (Schwarz 1997).

2.3.4 Teorie kombinovaného působení více stresových faktorů

Je nutné mít stále na mysli skutečnost, že žádný z výše 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 (Abrahamsen, Stuanes, Tveite 1994). Teorii predispozičních, iniciačních a mortalitních stresových faktorů rozpracoval v obecné rovině Manion (Mrkva 1993).

Během posledních desetiletí byla předložena řada hypotéz pojednávajících o vícenásobném stresu (např. Prinz, 1987; Roberts *et al.*, 1989). Liší se mezi sebou hlavně v počtu zahrnutých faktorů a v počtu možných interakcí.

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).

V souvislosti se stoupající defoliací (tj. se snížením olistění) a s úhynem dospělých stromů se 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, Bastl, Lepš 1999; Vacek, Lepš 1999). Obdobný trend zaznamenali i Soukupová a Rauch (1997). Zvyšování abundance druhů, jako jsou např. *Avenella flexuosa* a *Calamagrostis villosa*, je úměrná imisnímu zatížení a tím prosvětlování porostů (Vosátka *et al.* 1995).

Obdobné výsledky byly získány i v dalších našich imisně postižených horských smrkových porostech v Orlických horách (Vacek, Lepš 1993) a na Šumavě (Jonášová, Prach 1999).

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 předexpanzní úroveň. Pro obnovu lesa v tomto stádiu nejsou příliš vhodné podmínky, jelikož třtina spotřebuje téměř všechny 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. Toto stádium se vyznačuje snadným vysycháním půdního profilu tvořeného v podstatě pouze organickými zbytky metličky prakticky bez mikrobiální aktivity. Teprve při nahromadění dostatečné vrstvy organických zbytků se začínají aktivovat mikrobiální procesy a rozkladem surového humusu, tvořeného hromaděním organických zbytků metličky, se začínají uvolňovat živiny. Metlička se stává méně vitální a na lokality se opět navrácí třtina, i když ne již v takové míře. Toto období se zdá být pro vývoj a přežívání semenáčků vhodnější (Schwarz 1997).

2.5 Přirozená obnova

Přirozenou obnovu, obdobně jako proces reprodukce, lze rozdělit na generativní a vegetativní. U smrku ztepilého se vyskytují oba tyto způsoby. Avšak vegetativní přirozená 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. V následujícím textu budou diskutovány pouze otázky generativní přirozené obnovy smrku ztepilého.

Pokud bychom chtěli přirozenou obnovu charakterizovat ve vztahu k stádiím vývoje horských smrkových lesů, lze např. na základě pozorování v podmínkách autochtonních smrkových porostů Krkonoš říci, že se zde přirozená obnova smrku objevuje ke konci stádia optima, avšak pouze sporadicky nebo v menších skupinkách. Na počátku stádia rozpadu jsou pak podmínky pro přirozenou obnovu porostů nejpříznivější a proces přirozené obnovy postupně získává kontinuální průběh. V polohách blízko hranice lesa, kde reprodukce porostů probíhá velice pomalu, má celý proces přirozené obnovy kontinuální charakter (Vacek 1990).

Otázkou zůstává, zda je za současné situace, kdy dochází v důsledku působení lidské činnosti v kombinaci s ostatními faktory (viz výše) k rychlému přechodu z fáze optima do fáze dožívání a rozpadu, přirozená obnova dostatečná.

Vymezení základních pojmů

V této kapitole jsou vymezeny některé pojmy související s přirozenou obnovou (fruktifikace, klíčení, vzcházení, přežívání).

Přirozená obnova bývá chápána a vnímána ze dvou hledisek (Falta 2002):

- ◆ jako proces vedoucí ke vzniku nových generací stromů, jehož hlavními částmi jsou fruktifikace, klíčení, vzcházení nových jedinců, počáteční růst a vývoj mladých jedinců
- ◆ jako populace mladých jedinců dané dřeviny na určitém stanovišti

Fruktifikace zahrnuje procesy související s generativní reprodukcí, tj. s tvorbou diaspor: kvetení, opylení, oplození, tvorbu, dozrávání a distribuci semen.

Termínem **klíčení** lze označit proces obnovení růstu embrya a počátek jeho přeměny v autotrofní rostlinu. Tento proces lze považovat za zahájený tehdy, když radikula (základ kořene) proroste semennými obaly (semeno je v této fázi již naklíčené). Jestliže (v případě hypogeického klíčení) semennými obaly proroste i plumula (pupen), hovoříme o **klíčící rostlině** (má již kořínek zakotvený v půdě) (Rozsypal *et al.* 1987). Při epigeickém klíčení je semeno postupně vynášeno rostoucí plumulou a radikulou nad povrch půdy; v této fázi je rostlinka rovněž označována za klíčící.

S procesem klíčení souvisí i **vzcházení** rostliny; za vzešlou lze označit rostlinku s natolik vyvinutými nadzemními částmi a kořeny, že je již schopna plně autotrofní výživy.

Přežívání je v obecném významu veličina vyjadřující, do jaké míry (kvantitativně) populace přežila daný časový úsek. Podle Begona *et al.* (1987) je vyjadřována pomocí dvou základních veličin: poměrné části přežívajících jedinců a pravděpodobností přežití jedinců z předcházejícího do nadcházejícího období.

2.6 Faktory ovlivňující přirozenou obnovu

Na přirozenou obnovu smrku ztepilého, ale obecně i všech ostatních dřevin, působí celá řada abiotických, biotických a antropogenních stresových faktorů. Důležité je říci, že tyto faktory nikdy nepůsobí odděleně, ale vždy v kombinaci s ostatními.

K **abiotickým faktorům** 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** lze zařadit: 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).

Konkrétně ztráty semen bývají často způsobovány vyschnutím, nepříznivou půdní vlhkostí a teplotou, mrazem, houbami, ptáky, hlodavci a hmyzem. Na samotné klíčení a následný růst a vývoj semenáčků mají vliv zejména půdní podmínky, světlo, teplo, půdní vlhkost, vegetační pokryv půdy, lesní zvěř, ptáci a hmyz (Schmidt-Vogt 1991).

2.6.1 Světlo

Názory na vliv světla na průběh **klíčení** smrku ztepilého se různí; Sarvas (1950) a také Luft (1973) zde nezjistili žádnou významnou korelaci, naopak Plate (1975 sec. Schmidt-Vogt 1991) pozoroval zpomalení průběhu klíčení při silnějším osvětlení.

Další **růst a vývoj semenáčků** je v každém případě světlem ovlivněn. Tento vztah je modifikován ostatními stanovištními podmínkami. Heisig a Thomasius (1968 sec. Schmidt-Vogt 1991) uvádějí 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. Brang (1996) zjistil, že k úspěšnému přežívání a růstu semenáčků je ve vyšších polohách nutný přímý dopad slunečního záření na půdní povrch; difúzní světlo je v tomto ohledu nedostatečné. Semenáčky mají šanci přežít pouze tehdy, jestliže v nejteplejších obdobích letních měsíců dochází k přímému osvětlení půdy alespoň po dobu 0,5 - 1,5 hodiny, přičemž tento limit je závislý na expozici svahů (Frehner 1989).

2.6.2 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. Tyto trendy potvrzují např. výsledky šetření prováděném na výškovém gradientu v Labském dole v Krkonoších. Na nejnižší položené lokalitě (992 m n.m.) bylo nalezeno 70 šišek se 112

semeny na 1 strom, zatímco na nejvýše položené lokalitě (1222 m n.m.) to bylo pouze cca 40 šišek na 1 strom, přičemž počet semen získaných z jedné šišky dosáhl jen 77 ks. 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).

V experimentu založeném na stejných plochách byla sledována i závislost **přežívání** semenáčků na nadmořské výšce. Ze semenáčků, které vzešly ze semen vyšetých na nejnižší položené lokalitě (992 m n.m.), přežilo po 3 měsících po výsevu 2,98 %, zatímco na lokalitě ve 1222 m n.m. to bylo pouze 0,32 % (Vacek 1981).

2.6.3 Expozice

Obecně je expozice činitelem, který v horských oblastech v kladném či záporném smyslu modifikuje poměry primárně podmíněné geograficky a nadmořskou výškou. 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 (Brang 1998).

2.6.4 Mikrorelief a sklon svahů

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, ale pravděpodobně také vlastnostmi půdy a mikrostanovištními činiteli (Schäffner a Gürth 1991).

2.6.5 Půdní poměry

Rozhodujícím faktorem pro klíčení a vývoj semenáčků smrku ztepilého je **půdní vlhkost**. Mork (1938) uvádí jako optimum 35 % půdní vlhkost. Příliš vysoká i příliš nízká půdní vlhkost klíčení semen výrazně snižuje (Richard *et al.* 1958).

Pro přežívání smrkových semenáčků ve vyšších polohách je za vysoce významný limitní faktor považována **teplota půdy**. Brang (1996) předpokládá, že aktivní růst kořenů smrkových

semenáček začíná při půdní teplotě 2-4°C a vzrůstá až do 26°C. Při teplotách nad 26°C nastává pokles intenzity růstu.

Aktuální význam v souvislosti s klíčením semen a vývojem kořenů smrkových semenáček má vliv *hodnota pH* svrchních půdních horizontů. Negativní vliv nízkých hodnot pH na vývoj klíčících semenáček však nebyl všeobecně potvrzen a někteří autoři uvádějí bohatý výskyt přirozené obnovy smrku i při hodnotách pH pod 3 (Heiseke 1969).

2.6.6 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. V Krkonoších se například délka tohoto intervalu pohybuje od 8 do 14 i více let (Vacek 1981). V posledním desetiletí však byly v Krkonoších silné semenné roky (1992, 1995) zaznamenány krátce po sobě (Falta 2002). K správnému vývinu a dozrání semen je nutná minimální průměrná teplota během vegetačního období od června do září 10°C. Podle Heisekeho (1969) 80 % semen vypadává v období od dubna do června. Semena jsou anemochorní a převážná většina z nich spadne do 50 m od mateřského stromu (Schmidt-Vogt 1991).

Počet semen na 1 m² se podle průzkumů v Hesse (Heiseke 1969) pohyboval mezi 65-114 ks, Veltsistas (1980 sec. Falta 2002) v Horním Bavorsku zjistil 5-375 ks/m², Sarvas (1957) ve Finsku v letech 1929 – 1955 zjistil 4-353 ks/m², Zanzi Sulli (1981 sec. Falta 2002) zaznamenala v letech 1962 – 1979 v subalpínských smrkových porostech od několika do více než 700 ks/m². Z nalezených semen je většinou značná část neklíčivá, jelikož nestačila dostatečně dozrát.

2.6.7 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 semenáček (Brang 1996). Po uvolnění korunového zápoje se zlepšují podmínky pro fruktifikaci dospělých stromů a podmínky pro šíření semen, dochází k oživení půdní aktivity a je stimulováno klíčení semen a vývoj semenáček. Na druhou stranu je však stimulován i rozvoj bylinného patra a jeho konkurenčního působení. Korunový zápoj má velmi významný vliv na skladbu mikrostanovištní mozaiky, konkrétně na pokryvnost přizemních vegetačních pater (Schäffner a Gürth 1991; Schmidt-Vogt 1991).

2.6.8 Charakter půdního pokryvu

Velký vliv na vývoj přirozené obnovy smrku ztepilého má půdní pokryv tvořený *smrkovým opadem*. Z hlediska příznivosti pro přirozenou obnovu je smrkový opad charakterizován různými autory odlišně; vliv opadu je zřejmě modifikován dalšími stanovištními faktory. V souvislosti s vlivem smrkového opadu na přirozenou obnovu smrku ztepilého je nutno zmínit přítomnost alelopatických látek v jehlicích smrku ztepilého. Za hlavní aktivní látky zodpovědné za potenciální fytotoxicitu smrkového opadu jsou autory považovány zejména p-hydroxyacetophenon a picein. Gallet uvádí silný redukční efekt p-hydroxyacetophenonu na růst kořenů smrkových semenáčků (Gallet 1993).

Mimořádná pozornost je v literatuře věnována roli *mrtvého dřeva* jako materiálu vhodnému pro přirozenou obnovu jehličnatých dřevin v subalpinském stupni či v boreálních oblastech. Díky příznivému vodnímu režimu poskytuje rozkládající se dřevo velmi vhodné podmínky pro vývoj přirozené obnovy, neboť slouží jako vhodný materiál pro uchycení a klíčení semen (Ratcliffe a Peterken 1995). Vyrovnané teplotní a vláhové poměry prodlužují vegetační období a tlumí vliv klimatických extrémů. Snadná propustnost trouchnivějšího dřeva pro kořínky semenáčků upřednostňuje kolonizaci tohoto substrátu především na stanovištích s dlouho zmrzlým půdním profilem (Mai 1998). Trough často tvoří v mikroreliéfu vyvýšená místa, kde jsou semenáčky chráněny nejen proti expanzivně rostoucí vegetaci, ale například i proti hlodavcům a zvěři (Mai 1998), event. proti sněhu a přivalové vodě (Vacek 1981). Ovšem z hlediska výživy semenáčků je tento substrát méně příznivý a semenáčky v něm rostoucí trpí později mimo jiné nedostatkem dusíku (Mai 1998).

2.6.9 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). Autoři, kteří se touto otázkou podrobněji zabývali, se v odpovědi na působení některých druhů bylinného a mechového patra na přirozenou obnovu smrku ztepilého shodují, u jiných se názory autorů rozcházejí.

Přítomnost *metličky křivolaké* (*Avenella flexuosa*) má podle některých autorů na klíčení semenáčků zvláště negativní dopad (Schäffner a Gürth 1991; Schmidt-Vogt 1972). Oproti tomu Plate (1975 sec. Falta 2002) našel v hustém drnu metličky křivolaké vysoké procento klíčících semenáčků, které však nevysvětluje jako výsledek příznivých podmínek pro klíčení, ale jako důsledek faktu, že semena nemohla být nalezena ptactvem.

Obdobně půdní povrch v porostu *třtiny chloupkaté* (*Calamagrostis villosa*) je považován za prostředí nepříliš příznivé pro klíčení a přežívání semenáčků (Vacek 1981; Jonášová a Prach 1999).

Nepříznivý vliv porostu *brusnice borůvky* (*Vaccinium myrtillus*) na růst semenáčků smrku uvádí Schmidt-Vogt (1972) a obdobně i Jonášová a Prach (1999) zaznamenali v porostu brusnice borůvky na Šumavě jen minimum smrkových semenáčků. Inhibiční efekt porostu brusnice borůvky na růst smrku ztepilého uvádějí také např. Pellissier (1993) a Maubon *et al.* (1995), kteří za jeho příčinu považují některé fenolické látky přítomné v nadzemních částech rostlin. 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. V hustých porostech s převahou rodů *Polytrichum* a *Pleurozium* byly zjištěny nevhodné podmínky pro klíčení a vývoj a semenáčky zde zahynuly během prvního či druhého roku. Při převaze rodu *Dicranum* naopak docházelo k dostatečnému vývoji přirozené obnovy. Rod *Sphagnum* poskytoval dokonce velmi dobré podmínky pro vývoj přirozené obnovy (Yli-Vakkuri 1961).

V porostu *papratky alpinské* zjistil Vacek (1981) nejhorší podmínky pro klíčení smrkových semen ve srovnání s dalšími dominantními složkami mechového a bylinného patra a ve srovnání s minerální půdou, humusem, trouchem a smrkovým opadem. Obdobné bylo hodnocení tohoto mikrostanoviště i z hlediska dalšího přežívání semenáčků (Vacek 1981).

V poslední době je řadou autorů v souvislosti s přirozenou obnovou smrkových porostů studován *alelopatický vliv* organických půdních komponent vázaných na přízemní vegetační patra a svrchní půdní horizonty. Pellissier (1993) se na základě studia obsahu proanthokyanů, flavonolů a fenolických látek v některých komponentech smrkových porostů pokusil sestavit jejich potenciální pořadí ve vztahu k fytotoxickému působení na smrkové semenáčky: smrkový opad > papratka samičí > brusnice borůvka. Avšak autor uvádí, že zjištěné alelopatické vztahy byly exaktně pozorovány pouze in vitro a ke konečným závěrům je nutné provést řadu terénních průzkumů (Pellissier 1993).

2.6.10 Patogenní mikroorganismy, fytofágní obratlovci a hmyz

Z patogenních mikroorganismů hrají u juvenilních stádií smrku ztepilého významnou roli pouze zástupci říše *hub*. Celou řadou houbových patogenů jsou poškozovány jednak šišky i

jednotlivá semena a jednak také nadzemní i podzemní části klíčících a vzrostlých semenáčků (Schmidt-Vogt 1989).

Smrkové šišky či semena bývají poškozovány některými zástupci třídy *ptáků*, z nichž nejvýznamnější je křivka obecná (*Loxia curvirostra*) s denní spotřebou semen 700-2100 ks (Flousek 1997). Mezi *savci* hraje významnou roli veverka obecná (*Sciurus vulgaris.*), ale i další zástupci řádu hlodavců. Rovněž řada zástupců *hmyzu* poškozují květenství, šišky nebo semena (Schmidt-Vogt 1989). Semenáčky smrku ztepilého mohou být poškozovány také *jelení zvěří* (Van Roon 1993; Flousek 1997).

2.6.11 Imisní zatížení

Imisní zatížení působí na řadu abiotických a biotických složek ekosystému, prostřednictvím nichž je pak zasažena i přirozená obnova. V úvahu přicházejí zejména (Falta 2002):

- ◆ zhoršení zdravotního stavu stromů a s ním související snížená fruktifikace (viz kap. 2.3)
- ◆ změny v chemizmu půdy ve vazbě na příjem živin semenáčky (viz kap. 2.3.2.2 a 2.3.2.3)
- ◆ expanzivní růst některých druhů bylinného patra, který souvisí s působením imisí na půdní vlastnosti a půdní mikroorganismy a s defoliací porostů (viz kap. 2.4 a 2.6.9)

3 POPIS LOKALIT

Svoji práci jsem prováděla v Krkonoších na pěti výzkumných plochách (příloha 6), které byly založeny již v roce 1992 pracovníky ÚEK AV ČR a od té doby na nich probíhá soustavný průzkum týkající se problematiky reakce horských smrkových lesů na působení různých stresových faktorů. Dvě z nich (Mumlavská hora a Alžbětinka) jsou situovány v západní části pohoří a tři zbývající (Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček) v části východní. Výběr ploch byl veden snahou co nejvíce postihnout variabilitu lesních porostů danou hlavně rozdíly v nadmořské výšce, expozici a sklonu svahů, geologickém podloží, dostupnosti živin a působení imisí.

Dané lokality se vyskytují v nadmořské výšce v rozmezí od 1185 do 1317 m a lze říci, že východně položené lokality jsou svažitéjší. Expozice svahů je u většiny z nich jižní nebo jihozápadní. Výjimku tvoří pouze lokalita Alžbětinka, která má severozápadní expozici. Lokality se odlišují také charakterem geologického podloží; v severozápadní části Krkonoš převažuje granit, ve východní pak krystalické břidlice a svor. Díky převažujícímu západnímu proudění byl v minulosti, před výrazným snížením emisí, imisemi nejvíce zatížen západní okraj pohoří.

Stručná charakteristika jednotlivých výzkumných ploch je přehledně shrnuta v tabulce 2.

Tab. 2: Vybrané stanovištní a porostní charakteristiky jednotlivých lokalit (Cudlín, Chmelíková 1995; Vavříček, Šimková 2000).

| Lokalita | Nadmořská výška (m) | Expozice | Sklon svahu (°) | Matečná hornina | Půdní typ | Stáří porostu (roky) | Zápoj korun (%) |
|---------------------|---------------------|----------|-----------------|-----------------|--|----------------------|-----------------|
| Mumlavská hora | 1185 | JZ | 5 | žula | humusový, rašelinový podzol | 180 | 5 |
| Alžbětinka | 1192 | SZ | 14 | žula | humusový podzol | 200 | 35 |
| Modrý důl | 1237 | J | 22 | rula | mezotrofní kryptopodzol | 121 | 65 |
| Slunečné údolí | 1241 | JZ | 31 | svor | rašelinový, humusový, rankerový podzol | 154 | 60 |
| Pašerácký chodníček | 1317 | JZ | 18 | svor | humusový podzol, podzolový ranker | 145 | 50 |

3.1 Mumlavská hora

Lokalita se nachází na exponovaném západním okraji pohoří poblíž vrcholu Mumlavské hory a v těsném sousedství se státní hranicí s Polskem. Nadmořská výška lokality je 1185 m n.m., průměrná svazitost 5° a expozice je jihozápadní. Charakteristickými půdními typy v této oblasti jsou humusový a rašelinový podzol, které se zde vyvinuly na středně zrnitém granitovém geologickém podloží. Dominantními minerály v půdě jsou křemen (>50 %) a ortoklas. Dále jsou v menším množství přítomny i plagioklas, chlorit a muskovit (>5 %). Podle měření, která byla prováděna v roce 1992 byla půdní reakce velmi silně kyselá. Hodnota pH (H₂O) v horizontech FH a A dosahovala hodnoty 3,47 (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995; Vavříček, Šimková 2000).

Poškození stromů na lokalitě je velmi silné. V současné době na lokalitě přežívá jen několik živých jedinců. Podle údajů z roku 1992 bylo na celé ploše (0,25 ha) napočítáno 11 živých a 115 mrtvých stromů. Od roku 2001 se počet živých stromů snížil na tři. Ovšem i tyto zbylé živé stromy jsou silně poškozeny a jejich výška nepřesáhla 15 m. Z výsledků podrobných měření provedených na plochách v roce 1992 vyplývalo, že korunový zápoj porostu byl přibližně 5 % a stáří porostu 180 let. Podle české lesnické klasifikace tento porost dosahoval čtvrtého stupně poškození, a tudíž jej lze označit za porost odumírající. Téměř všechny kmeny byly poškozeny, tvary korun byly většinou nepravidelné, celková defoliace dosahovala 70 % a téměř všechny živé větve byly sekundárního původu. Žloutnutí jehličí nebylo pozorováno a fruktifikace byla kromě roku 1992 velmi nízká (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995). V roce 1996 zde pak byla z 92 % zastoupena defoliační třída se stupněm poškození 60 - 100 %. O tři roky později mělo 71 % stromů defoliaci 26 - 60 % a podle defoliace primární struktury náleželo téměř 90 % stromů do kategorie 100 % defoliovanych stromů (Cudlín, Chmelíková 1996; 1999).

V roce 1995 byl na všech plochách proveden podrobný geobotanický průzkum. Podle jeho výsledků byla fytoocenologická skladba porostu na lokalitě Mumlavská hora v polovině 90. let nejvíce podobná asociaci *Sphagno-Piceetum* subas. *molinetosum*. Celkový počet nalezených druhů byl na této lokalitě ve srovnání s ostatními nejnižší. Nápadná byla velká převaha trav, konkrétně druhu *Avenella flexuosa*. Dále byla plocha ze 33,4 % pokryta hustými porosty trávy druhu *Calamagrostis villosa*, kterou doprovázel celkem hojný *Galium saxatile*. Na glejích a organosolech pak rostla především *Molinia caerulea*. Mokrý mikrostanoviště obývaly druhy *Eriophorum vaginatum*, *Carex canescens* a *Juncus filiformis*. *Vaccinium myrtillus*

upřednostňovala nejsušší kamenitá místa a její porosty zaujímaly 11,2 % výzkumné plochy (Soukupová, Rauch 1999).

3.2 Alžbětinka

Lokalita je situována na severozápadním svahu Lysé hory v nadmořské výšce 1192 m. Svazitost se pohybuje okolo 14°.

Matečnou horninou na této lokalitě je porfyrická žula, na níž se vyvinul humusový podzol. Dominantními minerály jsou stejně jako na předešlé lokalitě křemen (>32 %) a ortoklas. Obsah plagioklasu je 6 %, chloritu 10 % a podíl muskovitu je nižší než 5 %. Půdní reakce v roce 1992 byla velmi silně kyselá; pH horizontů FH a A dosahovalo 3,26 a 3,60 (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995; Vavříček, Šimková 2000).

Na této stejně jako na zbývajících lokalitách ještě k rozpadu smrkového ekosystému nedošlo. V roce 1992 zde bylo zaznamenáno 65 živých a 60 mrtvých stromů, jejichž výška se pohybovala v rozmezí od 15 do 25 m. Korunový zápoj činil 35 % a stáří porostu bylo 200 let. Poškození porostu bylo odhadnuto na třetí stupeň (těžce poškozený porost). Koruny stromů často vykazovaly nepravidelný tvar a vršky stromů byly často zlomené. Průměrná defoliace v roce 1992 dosahovala 45 %. Žloutnutí jehlic bylo pozorováno na 38 % stromů a 83 % stromů v roce 1992 fruktifikovalo. V roce 1996 zde pak byla defoliační třída se stupněm poškození 60 - 100 % zastoupena z 51 % a z 39 % byla přítomna defoliační třída s poškozením 10 - 25 %. O tři roky později byl na ploše zjištěn vysoký podíl stromů (84 %) s defoliací 26 - 60 % a relativně vysoký průměrný podíl sekundárních výhonů (68 %) (Cudlín, Chmelíková 1996, 1999).

Společenstvo na této lokalitě patří do asociace *Athyrio alpestris-Piceetum typicum*, která je známá z oblastí s dobře provzdušněnými a živinami bohatšími půdami. Přes význačné narušení stromového patra se tato lokalita vyznačovala v roce 1995 bohatou bylinnou skladbou. Mezi zkoumanými lokalitami dosahovala nejvyšší druhové diverzity. Většina plochy (konkrétně 74,8 %) byla pokryta expansivní trávou *Avenella flexuosa*. Mezi další významné druhy patřily *Athyrium distentifolium* a *Calamagrostis villosa*. V menší míře byly zastoupeny také hygrofilní druhy jako např. *Sphagnum fallax*, *Juncus filiformis* a *Carex canescens* a dále pak *Anthoxanthum alpinum* a *Nardus stricta*, které jsou příznačné spíše pro otevřenější stanoviště (Soukupová, Rauch 1999).

3.3 Modrý důl

Tato lokalita leží na jižním svahu Studniční hory v nadmořské výšce 1237 m a vyznačuje se poměrně vysokou svažítostí (22°).

Nejvíce zastoupeným půdním typem na ploše je mezotrofní kryptopodzol, který se vyvinul na geologickém podloží tvořeném biotitickou rulou a vápenatým rohovcem. Nejrozšířenějšími minerály jsou křemen a muskovit, doprovázené malým množstvím ortoklasu. V roce 1992 vykazovala půda velmi kyselou reakci; pH (H₂O) v horizontech FH a A dosahovalo hodnot 3,70 a 3,74 (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995; Vavříček, Šimková 2000).

Lesní porost v této oblasti se mezi ostatními lokalitami vyznačuje nejnižším stupněm poškození. Na počátku 90. let 20. století zde bylo napočítáno 114 živých a 44 mrtvých stromů. Jejich výška se pohybovala kolem 22 m. Stáří porostu bylo odhadnuto na 121 let a podle míry poškození byl zařazen do druhého stupně (střední poškození). Korunový zápoj byl poměrně hustý a dosahoval 65 %. Tvar koruny byl většinou široký s normální špičkou. Průměrná defoliace byla odhadována na 35 %. Žloutnutí jehlic bylo slabé, ale projevovalo se na 80 % jedinců. Fruktifikovaly téměř všechny stromy. V roce 1999 měl velmi vysoký podíl stromů (96 %) defoliaci 26 – 60 %. Porost vykazoval relativně vysoký průměrný podíl sekundárních výhonů (64 %) a 50 % stromů mělo podíl sekundárních výhonů 61 – 100 % (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995, 1999).

Společenstvo bylo klasifikováno jako *Calamagrostio villosae-Piceetum fagetosum*. Vyznačovalo se přítomností stín-tolerantních kapradin (*Athyrium distentifolium*, *Dryopteris dilatata* a *Blechnum spicant*) a několika druhy, které upřednostňují stanoviště bohatší na živiny (např. *Calamagrostis arundinacea*, *Prenanthes purpurea* a *Streptopus amplexifolius*). Celkově byl počet druhů nalezených na této lokalitě vysoký. Pro plochu bylo také charakteristické nejvyšší zastoupení holé půdy bez vegetace (37 %). Trávy zde pokrývaly 47 % povrchu. Mezi nejvíce zastoupené bylinné druhy patřily *Avenella flexuosa*, *Polytrichum formosum*, *Vaccinium myrtillus* a *Calamagrostis villosa*. Ostatní druhy, jako např. *Calamagrostis arundinacea*, *Luzula pilosa*, *Senecio nemorensis*, *Prenanthes purpurea*, *Hypericum maculatum*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella* a *Streptopus amplexifolius*, se nalézaly pouze na méně než 2 % plochy. V drobných prohlubních podél vodních stružek byly přítomny též některé hygrofilní druhy (*Deschampsia cespitosa*, *Sphagnum squarrosum* a *Sphagnum girgensohnii*) (Soukupová, Rauch 1999).

3.4 Slunečné údolí

Lokalita Slunečné údolí se nachází na jihovýchodním svahu Svorové hory v údolí jedné ze zdrojnic Jeleního potoka v nadmořské výšce 1241 m. Jedná se o nejsvažitější plochu se sklonem 31°.

Geologické podloží je tvořeno svorem, svorovou rulou a granitem a půdními typy jsou rašelinový, humusový a rankerový podzol. Mezi dominantní minerály se řadí křemen a muskovit. Obsah chloritu a ortoklasu pak dosahuje hodnot menších než 5 %. Reakce FH a A půdních horizontů byla v roce 1992 velmi silně kyselá (naměřené pH (H₂O) bylo 3,38 a 3,71) (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995; Vavříček, Šimková 2000).

Porost na této lokalitě byl na začátku 90. let 20. století též relativně zachovalý. Zaznamenáno zde bylo 103 živých a 54 mrtvých stromů, jejichž výška se pohybovala od 15 do 25 m. Poškození porostu bylo klasifikováno druhým stupněm (střední poškození). Celková defoliace byla odhadována na 29 %. Žloutnutí jehlic bylo pozorováno v roce 1991 na 62 % stromů ve srovnání s rokem 1992, kdy tato hodnota dosahovala jen 36 %. Fruktifikace v těchto dvou letech se také značně lišila. V roce 1991 fruktifikovalo 38 % jedinců a v roce následujícím pak celých 78 %. V roce 1996 zde bylo zastoupení defoliačních tříd rovnoměrnější než na ostatních lokalitách. Defoliace v intervalu 60 - 100 % byla zjištěna z 35 %, v intervalu 10 - 25 % z 36 % a v intervalu 0 - 10 % z 25 %. O tři roky později se vysoký podíl stromů (83 %) vyznačoval defoliací 26 - 60 % a podle defoliace primární struktury náleželo 58 % stromů do kategorie silně defoliováných (Cudlín, Chmelíková 1996, 1999).

Společenstvo rostoucí na lokalitě Slunečné údolí patří do asociace *Calamagrostio villosae-Piceetum typicum*. Druhová diverzita byla v roce 1995 střední a příliš se nelišila od lokalit Mumlavská hora a Modrý důl. Holá půda bez vegetace se zde nacházela na 19,2 % plochy a trávy pokrývaly více než 60 %. Nejzastoupenější z nich byla *Calamagrostis villosa*. Na stinných místech pak převládala *Avenella flexuosa* doprovázená mechem druhu *Polytrichum formosum*. Zhruba 20,7 % území pokrýval porost *Vaccinium myrtillus* a na vlhčí místa se pak soustředily druhy jako *Sphagnum squarrosum* a *Deschampsia cespitosa* (Soukupová, Rauch 1999).

3.5 Pašerácký chodníček

Lokalita se nachází v blízkém sousedství předcházející lokality Slunečné údolí s tím rozdílem, že leží ve větší nadmořské výšce 1317 m blízko horní hranice lesa. Je zároveň nejvýchodněji položenou krkonošskou lokalitou. Průměrná svažitost terénu je zde 18°.

Podloží je tvořeno svorem, který je typickou horninou v této části pohorí. Na něm se vyvinuly půdní typy humusový podzol a podzolový ranker. Dominantními minerály jsou křemen (45 %) a muskovit (22 %). V menším množství je doprovází chlorit, jehož obsah je nižší než 5 %. Reakce FH a A půdních horizontů byla velmi silně kyselá ($\text{pH} (\text{H}_2\text{O}) = 3,10$ a $3,50$) (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995; Vavříček, Šimková 2000).

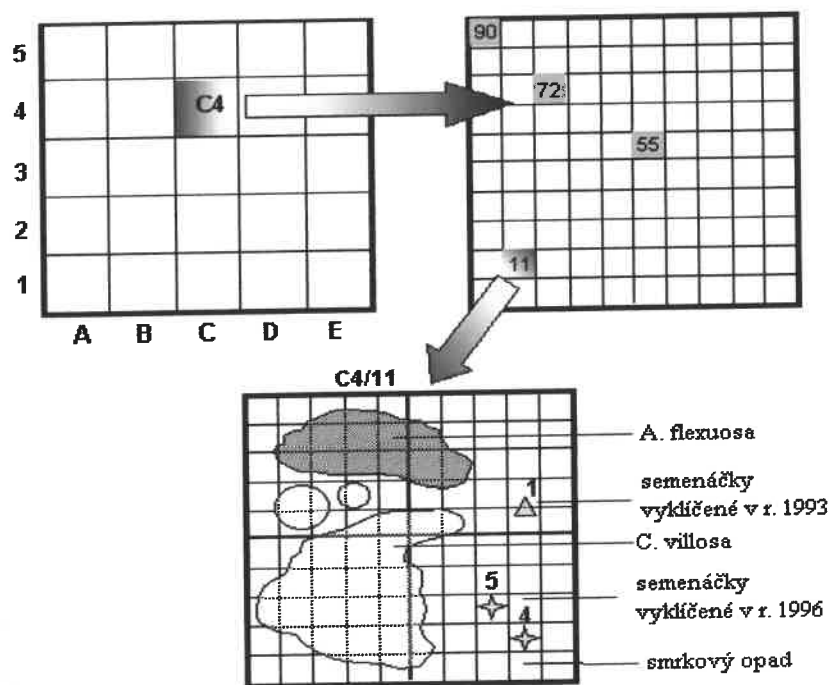
Toto stanoviště se ve srovnání s ostatními lokalitami ve východních Krkonoších jeví jako nejvíce exponované a tudíž i nejvíce poškozené. V roce 1992 se zde vyskytovalo 154 živých a 127 mrtvých stromů a jejich výška se pohybovala v rozmezí od 11 do 16 m. Stáří porostu bylo odhadnuto na 145 let a poslední měřený korunový zápoj činil 50 %. Vzhledem k míře svého narušení byl porost zařazen do třetího stupně poškození (silně poškozený les). Průměrná defoliace dosahovala v roce 1992 hodnoty 43 %. Žloutnutí se objevilo u 33 % stromů na ploše a 80 % jedinců v roce 1992 fruktifikovalo. Zastoupení defoliačních tříd v roce 1996 pak bylo obdobné jako na lokalitě Alžbětinka. Ze 47 % byla zjištěna 60 - 100 % defoliace a rovněž ze 47 % defoliace v intervalu 10 - 25 %. V roce 1999 měl značný podíl stromů (89 %) defoliaci 26 - 60 % a podle defoliace primární struktury náleželo 49 % stromů do kategorie silně defoliovanych a 47 % stromů bylo defoliováno úplně (Cudlín, Chmelíková 1996, 1999). Z výsledků výzkumu na této lokalitě byla odvozena hypotéza, že dominantní stresové faktory působící na této lokalitě jsou převážně klimatického původu (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995).

Vegetace na tomto stanovišti patří do asociace *Calamagrostio villosae-Piceetum typicum* var. *avenellosum*. Vzhled bylinného podrostu na ploše je značně ovlivněn nejčteněji zastoupenou trávou druhu *Avenella flexuosa*. Její husté koberce doplněné o mech druhu *Polytrichum formosum* pokrývají celých 67,2 % plochy. Na otevřenějších a dobře odvodněných stanovištích se naopak nejvíce daří druhu *Calamagrostis villosa*. Na místech stíněných korunami stromů se vyskytuje *Luzula pilosa* a vlhká místa porůstá *Deschampsia cespitosa*. Bez jakékoliv vegetace zůstává 15,2 % plochy (Soukupová, Rauch 1999).

4 SBĚR DAT

Terénní výzkumné práce byly prováděny na pěti výše popsaných výzkumných plochách v Krkonoších (Mumlavská hora, Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí, Pašerácký chodníček). Tyto plochy byly umístěny v autochtonních smrkových porostech tak, aby byly co nejméně ovlivněny lidskou činností.

Každá výzkumná plocha o velikosti 50x50 m byla rozdělena na 25 čtverců s rozměry 10x10 m. V každém z těchto čtverců, které byly proloženy pomyslnou pravidelnou čtvercovou sítí s počtem 100 polí (po 1 m²), byly pomocí generátoru náhodných čísel vybrány 4 plošky. Celkově bylo tedy na každé lokalitě podrobněji zkoumáno 100 plošek o velikosti 1 m². Hranice těchto plošek byly v terénu vyznačeny pomocí plastových a dřevěných kolíků.



Obr. 1: Způsob rozdělení výzkumné plochy (50x50 m) na 25 čtverců o velikosti 10x10 m (A), náhodný výběr plošek o velikosti 1 m² ve čtvercích 10x10 m (B) a zakreslování vegetačních mapek a semenáčků v ploškách o velikosti 1 m² (C) (Podle Falty 2002).

K přesnému vymezení a průzkumu daných plošek byl používán dřevěný skládací čtvercový rám (o velikosti 1x1 m) opatřený po obvodu háčky k upínání gumiček, které sloužily k rozčlenění plošky na menší části za účelem přesného zakreslení zkoumaných jevů.

Uspořádání pokusných plošek představovalo kombinaci pravidelného a náhodného uspořádání, přičemž náhodně byly plošky o velikosti 1 m² vytyčeny v rámci jednotlivých čtverců 10x10 m (miniareálů), zatímco v rámci celé lokality byla poloha plošek určena jejím rozčleněním na 25 uvedených arových čtverců. Takovéto uspořádání umožnilo zachytit případnou nehomogenitu lokality. Velikost miniareálů vycházela z metodik daných pro geobotanickou praxi (Moravec *et al.* 1994).

Během vegetační sezóny v roce 2002 byla na ploškách o velikosti 1 m² prováděna následující terénní pozorování:

- ◆ Na jaře byla pozornost zaměřena na výskyt semenáčků smrku ztepilého. Na každé plošce byl zjištěn jejich počet a zároveň určeno jejich stáří na základě počtu ročních přírůstů. Jednotlivé semenáčky byly rozděleny do tří kategorií podle roku, ve kterém vyklíčily. Kromě ojedinělých semenáčků starších 9 let pocházely všechny smrkové semenáčky z jednoho z posledních tří semenných roků 1992, 1995 a 2000. Poloha semenáčků byla zakreslena s přesností na 5 cm do mapek představujících jednotlivé plošky.
- ◆ V létě pak byly pro každou jednotlivou plošku zhotoveny mapky vegetace a ostatních významných prvků a substrátů, které se na ploškách vyskytovaly. Zaznamenáváno bylo mechové patro, bylinné patro, smrkový opad, trouch, kameny, kořeny, kůra, padlé kmeny, půdorysy kmenů stromů (v případě, že strom zasahoval do vytyčené plošky) apod. Jednotlivé položky byly zakreslovány opět s přesností na 5 cm do již na jaře připravených mapek s vyznačenou polohou semenáčků a to tím způsobem, aby se z nich následně dalo vyčíst, na jakém mikrostanovišti se každý ze semenáčků vyskytoval.
- ◆ Na podzim bylo v podstatě zopakováno pozorování prováděné na jaře za účelem zjištění změn počtu semenáčků oproti stavu zaznamenanému na začátku vegetační sezóny. Navíc byly ještě na všech lokalitách zjištěny počty semenáčků smrku ztepilého vyklíčených před rokem 1993 a to vždy souhrnně v rámci celé plochy, tj. vždy na celých 2500 m². Byly též vytipovány plošky, které byly nějakým způsobem narušeny v důsledku např. pohybu výzkumníků případně i jiných osob po ploše, a ty pak byly z dalšího zpracovávání terénních dat vyřazeny.

5 ZPRACOVÁNÍ DAT

Data sebraná autorkou předkládané práce při terénním průzkumu během vegetačního období roku 2002 byla srovnána s obdobnými daty z předešlých let, získanými pracovníky Laboratoře lesa Ústavu krajinné ekologie AV ČR v Českých Budějovicích.

5.1 Dynamika sukcese dominant bylinného a mechového patra v období mezi lety 1995 a 2002

Tato problematika byla řešena za pomoci geografických informačních systémů, konkrétně programů ArcView 3.2 a ArcMap 8.1. Nejprve byla provedena rektifikace a vektorizace terénních mapek zakreslených v letech 1995 (resp. 1994 na lokalitě Pašerácký chodníček) a 2002. Pro každou lokalitu a daný rok byl vytvořen samostatný soubor a data v něm byla ukládána podle typu pokryvu půdy do 5 vrstev (brusnice borůvka, třtina chloupkatá, metlička křivolaká, ostatní vegetace a smíšená vrstva s mechem, opadem, trouchem a ostatním substrátem), přičemž u brusnice borůvky, třtiny chloupkaté a metličky křivolaké byly rozeznávány dva stupně hustoty porostu. V programu ArcView 3.2 pak byla z těchto 5 vrstev s pomocí nadstavby Geoprocessing Wizard a funkce Intersect two themes vygenerována výsledná vrstva s celkovým počtem 57 kategorií vzniklých různými smyslupnými kombinacemi 11 hlavních kategorií pokryvu půdy: brusnice borůvka (hustota 1, 2), třtina chloupkatá (hustota 1, 2), metlička křivolaká (hustota 1, 2), mech, opad, trouch, ostatní vegetace a ostatní substrát.

Tyto výsledné vrstvy pak byly v programu ArcView podrobeny dalšímu zpracování tentokrát pomocí nadstavby Spatial Analyst a funkce Tabulate Areas. Výstupem této operace byly křížové tabulky s číselnými údaji popisujícími změny plošného zastoupení a přechody jednotlivých 57 kategorií mezi lety 1995 (1994 – Pašerácký chodníček) a 2002. Tyto tabulky byly pro každou lokalitu spočteny jednak pro celou plochu a jednak v ideálním případě za každých 10 výzkumných čtverců o velikosti 1 m² (při vyloučení některého z výzkumných čtverců byl k získání dílčích údajů použit jejich nižší počet). Tyto dílčí údaje pak byly použity ke statistickému vyhodnocení zjištěných změn mezi dvěma sledovanými roky. Pro testování významnosti změn v pokryvnosti nejvíce zastoupených kategorií a jednotlivých úbytků či nárůstů ve prospěch, resp. na úkor ostatních kategorií byl použit buď jednovýběrový *t* test nebo v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu jeho neparametrická obdoba Wilcoxonův pořadový znaménkový test.

Pro veškerá statistická hodnocení v rámci této diplomové práce byl využit program NCSS 2001.

5.2 Přirozená obnova smrku ztepilého

5.2.1 Srovnání jednotlivých lokalit z hlediska vzcházení a přežívání dvouletých semenáčků

K řešení této problematiky byla použita data o celkovém množství náletu z let 1996 a 2001 a o celkovém množství semen spadlých na 1 m² plochy, stanoveném na základě odběru semen ze spadových rámců od roku 1995. Dále byly využity počty dvouletých semenáčků nalezených na jednotlivých lokalitách v letech 1997 a 2002.

Za účelem porovnání *vzcházení* semenáčků na jednotlivých lokalitách byl vypočten parametr vzcháživost.

- ◆ vzcháživost (%) – počet semenáčků na konci prvního vegetačního období / počet semen*100

Na každé ze čtyř lokalit (Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček) byla vzcháživost spočtena souhrnně pro všech 100 sledovaných čtverců o velikosti 1 m² a dále v optimálním případě za každých 10 čtverců o velikosti 1 m². Tato dílčí data byla použita při statistickém hodnocení vlivu lokality a roku na vzcházení semenáčků pomocí dvourozměrné analýzy rozptylu.

Testovány byly následující otázky:

- A) Zda existuje průkazný rozdíl mezi lokalitami ve vzcházení semenáčků smrku ztepilého. Hodnoceno bylo vzcházení semenáčků v letech 1996 a 2001. Ke statistickému zpracování byl použit Kruskal-Wallisův mnohonásobný srovnávací Z test.
- B) Zda existuje průkazný rozdíl ve vzcházení semenáčků na jednotlivých lokalitách mezi roky 1996 a 2001. Ke statistickému zpracování byl použit párový *t* test.

Porovnání lokalit z hlediska příznivosti jejich podmínek pro *přežívání* dvouletých semenáčků bylo provedeno na základě procentického podílu semenáčků přežilých z věku jednoho do věku dvou let.

Věk semenáčků např. dva roky přesněji znamená 1,3 roky, uvažujeme-li, že semenáčky vzcházely převážně během května a června a zaznamenávány byly na podzim příštího roku.

5.2.2 Srovnání jednotlivých mikrostanovišť z hlediska vzcházení semenáčků na lokalitě Modrý důl

V souvislosti s předpokládaným vlivem mikrostanovišť na přirozenou obnovu smrku ztepilého byly testovány následující otázky:

A) Zda se mikrostanoviště lišila ohledně vzcházení semenáčků.

Na základě vypočítaného množství semen nalétlých na 1 m² plochy, počtu semenáčků vzešlých v letech 1996 a 2001 na jednotlivých mikrostanovištích a zjištěných pokryvností těchto mikrostanovišť byly stanoveny následující parametry:

- ◆ pokryvnost mikrostanoviště (%) – procentické zastoupení daného mikrostanoviště na dané lokalitě
- ◆ nálet (%) – procentický podíl semenáčků na jednotlivých mikrostanovištích z celkového počtu semenáčků
- ◆ úspěšnost mikrostanoviště – nálet (%) / pokryvnost mikrostanoviště (%). Hodnota tohoto poměru je přímo úměrná úspěšnosti mikrostanoviště ve vztahu ke vzcházení semenáčků. Tento parametr nabývá neomezených hodnot (≥ 0).
- ◆ koeficient úspěšnosti vzcházení – úspěšnost daného mikrostanoviště (X_i) / úspěšnost mikrostanoviště s nejvyšší hodnotou (X_{max}). Tento parametr vyjadřuje poměr úspěšnosti vzcházení semenáčků na daném mikrostanovišti a úspěšnosti nejpříznivějšího mikrostanoviště a nabývá hodnot od 0 do 1.

Pro statistické zhodnocení vlivu mikrostanoviště na vzcházení semenáčků v daných dvou letech byl použit Kruskal-Wallisův mnohonásobný srovnávací Z test.

B) Zda semenáčky, pocházející ze dvou různých semenných let (1995 a 2000), vzcházely v jednotlivých mikrostanovištích stejně úspěšně.

Tato otázka byla řešena na základě výpočtu koeficientů úspěšnosti vzcházení pro jednotlivá mikrostanoviště v letech 1996 a 2001. Rozdíl v úspěšnosti vzcházení semenáčků v daných mikrostanovištích mezi roky 1996 a 2001 byl statisticky testován pomocí Wilcoxonova pořadového znaménkového testu.

5.2.3 Srovnání mikrostanovišť z hlediska přežívání semenáčků na jednotlivých lokalitách

V rámci všech čtyř lokalit (Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček) bylo hodnocení přežívání semenáčků v letech 1995 až 2002 provedeno na základě koeficientu úspěšnosti přežívání. Hodnoceny byly odděleně semenáčky vzešlé v různých semenných letech.

- ◆ úspěšnost mikrostanoviště – procentický podíl semenáčků na daném mikrostanovišti ve sledovaném roce / procentické zastoupení daného mikrostanoviště ve sledovaném roce

- ◆ koeficient úspěšnosti přežívání = úspěšnost daného mikrostanoviště ve sledovaném roce / úspěšnost mikrostanoviště s nejvyšší hodnotou této proměnné ve sledovaném roce

Podrobněji bylo přežívání semenáčků hodnoceno na lokalitě **Modrý důl**, z které pocházelo největší množství dat a nejucelenější časová řada.

Byly hledány odpovědi na následující otázky:

A) Jak se snižuje množství semenáčků v závislosti na jejich věku.

Celkové přežívání v závislosti na věku semenáčků bylo znázorněno pomocí křivek přežívání (závislost počtu přežilých semenáčků na jejich věku). U vybraných mikrostanovišť byla tato otázka řešena na základě výpočtu procentického podílu semenáčků přežívajících do určitého věku z počtu semenáčků vzešlých na daných mikrostanovištích.

B) Zda se liší úspěšnost přežívání dvouletých semenáčků pocházejících z různých semenných let na jednotlivých mikrostanovištích. Pro každou z osmi kategorií mikrostanovišť byl spočten procentický podíl semenáčků, které přežily z prvního do druhého roku života. Statistická průkaznost rozdílů v přežívání dvouletých semenáčků vzešlých v různých semenných letech pro jednotlivá mikrostanoviště byla testována pomocí Wilcoxonova pořadového znaménkového testu.

C) Jak se mění přežívání semenáčků ve vybraných mikrostanovištích v závislosti na jejich věku. Byla zkonstruována závislost počtu semenáčků přežilých od začátku do konce sledovaného období na jejich věku.

Věk semenáčků např. dva roky přesněji znamená 1,3 roky, uvažujeme-li, že semenáčky vzházely převážně během května a června a zaznamenávány byly na podzim příštího roku.

5.2.4 Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v obdobích 1995-1997 a 2000-2002

Příznivost podmínek pro přirozenou obnovu na jednotlivých lokalitách v obdobích 1995 – 1997 a 2000 – 2002 byla porovnána pomocí *opadového koeficientu*, který nabývá hodnot od 0 do 1. Na základě množství semenáčků nalezených v daných dvou letech na opadu a pokryvnosti tohoto mikrostanoviště byl na každé lokalitě spočten předpokládaný počet semenáčků za podmínky, že se na celé zkoumané ploše vyskytuje pouze opad. Výsledné hodnoty byly převedeny na koeficient tak, že každá z nich byla vydělena nejvyšší zjištěnou hodnotou. Tímto způsobem bylo možné eliminovat rozdíly v zastoupení různých druhů vegetace a ostatních mikrostanovišť na jednotlivých lokalitách.

K srovnání lokalit z hlediska příznivosti souboru mikrostanovištních podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v daných dvou sledovaných obdobích (1995 – 1997 a 2000 – 2002) byl použit *koeficient očekávaného počtu semenáčků*. Očekávaný počet semenáčků na ploše X byl vypočten jako suma součinů průměrného procentického zastoupení jednotlivých mikrostanovišť na všech plochách kromě plochy X a průměrných hustot semenáčků na těchto mikrostanovištích za všechny plochy kromě plochy X. Koeficient očekávaného počtu semenáčků se rovná podílu očekávaného počtu semenáčků na dané lokalitě a očekávaného počtu semenáčků na lokalitě s nejvyšší hodnotou této proměnné. Koeficient opět nabývá hodnot 0 až 1, ale platí zde pravidlo, že čím vyšší hodnoty koeficient očekávaného počtu semenáčků nabývá, tím je lokalita pro přirozenou obnovu méně příznivá.

5.2.5 Změny v zastoupení mikrostanovišť na jednotlivých lokalitách v období mezi lety 1995 a 2002

Ke zjištění pokryvnosti jednotlivých mikrostanovišť v letech 1995 (1994 – Pašerácký chodníček) a 2002 byly využity programy ArcView 3.2 a ArcMap 8.1 a zdigitalizované terénní mapky z lokalit Alžbětinka, Modrý důl, Pašerácký chodníček a Slunečné údolí. Mapy byly převedeny z vektorového do rastrového formátu a pomocí funkce Raster calculator v programu ArcMap byla vyřešena dominance mikrostanovišť při překryvech jednotlivých kategorií. Příklad použité složené podmínky:

```
Con([borůvka] = 1, 10, con ([třtina] = 1, 9, con ([metlička] = 1, 8, con ([borůvka] = 2, 7, con ([třtina] = 2, 6, con ([metlička] = 2, 5, con ([ostveg] = „ostatní vegetace“, 4, con ([ostatní] = „mech“, 3, con ([ostatní] = „opad“, 2, con ([ostatní] = „trouch“, 1, 99))))))))))
```

Z tabulek atributů výsledných vrstev pak bylo spočteno plošné zastoupení jednotlivých kategorií mikrostanovišť v daných dvou letech.

Statisticky byly testovány tyto otázky:

A) Zda se lokality mezi sebou liší v pokryvnosti vybraných mikrostanovišť v rámci jednotlivých let – Kruskal-Wallisův mnohonásobný srovnávací Z test.

B) Zda v období mezi lety 1995 (1994 – Pašerácký chodníček) a 2002 došlo ke změně v zastoupení mikrostanovišť na jednotlivých lokalitách – Wilcoxonův pořadový znaménkový test.

6 VÝSLEDKY

6.1 Vzcházení a přežívání dvouletých semenáčků, vzešlých v letech 1996 a 2001, na jednotlivých lokalitách

Největší množství semen vypadaných na 1 m² plochy bylo v letech 1995 – 1996 i 2000 – 2001 nalezeno na lokalitě Modrý důl (2481 v období 1995 – 1996 a 161 v období 2000 – 2001). Další pořadí lokalit bylo v obou sledovaných obdobích také shodné: Slunečné údolí (1888 v období 1995 – 1996 a 109 v období 2000 – 2001), Pašerácký chodníček (874 v období 1995 – 1996 a 78 v období 2000 – 2001) a Alžbětinka (292 v období 1995 – 1996 a 49 v období 2000 – 2001) (tabulka 3).

Vzcházivost semenáčků se v roce 1996 pohybovala od 6,26 % na lokalitě Modrý důl do 0,38 % na lokalitě Alžbětinka. V roce 2001 byla situace odlišná. Semenáčky vzcházely nejlépe na lokalitě Slunečné údolí (1,32 %), v těsném závěsu následoval Modrý důl (1,31 %) a nejhůrší vzcházivostí se vyznačovala lokalita Pašerácký chodníček (0,22 %) (tabulka 3).

Tab. 3: Množství semen vypadaných na 1 m² plochy v letech 1995 – 1996 a 2000 – 2001 a vzcházivost semenáčků smrku ztepilého v letech 1996 a 2001 na lokalitách Alžbětinka (AL), Modrý důl (MD), Pašerácký chodníček (PCH) a Slunečné údolí (SU). Procentický podíl semenáčků přežilých z roku 1996 do roku 1997 a z roku 2001 do roku 2002. Statistické vyhodnocení rozdílů ve vzcházivosti semenáčků mezi jednotlivými lokalitami v letech 1996 a 2001. Různá písmena a, b, c vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi lokalitami v rámci daných let na hladině významnosti 5 % (Kruskal-Wallisův Z test).

| Lokalita | Počet semen 1995-1996 (ks.m ⁻²) | Počet semen 2000-2001 (ks.m ⁻²) | Vzcházivost 1996 (%) | Přežívání 1996-1997 (%) | Vzcházivost 2001 (%) | Přežívání 2001-2002 (%) |
|----------|---|---|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| MD | 2481 | 161 | 6,26 ^a | 8,5 | 1,31 ^a | 29,6 |
| SU | 1888 | 109 | 1,23 ^b | 3,9 | 1,32 ^a | 57,4 |
| PCH | 874 | 78 | 0,75 ^{bc} | 18,7 | 0,22 ^b | 52,9 |
| AL | 292 | 49 | 0,38 ^c | 34,3 | 0,87 ^a | 45,2 |

Procentický podíl semenáčků vzešlých v roce 1996 a přežilých do roku 1997 se pohyboval od 3,9 % na lokalitě Slunečné údolí, přes 8,5 % na lokalitě Modrý důl a 18,7 % na Pašeráckém chodníčku, až po 34,3 % na lokalitě Alžbětinka. Semenáčky vzešlé v roce 2001 přežívaly do

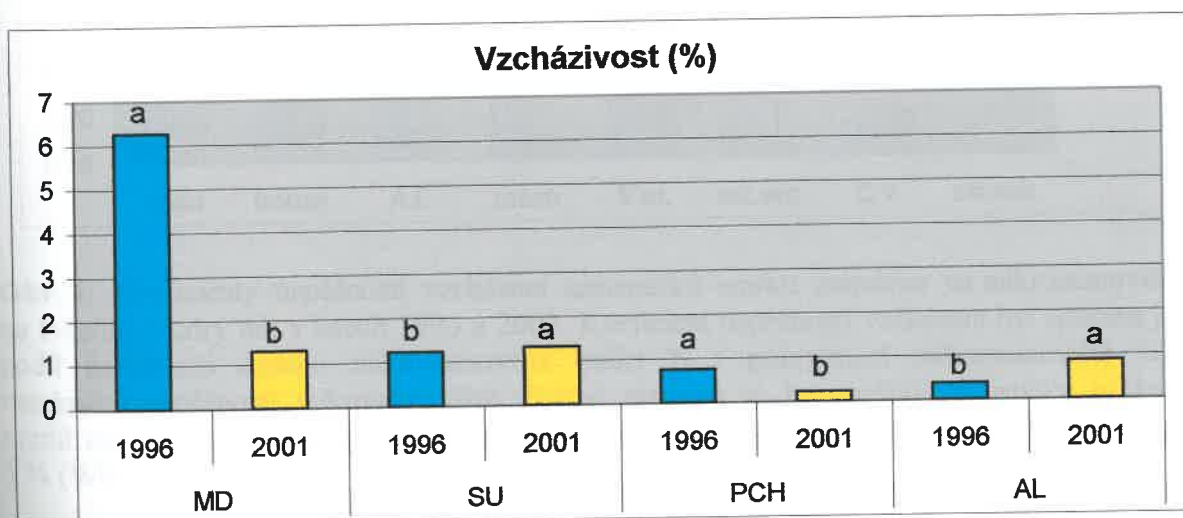
následujícího roku s mnohem větší pravděpodobností. Pořadí ploch podle přežívání těchto semenáčků bylo následující: Slunečné údolí (57,4 %), Pašerácký chodníček (52,9 %), Alžbětinka (45,2 %) a Modrý důl (29,6 %) (tabulka 3).

Statistické vyhodnocení přežívání dvouletých semenáčků v obdobích 1996 – 1997 a 2001 – 2002 nebylo z důvodu velkého množství výzkumných čtverců s nulovým výskytem semenáčků na začátku sledovaných období provedeno.

Pomocí dvourozměrné analýzy rozptylu byl na hladině významnosti 5 % prokázán vliv roku i vliv lokality na vzcházení semenáčků. Byla též prokázána interakce těchto dvou parametrů, z čehož vyplývá, že chování vzcháživosti na jednotlivých lokalitách mezi danými dvěma lety je různé.

Statistická průkaznost rozdílů ve vzcháživosti mezi jednotlivými lokalitami v rámci let 1996 a 2001 je uvedena v tabulce 3.

Obrázek 2 ukazuje graf znázorňující rozdíl ve vzcháživosti semenáčků smrku ztepilého mezi lety 1996 a 2001 v rámci jednotlivých lokalit. Na lokalitách Modrý důl a Pašerácký chodníček vzcházely semenáčky lépe v roce 1996 a na zbylých dvou lokalitách naopak v roce 2001. Na všech lokalitách je rozdíl ve vzcháživosti mezi lety 1996 a 2001 na hladině významnosti 5 % statisticky průkazný.

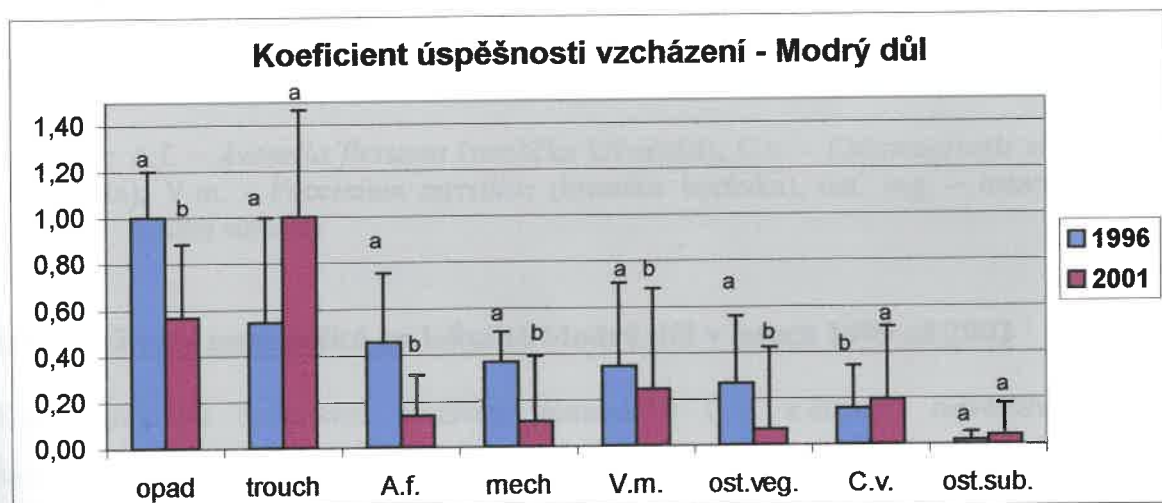


Obr. 2: Vzcháživost semenáčků smrku ztepilého na lokalitách Alžbětinka (AL), Modrý důl (MD), Pašerácký chodníček (PCH) a Slunečné údolí (SU) v letech 1996 a 2001. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl ve vzcháživosti mezi sledovanými roky v rámci jednotlivých lokalit (Wilxonův test).

6.2 Vzcházení semenáčků na mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1996 a 2002

Vzcházení semenáčků na jednotlivých mikrostanovištích v letech 1996 a 2001 bylo na základě dostupných dat možné zhodnotit pouze na lokalitě Modrý důl.

Podle výsledných hodnot koeficientu úspěšnosti vzcházení (viz kap. 5.2.2) lze říci, že v roce 1996 vzcházely semenáčky smrku ztepilého nejlépe v opadu (1,00), dále pak v trouchu (0,54), v porostu metličky křivolaké (0,46), v mechu (0,37), v brusnici borůvce (0,34), v ostatní vegetaci (0,27), v porostu třtiny chloupkaté (0,15) a nejhůře v ostatním substrátu (0,02). V roce 2001 byla situace odlišná. V tomto roce nejlepší podmínky pro vzcházení semenáčků poskytoval trouch (1,00), následoval opad (0,57), porost brusnice borůvky (0,24) a třtiny chloupkaté (0,19), dále pak metlička křivolaká (0,14), mech (0,11), ostatní vegetace (0,07) a nejhůře vzcházely semenáčky opět v ostatním substrátu (0,04) (obrázek 3).



Obr. 3: Koeficienty úspěšnosti vzcházení semenáčků smrku ztepilého na mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1996 a 2002. Koeficient úspěšnosti vzcházení byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi roky 1996 a 2001 v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).

Pomocí dvourozměrné analýzy rozptylu byl prokázán vliv roku i vliv mikrostanoviště na vzcházení semenáčků na lokalitě Modrý důl. Interakce v tomto případě nebyla prokázána.

Vliv roku byl dále testován pomocí Wilcoxonova pořadového znaménkového testu. Statisticky významný rozdíl mezi koeficienty úspěšnosti vzcházení v letech 1996 a 2001 byl zaznamenán u opadu, porostu metličky křivolaké, mechu, brusnice borůvky, ostatní vegetace a u třtiny chloupkaté (obrázek 3).

Pro podrobnější testování vlivu mikrostanoviště na vzcházení semenáčků byl použit Kruskal-Wallisův mnohonásobný srovnávací Z test. Výsledky tohoto hodnocení jsou shrnuty v tabulce 4.

Tab. 4: Průměrné koeficienty úspěšnosti vzcházení semenáčků smrku ztepilého na mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1996 a 2001 (průměrné hodnoty z koeficientů úspěšnosti vzcházení spočtených vždy za 10 čtverců o velikosti 1 m²). Koeficient úspěšnosti vzcházení byl vypočítán jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce. Statistická průkaznost rozdílů v koeficientu úspěšnosti vzcházení mezi jednotlivými mikrostanovišti v daných dvou letech. Různá písmena a, b, c, d, e, f vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi mikrostanovišti na hladině významnosti 5 % (Kruskalův-Wallisův Z test).

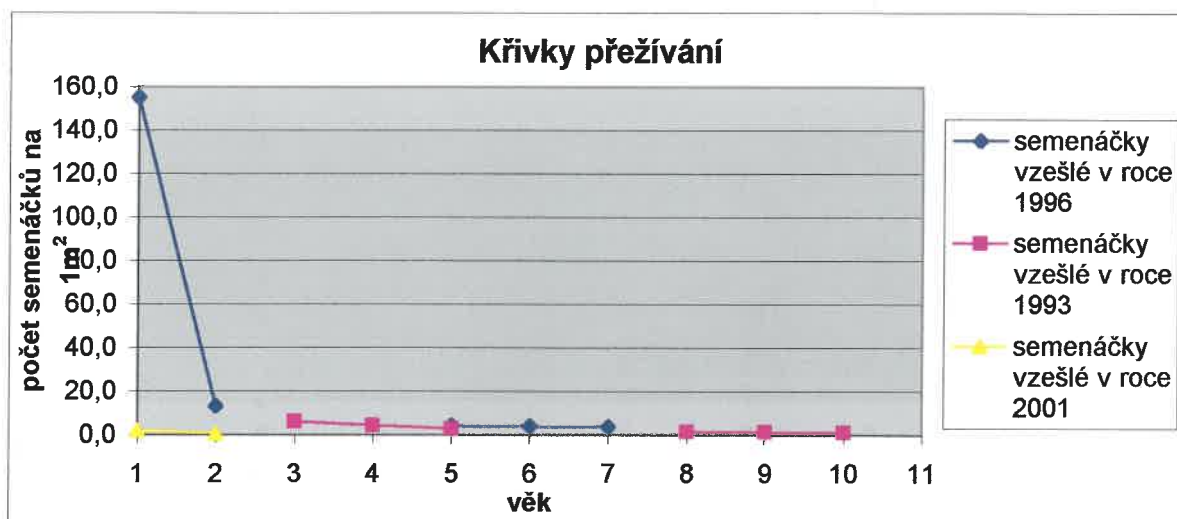
| rok | opad | mech | A.f. | C.v. | V.m. | trouch | ost.veg. | ost.sub. |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 1996 | 0,85 ^a | 0,61 ^{ab} | 0,53 ^b | 0,46 ^b | 0,45 ^b | 0,36 ^b | 0,35 ^b | 0,02 ^c |
| 2001 | 0,74 ^a | 0,12 ^{bf} | 0,19 ^{be} | 0,23 ^{bd} | 0,42 ^{ab} | 0,25 ^{bc} | 0,14 ^{cdef} | 0,06 ^{cdef} |

Legenda: A.f. – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), C.v. – *Calamagrostis villosa* (trtina chloupkatá), V.m. – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka), ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

6.3 Přežívání semenáčků na lokalitě Modrý důl v letech 1995 až 2002

K podrobnějšímu hodnocení přežívání semenáčků byla z důvodů největšího množství dostupných dat a nejucelenější časové řady pozorování zvolena lokalita Modrý důl. Celkové přežívání semenáčků ze všech tří semenných let je dobře patrné z křivek přežívání znázorněných na obrázku 4.

K největšímu úbytku semenáčků smrku ztepilého dochází mezi prvním a druhým rokem jejich života, což platí zejména pro rok 1996. Z původního množství 155 semenáčků na 1 m², nalezených na podzim roku 1996, přežilo do podzimu následujícího roku pouze 13 jedinců. U semenáčků z roku 2001 je výše zmíněný pokles méně výrazný, a to zřejmě hlavně kvůli jejich nízkému počátečnímu počtu. Od věku tří let se pak množství semenáčků snižuje více méně rovnoměrně. Tento fakt dobře demonstřují semenáčky vzešlé v roce 1993, jejichž množství se v období mezi roky 1995 až 2002 postupně snížilo z 6,1 na 1,1 semenáčků na 1 m² (obrázek 4).

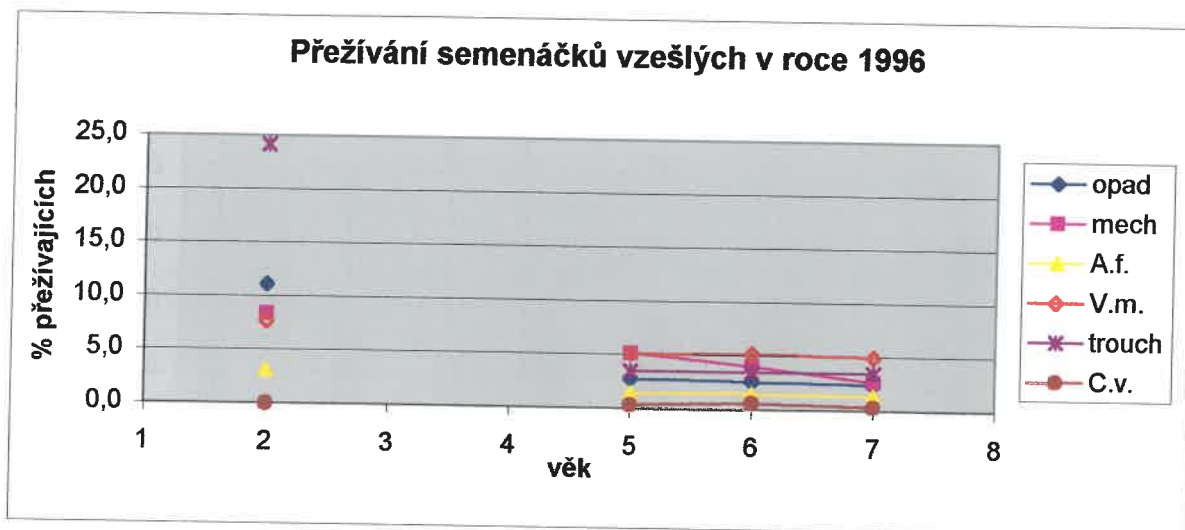


Obr. 4: Křivky přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v letech 1993, 1996 a 2001, na lokalitě Modrý důl za období 1995 až 2002. Věk např. jeden rok přesněji znamená 0,3 roky, uvažujeme-li, že semenáčky vzcházely převážně během května a června a zaznamenávány byly na podzim téhož roku.

Přežívání semenáčků na jednotlivých mikrostanovištích bylo detailněji sledováno na semenáčkách vzešlých v roce 1996 a je znázorněno na obrázku 5. Do věku dvou let přežívaly tyto semenáčky nejlépe na trouchu (24,1 % semenáčků z počátečního počtu zaznamenaného na podzim v roce 1996). Dále následoval opad (11,1 %), mech (8,4 %) a porost brusnice borůvky (7,6 %). Nejhorší podmínky pro přežívání semenáčků do věku 2 let poskytovaly metlička křivolaká (3,1 %) a třtina chloupkatá (0,0 %).

Do věku 5 let přežívaly semenáčky smrku ztepilého nejlépe v mechu a v brusnici borůvce (shodně 5,1 % z počátečního množství v roce 1996). Na trouchu jich bylo v roce 2000 nalezeno 3,4 % a na opadu 2,8 %. Jako nejméně vhodná mikrostanoviště se jevily opět porosty metličky křivolaké a třtiny chloupkaté.

Od věku 5 do věku 7 let byl největší pokles v počtu přežívajících semenáčků pozorován u mechu (z 5,1 % v roce 2000 na 2,6 % v roce 2002). U ostatních mikrostanovišť se podíl přežívajících semenáčků již výrazněji neměnil (obrázek 5). Nepatrný nárůst v množství semenáčků u některých mikrostanovišť byl způsoben šířením těchto mikrostanovišť během sledovaného období.

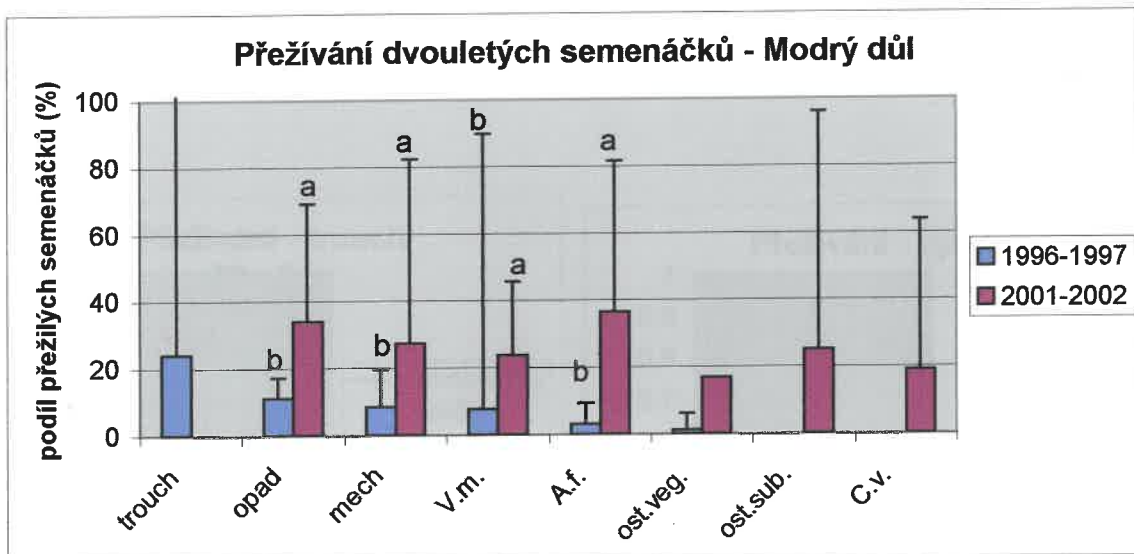


Obr. 5: Procentický podíl přežívajících semenáčků smrku ztepilého z původního počtu jedinců, vzešlých v roce 1996, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1997 až 2002 v závislosti na jejich věku. Věk např. dva roky přesněji znamená 1,3 roky, uvažujeme-li, že semenáčky vzházely převážně během května a června a zaznamenávány byly na podzim příštího roku.

V následujícím textu bude porovnáno přežívání dvouletých semenáčků smrku ztepilého pocházejících z dvou různých semenných let (1995 a 2000). Semenáčky, vzešlé v roce 1996, přežívaly nejlépe v trouchu (24,1 %) a v opadu (11,1 %), dále pak v mechu (8,4 %) a v porostu brusnice borůvky (7,6 %). Nejhoršími podmínkami se vyznačovaly metlička křivolaká (3,1 %), ostatní vegetace (1,2 %), ostatní substrát (0,0 %) a třtina chloupkatá (0,0 %).

Úspěšnost přežívání u semenáčků z roku 2001 byla vyšší a rozdíly mezi jednotlivými mikrostanovišti byly menší. Nejlépe tyto semenáčky přežívaly v porostu metličky křivolaké (36 %) a na opadu (34 %). O něco horší podmínky poskytovaly mech (27 %), ostatní substrát (25 %) a brusnice borůvka (24 %). V porostu třtiny chloupkaté přežilo z roku 2001 do roku 2002 19 % semenáčků a v ostatní vegetaci 17 % jedinců. Jako nejméně příznivý se jevil trouch.

Rozdíl mezi přežíváním dvouletých semenáčků ze 2 různých semenných let bylo možné statisticky vyhodnotit jen u čtyř mikrostanovišť (brusnice borůvka, opad, mech a metlička křivolaká) vzhledem k nepřítomnosti semenáčků z obou let v ostatních mikrostanovištích. U všech testovaných mikrostanovišť byl rozdíl na hladině významnosti 5 % statisticky průkazný (obrázek 6).

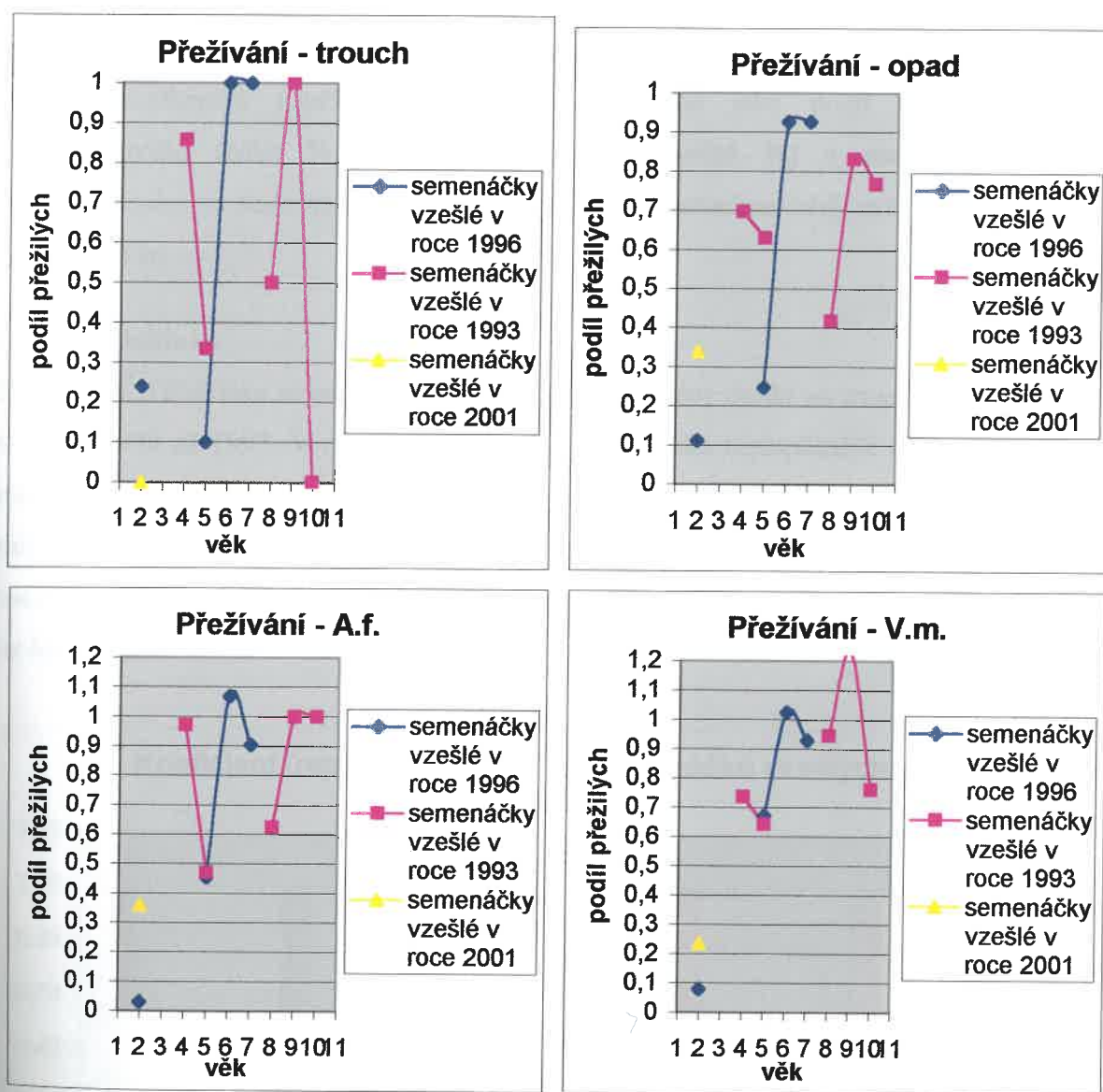


Obr. 6: Přežívání dvouletých semenáčků smrku ztepilého v mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1996 – 1997 a 2001 – 2002. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi lety 1996 – 1997 a 2001 – 2002 v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test). Za dvouletý nálet byl považován nálet vzešlý převážně během května až června roku 1996, resp. 2001 a zaznamenán na podzim příštího roku.

Přežívání semenáčků v závislosti na jejich věku ve čtyřech vybraných mikrostanovištích (trouch, opad, metlička křivolaká, brusnice borůvka) mezi lety 1995 až 2002 je znázorněno na obrázku 7. Je na něm dobře vidět, že u semenáčků, vzešlých v roce 1996, se na většině mikrostanovišť přežívání mezi druhým a šestým rokem života zvyšovalo. Výjimkou je trouch, u něhož dvouleté semenáčky přežívaly lépe než semenáčky pětileté. U trouchu a opadu se přežívání sedmiletých semenáčků nelišilo od přežívání semenáčků šestiletých. U metličky křivolaké a brusnice borůvky byl v tomto období zaznamenán mírný pokles.

U semenáčků vzešlých v roce 1993 bylo přežívání sledováno mezi třetím až pátým rokem a mezi sedmým až desátým rokem života. Pětileté semenáčky přežívaly na všech čtyřech mikrostanovištích hůře než semenáčky čtyřleté. Nejstrmější pokles v přežívání se v tomto období projevil u trouchu (z 86 % na 0,33 %) a metličky křivolaké (z 97 % na 47 %). Osmileté semenáčky přežívaly lépe než pětileté semenáčky v porostu brusnice borůvky, metličky křivolaké a na trouchu, u opadu byla situace opačná. Nejlépe u všech mikrostanovišť přežívaly semenáčky devítileté (mezi lety 2000 a 2001). U desetiletých semenáčků pak bylo zaznamenáno horší přežívání než u semenáčků devítiletých; pouze v případě metličky křivolaké se přežívání desetiletých a devítiletých semenáčků od sebe nelišilo (obrázek 7).

Hodnoty podílu přežilých semenáčků větší než 1 u některých mikrostanovišť jsou způsobené plošným šířením daného mikrostanoviště během sledovaného období.



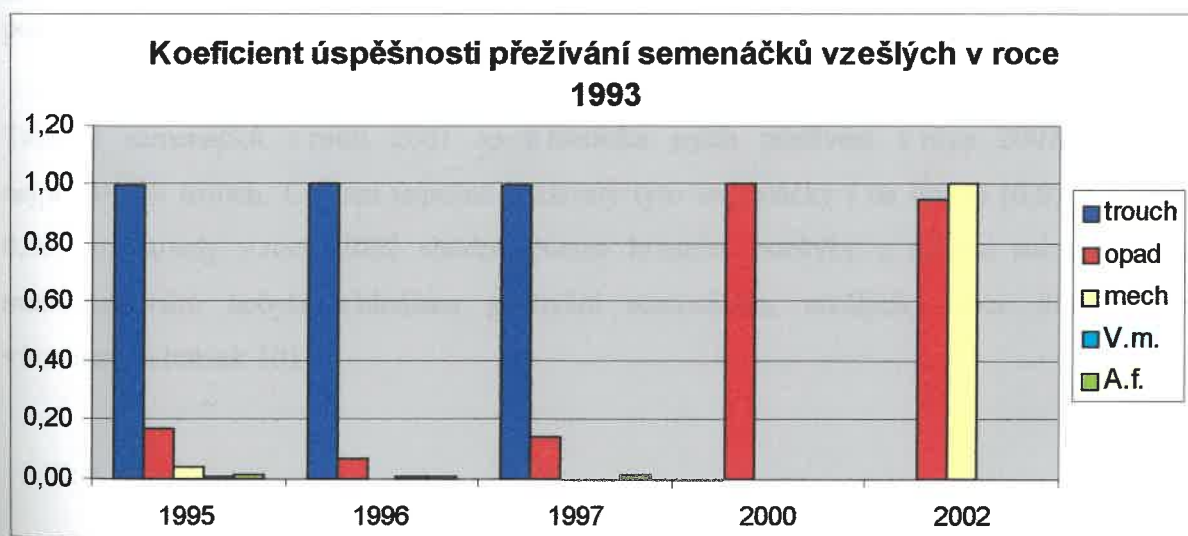
Obr. 7: Přežívání semenáčků smrku ztepilého vzešlých v letech 1993, 1996 a 2002 na vybraných mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1995 až 2002 v závislosti na jejich věku. Podíly přežilých semenáčků jsou vypočteny z hodnot zjištěných na konci a na začátku následujících sledovaných období: semenáčky z roku 1993: 1995 – 1996, 1996 – 1997, 1997 – 2000, 2000 – 2001, 2001 – 2002, semenáčky z roku 1996: 1996 – 1997, 1997 – 2000, 2000 – 2001, 2001 – 2002, semenáčky z roku 2001: 2001 – 2002. Věk např. dva roky přesněji znamená 1,3 roky, uvažujeme-li, že semenáčky vzcházely převážně během května a června a zaznamenávány byly na podzim dalšího roku.

6.4 Přežívání semenáčků na mikrostanovištích na jednotlivých lokalitách v období mezi lety 1994 a 2002

V rámci všech čtyř lokalit (Alžbětinka, Modrý důl, Pašerácký chodníček a Slunečné údolí) bylo přežívání semenáčků smrku ztepilého na jednotlivých mikrostanovištích hodnoceno pomocí koeficientu úspěšnosti přežívání, spočteného jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce. Hodnocení bylo provedeno vždy zvlášť pro každý ze tří semenných let.

6.4.1 Alžbětinka

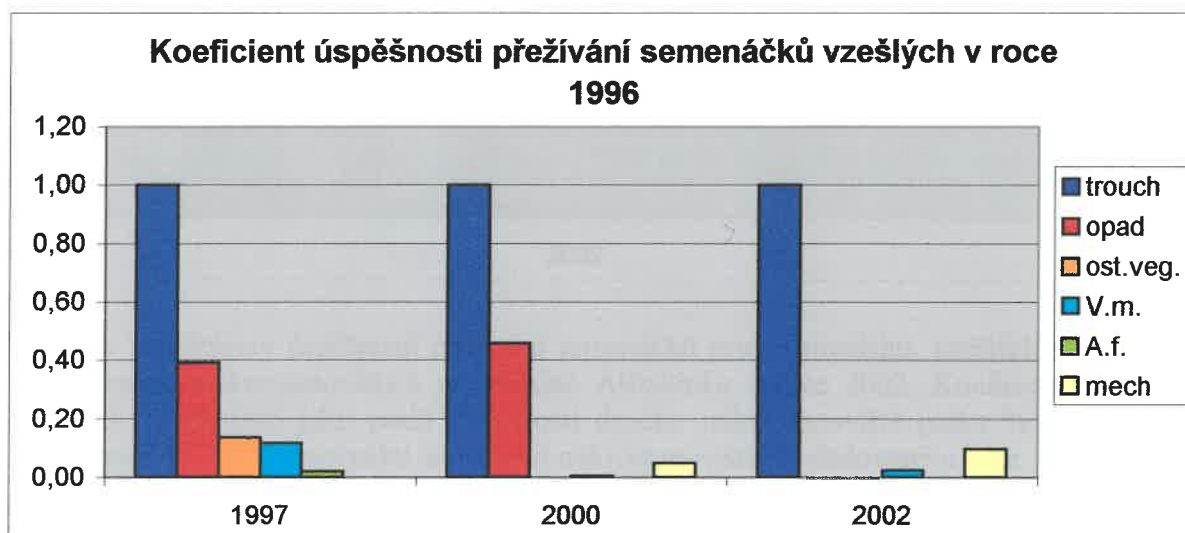
Na lokalitě Alžbětinka se semenáčkům z roku 1993 nejlépe dařilo na trouchu, a to konkrétně v letech 1995 až 1997. V roce 2000 byl z tohoto hlediska nejúspěšnější opad a v roce 2002 mech, avšak jeho hodnota se od opadu příliš nelišila. Ostatní mikrostanoviště se vyznačovaly mizivou až nulovou hodnotou koeficientu úspěšnosti přežívání (obrázek 8). Velké rozdíly mezi mikrostanovišti jsou z velké části způsobeny malým množstvím semenáčků přítomných na této lokalitě.



Obr. 8: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1993, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Alžbětinka mezi lety 1995 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

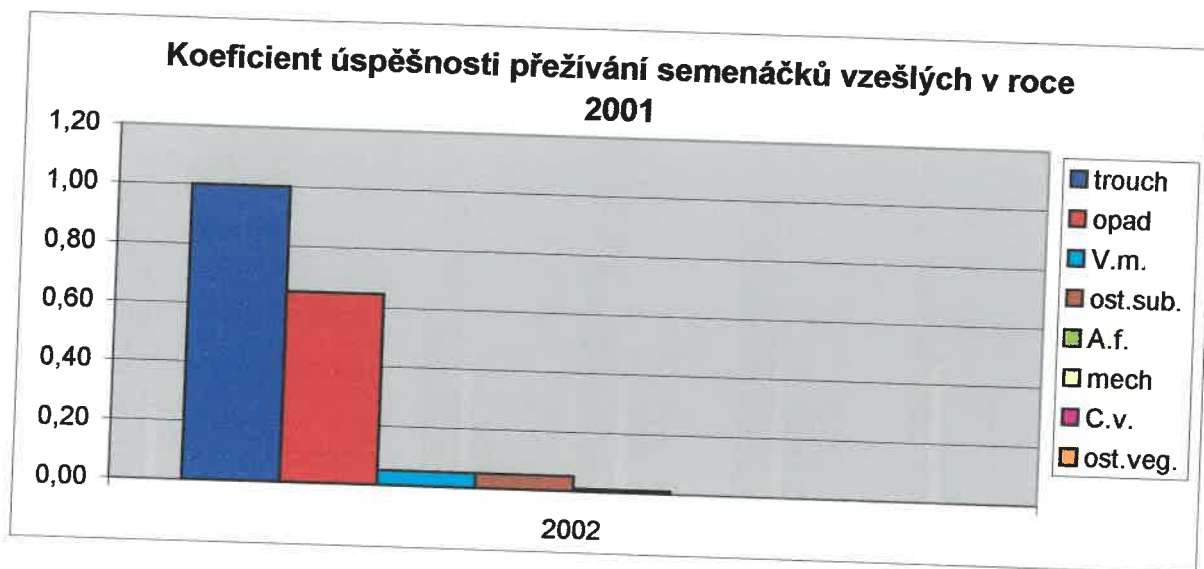
Semenáčky, vzešlé v roce 1996, nejlépe přežívaly během celého sledovaného období na trouchu. Dále následovaly v letech 1997 a 2000 opad (0,39, resp. 0,46) a v roce 2002

mech (0,10). Nejhorší podmínky pro přežívání těchto semenáčků poskytovaly metlička křivolaká, třtina chloupkatá a smíšená kategorie ostatní substrát. Mikrostanoviště s nulovou hodnotou koeficientu úspěšnosti přežívání po všechny sledované roky nejsou v grafu znázorněny (obrázek 9).



Obr. 9: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1996, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Alžbětinka v letech 1997, 2000 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

Také u semenáčků z roku 2001 se z hlediska jejich přežívání v roce 2002 jevil jako nejpriznivější trouch. Celkem úspěšně přežily tyto semenáčky i na opadu (0,65). Hodnoty 0,05 dosahovaly v roce 2002 shodně porost brusnice borůvky a ostatní substrát. Zbylá mikrostanoviště nebyla z hlediska přežívání semenáčků, vzešlých v roce 2001, vůbec významná (obrázek 10).

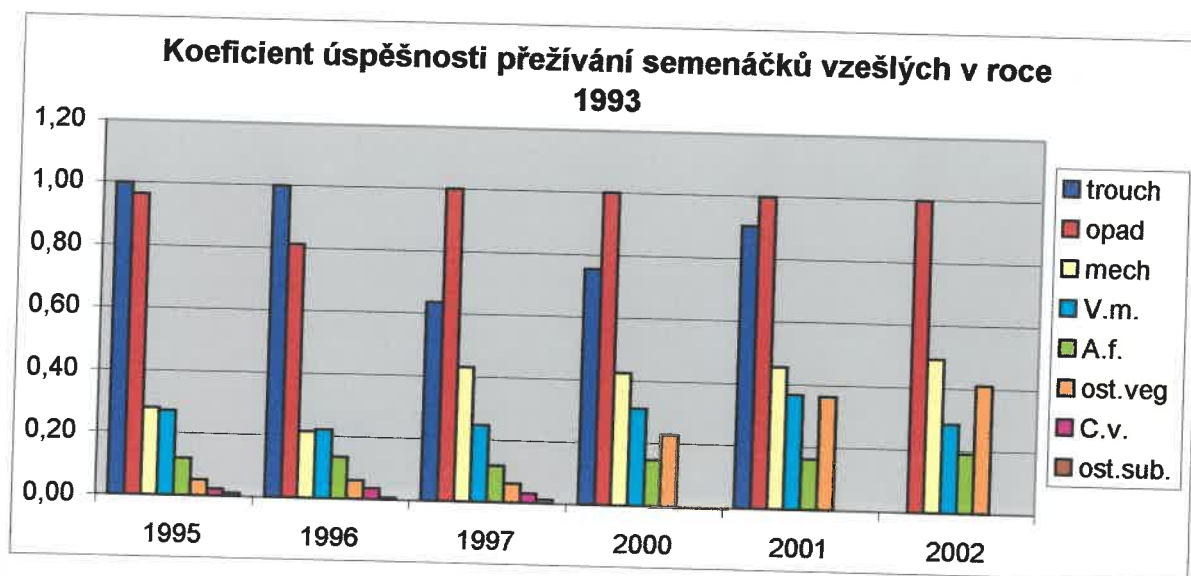


Obr. 10: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 2001, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Alžbětinka v roce 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

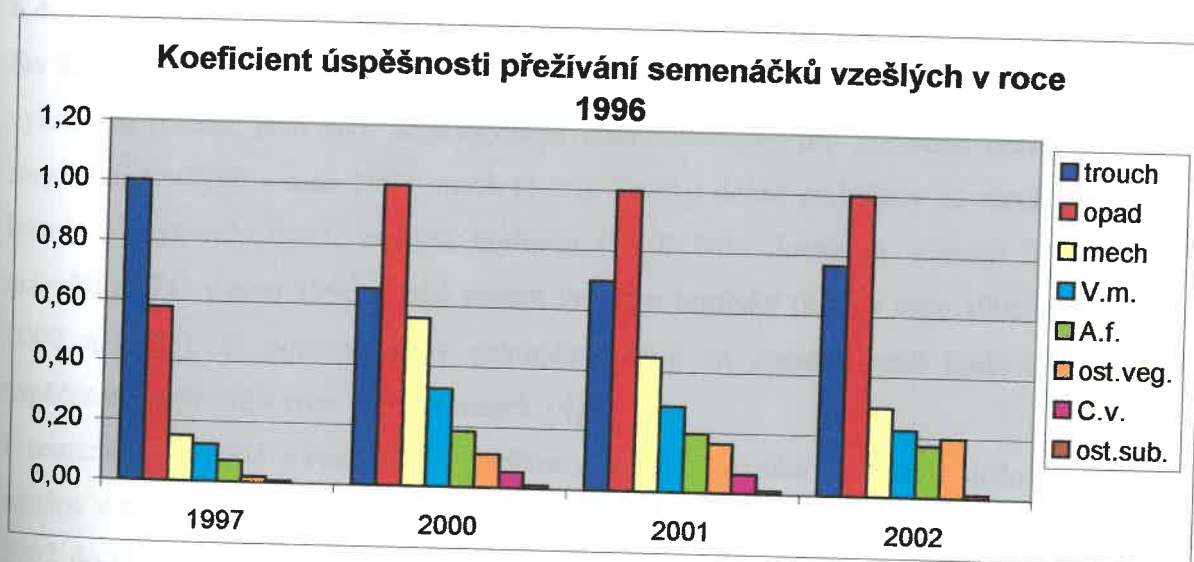
6.4.2 Modrý důl

Na lokalitě Modrý důl s nejnižším stupněm poškození lesního porostu přežívaly semenáčky, vzešlé v roce 1993 nejlépe na opadu (v letech 1997 a 2000 – 2002) a na trouchu (v letech 1995 a 1996). V rozmezí hodnot 0,20 až 0,50 se během sledovaného období pohybovaly mech, brusnice borůvka a také ostatní vegetace v letech 2000 až 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání u porostu metličky křivolaké dosahoval ve všech sledovaných letech celkem konstantní hodnoty okolo 0,15 (obrázek 11).

Semenáčky, vzešlé v roce 1996, nejlépe přežívaly v opadu. Výjimku tvořil jen rok 1997, kdy se nejvhodnějšími podmínkami pro přežívání semenáčků vyznačoval trouch. Slušné podmínky poskytovaly během celého sledovaného období také mech (od 0,15 v roce 1997 do 0,56 v roce 2000), brusnice borůvka (od 0,12 v roce 1997 do 0,33 v roce 2000) a metlička křivolaká (od 0,07 v roce 1997 do 0,20 v roce 2001) (obrázek 12).

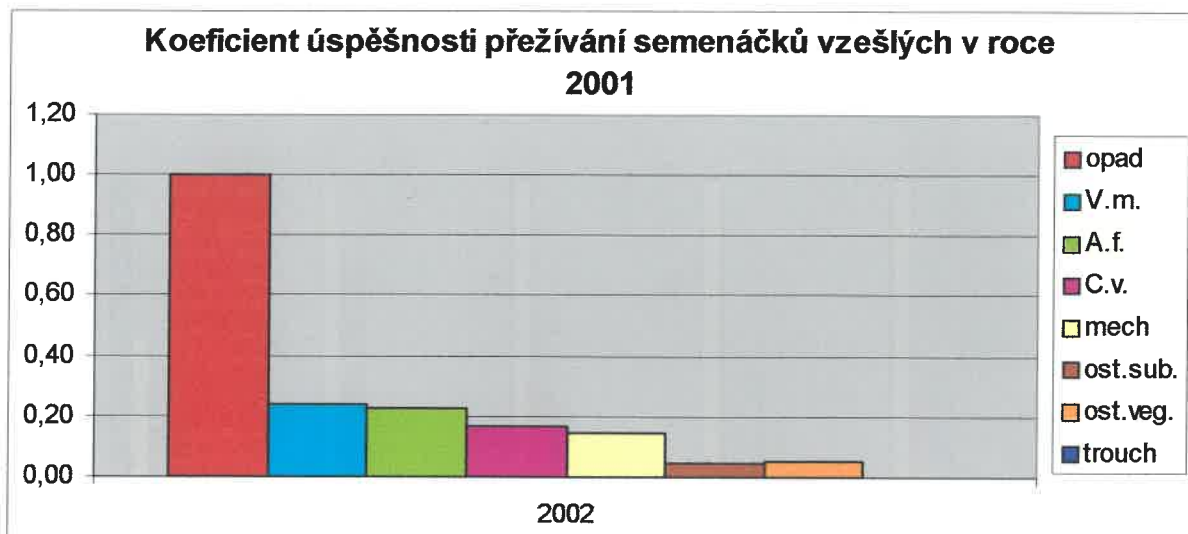


Obr. 11: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1993, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl mezi lety 1995 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.



Obr. 12: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1996, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v letech 1997, 2000, 2001 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

U semenáčků, vzešlých v roce 2001, vynikal v roce 2002 opad. U dalších kategorií jako brusnice borůvka, metlička křivolaká, třtina chloupkatá a mech byl koeficient úspěšnosti přežívání poměrně vyrovnaný a spadal do rozmezí hodnot 0,15 až 0,24. U trouchu se jeho hodnota rovnala nule (obrázek 13).

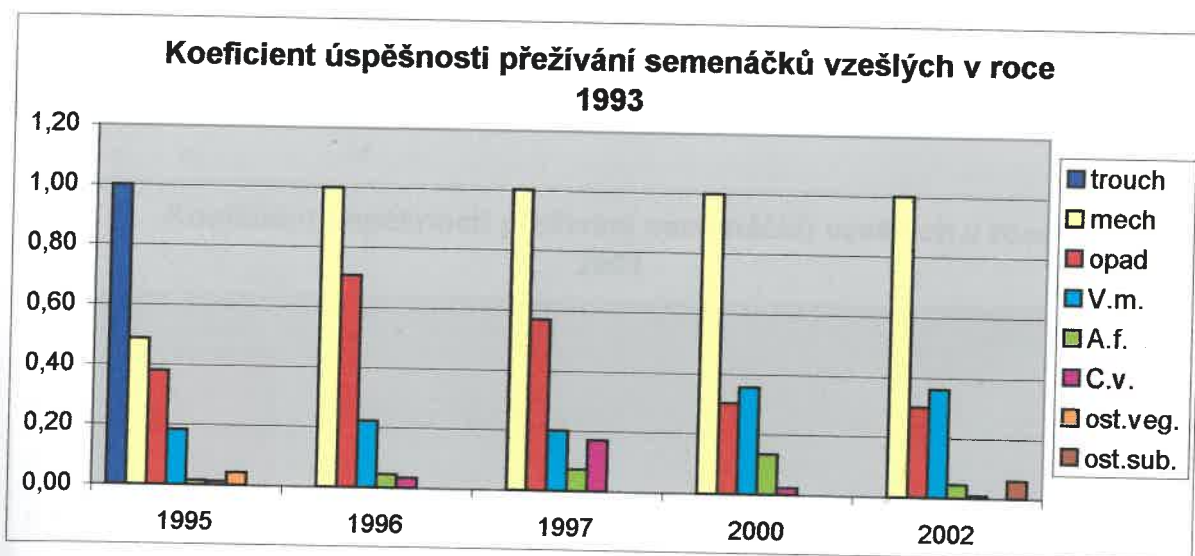


Obr. 13: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 2001, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl v roce 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

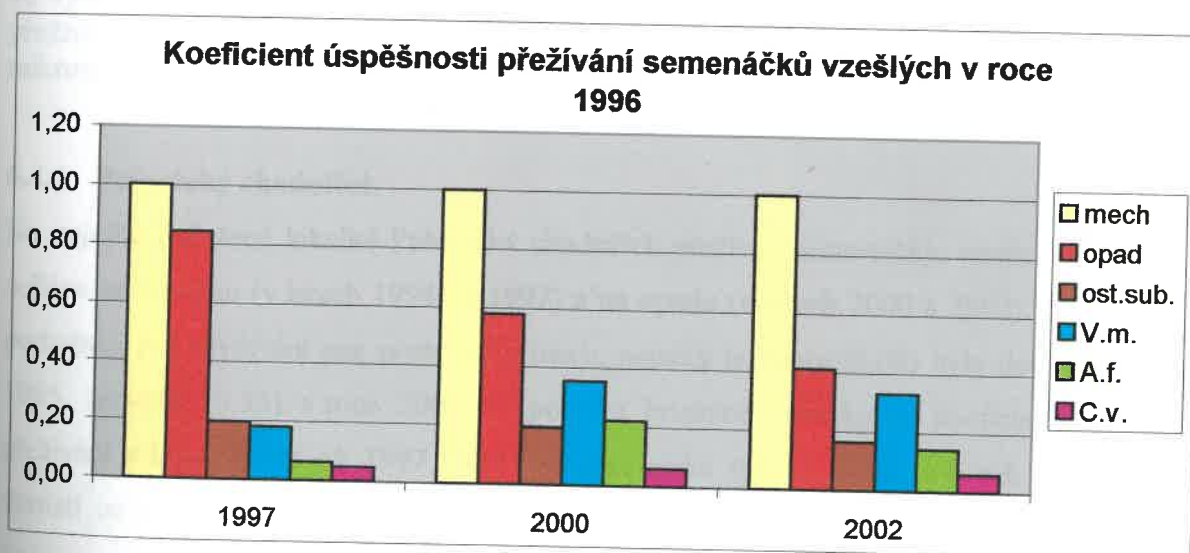
6.4.3 Slunečné údolí

Na lokalitě Slunečné údolí se kromě roku 1995, kdy nejvyšší koeficient úspěšnosti přežívání vykazoval trouch, jevil jako nejprůhodnější mikrostanoviště pro přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1993, mech (1,00). Vcelku dobré podmínky ve všech sledovaných letech poskytovaly opad; nejnižší hodnoty (0,30) bylo dosaženo v letech 2000 a 2002, nejvyšší (0,71) v roce 1996 a také porost brusnice borůvky (0,18 v roce 1995; 0,36 v letech 2000 a 2002). U porostu třtiny chloupkaté stojí za zmínku vyšší hodnota koeficientu úspěšnosti přežívání v roce 1997 (obrázek 14).

I semenáčky, vzešlé v roce 1996, přežívaly na této lokalitě ve všech sledovaných letech nejlépe v mechu (1,00). U opadu se koeficient úspěšnosti přežívání pohyboval od 0,41 v roce 2002 do 0,84 v roce 1997. Na dalších místech se umístily brusnice borůvka (od 0,18 v roce 1997 do 0,36 v roce 2000), ostatní substrát (od 0,17 v roce 2002 do 0,20 v roce 1997), metlička křivolaká (od 0,06 v roce 1997 do 0,22 v roce 2000) a třtina chloupkatá (od 0,05 v roce 1997 do 0,06 v letech 2000 a 2002 (obrázek 15). Trough a ostatní vegetace se vyznačovaly nulovým koeficientem úspěšnosti přežívání, a proto nebyly do grafu zařazeny.



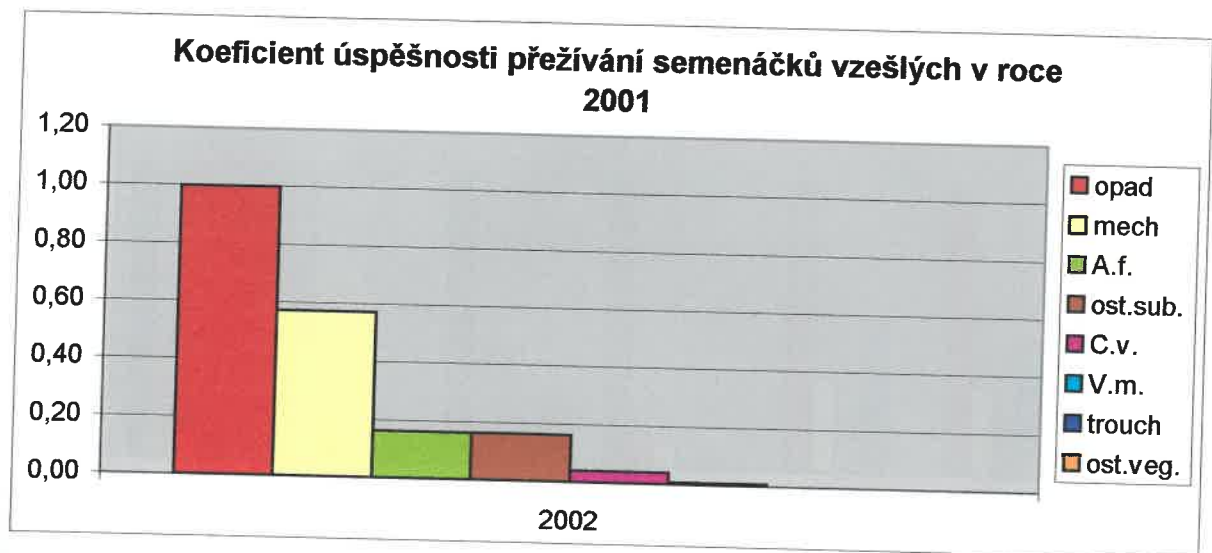
Obr. 14: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1993, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Slunečné údolí mezi lety 1995 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.



Obr. 15: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1996, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Slunečné údolí v letech 1997, 2000 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

V roce 2002 poskytovaly nejlepší podmínky pro přežívání semenáčků, vzešlých v roce 2001, opad (1,00) a mech (0,57). Po nich následovaly metlička křivolaká a smíšená kategorie ostatní substrát se shodnou hodnotou 0,16. Velmi nízkým koeficientem úspěšnosti přežívání

semenáčků z roku 2001 se vyznačovaly třtina chloupkatá (0,04) a brusnice borůvka (0,01) (obrázek 16).



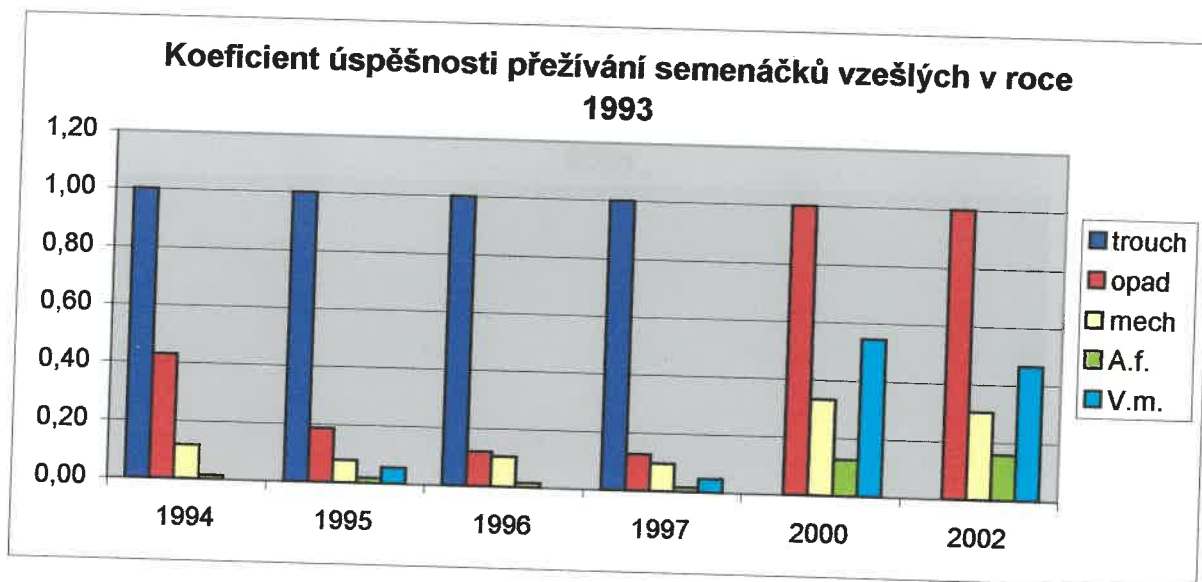
Obr. 16: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 2001, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Slunečné údolí v roce 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokrývnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

6.4.4 Pašerácký chodníček

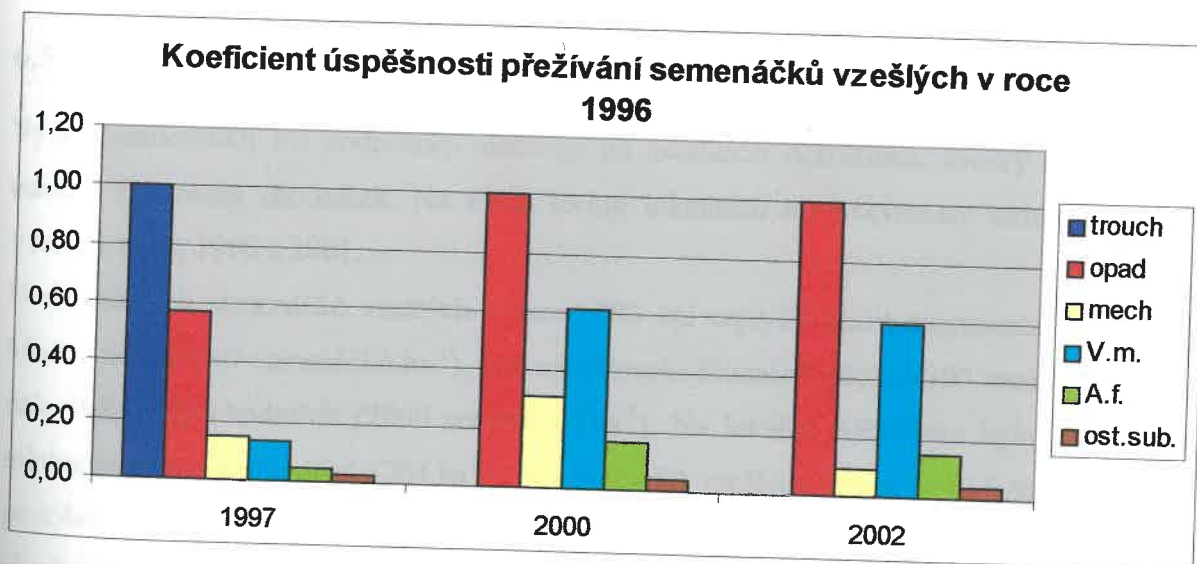
Na nejvýše položené lokalitě Pašerácký chodníček přežívaly semenáčky, vzešlé v roce 1993, nejlépe na trouchu (v letech 1994 až 1997) a na opadu (v letech 2000 a 2002). O něco horší podmínky pro přežívání pak poskytoval mech; nejnižší hodnoty (0,08) bylo dosaženo v roce 1995, nejvyšší (0,33) v roce 2000. U porostu brusnice borůvky se koeficient úspěšnosti přežívání v letech 1994 až 1997 držel na velmi nízké úrovni, avšak v letech 2000 a 2002 vzrostl na hodnoty 0,55, resp. 0,47. Jako méně příznivý se pro přežívání semenáčků jevil porost metličky křivolaké (0,02 v letech 1994 až 1997; 0,16 v roce 2002). Zbylá tři mikrostanoviště nejsou na obrázku 17 uvedena, protože koeficient úspěšnosti přežívání u nich ve všech sledovaných letech dosahoval nulové hodnoty.

Semenáčky, vzešlé v roce 1996, přežívaly v roce 1997 nejlépe na trouchu (1,00) a opadu (0,57). Po nich následovaly mech, brusnice borůvka, metlička křivolaká a smíšená kategorie ostatní substrát. V letech 2000 a 2002 byla situace poněkud odlišná. V obou těchto letech nejlepší podmínky pro přežívání semenáčků nabízely opad (1,00) a porost brusnice borůvky (okolo 0,60). V roce 2000 bylo další pořadí mech (0,31), metlička křivolaká (0,16) a ostatní substrát (0,04) a v roce 2002 metlička křivolaká (0,15), mech (0,10) a opět ostatní substrát

(0,04) (obrázek 18). Třtina chloupkatá a ostatní vegetace nejsou v grafu uvedeny, protože jejich hodnoty koeficientu úspěšnosti přežívání se ve všech sledovaných letech rovnaly nule.

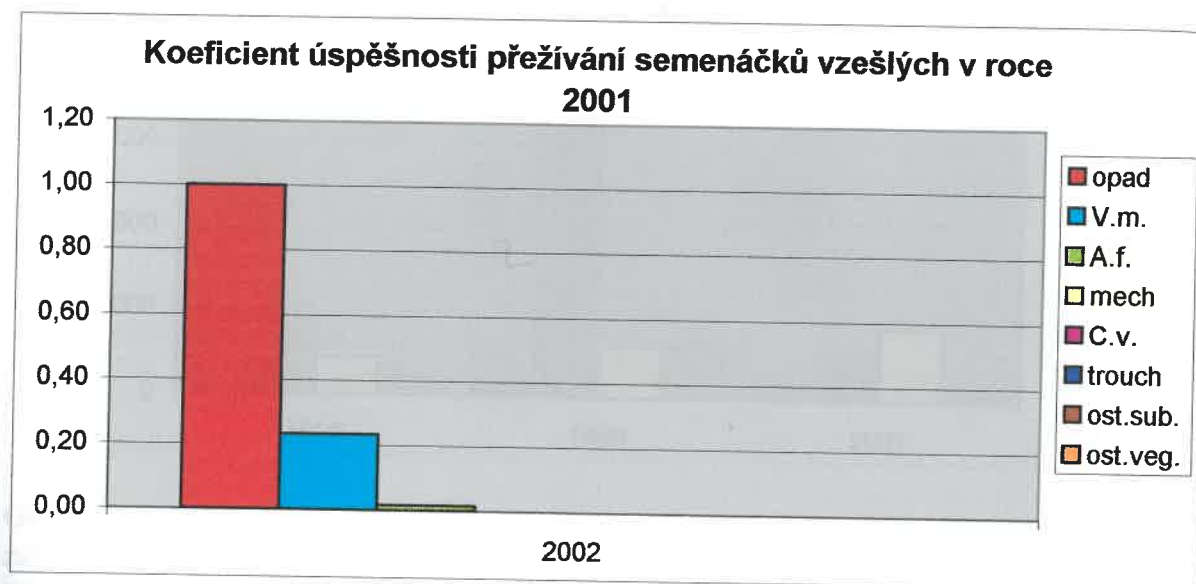


Obr. 17: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1993, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Pašerácký chodníček mezi lety 1994 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.



Obr. 18: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 1996, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Pašerácký chodníček v letech 1997, 2000 a 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

U semenáčků z roku 2001 se v roce 2002 nejvyšším koeficientem úspěšnosti přežívání vyznačoval opad (1,00), dále pak brusnice borůvka (0,23) a metlička křivolaká (0,02). U ostatních kategorií mikrostanovišť byl tento koeficient v roce 2002 nulový (obrázek 19).



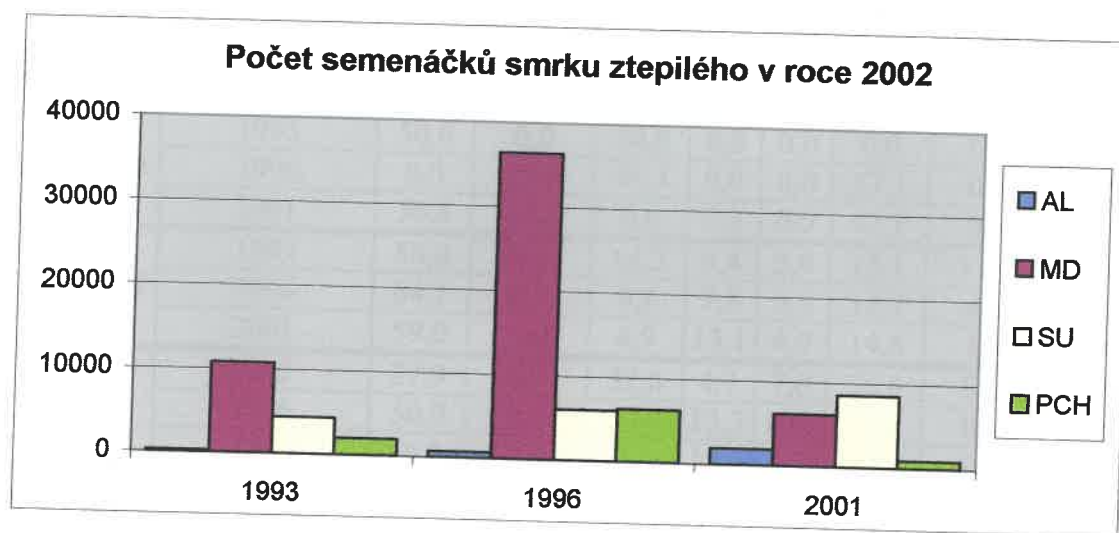
Obr. 19: Koeficienty úspěšnosti přežívání semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v roce 2001, ve vybraných mikrostanovištích na lokalitě Pašerácký chodníček v roce 2002. Koeficient úspěšnosti přežívání byl spočten jako podíl úspěšnosti daného mikrostanoviště (nálet % / pokryvnost mikrostanoviště %) a maximální úspěšnosti mikrostanoviště ve sledovaném roce.

6.5 Výskyt semenáčků na jednotlivých lokalitách v roce 2002

Výskyt semenáčků byl podrobněji sledován na lokalitách Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček. Na všech těchto lokalitách se vyskytovaly semenáčky vzešlé v letech 1993, 1996 a 2001.

U desetiletých semenáčků vzešlých v roce 1993 byl nejvyšší počet zaznamenán na lokalitě Modrý důl (10707 semenáčků.ha⁻¹), pak následovalo Slunečné údolí (4300 semenáčků.ha⁻¹) a dále Pašerácký chodníček (2000 semenáčků.ha⁻¹). Na lokalitě Alžbětinka bylo nalezeno jen minimum těchto semenáčků (204.ha⁻¹). U semenáčků vzešlých v roce 1996 bylo pořadí ploch podobné jako u semenáčků z roku 1993. Pouze na nejvýše položené lokalitě Pašerácký chodníček rostlo o 200 semenáčků na ha více než na Slunečném údolí. Za povšimnutí zde stojí především velmi výrazný rozdíl mezi Modrým dolem (36375 semenáčků.ha⁻¹) a ostatními lokalitami. Největší počet dvouletých semenáčků se překvapivě vyskytoval na Slunečném údolí (8500 semenáčků.ha⁻¹). Naopak nejméně těchto semenáčků bylo nalezeno na lokalitě Pašerácký chodníček (obrázek 20).

Na lokalitě Mumlavská hora bylo v rámci celé trvalé výzkumné plochy objeveno jen 10 mladých jedinců smrku ztepilého, z nichž některé pocházely i z předchozích semenných let.



Obr. 20: Počet semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v letech 1993, 1996 a 2001, na 1 ha zaznamenaný na lokalitách AL – Alžbětinka, MD – Modrý důl, SU – Slunečné údolí a PCH – Pašerácký chodníček v roce 2002.

Nejvíce dvouletých semenáčků smrku ztepilého bylo v roce 2002 zaznamenáno v opadu (36,8 – 77,8 %), v brusnici borůvce (11,1 – 42,1 %) a v porostu metličky křivolaké (5,3 – 13,1 %). Na lokalitě Alžbětinka bylo dále zjištěno 10,5 % semenáčků na trouchu. Jako mikrostanoviště s nejmenším počtem těchto semenáčků lze označit ostatní vegetaci.

Semenáčků vzešlých v roce 1996 bylo na lokalitách Modrý důl a Slunečné údolí nalezeno nejvíce opět na opadu a v porostu brusnice borůvky. Na Pašeráckém chodníčku byl opad co do počtu semenáčků až na druhém místě za porostem metličky křivolaké, v němž se vyskytovalo 48,4 % semenáčků smrku ztepilého. Na Alžbětince rostlo 57,1 % semenáčků v brusnici borůvce a 28,6 % na trouchu. Za pozornost stojí také fakt, že zde nebyl nalezen ani jeden semenáček na opadu.

Nejvíce desetiletých semenáčků bylo na většině lokalit zaznamenáno na opadu (27,9 – 50,0 %), v mechu (5,0 – 50,0 %) a v porostu brusnice borůvky (0,0 – 25,6%). Z tohoto tvrzení se vymyká pouze lokalita Pašerácký chodníček, kde se nejvíce semenáčků vyskytovalo v metličce křivolaké, a to konkrétně celých 50,0 % (tabulka 5).

Tab. 5: Procentické zastoupení semenáčků smrku ztepilého, vzešlých v letech 1993, 1996 a 2001, v mikrostanovištích na lokalitách Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček v roce 2002.

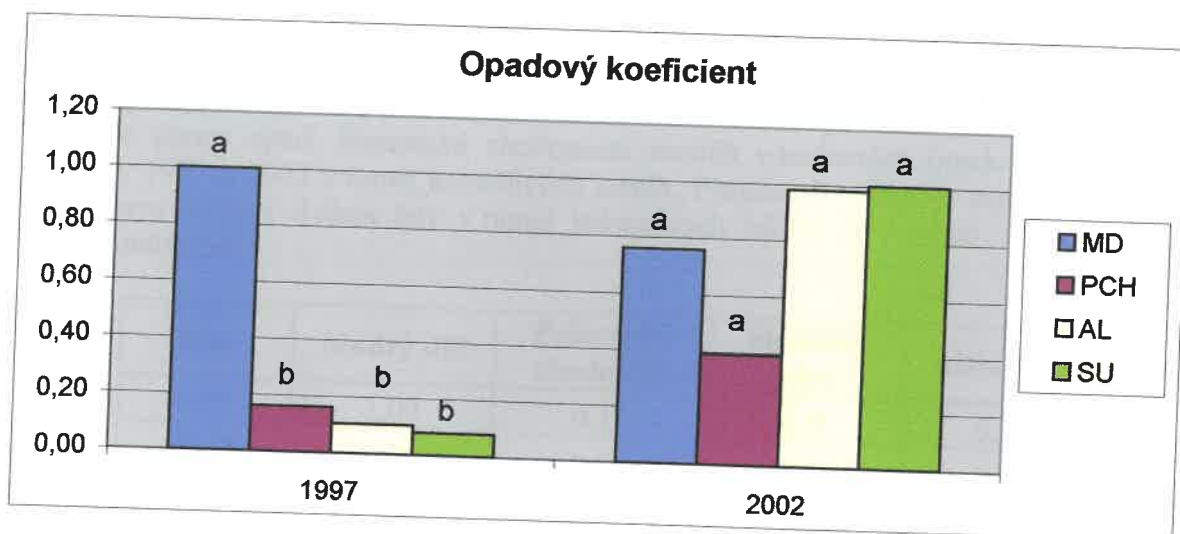
| Lokalita | Rok vyklíčení | opad | trouch | mech | A.f. | C.v. | V.m. | ost.veg. | ost.sub. |
|---------------------|---------------|------|--------|------|------|------|------|----------|----------|
| Alžbětinka | 1993 | 50,0 | 0,0 | 50,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1996 | 0,0 | 28,6 | 14,3 | 0,0 | 0,0 | 57,1 | 0,0 | 0,0 |
| | 2001 | 36,8 | 10,5 | 0,0 | 5,3 | 0,0 | 42,1 | 0,0 | 5,3 |
| Modrý důl | 1993 | 50,0 | 0,0 | 14,2 | 9,4 | 0,0 | 15,1 | 11,3 | 0,0 |
| | 1996 | 64,1 | 0,5 | 9,8 | 7,8 | 0,5 | 12,7 | 4,6 | 0,0 |
| | 2001 | 59,0 | 0,0 | 4,9 | 13,1 | 4,9 | 14,8 | 1,6 | 1,6 |
| Slunečné údolí | 1993 | 27,9 | 0,0 | 32,6 | 4,7 | 7,0 | 25,6 | 0,0 | 2,3 |
| | 1996 | 30,0 | 0,0 | 20,0 | 13,3 | 10,0 | 21,7 | 0,0 | 5,0 |
| | 2001 | 40,0 | 0,0 | 9,4 | 10,6 | 4,7 | 30,6 | 0,0 | 4,7 |
| Pašerácký chodníček | 1993 | 35,0 | 0,0 | 5,0 | 50,0 | 0,0 | 10,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 1996 | 35,5 | 0,0 | 1,6 | 48,4 | 0,0 | 12,9 | 0,0 | 1,6 |
| | 2001 | 77,8 | 0,0 | 0,0 | 11,1 | 0,0 | 11,1 | 0,0 | 0,0 |

Legenda: A.f. – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), C.v. – *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá), V.m. – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka), ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

6.6 Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v obdobích 1995 – 1997 a 2000 – 2002

Srovnání jednotlivých lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého umožňují hodnoty opadového koeficientu. Tento koeficient slouží k odfiltrování vlivu rozdílné vegetace na lokalitách a je konstruován na základě předpokládaného počtu semenáčků na lokalitách za podmínky, že se na celé ploše vyskytuje pouze opad (viz kap. 5.2.4).

V prvním sledovaném období byly nejpříznivější podmínky pro přirozenou obnovu smrku ztepilého zaznamenány na lokalitě Modrý důl (1,00), dále následovaly lokality Pašerácký chodníček (0,16) a Alžbětinka (0,10) a nejhorsími podmínkami se vyznačovala lokalita Slunečné údolí (0,08). V druhém období bylo pořadí lokalit podle příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu odlišné: Slunečné údolí (1,00), Alžbětinka (0,98), Modrý důl (0,76) a Pašerácký chodníček (0,39). Výsledky statistického vyhodnocení rozdílů v hodnotách opadového koeficientu mezi lokalitami v rámci daných dvou let je znázorněno na obrázku 21.



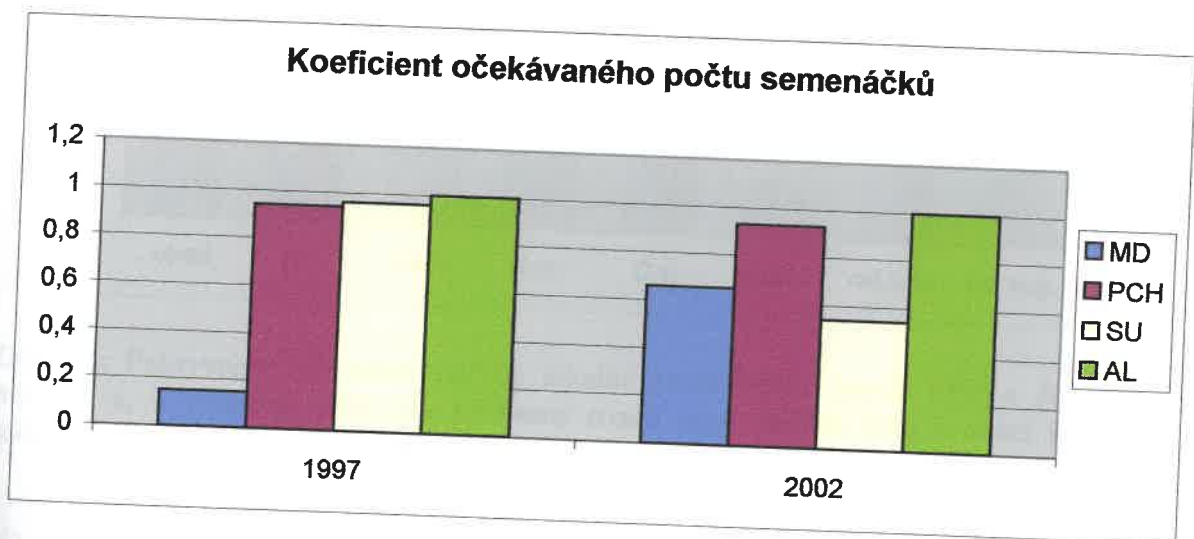
Obr. 21: Hodnoty opadového koeficientu stanovené na základě množství dvouletých semenáčků smrku ztepilého nalezených na opadu a pokryvnosti tohoto mikrostanoviště v letech 1997 a 2002 na lokalitách Modrý důl (MD), Alžbětinka (AL), Pašerácký chodníček (PCH) a Slunečné údolí (SU). Tento koeficient je zkonstruován na základě předpokládaného počtu semenáčků na lokalitách za podmínky, že se na celé ploše vyskytuje pouze opad. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými lokalitami v rámci sledovaných let na hladině významnosti 5 % (Kruskal-Wallisův Z test).

V roce 2002 byly hodnoty opadového koeficientu mnohem vyrovnanější oproti roku 1997. Statistická průkaznost rozdílů v hodnotách opadového koeficientu mezi danými dvěma lety v rámci jednotlivých lokalit je uvedena v tabulce 6.

Ke srovnání lokalit z hlediska příznivosti jejich podmínek včetně zastoupení jednotlivých mikrostanovišť pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v daných dvou sledovaných obdobích (1995 – 1997 a 2000 – 2002) byl použit koeficient očekávaného počtu semenáčků (viz kap. 5.2.4). V tomto případě platí, že čím nižší hodnoty koeficient nabývá, tím jsou podmínky na dané lokalitě příznivější. V prvním sledovaném období poskytovala výrazně nejlepší podmínky pro přirozenou obnovu lokalita Modrý důl. Ostatní lokality se pak v tomto ohledu mezi sebou příliš nelišily. V druhém období se jako nepříznivější lokalita jeví Slunečné údolí (0,54), za ním následoval Modrý důl (0,66), Pašerácký chodníček a posledním místě v pořadí lokalit podle příznivosti souboru mikrostanovištních podmínek pro přirozenou obnovu byla opět lokalita Alžbětinka (1,00) (obrázek 22).

Tab. 6: Hodnoty opadového koeficientu na lokalitách Alžbětinka, Modrý důl, Slunečné údolí a Pašerácký chodníček v období mezi lety 1997 a 2002. Tento koeficient je zkonstruován na základě předpokládaného počtu semenáčků na lokalitách za podmínky, že se na celé ploše vyskytuje pouze opad. Statistické zhodnocení rozdílů v hodnotách opadového koeficientu mezi lety 1997 a 2002 v rámci jednotlivých lokalit. Písmeno P vyjadřuje statisticky průkazný rozdíl mezi danými dvěma lety v rámci jednotlivých lokalit na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).

| Rok | Modrý důl | Pašerácký chodníček | Slunečné údolí | Alžbětinka |
|------------|-----------|---------------------|----------------|------------|
| 1997 | 1,00 | 0,16 | 0,08 | 0,10 |
| 2002 | 0,76 | 0,39 | 1,00 | 0,98 |
| p-hodnota | 0,002 | 0,007 | 0,009 | 0,032 |
| průkaznost | P | P | P | P |

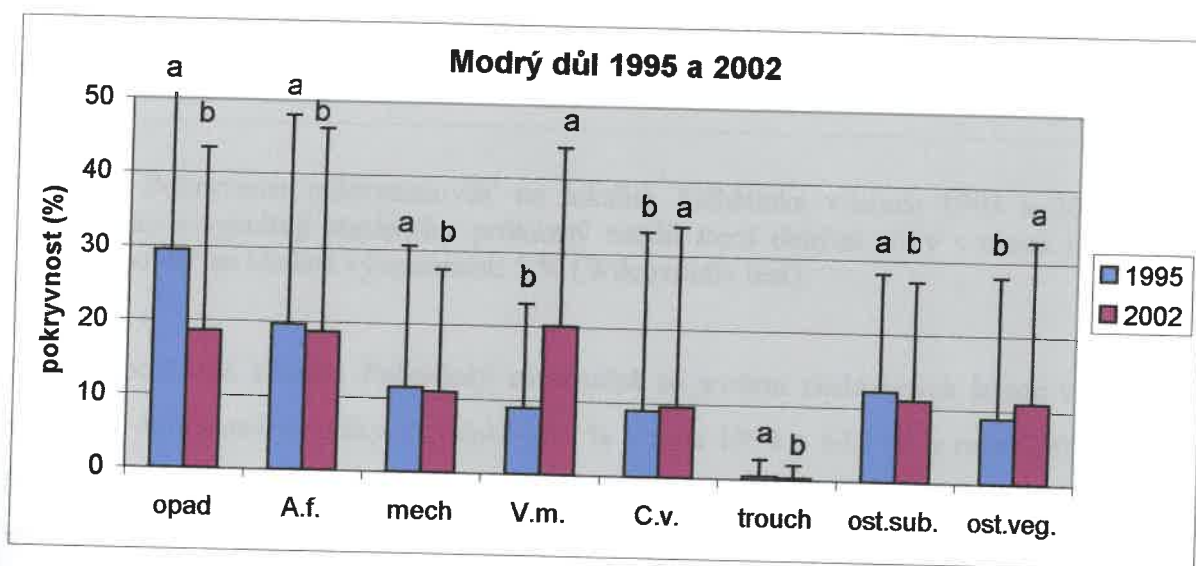


Obr. 22: Hodnoty koeficientu očekávaného počtu semenáčků na lokalitách Alžbětinka (AL), Modrý důl (MD), Pašerácký chodníček (PCH) a Slunečné údolí (SU) v letech 1997 a 2002. Očekávaný počet semenáčků byl vypočten jako suma součinů průměrného procentického zastoupení jednotlivých mikrostanovišť na všech plochách kromě plochy X a průměrných hustot semenáčků na těchto mikrostanovištích za všechny plochy kromě plochy X. Koeficient očekávaného počtu semenáčků se rovná podílu očekávaného počtu semenáčků na dané lokalitě a maximální hodnoty očekávaného počtu semenáčků, dosažené na jedné z lokalit.

6.7 Zastoupení mikrostanovišť na lokalitách v letech 1995 a 2002

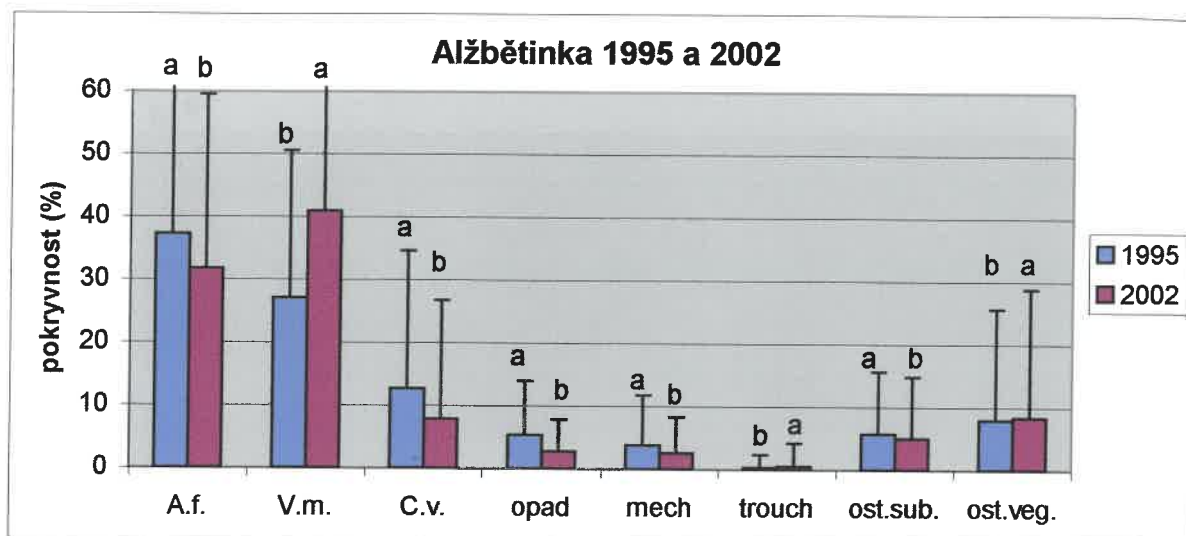
Zastoupení mikrostanovišť se na jednotlivých lokalitách více či méně lišilo. Lze však říci, že na všech z nich v bylinném patře dominovaly metlička křivolaká, brusnice borůvka a třtina chloupkatá. Ostatní druhy byly hodnoceny společně v kategorii „ostatní vegetace“. Druhy mechového patra nebyly rozlišovány a byly zaznamenány jednotně jako kategorie „mech“.

Na lokalitě *Modrý důl* s nejméně poškozeným smrkovým porostem převládal v roce 1995 opad (pokryvnost 29,5 %), pak následoval porost metličky křivolaké (19,7 %) a mech (11,4 %). Porost brusnice borůvky a třtiny chloupkaté zaujímal shodně 8,9 % a trouch se vyskytoval pouze na 0,4 % plochy. Do roku 2002 došlo k výraznému poklesu pokryvnosti opadu (na 18,6 %) a k značné expanzi porostu brusnice borůvky (na 20,1 %). Ostatní změny jsou méně významné a pohybují se v rámci 1 až 2 %. Všechny změny jsou však na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (obrázek 23).



Obr. 23: Pokryvnost mikrostanovišť na lokalitě Modrý důl v letech 1995 a 2002. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi danými roky v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).

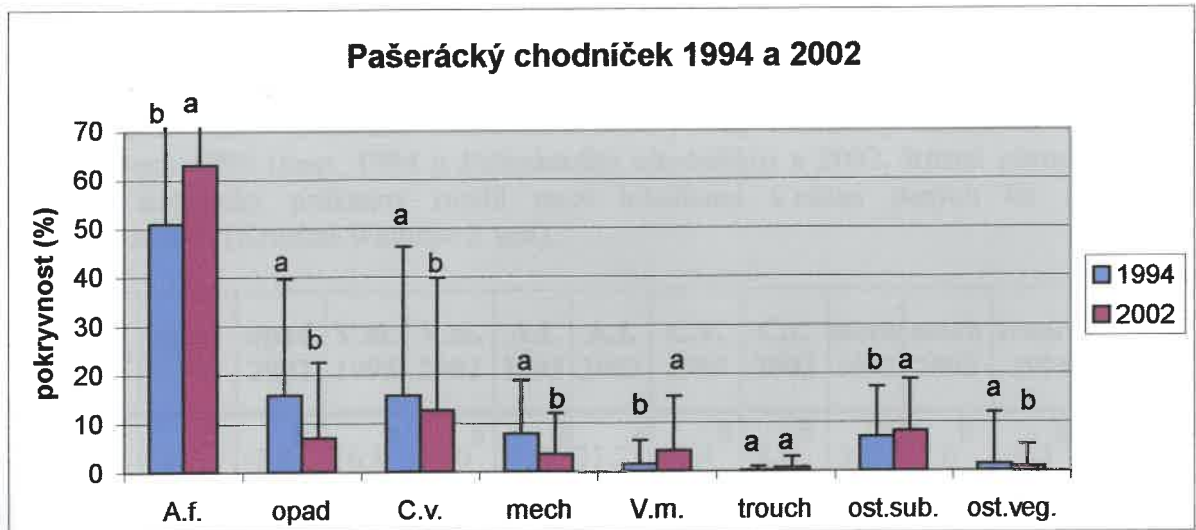
Na lokalitě *Alžbětinka* zaujímal v roce 1995 největší plochu porost metličky křivolaké (37,2 %) a brusnice borůvky (27 %). Hranici desetiprocentní pokryvnosti přesáhla ještě třtina chloupkatá (12,7 %). Opad zaujímal pouze 5 % plochy, mech 3,8 % a nejnižším zastoupením se vyznačoval opět trouch (0,3 %). K největší změně mezi roky 1995 a 2002 došlo u porostu brusnice borůvky, který se zvětšil na 40,9 %. Pokles v pokryvnosti byl zaznamenán u metličky křivolaké (na 31,7 %), třtiny chloupkaté (na 7,9 %), opadu (na 2,8 %) i mechu (na 2,6 %). Rozdíly v pokryvnosti mezi roky 1995 a 2002 jsou opět u všech mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (obrázek 24).



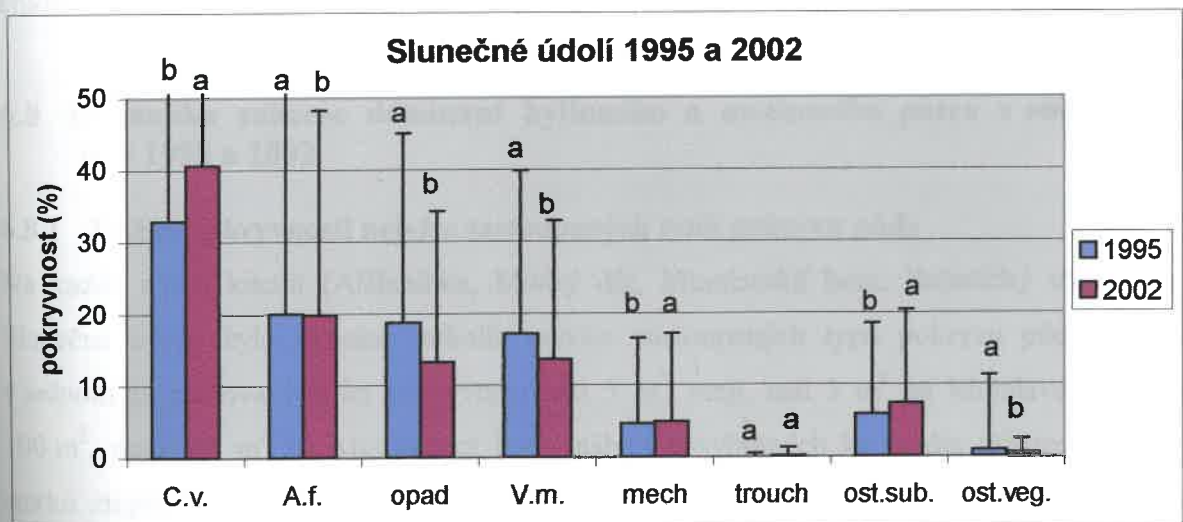
Obr. 24: Pokryvnost mikrostanovišť na lokalitě Alžbětinka v letech 1995 a 2002. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi danými roky v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).

Nejvýše položená lokalita *Pašerácký chodníček* se v obou sledovaných letech vyznačovala výraznou dominancí metličky křivolaké (51 % v roce 1994 a 63,1 % v roce 2002). Opad a porost třtiny chloupkaté zabíral v roce 1994 okolo 15 % plochy a mech 7,7 %. Trough se zde vyskytoval jen v minimálním množství (0,1 %). Za zmínku stojí také podstatně nižší zastoupení porostu brusnice borůvky (1,5 % v roce 1994 a 4,2 % v roce 2002) oproti ostatním lokalitám. Mezi roky 1994 a 2002 došlo k nárůstu u porostu metličky křivolaké a brusnice borůvky a naopak k zmenšení plochy pokryté třtinou chloupkatou (12,6 %), opadem (6,9 %) a mechem (3,6 %). Pouze v případě trouchu nebyla změna v pokryvnosti mezi lety 1994 a 2002 na hladině významnosti 5 % statisticky průkazná (obrázek 25).

Na lokalitě *Slunečné údolí* dominovala třtina chloupkatá a mezi sledovanými roky se její zastoupení zvětšilo z 32,9 % na 40,6 %. Pokryvnost metličky křivolaké, opadu a brusnice borůvky se v roce 1995 pohybovala v rozmezí od 17 do 20 %. Nejvýraznější úbytek zaznamenal opad (z 18,7 % v roce 1995 na 13,2 % v roce 2002). Zastoupení mechu se mezi roky 1995 a 2002 příliš nezměnilo a zůstalo těsně pod pětiprocentní hranicí. Trough se na této lokalitě v roce 1995 vůbec nevyskytoval a do roku 2002 jeho pokryvnost vzrostla na pouhé 0,1 %. Kromě trouchu jsou všechny rozdíly v pokryvnosti mezi danými roky na hladině významnosti 5 % v rámci jednotlivých mikrostanovišť statisticky průkazné (obrázek 26).



Obr. 25: Pokryvnost mikrostanovišť na lokalitě Pašerácký chodníček v letech 1994 a 2002. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi danými roky v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).



Obr. 26: Pokryvnost mikrostanovišť na lokalitě Slunečné údolí v letech 1995 a 2002. Různá písmena a, b vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi danými roky v rámci jednotlivých mikrostanovišť na hladině významnosti 5 % (Wilcoxonův test).

Výsledky statistického vyhodnocení rozdílů v pokryvnosti vybraných mikrostanovišť mezi lokalitami v rámci jednotlivých let jsou přehledně zpracovány v tabulce 7.

Tab. 7: Pokryvnosti vybraných mikrostanovišť na lokalitách Alžbětinka (AL), Modrý důl (MD), Pašerácký chodníček (PCH) a Slunečné údolí (SU) v letech 1995 (resp. 1994 u Pašeráckého chodníčku) a 2002. Statistické vyhodnocení rozdílů v pokryvnosti vybraných mikrostanovišť mezi lokalitami Alžbětinka, Modrý důl, Pašerácký chodníček a Slunečné údolí v letech 1995 (resp. 1994 u Pašeráckého chodníčku) a 2002. Různá písmena a, b, c, vyjadřují statisticky průkazný rozdíl mezi lokalitami v rámci daných let na hladině významnosti 5 % (Kruskal-Wallisův Z test).

| Lokalita | opad 1995 | opad 2002 | V.m. 1995 | V.m. 2002 | A.f. 1995 | A.f. 2002 | C.v. 1995 | C.v. 2002 | mech 1995 | mech 2002 | trouch 1995 | trouch 2002 |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| AL | 4,9 ^c | 2,8 ^b | 26,8 ^a | 41,0 ^a | 37,4 ^b | 31,7 ^b | 12,4 ^b | 8,0 ^b | 3,8 ^b | 2,6 ^b | 0,3 ^a | 0,5 ^b |
| MD | 30,2 ^a | 19,0 ^a | 9,0 ^b | 20,1 ^b | 19,0 ^c | 18,7 ^c | 8,8 ^c | 9,5 ^b | 12,2 ^a | 10,9 ^a | 0,5 ^a | 0,3 ^{ab} |
| PCH | 15,6 ^b | 7,0 ^b | 1,6 ^c | 4,3 ^c | 50,7 ^a | 63,2 ^a | 14,8 ^{bc} | 12,7 ^b | 7,7 ^a | 3,3 ^b | 0,1 ^a | 0,6 ^a |
| SU | 18,6 ^b | 13,2 ^a | 16,8 ^b | 13,6 ^b | 19,9 ^c | 19,8 ^c | 31,4 ^a | 40,6 ^a | 4,7 ^b | 4,9 ^b | 0,1 ^a | 0,1 ^b |

Legenda: A.f. – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), C.v. – *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá), V.m. – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka),

6.8 Dynamika sukcese dominant bylinného a mechového patra v období mezi lety 1995 a 2002

6.8.1 Změny pokryvnosti nejvíce zastoupených typů pokryvu půdy

Na každé z pěti lokalit (Alžbětinka, Modrý důl, Mumlavská hora, Pašerácký chodníček a Slunečné údolí) bylo vybráno několik nejvíce zastoupených typů pokryvu půdy (alespoň v jednom ze sledovaných let pokryvnost nad 5 m², resp. nad 3 m² na Mumlavské hoře ze 100 m², resp. 60 m² na Mumlavské hoře, náhodně vybraných ke studiu přirozené obnovy smrku ztepilého a sukcese vegetace). U nich byla sledována změna v pokryvnosti mezi lety 1995 a 2002 a následně také „osud“ těchto typů pokryvu, tj. na čí úkor narůstaly nebo naopak v čí prospěch ustupovaly.

Lokalita *Alžbětinka* se v roce 1995 vyznačovala největším zastoupením hustého porostu metličky křivolaké (20,65 m²), hustého porostu brusnice borůvky (18,17 m²) a směsí hustého porostu metličky křivolaké a řídkého porostu třtiny chloupkaté (12,38 m²). Následovaly souhrnné kategorie ostatní vegetace a ostatní substrát a hranici 5 m² splňovaly ještě opad (5,18 m²) a hustý porost třtiny chloupkaté (5,18 m²). Do roku 2002 zaznamenaly významnější pokles kategorie hustý porost metličky křivolaké (na 13,82 m²), opad (na 2,62 m²) a hustý porost třtiny chloupkaté (na 1,04 m²). Naopak nárůst pokryvnosti byl zjištěn zejména u směsí hustého porostu brusnice borůvky s mechem (z 1,54 m² na 5,32 m²) a hustého porostu

brusnice borůvky s hustým porostem metličky křivolaké (z 2,54 m² na 4,98 m²). Všechny změny pokryvnosti mezi danými roky jsou na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (tabulka 8).

Na nejméně narušené lokalitě **Modrý důl** se v roce 1995 v největší míře vyskytovaly opad (29,36 m²), mech (14,00 m²) a hustý porost metličky křivolaké (13,22 m²). Dále následovaly opět obě souhrnné kategorie ostatní substrát a ostatní vegetace. Za zmínku stojí ještě výrazná expanze hustého porostu brusnice borůvky, který v roce 1995 pokrýval 5,69 m² a do roku 2002 se jeho pokryvnost zvýšila až na 13,46 m². Naopak nejvýraznější celkový pokles v pokryvnosti se projevil u opadu (18,30 m²). I na této lokalitě jsou všechny rozdíly v pokryvnosti jednotlivých kategorií mezi lety 1995 a 2002 na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (tabulka 8)

Skoro polovinu z hodnocené plochy (59 m²) na lokalitě **Mumlavská hora**, která je charakteristická téměř zcela odumřelým smrkovým porostem a minimální přirozenou obnovou, porůstal v roce 1995 hustý porost metličky křivolaké (27,24 m²). Do rozmezí pokryvnosti od 3,5 do 6,5 m² spadaly kategorie ostatní substrát, hustý porost brusnice borůvky a směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté a hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké. Největší nárůst pokryvnosti mezi lety 1995 a 2002 byl pozorován u směsi hustého porostu brusnice borůvky s řídkým porostem metličky křivolaké (z 1,19 m² na 7,39 m²) a nejvýraznější pokles u hustého porostu metličky křivolaké (na 16,44 m² v roce 2002). Statistická průkaznost jednotlivých změn je vyhodnocena v tabulce 8.

Na nejvýše položené lokalitě **Pašerácký chodníček** dominoval v roce 1994 hustý porost metličky křivolaké (36,54 m²). Dále následovaly opad (15,61 m²) a směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké (10,25 m²) a hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (8,60 m²). Okolo 7 m² pokrývaly v roce 1994 shodně kategorie mech a ostatní substrát. Výrazným nárůstem pokryvnosti mezi lety 1994 a 2002 se vyznačovaly hustý porost metličky křivolaké s mechem (z 3,26 m² na 12,32 m²) a řídký porost metličky křivolaké (z 0,89 m² na 6,22 m²). Výraznější ústup zaznamenaly opad (na 6,39 m²), mech (na 3,81 m²) a hustý porost metličky křivolaké (na 30,44 m²). Změny pokryvnosti mezi lety 1994 a 2002 byly u všech sledovaných kategorií na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (tabulka 8).

Lokalitu **Slunečné údolí** charakterizovala větší vyrovnanost v zastoupení hlavních kategorií pokryvu půdy. Mezi nejvíce zastoupené patřily v roce 1995 hustý porost třtiny chloupkaté (18,66 m²), opad (17,95 m²), hustý porost metličky křivolaké (12,72 m²) a hustý porost

brusnice borůvky (12,43 m²). Kolem hranice pokryvnosti 5 % se v roce 1995 pohybovaly kategorie ostatní substrát, směs hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté a mech. Nejvýznamnější změna mezi lety 1995 a 2002 nastala u směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké, která zvětšila svou pokryvnost z 0,54 m² na 8,49 m². Výraznější pokles pokryvnosti byl sledován u opadu (na 12,78 m²), hustého porostu brusnice borůvky (na 8,18 m²) a směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (na 2,90 m²). Všechny rozdíly v pokryvnosti jednotlivých kategorií mezi lety 1995 a 2002 byly na hladině významnosti 5 % statisticky průkazné (tabulka 8).

Tab. 8: Pokryvnost (m²) nejvíce zastoupených typů pokryvu půdy na jednotlivých lokalitách v letech 1995 (Pašerácký chodníček – 1994) a 2002. Statistická průkaznost rozdílů mezi danými roky na hladině významnosti 5 % (párový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test).

Alžbětinka

| rok | hustá A.f. | hustá V.m. | hustá A.f.+ řídká C.v. | ost.veg. | ost.sub. | opad | hustá C.v. | hustá V.m. + mech | hustá V.m. +hustá A.f. |
|------------|------------|------------|---------------------------|----------|----------|-------|------------|----------------------|---------------------------|
| 1995 | 20,65 | 18,17 | 12,38 | 7,49 | 5,65 | 5,18 | 5,18 | 1,54 | 2,54 |
| 2002 | 13,82 | 19,72 | 12,33 | 6,74 | 5,28 | 2,65 | 1,04 | 5,32 | 4,98 |
| test | PT | PT | PT | W | PT | PT | PT | PT | W |
| p-hodnota | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,007 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,026 | 0,013 |
| průkaznost | P | P | P | P | P | P | P | P | P |

Modrý důl

| rok | opad | mech | hustá A.f. | ost.sub. | ost.veg. | hustá V.m. |
|------------|-------|-------|------------|----------|----------|------------|
| 1995 | 29,36 | 14,00 | 13,22 | 11,60 | 5,90 | 5,69 |
| 2002 | 18,30 | 13,47 | 11,73 | 10,86 | 7,84 | 13,45 |
| test | PT | PT | PT | PT | W | PT |
| p-hodnota | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,002 |
| průkaznost | P | P | P | P | P | P |

Mumlavská hora

| rok | hustá A.f. | ost.sub. | hustá V.m. | hustá A.f.+ řídká C.v. | hustá C.v.+ hustá A.f. | hustá V.m.+ řídká A.f. |
|------------|------------|----------|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1995 | 27,24 | 6,44 | 5,41 | 5,05 | 3,84 | 1,19 |
| 2002 | 16,44 | 4,86 | 8,56 | 7,80 | 3,77 | 7,39 |
| test | W | W | W | W | W | W |
| p-hodnota | 0,036 | 0,036 | 0,045 | 0,036 | 0,067 | 0,200 |
| průkaznost | P | P | P | P | NP | NP |

Pašerácký chodníček

| rok | hustá A.f. | opad | hustá C.v.+ hustá A.f. | hustá A.f.+ řídka C.v. | mech | ost.sub. | hustá A.f. + mech | řídka A.f. |
|------------|------------|-------|---------------------------|---------------------------|-------|----------|----------------------|------------|
| 1994 | 36,54 | 15,61 | 10,25 | 8,60 | 7,66 | 7,03 | 3,26 | 0,89 |
| 2002 | 30,44 | 6,39 | 10,50 | 7,77 | 3,81 | 8,14 | 12,32 | 6,22 |
| test | PT | PT | PT | PT | PT | PT | W | W |
| p-hodnota | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,019 | 0,000 | 0,000 | 0,006 | 0,020 |
| průkaznost | P | P | P | P | P | P | P | P |

Slunečné údolí

| rok | hustá C.v. | opad | hustá A.f. | hustá V.m. | ost.sub. | hustá A.f.+ řídka C.v. | mech | hustá C.v. + mech | hustá C.v.+ hustá A.f. |
|--------|---------------|-------|------------|------------|----------|---------------------------|-------|----------------------|---------------------------|
| 1995 | 18,66 | 17,95 | 12,72 | 12,43 | 5,56 | 5,00 | 4,95 | 4,26 | 0,54 |
| 2002 | 16,28 | 12,78 | 10,54 | 8,18 | 7,05 | 2,90 | 4,70 | 5,90 | 8,49 |
| test | PT | W | W | PT | PT | PT | PT | PT | W |
| p-hod. | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,041 | 0,003 | 0,027 | 0,032 |
| průk. | P | P | P | P | P | P | P | P | P |

Legenda:

PT – párový *t* test, W – Wilcoxonův test

P – průkazný rozdíl, NP – neprůkazný rozdíl

A.f. – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), C.v. – *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá), V.m. – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka), ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

6.8.2 Sukcese typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002

K hodnocení sukcese různých typů pokryvu půdy bylo na každé lokalitě vybráno několik nejvíce zastoupených a nejvíce se měnících kategorií. U zvolených kategorií byl sledován jak jejich plošný úbytek ve prospěch ostatních typů pokryvu, tak i jejich plošný nárůst na úkor těchto typů pokryvu půdy.

Na lokalitě **Alžbětinka** byly podrobněji hodnoceny (pořadí podle klesající pokryvnosti) hustý porost metličky křivolaké, hustý porost brusnice borůvky, dále směs hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté, opad a hustý porost třtiny chloupkaté.

Plocha, na které se **hustý porost metličky křivolaké** vyskytoval v roce 1995 i v roce 2002, činila 7,18 m². Její největší úbytek byl zaznamenán ve prospěch hustého porostu brusnice borůvky (2,81 m²) a směsi hustého porostu brusnice borůvky s řídkým porostem metličky křivolaké (2,25 m²), hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (2,20 m²) a hustého porostu brusnice borůvky s hustým porostem metličky křivolaké

(1,53 m²). Významněji narostl hustý porost metličky křivolaké zejména na úkor směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (2,23 m²).

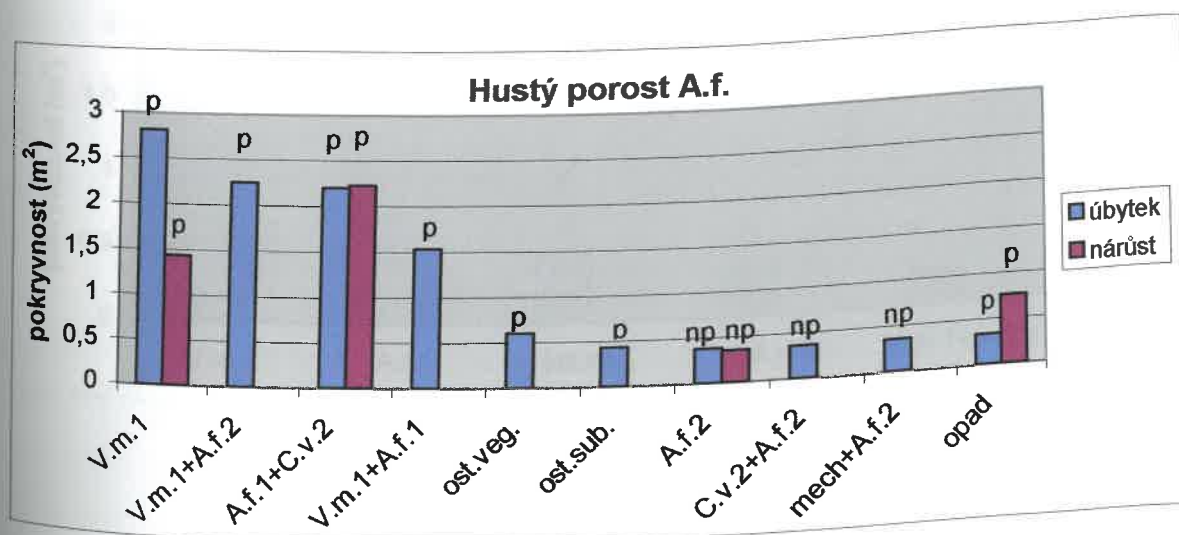
Hustý porost brusnice borůvky se od roku 1995 do roku 2002 nezměnil na ploše 9,07 m². Na zbylé ploše se tato kategorie nejvíce šířila na místa původně pokrytá hustým porostem metličky křivolaké (2,81 m²) a opadem (1,68 m²). Její úbytek byl pozorován hlavně ve prospěch hustého porostu brusnice borůvky s mechem (1,81 m²).

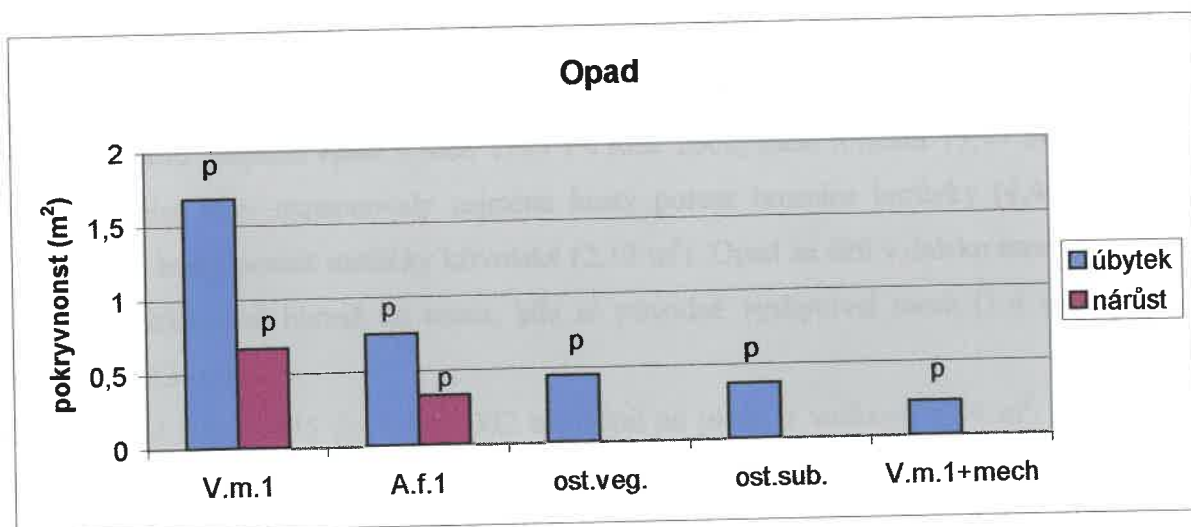
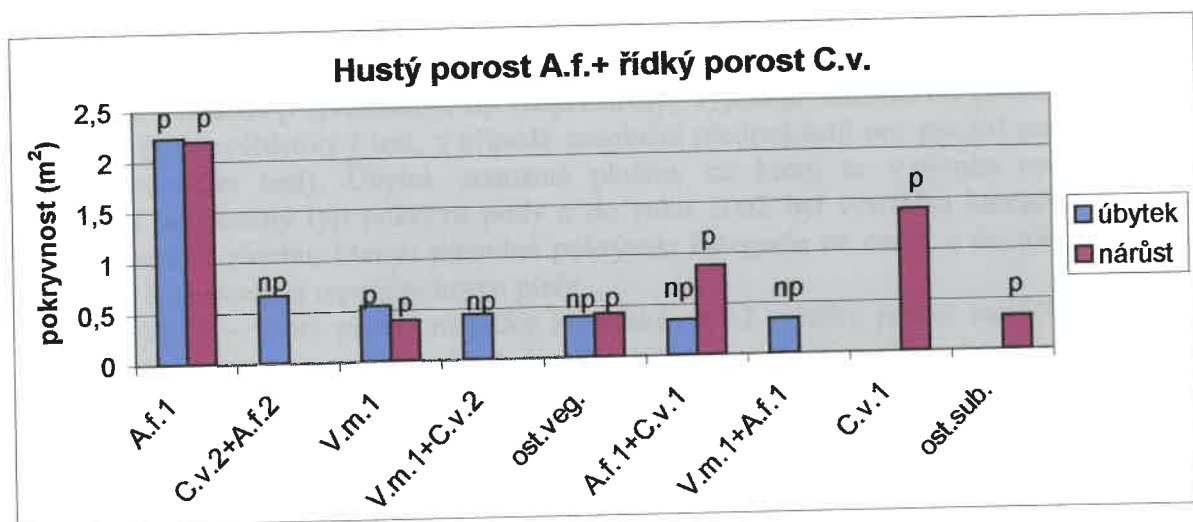
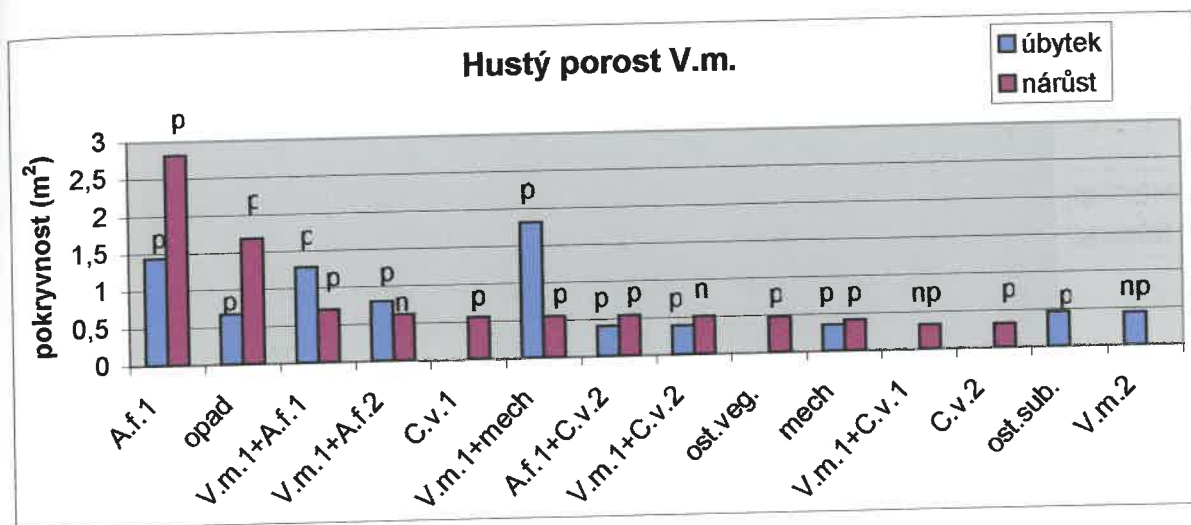
Plocha, kterou pokrývala v roce 1995 i v roce 2002 směs **hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté**, měla rozlohu 5,74 m². Nejvýraznější úbytek i nárůst byl zaznamenán ve prospěch (2,23 m²), resp. na úkor (2,20 m²) hustého porostu metličky křivolaké.

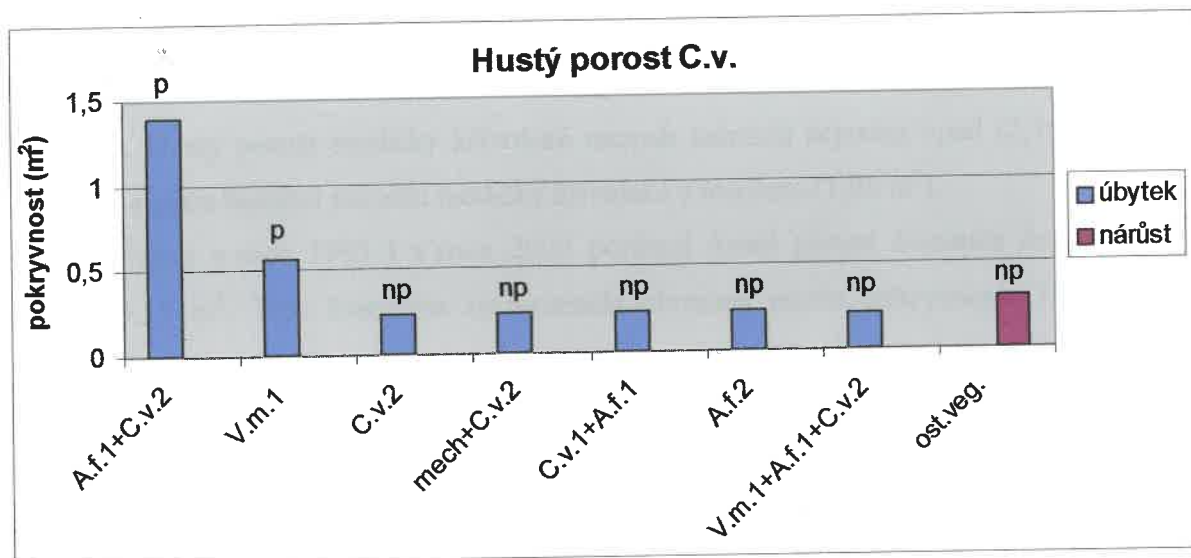
Opad přetrval od roku 1995 do roku 2002 na původním místě pouze na ploše 0,81 m². Na zbylé ploše byl tento substrát zarůstán zejména hustým porostem brusnice borůvky (1,68 m²) a hustým porostem metličky křivolaké (0,75 m²). Na druhou stranu i největší nárůst jeho pokryvnosti se uskutečnil na úkor těchto dvou zmíněných kategorií.

Poslední podrobněji hodnocená kategorie byl **hustý porost třtiny chloupkaté**, který se na této lokalitě vyznačoval vzhledem ke svému nižšímu plošnému zastoupení výraznějším celkovým úbytkem, a to zejména ve prospěch směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (1,40 m²) a dále ve prospěch hustého porostu brusnice borůvky (0,56 m²).

V textu jsou popsány pouze nejvýraznější změny. Podrobnější hodnocení je graficky zpracováno na obrázku 27, kde je znázorněna též statistická průkaznost či neprůkaznost zjištěných změn.







Obr. 27: Dynamika sukcese vybraných typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002 na lokalitě Alžbětinka. Písmena p (průkazný), np (neprůkazný) vyjadřují statistickou průkaznost úbytku či nárůstu (jednovýběrový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test). Úbytek znamená plochu, na které se v prvním roce sledování vyskytoval hodnocený typ pokryvu půdy a do roku 2002 byl vystřídán kategorií na ose x. Nárůst znamená plochu, kterou původně pokrývala kategorie na ose x a do roku 2002 byla vystřídána hodnoceným typem pokryvu půdy.

Legenda: A.f.1 – hustý porost metličky křivolaké, A.f.2 – řídký porost metličky křivolaké, C.v.1 – hustý porost třtiny chloupkaté, C.v.2 – řídký porost třtiny chloupkaté, V.m.1 – hustý porost brusnice borůvky, V.m.2 – řídký porost brusnice borůvky, ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

Na lokalitě **Modrý důl** přesáhly pokryvnost 5 m² pouze čtyři kategorie (kromě ostatního substrátu a ostatní vegetace), a to konkrétně opad, mech, hustý porost metličky křivolaké a hustý porost brusnice borůvky.

Plocha, kterou zaujímal **opad** v roce 1995 i v roce 2002, měla rozlohu 13,97 m². Na ostatní ploše na jeho úkor expandovaly zejména hustý porost brusnice borůvky (4,44 m²), mech (2,90 m²) a hustý porost metličky křivolaké (2,15 m²). Opad se šířil v daleko menší míře. Jeho nárůst se uskutečnil hlavně na místa, kde se původně vyskytoval mech (1,4 m²) a ostatní substrát (1,12 m²).

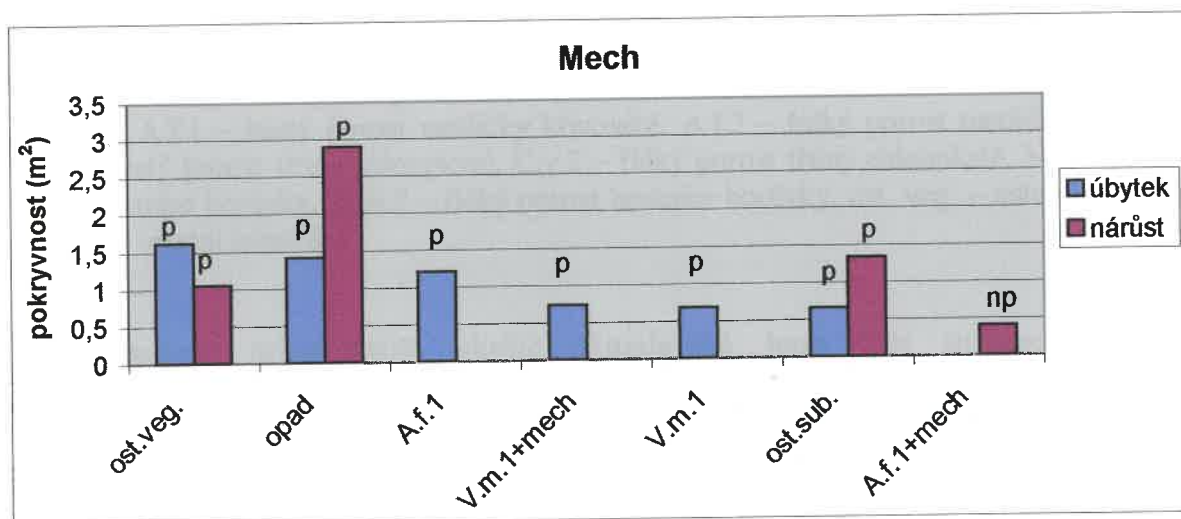
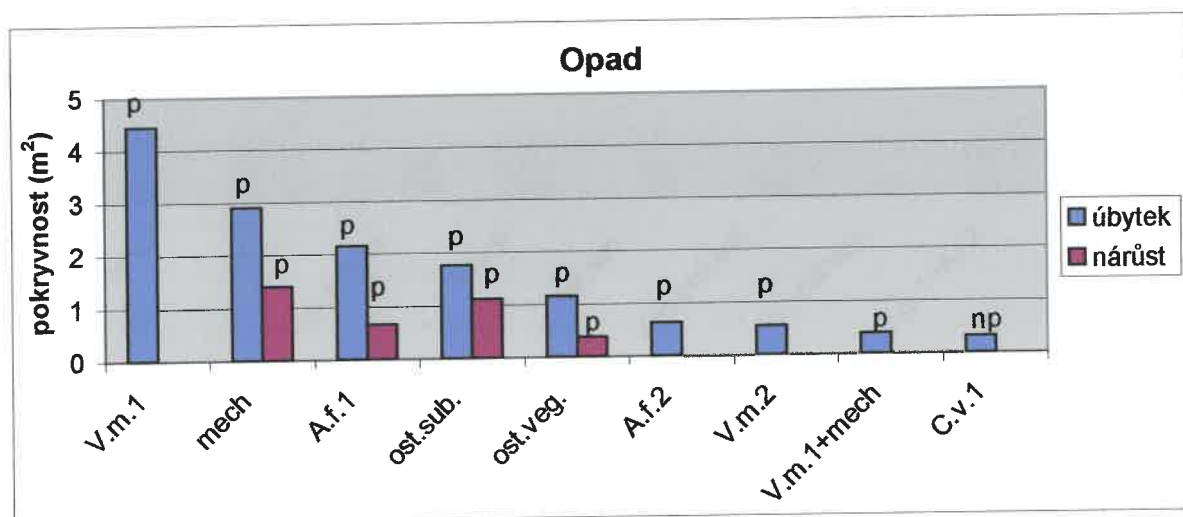
Mech se od roku 1995 do roku 2002 nezměnil na ploše o velikosti 6,94 m². Úbytek jeho pokryvnosti byl rozložen rovnoměrněji mezi více kategorií, z nichž stojí za zmínku především ostatní vegetace (1,62 m²), opad (1,41 m²) a hustý porost metličky křivolaké (1,20 m²). Na druhou stranu se mech výrazně rozšířil do míst, kde se původně nacházel opad (2,9 m²).

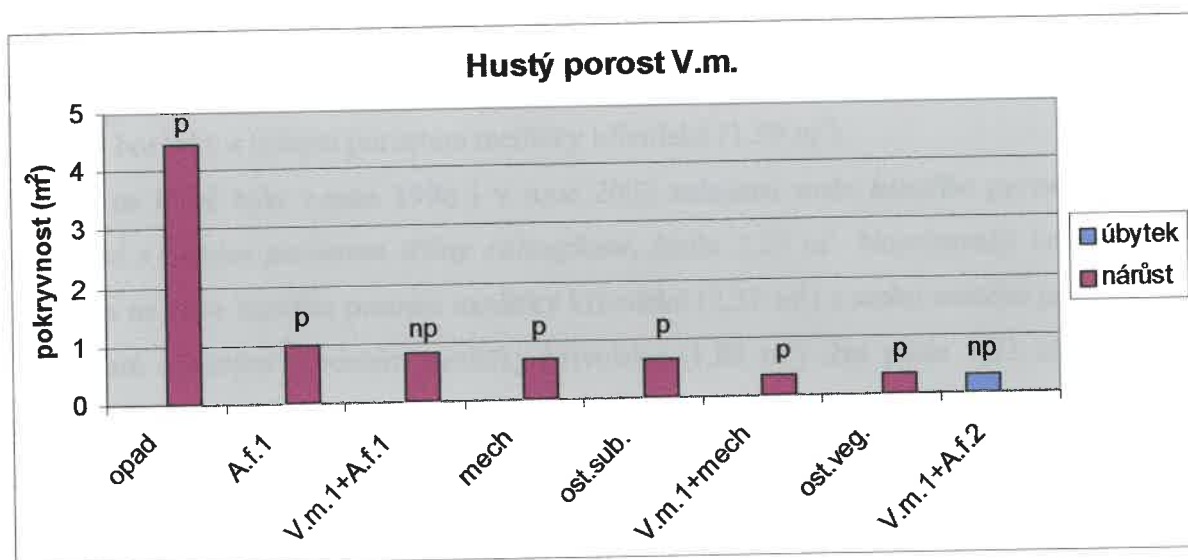
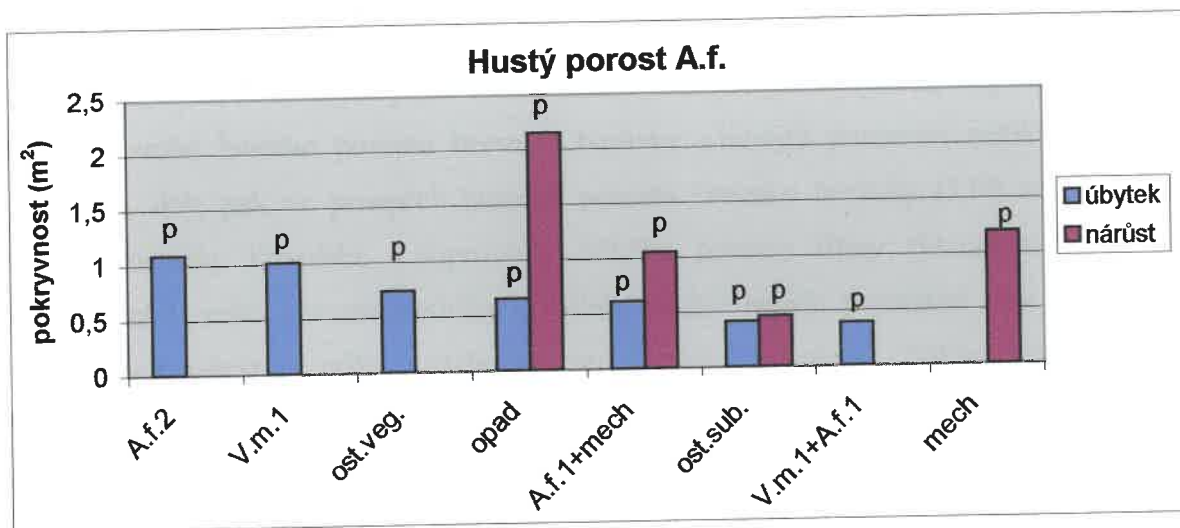
Hustý porost metličky křivolaké přetrval od roku 1995 do roku 2002 na původním místě na ploše 6,38 m². Na zbylé ploše se na jeho místo se šířilo hned několik následujících kategorií:

řidký porost metličky křivolaké (1,09 m²), hustý porost brusnice borůvky (1,01 m²), ostatní vegetace (0,74 m²), opad (0,65 m²) a hustý porost metličky křivolaké v doprovodu mechu (0,61 m²). Hustý porost metličky křivolaké naopak nahradil zejména opad (2,15 m²), mech (1,20 m²) a směs hustého porostu metličky křivolaké s mechem (1,05 m²).

Plocha, kterou v roce 1995 i v roce 2002 porůstal **hustý porost brusnice borůvky**, měla velikost 4,19 m². Tato kategorie zaznamenala ohromný nárůst pokryvnosti. Hustý porost brusnice borůvky expandoval především na úkor opadu (4,44 m²), méně výrazně pak také na úkor hustého porostu metličky křivolaké (1,01 m²), směsi hustého porostu brusnice borůvky s hustým porostem metličky křivolaké (0,81 m²), mechu (0,68 m²) a ostatního substrátu (0,65 m²).

V textu jsou popsány pouze nejvýraznější změny. Podrobnější hodnocení je graficky zpracováno na obrázku 28, kde je znázorněna též statistická průkaznost či neprůkaznost zjištěných změn.





Obr. 28: Dynamika sukcese vybraných typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002 na lokalitě Modrý důl. Písmena p (průkazný), np (neprůkazný) vyjadřují statistickou průkaznost úbytku či nárůstu (jednovýběrový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test). Úbytek znamená plochu, na které se v prvním roce sledování vyskytoval hodnocený typ pokryvu půdy a do roku 2002 byl vystřídán kategorií na ose x. Nárůst znamená plochu, kterou původně pokrývala kategorie na ose x a do roku 2002 byla vystřídána hodnoceným typem pokryvu půdy.

Legenda: A.f.1 – hustý porost metličky křivolaké, A.f.2 – řídký porost metličky křivolaké, C.v.1 – hustý porost třtiny chloupkaté, C.v.2 – řídký porost třtiny chloupkaté, V.m.1 – hustý porost brusnice borůvky, V.m.2 – řídký porost brusnice borůvky, ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

Na dlouhodobě nejzatíženější lokalitě **Mumlavská hora** byla sukcese podrobněji rozpracována u hustého porostu metličky křivolaké, hustého porostu brusnice borůvky a u směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté a hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké.

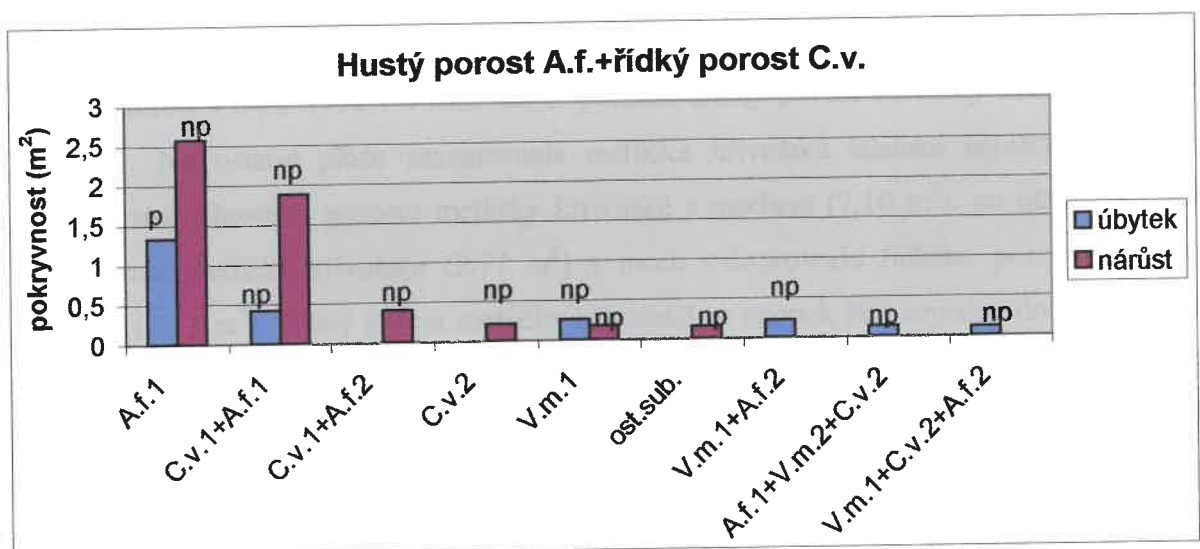
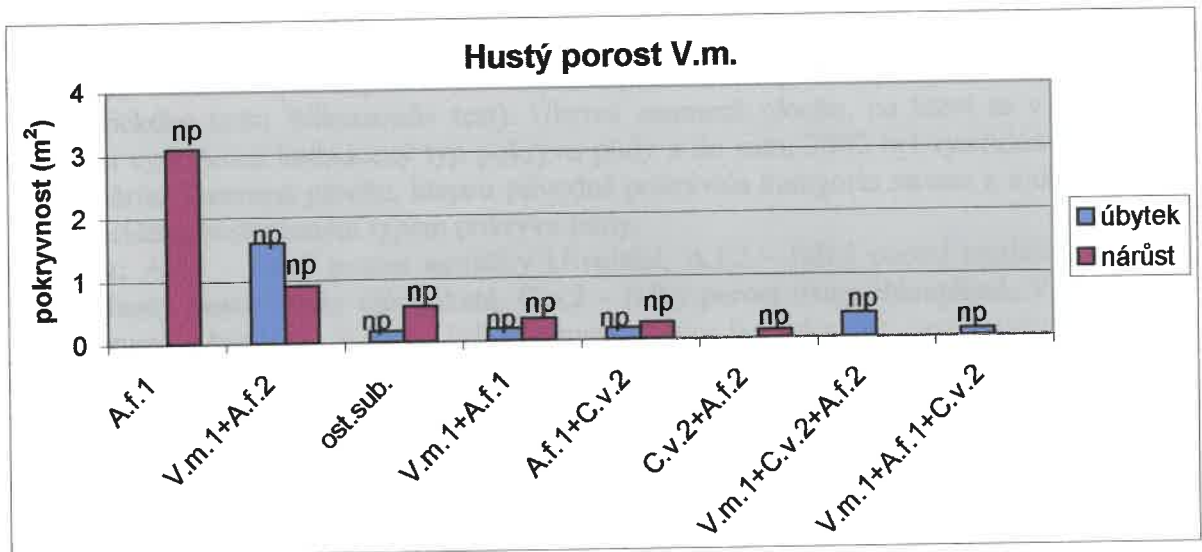
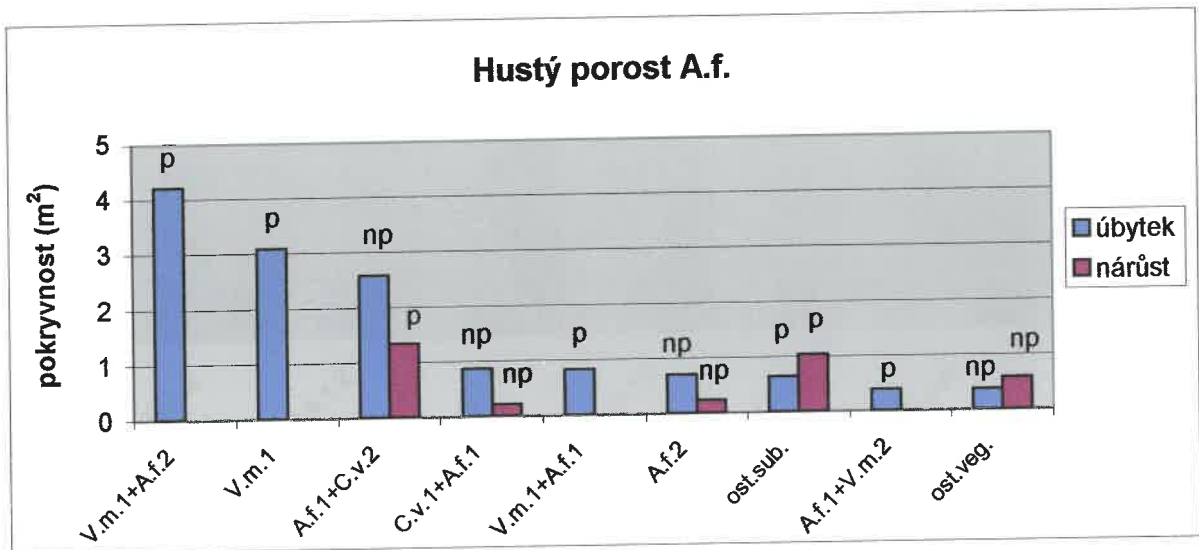
Plocha, kterou v roce 1995 i v roce 2002 pokrýval *hustý porost metličky křivolaké*, měla rozlohu 12,72 m². Na zbylé ploše zaznamenala tato kategorie výrazný úbytek zejména ve prospěch směsi hustého porostu brusnice borůvky s hustým porostem metličky křivolaké (4,21 m²), dále pak ve prospěch hustého porostu brusnice borůvky (3,09 m²) a hustého porostu metličky křivolaké v doprovodu řídkého porostu třtiny chloupkaté (2,57 m²). Rozšiřování hustého porostu metličky křivolaké vcelku nebylo podstatné a za zmínku stojí snad jen její nahrazení směsí hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté na ploše o velikosti 1,33 m².

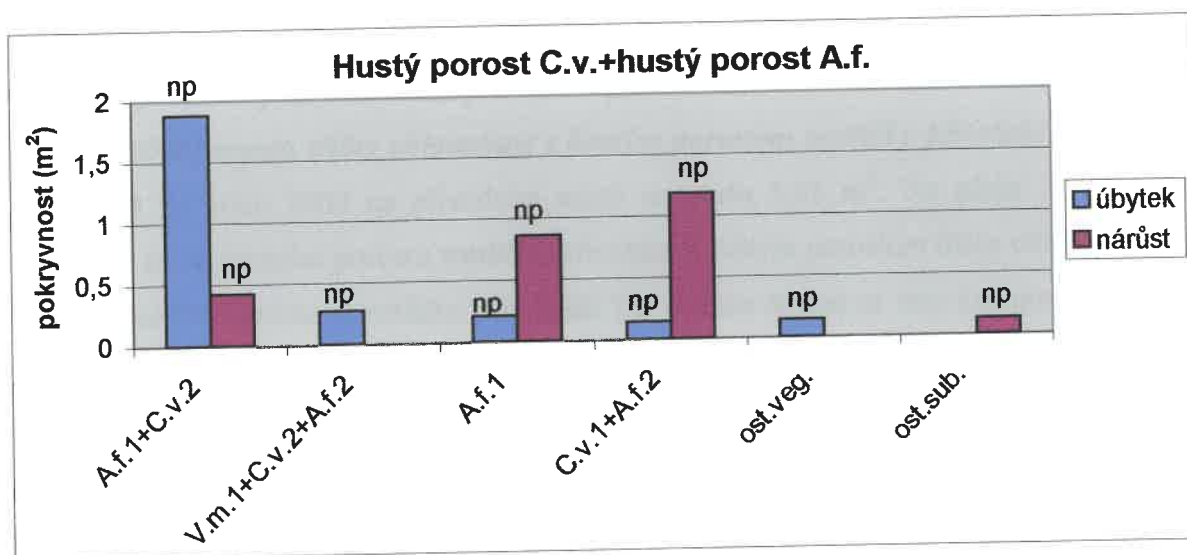
Hustý porost brusnice borůvky přetrval od roku 1995 do roku 2002 na původním místě na ploše 2,63 m². Rozšiřoval se především na místa, která původně porůstal hustý porost metličky křivolaké (3,09 m²) a hustý porost brusnice borůvky s přidavkem řídkého porostu metličky křivolaké (0,90 m²). Nahrazována byla tato kategorie hlavně směsí hustého porostu brusnice borůvky s řídkým porostem metličky křivolaké (1,59 m²).

Plocha, na které byla v roce 1996 i v roce 2002 nalezena směs *hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté*, činila 2,29 m². Nejvýrazněji tato kategorie narůstala na úkor hustého porostu metličky křivolaké (2,57 m²) a směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké (1,88 m²). Na ploše 1,33 m² byla směs hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté vystřídána samotným hustým porostem metličky křivolaké. Ostatní úbytky se pohybovaly pod hranicí 0,5 m².

Poslední hodnocenou kategorií na této lokalitě byla směs *hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké*. Plocha, na které byl tento porost pozorován v roce 1996 i v roce 2002, měla velikost 1,06 m². Na ostatní ploše zaznamenala směs hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké největší úbytek ve prospěch směsi hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (1,88 m²). Na druhou stranu se tento porost rozšířil hlavně na úkor směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s řídkým porostem metličky křivolaké (1,18 m²) a hustého porostu metličky křivolaké (0,86 m²).

V textu jsou popsány pouze nejvýraznější změny. Podrobnější hodnocení je graficky zpracováno na obrázku 29, kde je znázorněna též statistická průkaznost či neprůkaznost zjištěných změn.





Obr. 29: Dynamika sukcese vybraných typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002 na lokalitě Mumlavská hora. Písmena p (průkazný), np (neprůkazný) vyjadřují statistickou průkaznost úbytku či nárůstu (jednovýběrový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test). Úbytek znamená plochu, na které se v prvním roce sledování vyskytoval hodnocený typ pokryvu půdy a do roku 2002 byl vystřídán kategorií na ose x. Nárůst znamená plochu, kterou původně pokrývala kategorie na ose x a do roku 2002 byla vystřídána hodnoceným typem pokryvu půdy.

Legenda: A.f.1 – hustý porost metličky křivolaké, A.f.2 – řídký porost metličky křivolaké, C.v.1 – hustý porost třtiny chloupkaté, C.v.2 – řídký porost třtiny chloupkaté, V.m.1 – hustý porost brusnice borůvky, V.m.2 – řídký porost brusnice borůvky, ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

Na lokalitě **Pašerácký chodníček** byly pro detailnější hodnocení vybrány hustý porost metličky křivolaké, opad, směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké, hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté a hustého porostu metličky křivolaké s mechem a také samotný mech.

Plocha, kterou v roce 1994 i v roce 2002 porůstal **hustý porost metličky křivolaké**, činila 17,01 m². Na ostatní ploše zaznamenala metlička křivolaká zdaleka největší úbytek ve prospěch směsi hustého porostu metličky křivolaké s mechem (7,10 m²), po níž následovaly řídký porost metličky křivolaké (2,77 m²) a mech v doprovodu řídkého porostu metličky křivolaké (2,11 m²). Hustý porost metličky křivolaké se naopak šířil zejména do míst, kde se původně nacházel opad (2,72 m²) nebo mech (2,66 m²).

Opad se na této lokalitě nezměnil od roku 1994 do roku 2002 na ploše o velikosti 5,11 m². Na ostatní ploše postupně zarůstal zejména hustým porostem metličky křivolaké (2,72 m²), řídkým porostem metličky křivolaké (1,35 m²), mechem (1,28 m²), směsí hustého porostu

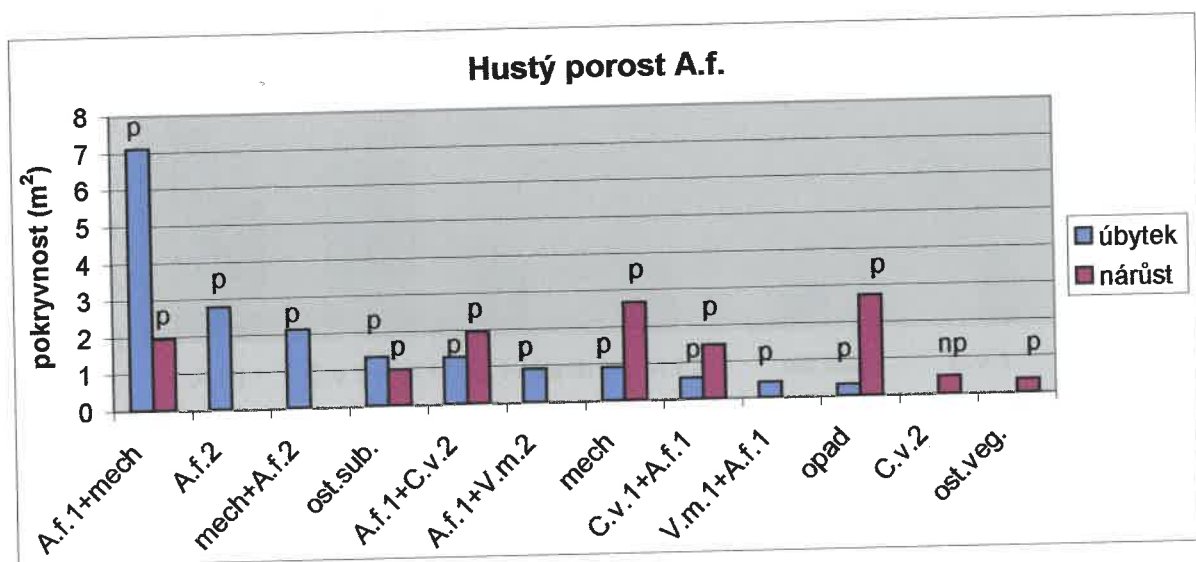
metličky křivolaké s mechem (1,16 m²) a hustým porostem brusnice borůvky (1,07 m²). Významnější nárůst pokryvnosti nebyl u opadu pozorován.

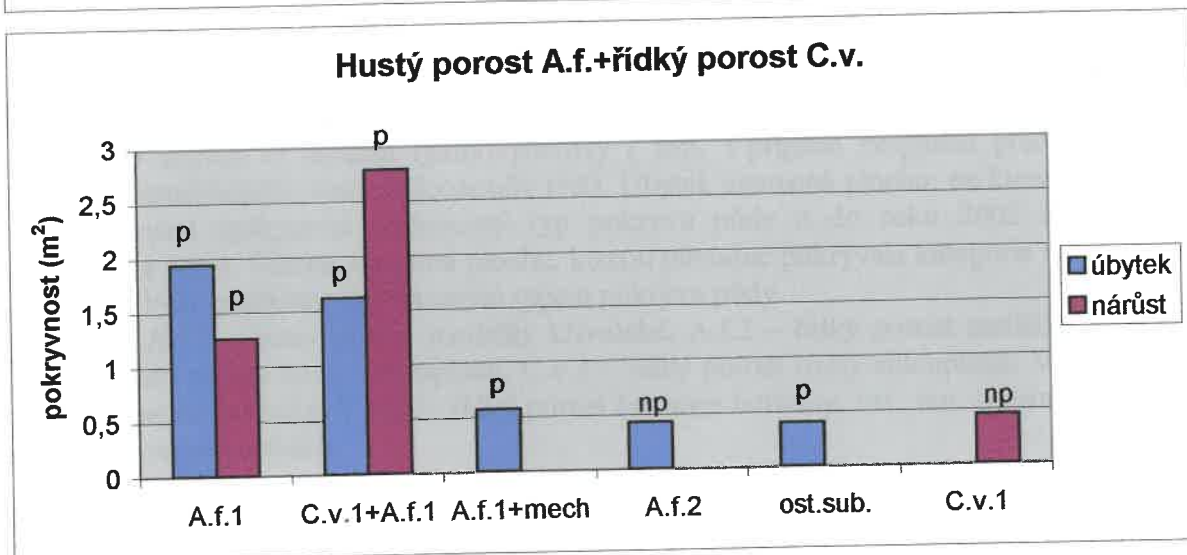
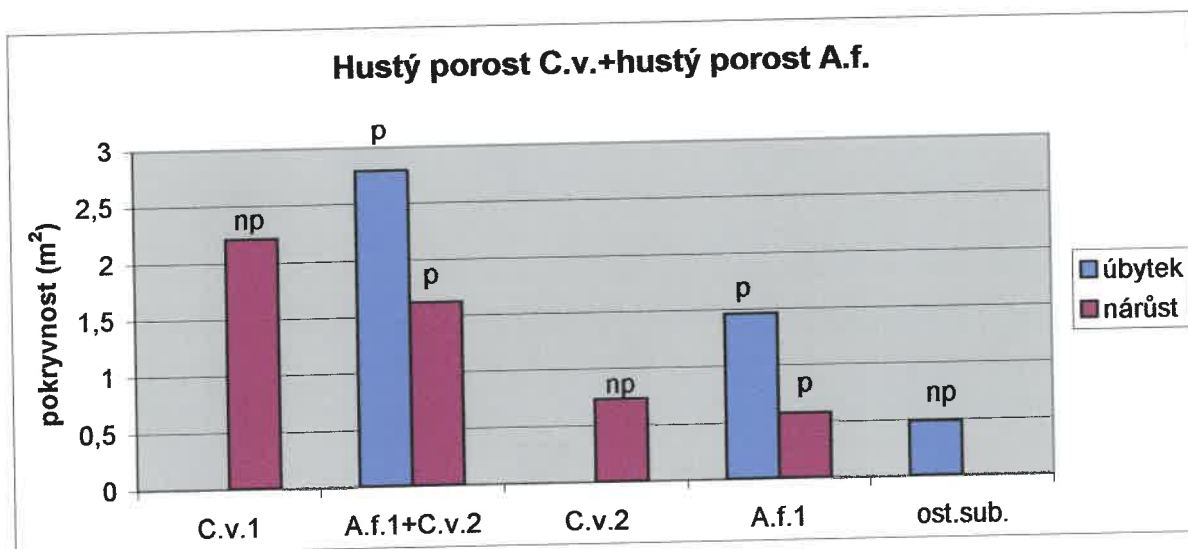
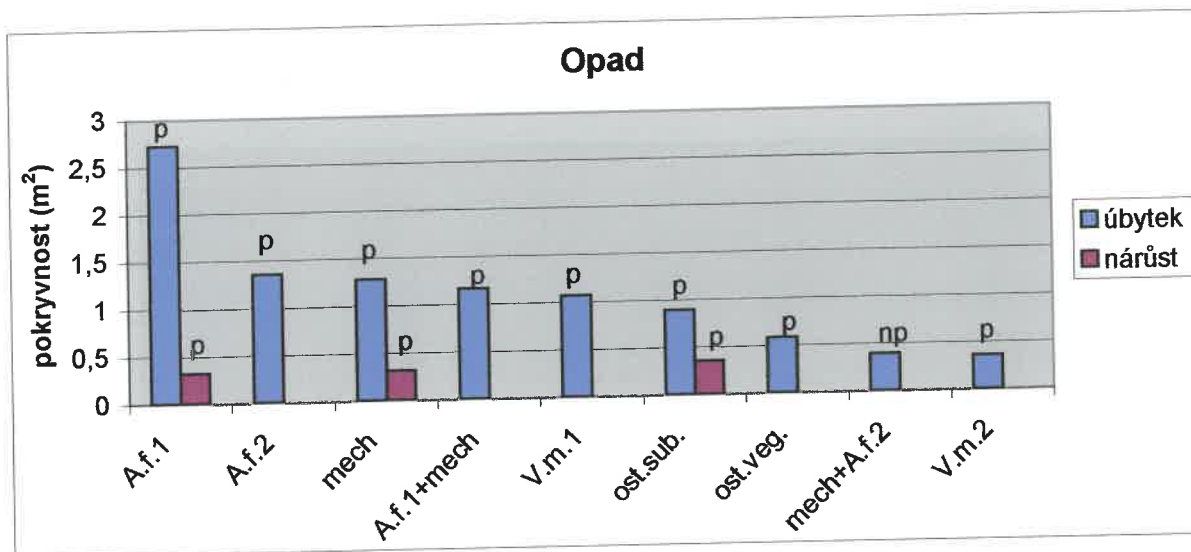
Směs **hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké** přetrvala od roku 1994 do roku 2002 na původním místě na ploše 5,05 m². Na ploše 2,79 m² byla vystřídána směsí hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté a na 1,46 m² hustým porostem metličky křivolaké. Na druhou stranu se tato kategorie rozrůstala především na úkor hustého porostu třtiny chloupkaté (2,21 m²) a hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (1,62 m²).

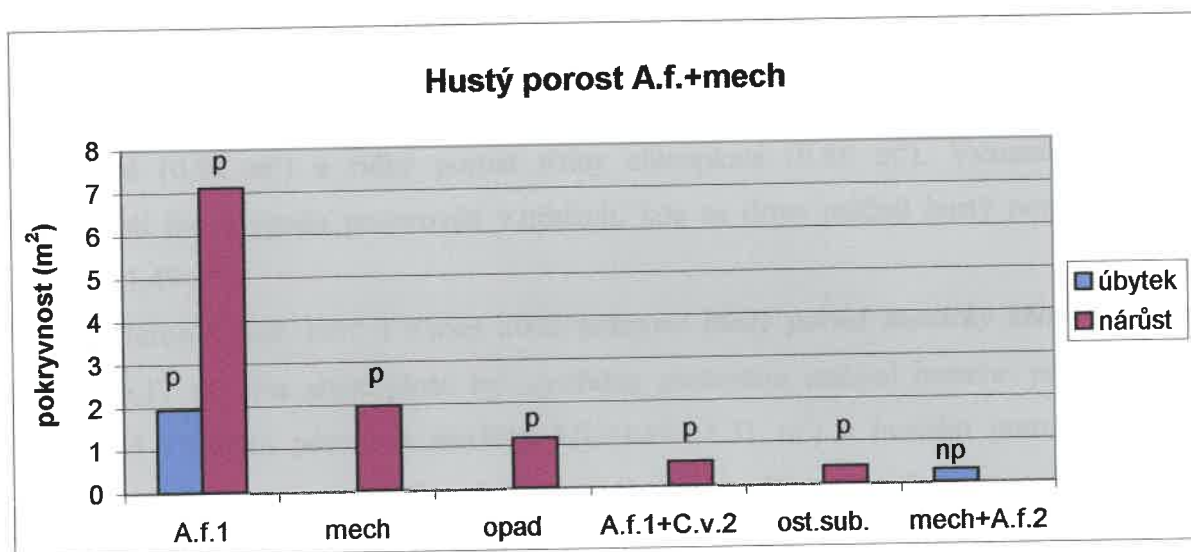
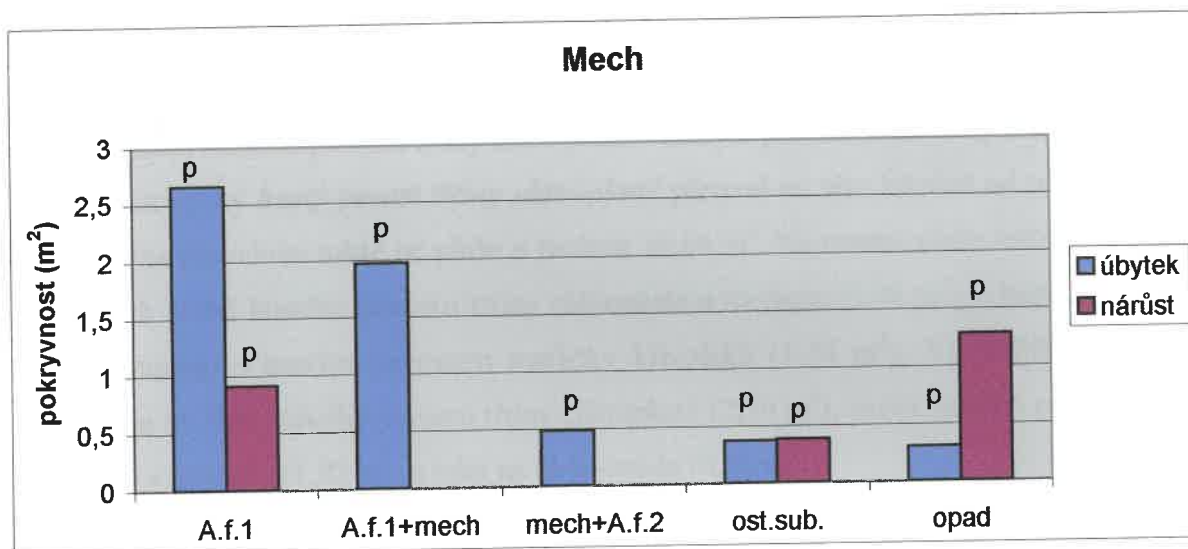
Plocha, na které byl v roce 1994 i v roce 2002 nalezen **hustý porost metličky křivolaké s příměsí řídkého porostu třtiny chloupkaté**, měla rozlohu 2,80 m². Výraznější úbytek i nárůst zaznamenala tato kategorie ve prospěch, resp. na úkor hustého porostu metličky křivolaké a směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké.

Mech zůstal od roku 1994 do roku 2002 na původním místě pouze na ploše o velikosti 0,99 m². Na zbylé ploše ustoupil především ve prospěch hustého porostu metličky křivolaké (2,66 m²) a směsi hustého porostu metličky křivolaké s mechem (1,97 m²). Jeho nárůst se uskutečnil na úkor opadu (1,28 m²) a hustého porostu metličky křivolaké (0,91 m²).

Poslední ze sledovaných typů pokryvu půdy byl **hustý porost metličky křivolaké s mechem**. Plocha, na které se tato kategorie vyskytovala v roce 1994 i v roce 2002, byla pouhých 0,71 m², ale během sledovaného období značně narostla. Šířila se zejména na místa dříve pokrytá hustým porostem metličky křivolaké (7,10 m²), mechem (1,97 m²) a opadem (1,16 m²). Významnější úbytek směsi hustého porostu metličky křivolaké s mechem byl pozorován pouze ve prospěch hustého porostu metličky křivolaké (1,94 m²).







Obr. 30: Dynamika sukcese vybraných typů pokryvu půdy mezi lety 1994 a 2002 na lokalitě Pašerácký chodníček. Písmena p (průkazný), np (neprůkazný) vyjadřují statistickou průkaznost úbytku či nárůstu (jednovýběrový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test). Úbytek znamená plochu, na které se v prvním roce sledování vyskytoval hodnocený typ pokryvu půdy a do roku 2002 byl vystřídán kategorií na ose x. Nárůst znamená plochu, kterou původně pokrývala kategorie na ose x a do roku 2002 byla vystřídána hodnoceným typem pokryvu půdy.

Legenda: A.f.1 – hustý porost metličky křivolaké, A.f.2 – řídký porost metličky křivolaké, C.v.1 – hustý porost třtiny chloupkaté, C.v.2 – řídký porost třtiny chloupkaté, V.m.1 – hustý porost brusnice borůvky, V.m.2 – řídký porost brusnice borůvky, ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

V předchozím textu jsou popsány pouze nejvýraznější změny. Podrobnější hodnocení je graficky zpracováno na obrázku 30, kde je znázorněna též statistická průkaznost či neprůkaznost zjištěných změn.

Na poslední lokalitě **Slunečné údolí** byly blíže hodnoceny následující typy pokryvu půdy: hustý porost třtiny chloupkaté, opad, hustý porost metličky křivolaké, hustý porost brusnice borůvky a směs hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké.

Nejvíce zastoupený ***hustý porost třtiny chloupkaté*** přetrval na této lokalitě od roku 1995 do roku 2002 na původním místě na ploše o rozloze 10,04 m². Na ostatní ploše ustoupil zejména ve prospěch směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s mechem (2,94 m²) a hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké (1,76 m²). Výraznější nárůst byl zaznamenán na úkor řídkého porostu třtiny chloupkaté (2,39 m²), směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s mechem (1,02 m²) a také na úkor opadu (0,90 m²).

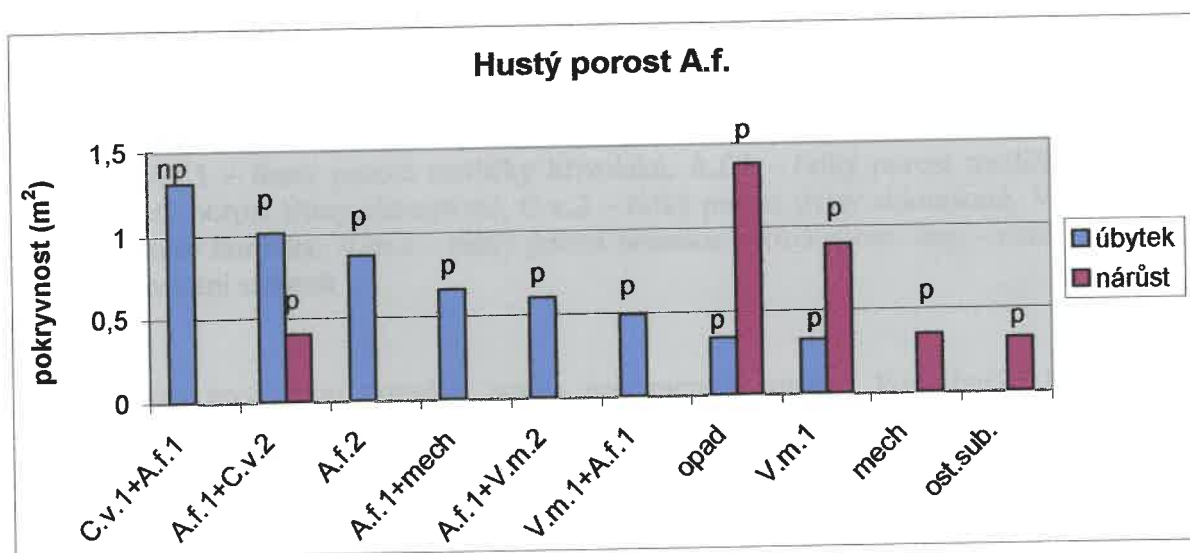
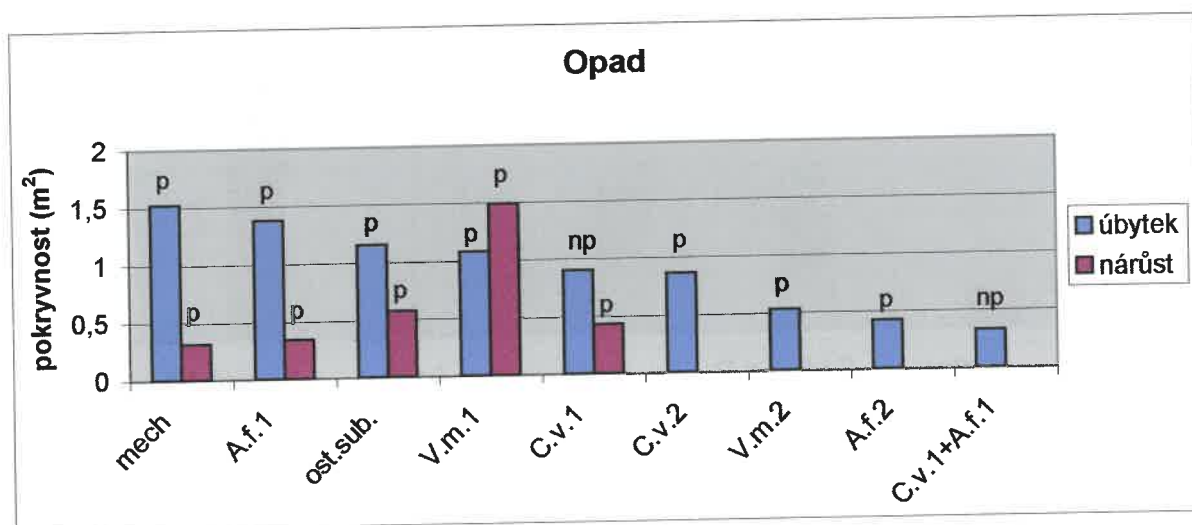
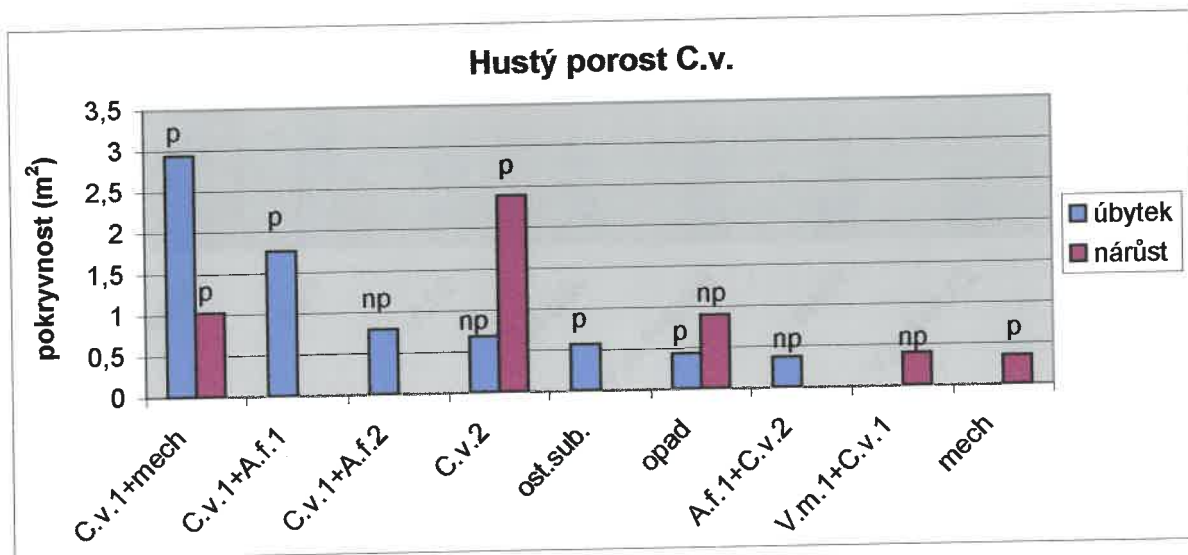
Opad se na lokalitě Slunečné údolí nezměnil od roku 1995 do roku 2002 na ploše o velikosti 9,01 m². Na zbylé ploše se na jeho místo během sledovaného období rozšířilo hned několik kategorií. Konkrétně se jednalo o mech (1,52 m²), hustý porost metličky křivolaké (1,38 m²), ostatní substrát (1,15 m²), hustý porost brusnice borůvky (1,08 m²), hustý porost třtiny chloupkaté (0,90 m²) a řídký porost třtiny chloupkaté (0,86 m²). Významnější nárůst pokryvnosti byl u opadu pozorován v místech, kde se dříve nalézal hustý porost brusnice borůvky (1,49 m²).

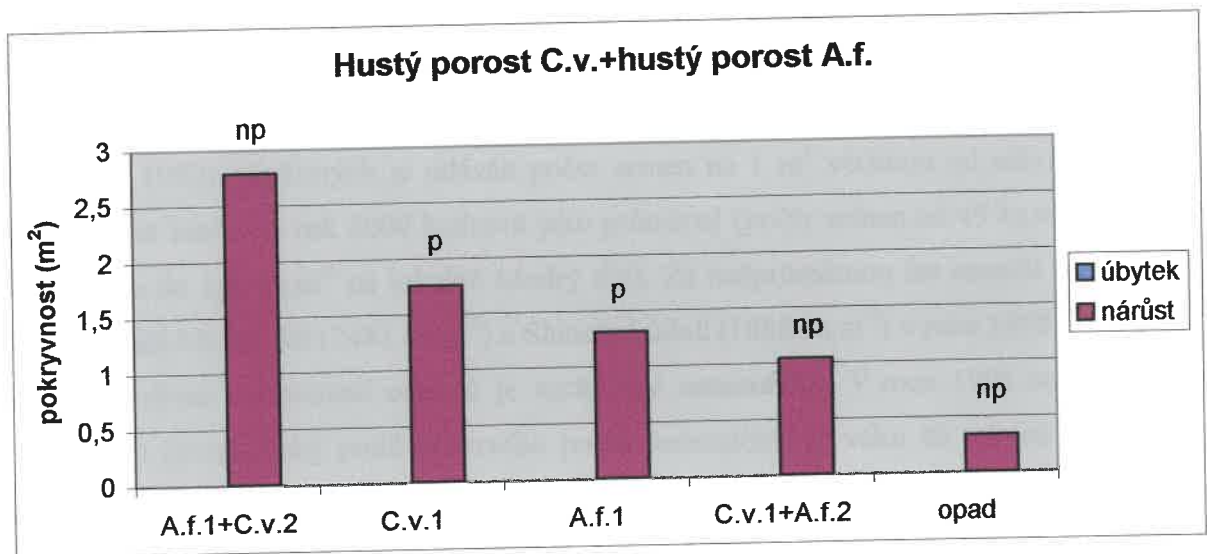
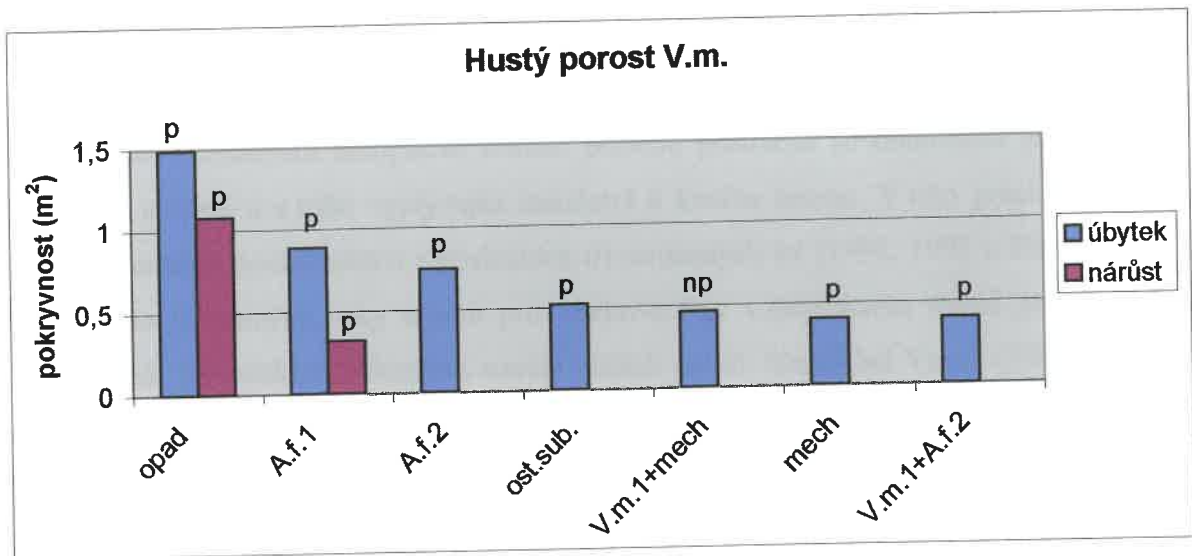
Plocha, kterou v roce 1995 i v roce 2002 pokrýval ***hustý porost metličky křivolaké***, měla velikost 6,17 m². Na zbylé ploše byl vystřídán především směsmi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké (1,31 m²) a hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (1,01 m²), dále pak řídkým porostem metličky křivolaké (0,87 m²), hustým porostem metličky křivolaké v doprovodu mechu (0,66 m²) a hustým porostem metličky křivolaké s přidavkem řídkého porostu brusnice borůvky (0,60 m²). Na druhou stranu se hustý porost metličky křivolaké rozrostl nejvíce na úkor opadu (1,38 m²) a hustého porostu brusnice borůvky (0,89 m²).

Hustý porost brusnice borůvky přetrval od roku 1995 do roku 2002 na původním místě na ploše o velikosti 5,95 m². Jeho největší úbytek (1,49 m²) i nárůst (1,08 m²) byl pozorován ve prospěch, resp. na úkor opadu. Na úbytku hustého porostu brusnice borůvky se podílely také hustý porost metličky křivolaké (0,89 m²) a řídký porost metličky křivolaké (0,75 m²).

Plocha, kterou v roce 1995 i v roce 2002 porůstala směs ***hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké***, čítala pouhých 0,89 m². Tato kategorie zaznamenala během sledovaného období výrazný nárůst. Expandovala především na místa, která dříve pokrývala směs hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté (2,79 m²), hustý porost třtiny chloupkaté (1,76 m²), hustý porost metličky křivolaké (1,31 m²)

a také směs hustého porostu třtiny chloupkaté s řídkým porostem metličky křivolaké (1,04 m²).





Obr. 31: Dynamika sukcese vybraných typů pokryvu půdy mezi lety 1995 a 2002 na lokalitě Slunečné údolí. Písmena p (průkazný), np (neprůkazný) vyjadřují statistickou průkaznost úbytku či nárůstu (jednovýběrový *t* test, v případě nesplnění předpokladů pro použití parametrického testu Wilcoxonův test). Úbytek znamená plochu, na které se v prvním roce sledování vyskytoval hodnocený typ pokryvu půdy a do roku 2002 byl vystřídán kategorií na ose x. Nárůst znamená plochu, kterou původně pokrývala kategorie na ose x a do roku 2002 byla vystřídána hodnoceným typem pokryvu půdy.

Legenda: A.f.1 – hustý porost metličky křivolaké, A.f.2 – řídký porost metličky křivolaké, C.v.1 – hustý porost třtiny chloupkaté, C.v.2 – řídký porost třtiny chloupkaté, V.m.1 – hustý porost brusnice borůvky, V.m.2 – řídký porost brusnice borůvky, ost. veg. – ostatní vegetace, ost. sub. – ostatní substrát

V předchozím textu jsou popsány pouze nejvýraznější změny. Podrobnější hodnocení je graficky zpracováno na obrázku 31, kde je znázorněna též statistická průkaznost či neprůkaznost zjištěných změn.

7 DISKUSE

Významným ukazatelem schopnosti lesního porostu přirozeně se obnovovat je *fruktifikace* dospělých stromů a z toho vyplývající množství a kvalita semen. V této práci byl sledován vývoj semenáčků pocházejících z posledních tří semenných let (1992, 1995 a 2000). Intervaly mezi těmito semennými roky nejsou pro smrkové lesy v montánním stupni příliš typické a blíží se spíše podmínkám kulturních smrčín nižších poloh. Například Vacek (1981) udává, že délka intervalu mezi následujícími semennými roky se v podmínkách Krkonoš pohybuje od 8 do 14 i více let.

Pořadí lokalit podle počtu semen vypadaných na 1 m² plochy bylo v obou posledních semenných letech shodné: Modrý důl, Slunečné údolí, Pašerácký chodníček a Alžbětinka. Semenný rok 1995 byl co do počtu semen výrazně silnější než rok 2000. Ve srovnání s jinými pracemi zabývajícími se přirozenou obnovou smrku ztepilého (Sarvas 1957; Heiseke 1969; Veltsistas 1980), ve kterých je udáván počet semen na 1 m² většinou od několika kusů do několika set kusů, lze rok 2000 hodnotit jako průměrný (počty semen od 49 ks.m⁻² na lokalitě Alžbětinka do 161 ks.m⁻² na lokalitě Modrý důl). Za nadprůměrnou lze označit úrodu semen na lokalitách Modrý důl (2481 ks.m⁻²) a Slunečné údolí (1888 ks.m⁻²) v roce 1995 – 1996.

Dalším krokem v přirozené obnově je *vzcházení semenáčků*. V roce 1996 se vzcháživost semenáčků (procentický podíl celkového počtu semenáčků ve věku tří měsíců a celkového počtu semen) pohybovala od 0,38 % na lokalitě Alžbětinka do 6,26 % na lokalitě Modrý důl. Pořadí ploch podle vhodnosti podmínek pro vzcházení semenáčků přitom korespondovalo s pořadím lokalit podle počtu semen. V roce 2001 bylo pořadí lokalit podle vzcháživosti semenáčků odlišné. Zlepšení podmínek pro vzcházení bylo zaznamenáno na lokalitách Slunečné údolí a Alžbětinka. Na zbylých dvou lokalitách došlo k jejich zhoršení.

Pořadí ploch dle *přežívání semenáčků* z prvního do druhého roku jejich života (spočteného jako procentický podíl počtu semenáčků ve věku dvou let a počtu jednoletých semenáčků) se pro oba sledované roky dosti lišilo. V roce 1997 se nejlepšími podmínkami vyznačovala lokalita Alžbětinka, dále pak Pašerácký chodníček, Modrý důl a nakonec Slunečné údolí. V roce 2002 bylo pořadí lokalit téměř opačné. Procento přežilých semenáčků na všech lokalitách však bylo značně vyšší. Úspěšnost přežívání semenáčků do značné míry nepřímo úměrně korespondovala s jejich množstvím.

Také u parametru přežívání byl stejně jako u vzcházení patrný trend ke zlepšování podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého na lokalitě Slunečné údolí mezi lety 1995 a 2002.

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že přežívání semenáčků závisí jednak na příznivosti podmínek na lokalitách a jednak na hustotě přítomných semenáčků.

Aby bylo možné dát do souvislosti sledované ukazatele přirozené obnovy s *imisně-ekologickou zátěží* na jednotlivých lokalitách byly v literatuře vyhledány výsledky hodnocení různých parametrů zátěže provedených na území Krkonoš za posledních zhruba 25 let. Z nich byly odvozeny přibližné hodnoty pro v této práci sledované lokality. Hodnoty jednotlivých parametrů imisně-ekologické zátěže a podle nich odvozené pořadí lokalit (hodnoty za lomítkem; 1 – nejnižší zátěž, 5 – nejvyšší zátěž) jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab. 9: Imisně-ekologické zatížení lokalit Mumlavská hora (MH), Alžbětinka (AL), Modrý důl (MD), Slunečné údolí (SU) a Pašerácký chodníček (PCH). S, N – překročení kritické zátěže síry a dusíku (v meq.m⁻².rok⁻¹), imisní zátěž indikovaná pomocí lišejníků (syntetický index L = 1 až 80, 1 – největší vliv, 80 – nejmenší vliv), celkový ekologický stres (1 – nejnižší, 5 – nejvyšší), ekologicky rizikové oblasti – ekologický stres hodnocený podle vývoje zdravotního stavu lesa v období 1997 až 1995), zátěž komplex. působ. stres. fakt. – ohodnocení lokalit z hlediska jejich zátěže komplexním působením stresových faktorů v uplynulých 30 letech (1 – nejnižší, 5 – nejvyšší). Pořadí lokalit podle jednotlivých ukazatelů zátěže – hodnoty za lomítkem; 1 – nejnižší zátěž, 5 – nejvyšší zátěž.

| Lokalita | S (1996) | N (1996) | Imisní zátěž (lišejníky) 1979-80 | Imisní zátěž (lišejníky) 1995 | Ekolog. stres | Ekologicky rizikové oblasti | Zátěž komplex. působ. stres. fakt. |
|-----------------|------------------------------|-------------|---|--|------------------|------------------------------------|---|
| Liter. odkaz | Hruška <i>et al.</i> 2001 | | Schwarz 2001 | | | | Cudlín <i>et al.</i> 2001 |
| MH | 70/2 | 10/1 | 13-17/4 | 5-10/4,5 | 5/3,5 | Holiny/5 | 5/5 |
| AL | 80/3 | 25/2 | 17-20/3 | 5-10/4,5 | 5/3,5 | Nezměněný stav až zlepšení/2 | 3/3 |
| MD | 60/1 | 30/3 | 26-34/2 | 17-20/1,5 | 3-4/1 | Nezměněný stav/1 | 1/1 |
| SU | 100/4,5 | 35/4 | 60-80/1,5 | 17-20/1,5 | 5/3,5 | Zlepšení/3,5 | 2/2 |
| PCH | 100/4,5 | 40/5 | 60-80/1,5 | 13-17/3 | 5/3,5 | Zlepšení/3,5 | 4/4 |

Podle stoupající imisně-ekologické zátěže (tabulka 9) byly studované lokality seřazeny následovně: Modrý důl (10,5), Slunečné údolí (20,5), Alžbětinka (21), Pašerácký chodníček a Mumlavská hora (shodně 25).

Pořadí lokalit podle počtu semen, které bylo v obou sledovaných semenných letech shodné, a podle vzcházivosti v roce 1996 tomuto pořadí lokalit podle zatížení vcelku odpovídá. Liší se pouze opačným umístěním lokalit Pašerácký chodníček a Alžbětinka. Pořadí podle vzcházivosti v roce 2001 se naopak liší nejvyšším postavením lokality Slunečné údolí. To může být způsobeno buď zlepšením podmínek pro vzcházení na této lokalitě, nebo zhoršením podmínek na lokalitě Modrý důl v posledních několika letech. Údaje o vývoji zatížení lokalit v posledních letech bohužel chybí, a tak tuto otázku nelze jednoznačně zodpovědět.

V případě pořadí lokalit podle přežívání semenáčků do věku dvou let je situace odlišná. Toto pořadí příliš neodpovídá pořadí podle míry zatížení a zdá se, že větší vliv na mortalitu semenáčků měly jiné ekologické faktory, související s hustotou semenáčků, než imisně-ekologické podmínky na lokalitě. Tato skutečnost je patrná zejména v případě semenáčků vzešlých v roce 1996, kdy byla jejich hustota daleko větší než v roce 2001.

Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu smrku ztepilého bylo provedeno pomocí opadového koeficientu, jímž bylo možné odfiltrout rozdílné zastoupení jednotlivých mikrostanovišť na hodnocených lokalitách. V prvním sledovaném období (1995 – 1997) se výrazně nejlepšími podmínkami pro přirozenou obnovu vyznačovala lokalita Modrý důl. Zbylé tři lokality (Pašerácký chodníček, Alžbětinka a Slunečné údolí) se pak mezi sebou v tomto ohledu příliš nelišily. V druhém období mezi lety 2000 a 2002 bylo pořadí lokalit podle příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu odlišné a vypadalo následovně: Slunečné údolí, Alžbětinka, Modrý důl a Pašerácký chodníček. I podle tohoto ukazatele lze usuzovat, že v průběhu 90. let 20. století došlo na lokalitách Slunečné údolí a Alžbětinka ke zlepšení podmínek pro rozvoj přirozené obnovy smrku ztepilého, kdežto na doposud nejúspěšnější lokalitě Modrý důl se projevilo jejich zhoršení.

Detailně sledovaným tématem v této práci byla *příhodnost vybraných mikrostanovišť pro vzcházení a přežívání semenáčků* smrku ztepilého.

Z výsledků získaných v letech 1996 a 2001 na lokalitě Modrý důl je patrné, že nejpríznivější podmínky pro *vzcházení* semenáčků poskytují opad a trouch. V případě trouchu toto zjištění odpovídá údajům uváděným v řadě jiných pracích. Obecně se většina autorů shoduje na tom, že na rozkládajícím se dřevě se zpravidla nachází vysoký počet semenáčků. Např. Hofgaard (1993) zjistil, že v boreálních smrkových porostech byly padlé kmeny stromů a pařezy

hlavním substrátem pro vývoj přirozené obnovy smrku (40 % všech semenáčků), přičemž tyto substráty tvořily jen malou část z celkové studované plochy (6 %). Otázka příznivosti opadu pro vzcházení semenáčků je diskutabilní. Někteří ho stejně jako výsledky tohoto výzkumu považují za velmi příznivý (Luft 1973), jiní poukazují na přítomnost alelopatických látek v jehlicích smrku ztepilého, které mohou mít silný inhibiční vliv na vývin a růst kořenů smrkových semenáčků (Gallet 1993; Pellissier 1993).

Rozdílnost v pořadí mikrostanovišť podle jejich příznivosti pro vzcházení semenáčků mezi lety 1996 a 2001 by mohla souviset s působením různých meteorologických podmínek v daných dvou letech, které jistě ovlivňují vhodnost jednotlivých mikrostanovišť pro vzcházení semenáčků.

Rozbor dat získaných na lokalitě Modrý důl poukázal na závislost příznivosti mikrostanovišť pro **přežívání** semenáčků smrku ztepilého na věku semenáčků. Dvouleté semenáčky přežívaly nejlépe na trouchu a opadu, semenáčky pětileté a šestileté v mechu a v porostu brusnice borůvky a nejvhodnější podmínky pro přežívání sedmiletých semenáčků poskytovaly brusnice borůvka a trouch. Avšak zároveň je nutné připomenout, že i zde je třeba počítat s vlivem různých meteorologických podmínek v jednotlivých letech. Tuto skutečnost potvrzuje odlišné pořadí mikrostanovišť podle úspěšnosti přežívání dvouletých semenáčků v letech 1997 a 2002.

Znázornění závislosti úspěšnosti přežívání semenáčků, sledované po co nejkratších časových úsecích, na jejich věku pro vybrané mikrostanoviště naznačuje, že nejstabilnějšími podmínkami pro přežívání semenáčků starších než dva roky se vyznačuje porost brusnice borůvky.

V rámci všech čtyř lokalit a semenáčků pocházejících ze všech tří semenných let byla mikrostanoviště z hlediska příznivosti podmínek pro přežívání semenáčků smrku ztepilého hodnocena pomocí koeficientu úspěšnosti přežívání.

Na většině lokalit se jako nejpříznivější mikrostanoviště pro přežívání mladších semenáčků jevil trouch, ale s přibývajícím věkem na něm semenáčky postupně mizely. Toto zjištění je v souladu s tvrzením, že trouch poskytuje velmi vhodné podmínky pro klíčení a vzcházení semenáčků, ale v pozdějším věku mívají tyto semenáčky problémy s výživou a přežívají na trouchu méně úspěšně (Mai 1998). Rovněž v oblasti centrální Šumavy bylo v horských smrkových porostech nejvíce čtyřletých semenáčků smrku ztepilého na jednotku plochy mikrostanoviště zjištěno u trouchu (více než 450 jedinců na 100 m²) (Jonášová a Prach 1999).

Z dlouhodobějšího hlediska měly pro přirozenou obnovu smrku ztepilého větší význam především opad, porost brusnice borůvky, mech a v některých případech také porost metličky

křivolaké. Nejvíce se z tohoto souhrnného pořadí vymykala lokalita Slunečné údolí, kde se jako nejprůzračnější mikrostanoviště jevil mech.

Vliv porostu brusnice borůvky na přirozenou obnovu smrku ztepilého byl součástí mnoha výzkumů. K podobnému závěru jako tato předkládaná práce dospěl Vacek (1981), jenž zjistil v porostu brusnice borůvky relativně příznivé podmínky pro růst a přežívání semenáčků. Ani Svoboda (1937) nepovažoval porost brusnice borůvky za překážku ve zmlazování smrku. Řada jiných autorů (např. Schmidt-Vogt 1972; Jonášová, Prach 1999) naopak došla k závěru, že prostředí porostu brusnice borůvky je pro semenáčky nepříznivé. Pellissier (1993) a Maubon *et al.* (1995) považují za příčinu inhibičního efektu porostu brusnice borůvky na růst semenáčků smrku ztepilého některé fenolické látky přítomné v nadzemních částech této rostliny.

Klíčovým prvkem určujícím *pokryvnost jednotlivých mikrostanovišť* na lokalitách jsou světelné poměry determinované různým korunovým zápojem, který je snižován imisní zátěží a z ní vyplývající defoliací, případně úhynem některých jedinců stromového patra. Sestupné pořadí lokalit podle korunového zápoje, měřeného v roce 1992, je následující: Modrý důl (65 %), Slunečné údolí (60 %), Pašerácký chodníček (50 %), Alžbětinka (35 %) a Mumlavská hora (5 %). Toto pořadí vcelku odpovídá vzestupnému pořadí lokalit podle pokryvnosti bylinného patra v roce 1995 (resp 1994 pro lokalitu Pašerácký chodníček): Modrý důl (46,3 %), Pašerácký chodníček (69,4 %), Slunečné údolí (70,9 %), Alžbětinka (84,9 %) a Mumlavská hora (86,9 %). Nižší plošné zastoupení bylinného patra na lokalitě Pašerácký chodníček v porovnání se Slunečným údolím bylo pravděpodobně způsobeno vyšší nadmořskou výškou této lokality (v těsné blízkosti horní hranice lesa).

Podobnou závislost vzrůstající pokryvnosti bylinného patra na snižujícím se korunovém zápoji objevili také Schöffner a Gürth (1991). Na srovnatelných stanovištích ve Schwarzwaldu pozorovali při korunovém zápoji nižším než 35 % zhruba 80 %ní pokryvnost bylinného patra, při zápoji do 65 % se tato pokryvnost pohybovala okolo 60 % a při zápoji korun vyšším než 70 % pokrývalo bylinné patro přibližně 35 % plochy.

Nejvýraznější nárůst v pokryvnosti bylinného patra mezi roky 1995 a 2002 byl zaznamenán na lokalitách Modrý důl (z 46,3 % na 59,2 %) a Pašerácký chodníček (z 69,4 % na 80,8 %), což by mohlo naznačovat zhoršení imisně-ekologických podmínek na těchto lokalitách v posledních několika letech. Vcelku stabilní pokryvnosti bylinného patra mezi sledovanými lety se naopak vyznačovala lokalita Slunečné údolí (70,9 % v roce 1995 a 74,5 % v roce 2002). Zjištěné změny týkající se pokryvnosti bylinného patra dobře odpovídají výše popsaným změnám ve vzházivosti semenáčků smrku ztepilého mezi lety 1996 a 2001, kdy

na lokalitách Modrý důl a Pašerácký chodníček došlo k poklesu vzcházivosti (Modrý důl z 6,26 % na 1,31 %, Pašerácký chodníček z 0,75 % na 0,22 %), zatímco Slunečné údolí se vyznačovalo setrvalým stavem až mírným zlepšením ve vzcházivosti (z 1,23 % na 1,32 %).

Na základě zjištěné příznivosti jednotlivých mikrostanovišť pro vzcházení a přežívání semenáčků a na základě pozorovaného vývoje pokryvnosti těchto mikrostanovišť mezi lety 1995 a 2002 je možné pokusit se o jakousi prognózu vývoje přirozené obnovy smrku ztepilého na krkonošských lokalitách. Vzhledem k výraznému úbytku opadu a minimálnímu zastoupení trouchu lze do budoucnosti předpokládat zhoršování podmínek pro přirozenou obnovu na většině zkoumaných lokalit. Nejperspektivnější lokalitou z hlediska přirozené obnovy se zdá být Slunečné údolí, kde jako nejpríznivější mikrostanoviště byly hodnoceny mech a opad a kde došlo k nárůstu pokryvnosti mechu a k nejmírnějšímu úbytku opadu během sledovaného období. U lokality Modrý důl, která v současnosti vyniká celkově nejvyšším množstvím semenáčků smrku ztepilého, záleží na tom, zda i nadále bude pokračovat naznačený trend ve zhoršování podmínek pro vývoj přirozené obnovy, nebo zda dojde k jeho zastavení, či dokonce zvrácení.

Při snaze odpovědět na otázku, zda počet semenáčků, vyskytujících se v současné době na jednotlivých lokalitách, postačuje k zajištění přirozené obnovy těchto horských smrkových ekosystémů, je možné vyjít například ze standardního počtu sazenic smrku ztepilého nutných k výsadbě 1 hektaru lesa v horských polohách, který činí 2500 jedinců na hektar (Mráček, Pařez 1986). Pokud budou brány v úvahu pouze nejstarší semenáčky, vzešlé v roce 1993, přesáhnou tuto hranici pouze lokality Modrý důl ($10\,707$ semenáčků. ha^{-1}) a Slunečné údolí (4300 semenáčků. ha^{-1}). Na lokalitě Pašerácký chodníček se v roce 2002 vyskytovalo jen 2000 těchto semenáčků na hektar a na Alžbětince dokonce pouhých 204 jedinců na hektar. V případě sedmiletých semenáčků, vzešlých v roce 1996 potřebnou hranici 2500 jedinců na hektar přesáhly v roce 2002 všechny lokality kromě Alžbětinky (pouze 714 semenáčků na hektar).

Druhým hlavním cílem bylo sledování *dynamiky sukcese dominant bylinného a mechového patra* na lokalitách mezi lety 1995 (resp. 1994 na Pašeráckém chodníčku) a 2002. Na doposud nejméně zatížené lokalitě Modrý důl došlo mezi sledovanými dvěma lety k značnému úbytku opadu. Na jeho místo expandoval zejména hustý porost brusnice borůvky, v menší míře také mech a hustý porost metličky křivolaké.

Na lokalitě Slunečné údolí se nejvyšší pokryvností v obou letech vyznačoval hustý porost třtiny chloupkaté. Celkově došlo k jeho mírnému ústupu, jelikož do třtiny chloupkaté zača

vrůstat mech a metlička křivolaká. Na druhou stranu se celková rozloha hustého porostu třtiny chloupkaté zvětšila na úkor řídkého porostu třtiny chloupkaté, což naznačuje, že by se třtina ještě po nějakou dobu mohla udržovat na celkem vysoké pokryvnosti na této lokalitě.

Na nejvýše položené lokalitě Pašerácký chodníček největší plochu pokrýval v obou sledovaných letech (1994 a 2002) hustý porost metličky křivolaké. Avšak ve značné míře do něho vrůstal mech. Největší ústup byl zaznamenán u opadu. Na jeho místo se šířily zejména metlička křivolaká, mech a v menší míře také brusnice borůvka.

Na Alžbětince převládaly v letech 1995 a 2002 hustý porost metličky křivolaké a hustý porost brusnice borůvky. Zatímco metlička křivolaká během sledovaného období ustupovala, brusnice borůvka naopak zaznamenala mírný nárůst pokryvnosti. Šířila se především na úkor již zmiňované metličky křivolaké a opadu.

Na lokalitě Mumlavská hora s téměř odumřelým smrkovým porostem se největší pokryvností vyznačovala metlička křivolaká, avšak během sledovaného období se postupně vytrácela. Stejně jako na lokalitě Alžbětinka se na její místo tlačila zejména brusnice borůvka.

Popsané výsledky naznačují, že s klesajícím korunovým zápojem smrkového porostu dochází nejdříve k invazi brusnice borůvky, poté třtiny chloupkaté a nakonec metličky křivolaké. K podobné představě o sukcesi bylinného patra v průběhu rozpadu horských smrkových ekosystémů dospěli také pracovníci univerzity v Amsterdamu (Emmer *et al.*)

Navíc výše popsané závěry poukazují na opětovné šíření porostu brusnice borůvky v konečných stádiích rozpadu stromového patra.

Při bližším zkoumání vzájemného střídání druhů metlička křivolaká a třtina chloupkatá výsledky z většiny sledovaných lokalit potvrzují cyklický vývoj obou druhů (Schwarz 1997). Třtina chloupkatá je postupně vytlačována metličkou křivolakou a ta je později vystřídána opět třtinou chloupkatou. Avšak opad byl na většině lokalit zarůstán mnohem více metličkou křivolakou. Bohužel se zřejmě žádná z lokalit nevyskytovala během sledovaného období ve stádiu expanze třtiny chloupkaté, a tudíž nemůže být tato problematika blíže řešena a objasněna.

Přestože byla vypracována podrobná vývojová analýza, na jejímž základě lze detailně sledovat sukcesi jednotlivých typů pokryvu půdy na daných lokalitách, zjištěné změny není možné jednoznačně vysvětlit rozpadem stromového patra. Do výzkumu byly totiž zařazeny i plošky nalézající se v místech, kde v horizontu několika posledních desítek let žádní dospělí jedinci smrku ztepilého nerostly. Při výběru výzkumných plošek nebylo původním záměrem sledování sukcese bylinného a mechového patra, ale studium přirozené obnovy smrku ztepilého. Tento problém se týká zejména lokalit Alžbětinka a Pašerácký chodníček.

8 ZÁVĚRY

Fruktifikace dospělých jedinců smrku ztepilého

- ◆ V semenném roce 1995 – 96 se množství semen spadlých na 1 m² plochy pohybovalo od 292 na lokalitě Alžbětinka do 2481 kusů na Modrém dole. Semenný rok 2000 – 01 byl výrazně slabší než rok 1995 – 96, přičemž pořadí lokalit zůstalo nezměněné.
- ◆ Intervaly mezi posledními třemi semennými roky (1992 – 93, 1995 – 96, 2000 – 01) nejsou pro smrkové lesy v montánním stupni příliš typické a blíží se spíše podmínkám kulturních smrčin nižších poloh.
- ◆ Pořadí lokalit podle počtu semen v obou sledovaných semenných letech celkem odpovídalo pořadí lokalit podle míry imisně-ekologického zatížení.

Vzcházení náletových semenáčků smrku ztepilého v letech 1996 a 2002

- ◆ Pořadí lokalit podle úspěšnosti vzcházení náletových semenáčků smrku ztepilého v roce 1996 bylo následující: Modrý důl, Slunečné údolí, Pašerácký chodníček a Alžbětinka. Zlepšení podmínek pro vzcházení semenáčků v roce 2001 bylo zaznamenáno na lokalitách Slunečné údolí a Alžbětinka. Zbylé dvě lokality se v roce 2001 vyznačovaly nižší vzcházivostí semenáčků oproti roku 1996. Pořadí lokalit v roce 2001 bylo Slunečné údolí, Modrý důl, Alžbětinka a Pašerácký chodníček.
- ◆ Na všech lokalitách byl rozdíl ve vzcházivosti náletových semenáčků smrku ztepilého mezi lety 1996 a 2001 na hladině významnosti 5 % statisticky průkazný.
- ◆ Nejpriznivější podmínky pro vzcházení semenáčků smrku ztepilého v roce 1996 na lokalitě Modrý důl poskytoval opad. Dále následovaly trouch, porost metličky křivolaké, mech, porost brusnice borůvky a ostatní vegetace. Jako nejméně příznivé se v tomto roce jevíly porost třtiny chloupkaté a ostatní substrát.
- ◆ V roce 2001 bylo pořadí mikrostanovišť podle příznivosti podmínek pro vzcházení semenáčků odlišné a vypadalo takto: trouch, opad, porost brusnice borůvky, porost třtiny chloupkaté, porost metličky křivolaké, mech, ostatní vegetace a ostatní substrát.
- ◆ Pomocí dvourozměrné analýzy rozptylu byl prokázán vliv roku i vliv mikrostanoviště na vzcházení náletových semenáčků smrku ztepilého na lokalitě Modrý důl. Interakce v tomto případě nebyla prokázána.

Přežívání náletových semenáčků smrku ztepilého v období mezi lety 1994 a 2002

- ◆ Úspěšnost přežívání semenáčků smrku ztepilého závisí na jejich věku. K nejvýraznějšímu úbytku semenáčků došlo mezi prvním a druhým rokem jejich života.

- ◆ Procentuální úspěšnost přežívání dvouletých semenáčků se v roce 1997 pohybovala v rozmezí od 3,9 % (Slunečné údolí) do 34,3 % (Alžbětinka). V roce 2002 pak byla výrazně vyšší a spadala do intervalu od 29,6 % (Modrý důl) do 57,4 % (Slunečné údolí).
- ◆ Ze srovnání pořadí lokalit podle úspěšnosti přežívání dvouletých semenáčků smrku ztepilého s pořadím lokalit podle stupně jejich imisně-ekologické zátěže se zdá, že větší vliv na mortalitu semenáčků měly jiné faktory, které by mohly souviset s hustotou semenáčků, než imisně-ekologické podmínky jednotlivých lokalit.
- ◆ Příznivost jednotlivých mikrostanovišť pro přežívání semenáčků smrku ztepilého závisela na věku semenáčků. V případě mladších semenáčků se na většině lokalit jako nejvýhodnější jevil trouch, ale s přibývajícím věkem na něm semenáčky rychle mizely. Z dlouhodobějšího hlediska měly větší význam především opad, porost brusnice borůvky, mech a v některých případech také porost metličky křivolaké.
- ◆ Rozdíl v úspěšnosti přežívání dvouletých semenáčků v jednotlivých mikrostanovištích na lokalitě Modrý důl mezi lety 1997 a 2002 bylo možné statisticky vyhodnotit jen u čtyř mikrostanovišť (brusnice borůvka, opad, mech a metlička křivolaká). U všech testovaných mikrostanovišť byl rozdíl na hladině významnosti 5 % statisticky průkazný.

Změny v pokryvnosti mikrostanovišť mezi lety 1995 (resp. 1994 – Paš. chod.) a 2002

- ◆ Pokryvnost bylinného patra nepřímo úměrně závisela na korunovém zápoji. Na lokalitě Modrý důl, vyznačující se nejvyšší hodnotou korunového zápoje (65 %), dosahovala v roce 1995 pokryvnost bylinného patra 46,3 %. Na lokalitě Mumlavská hora s pětiprocentním korunovým zápojem pokrývalo v roce 1995 bylinné patro téměř 87 % plochy.
- ◆ Nejvýraznější nárůst v pokryvnosti bylinného patra mezi sledovanými lety byl zaznamenán na lokalitách Modrý důl a Pašerácký chodníček, což dobře odpovídá výše zmíněnému poklesu ve vzcházivosti semenáčků smrku ztepilého, zaznamenanému na těchto lokalitách mezi lety 1996 a 2001.
- ◆ Vzhledem k výraznému úbytku opadu a minimálnímu zastoupení trouchu lze do budoucna předpokládat zhoršování podmínek pro přirozenou obnovu na většině zkoumaných lokalit.
- ◆ Většina sledovaných změn v pokryvnosti jednotlivých mikrostanovišť mezi lety 1995 (resp. 1994 – Pašerácký chodníček) a 2002 byla na hladině významnosti 5 % statisticky průkazná.

Srovnání lokalit z hlediska příznivosti podmínek pro přirozenou obnovu

- ◆ Po odfiltrování vlivu rozdílného zastoupení jednotlivých mikrostanovišť pomocí opadového koeficientu byly nejpříznivější podmínky pro přirozenou obnovu smrku ztepilého v období let 1995 – 1997 zaznamenány na lokalitě Modrý důl. Dále následovaly lokality Pašerácký chodníček a Alžbětinka a nejhorsími podmínkami se vyznačovalo Slunečné údolí. V druhém hodnoceném období (2000 – 2002) bylo pořadí lokalit odlišné: Slunečné údolí, Alžbětinka, Modrý důl a Pašerácký chodníček.
- ◆ Při srovnání lokalit z hlediska příznivosti jejich podmínek včetně zastoupení jednotlivých mikrostanovišť pro přirozenou obnovu smrku ztepilého (pomocí koeficientu očekávaného počtu semenáčků) mezi lety 1995 a 1997 se jako nejpříznivější jevila lokalita Modrý důl. Ostatní lokality se pak v tomto ohledu mezi sebou příliš nelišily. V druhém období se nepříznivějšími podmínkami vyznačovalo Slunečné údolí, za ním následovaly Modrý důl, Pašerácký chodníček a na posledním místě Alžbětinka.

Dynamika sukcese dominant bylinného patra a mechu v období mezi lety 1995 (resp. 1994 – Pašer. chod.) a 2002

- ◆ Doposud nejméně narušená lokalita **Modrý důl** se vyznačovala výraznou expanzí hustého porostu brusnice borůvky na místa, kde se původně vyskytoval opad.
- ◆ Na lokalitě **Slunečné údolí** došlo k výraznému nárůstu pokryvnosti u směsi hustého porostu třtiny chloupkaté s hustým porostem metličky křivolaké. Tato kategorie expandovala především na místa, která dříve pokrývaly směs hustého porostu metličky křivolaké s řídkým porostem třtiny chloupkaté, hustý porost třtiny chloupkaté a hustý porost metličky křivolaké. Výraznější pokles pokryvnosti byl sledován u opadu a hustého porostu brusnice borůvky.
- ◆ Na lokalitě **Pašerácký chodníček** bylo sledováno především šíření mechového patra do hustého porostu metličky křivolaké a na druhé straně úbytek opadu a mechu ve prospěch metličky křivolaké.
- ◆ Na lokalitě **Alžbětinka** zaznamenaly pokles pokryvnosti metlička křivolaká a opad. Nahrazeny byly zejména brusnicí borůvkou. Ustoupila také třtina chloupkatá, na jejíž místo se šířila zejména metlička křivolaká.
- ◆ Nejvýraznější změnou pozorovanou na lokalitě **Mumlavská hora**, která je charakteristická téměř zcela odumřelým smrkovým porostem a minimální přirozenou obnovou, bylo šíření brusnice borůvky na úkor metličky křivolaké.

9 PŘEHLED LITERATURY

- ABRAHAMSEN, G.; STUANES A.O.; TVEITE B.: Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. Springer-Verlag, New York, 1994, 342 s.
- BEGON, M.; HARPER, J.; TOWNSEND, C. R.: Ekologie: Jedinci, populace a společenstva. Olomouc, 1997.
- BRANG, P.: Ansamungsgut und Verteilung der Direktstrahlung in schlitzförmigen Bestandsöffnungen zwischenalpiner Fichtenwälder. Schweiz. Z. Forstwes, 1996, 147, s.761-784.
- BRANG, P.: Early seedling establishment of *Picea abies* in small forest gaps in the Swiss Alps. Can. J. For. Res., 1998, 28, s. 626-639.
- CRUTZEN, P.J.: Globale Aspekte der ätmospherischen Chemie. Rheinisch-Vesfälische Akademie der Wissenschaften, Westdeutscher Verlag, 1986, Vorträge-A347, s. 41-59.
- EMMER, I.M.; WESSEL, W.W.; KOILMAN, A.; SEVINK, J.; FANTA, J.: Restoration of degraded Central-European mountain forest soils under changing environmental circumstances. In Klimo E., Hager H., Kulhavý J. (eds.): Spruce monocultures in Central Europe - problems and prospects. EFI Proceedings 23, s. 81-92.
- FALTA, V.: Prežívání semenáčků smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) a jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia* L.) v narušených lesních ekosystémech Krkonoš a Krušných hor. Dopr. Depon. in knihovna VÚO Holovousy, 2002.
- FLOUSEK, J.: Monitoring ptáků a savců v Krkonošském národním parku. In: Geoekologické problémy Karkonoszy, Przesieca, 1997, s. 15-21.
- FLOUSEK, J.: Hraboš mokřadní a lesní hospodářství v Krkonoších. In Slodičák, M.: Obnova a stabilizace horských lesů. Sborník z celostátní konference s mezinárodní účastí 12.10.-13.10. 1999, Bedřichov v Jizerských horách, s. 41-49.
- FREHNER, M.: Beobachtungen zur Einleitung der Naturverjüngung an einem nordexponierten Steilhang im subalpinen Fichtewald. Schweiz. Z. Forstwest, 1989, 140, s. 1013-1022.
- GALLET, C.: Allelopathic potential in bilberry-spruce forest: Influence of phenolic compounds on spruce seedlings. Journal of Chemical Ecology, 1993, vol. 20, s. 1009-1024.
- HEISEKE, D.: Der Untersuchungen über Samenproduktion und Samenflug, Keimung und Keimlingsentwicklung bei der Fichte. Diss. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 1969.
- HOCK, B.; ELSTNER, E.F.: Pflanzentoxikologie. Mannheim, Wien, Zürich, Bibliographisches Institut-Wissenschaftsverlag, 1984.
- HOFGAARD, A.: Structure and regeneration patterns of a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. J. Veg. Sci., 1993, vol. 4, s. 601-608.

- HRUŠKA J.; KRÁM P.; SCHWARZ O.: Kyselá dešť stále s námi. Lesnická práce, www.silvarium.cz, 1999.
- HRUŠKA, J.; CIENCIALA, E.: Dlouhodobá acidifikace a nutriční degradace lesních půd – limitující faktor současného lesnictví. MŽP, 2001, 159 s.
- JANKOVSKÝ, L.; CUDLÍN, P.: Dopad klimatické změny na zdravotní stav smrkových porostů středohor. Lesnická práce, www.silvarium.cz, 2002.
- JONÁŠOVÁ, M.; PRACH, K.: Vegetační změny v horské smrčtině na Šumavě po kalamitním žíru lýkožrouta smrkového. Závěrečná zpráva, BF JČU České Budějovice, 1999.
- LARCHER, W.: Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups. 3rd ed., Berlin: Springer-Verlag, Heidelberg, 1995.
- LEIBUNDGUT, H.: Über Zweck und Methodik der Struktur und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweiz. Z. Forstwes. 110, 1959, s. 111-124.
- LUFT, W.: Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Femelchlagverjüngung im montanen Tannen-Buchenwald des westlichen Hochschwarzwaldes. Schriftenr. Landesforstvw. Baden-Württ., Stuttgart, 1973, Teil 39, 111 s.
- MAI, W.: Naturverjüngung auf Moderholz. AFZ/Der Wald, 1998, 11, s. 591.
- MAUBON, M.; PONGE, J.F.; ANDRE, J.F.: Dynamics of Vaccinium myrtillus patches in mountain spruce forest. Journal of Vegetation Science, 1995, vol. 6, s. 343-348.
- MÍCHAL, I.: Obnova ekologické stability lesních porostů. Veronica, MŽP ČR, Brno, 1995.
- MRÁČEK, Z.; PAŘEZ, J.: Pěstování smrku. SZN, Praha, 1986.
- MRKVA, R.: Ochrana lesa: ekologické pojetí a rozvoj. Lesnictví – Forestry, 1993, 39, s. 357-364.
- MRKVA, R.: Chřadnutí dřevin jako významný a o čekávaný problém ochrany lesa. Lesnická práce, www.silvarium.cz, 2000.
- NIHLGARD, B.: The ammonium hypothesis – an additional explanation to the forest dieback in Europe. Ambio, 1985, 14, s. 2-8.
- PELLISSIER, F.: Allelopathic inhibition of spruce germination. Acta Ecologica, 1993, vol. 14 (2), s. 211-218.
- PRINZ, B.: Major hypotheses and factors. Causes of forest damage in Europe. Environment, 1987, 29, s. 11-37.
- RICHARD, F.; CHAUSSON, J.S.; SURBER, E.: Der Einfluss der Wasserbedingung und der Bodenstruktur auf das wachstum von Fichtenkeimlingen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes, 1958, vol. 34, s. 1-34.

ROBERTS, T.M.; SKEFFINGTON, R.A.; BLANK, W.: Causes of type 1 spruce decline in Europe. *Forestry*, 1989, 62, s. 179-222.

ROZSYPAL, S.: Přehled biologie. SPN Praha, 1987, 686 s..

SARVAS, R.: Studies on seed setting of Norway spruce. *Medd. Norske Skogforsoksv.*, 1957, vol. 48, s. 533-556.

SCHÄFFNER, G.; GÜRTH, P.: Untersuchungen über natürliche Verjüngung und Vorbau in immissiongeschädigten Hochlagen des Südschwarzwaldes. *Allg. Forst-u.J.Ztg.*, 1991, Teil 163(2), s. 31-39.

SCHLEE, D.: Ökologische Biochemie. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1986.

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.

SCHMIDT-VOGT, H.: Untersuchungen zur Bedeutung des Lichtfaktors bei Femelschlagverjüngung von Tannen-Buchen-Fichten Wälder im westlichen Hochschwarzwald. *Forstwiss. Cbl.*, 1972, Bd 91, s. 238-247.

SCHULZE, E.D.: Air pollution and forest decline in a spruce (*Picea abies*) forest. *Science*, 1989, 244, s. 776-783.

SCHÜTT, P.; BLASCHKE, H.; HOLDENRIEDER, O.; KOCH, W.; LANG, K.J.; SCHUCK, H.J.; STIMM, B.; SUMMERER, H.: So stirbt der Wald. BLV, München, 1984, 127 s.

SCHWARZ, O.: Problematika lesa v KRNAPu. Sborník referátů, Vrchlabí, 1979.

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

SLODIČÁK, M.; NOVÁK, J.: Současné otázky pěstování horských lesů. VÚLHM Opočno, 2001, s.203-275.

SOUKUPOVÁ, L.; RAUCH, O.: Floor vegetation and soil of acidified *Picea abies* forests in the Giant Mountains (Central Europe). *Preslia*, Praha, 1999, 71: 257-275.

SPURR, S.H.; BARNES, B.V.: Forest ecology. Third edition, John Wiley & Sons, USA, 1980, 687 s.

STEJSKALOVÁ, A.: Využití biochemických a histochemických metod ke studiu zdravotního stavu smrkových porostů v Krušných horách. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 2003.

SVOBODA, P.: Lesní dřeviny a jejich porosty – část III. SZN, Praha, 1957, 457 s.

ŠIMEK, J.: Přirozená obnova smrku. Ministerstvo zemědělství, nakladatelství FRANK, Tábor, 1993.

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.

ULRICH, B.; MAYER, R.; KHANNA, P.K.: Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil in Central Europe. Soil Science 130, 1980, s. 193-199.

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

VACEK, S.: Vyhledky na úspěch přirozené obnovy v ochranných lesích Krkonoš. Lesnická práce, 1981, roč. 60, sv. 3, s. 118-124.

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.: Analýza vegetačních změn ve smrkových porostech Orlických hor. Lesnictví, 38 (9/10), 1993, s. 733-749.

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

VACEK, S.; LOKVENC, T.; SOUČEK, J.: Přirozená obnova lesních porostů. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 1995.

VAN ROON, T.: Spontaneous regeneration of trees in the Krkonoše mountains. Agricultural university of Wageningen, Department of Forestry, Wageningen, 1993, 30 s.

VAVŘÍČEK, D.; ŠIMKOVÁ, P.: Půdní prostředí přirozených smrčín 8.LVS Krkonoš. Sborník Geologické problémy Krkonoš 4, Svoboda nad Úpou, září 2000.

VISKARI, E.L.: Epicuticular wax of Norway spruce needles as indicator of traffic pollutant deposition. Water, Air and Soil Pollution, 2000, vol.121, s. 327-337.

VOSÁTKA, M.; SOUKUPOVÁ, L.; RAUCH, O.; ŠKODA, M.: Expansion dynamics of *Calamagrostis villosa* and VA-mycorrhiza in relation to different soil acidification. In Flousek, J.; Roberts, G.C.S. (eds.): Mountain National Parks and Biosphere Reserves: Monitoring and Management, Špindlerův Mlýn, Czech republic, 1995, s. 47-53.

WECK, J.: Über die Grössenormung der Substanzerzeugung in Baumbeständenverschiedener Vegetationsgebiete. Allg. Forstz-u. Jagadztg. 127, 1956, s.76-80.

YLI-VAKKURI, P.: Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta (finn. m. engl. Zfsg. Investigation into the packing and transportation of plants). Commun. Inst. Forest. Fenn., 1961, vol. 49, nr. 1, s. 1-59.

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1 m²) na lokalitě Modrý důl mezi lety 1995 a 2002.

Příloha 2: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1 m²) na lokalitě Slunečné údolí mezi lety 1995 a 2002.

Příloha 3: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1 m²) na lokalitě Pašerácký chodníček mezi lety 1994 a 2002.

Příloha 4: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1 m²) na lokalitě Alžbětinka mezi lety 1995 a 2002.

Příloha 5: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1 m²) na lokalitě Mumlavská hora mezi lety 1995 a 2002.

Příloha 6: Rozmístění trvalých výzkumných ploch v rámci území Krkonošského národního parku.

VOLNÁ MAPOVÁ PŘÍLOHA: Modrý důl 2002 – semenáčky smrku ztepilého (*Picea abies*) a mikrostanoviště.

Modrý důl 1995 - 2002



MIKROSTANOVIŠTĚ

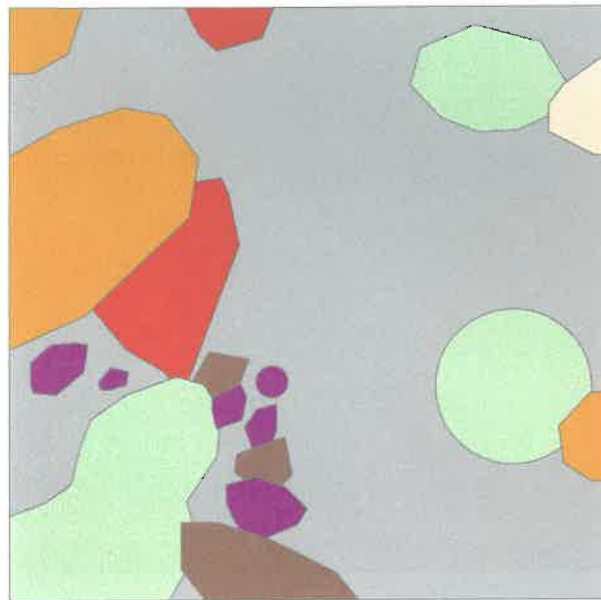
-  hustá A.f.
-  hustá V.m.
-  řídká V.m.
-  mech
-  opad
-  ostatní substrát
-  ostatní vegetace



Metr

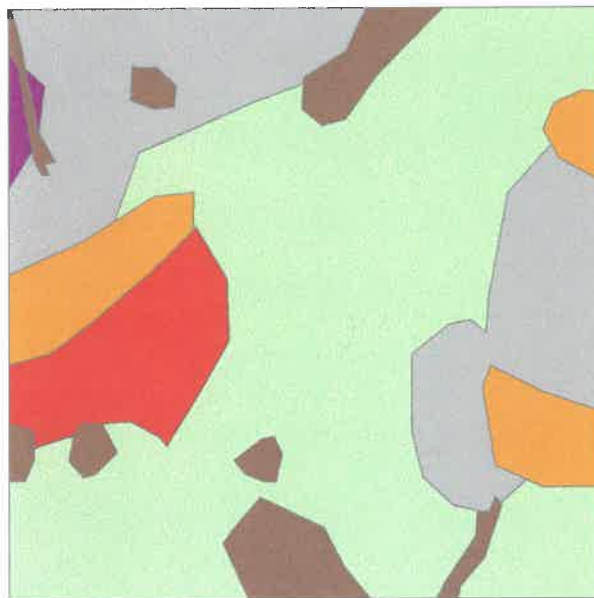
Příloha 1: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1m²) na lokalitě Modrý důl mezi lety 1995 a 2002. A.f.-*Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), V.m.-*Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka).

Slunečné údolí 1995 - 2002



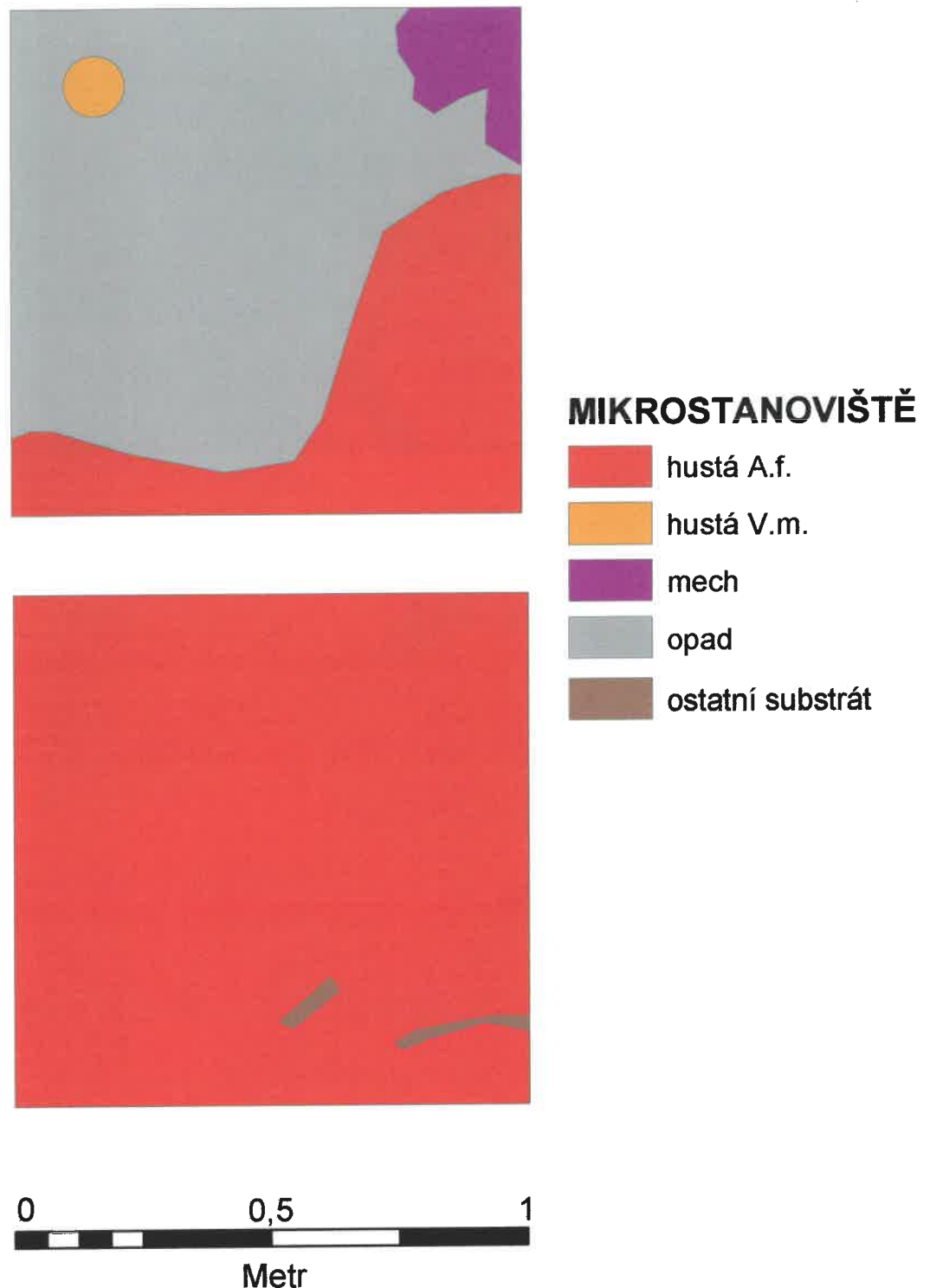
MIKROSTANOVIŠTĚ

-  hustá A.f.
-  hustá V.m.
-  řídká V.m.
-  mech
-  opad
-  ostatní substrát



Příloha 2: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1m²) na lokalitě Slunečné údolí mezi lety 1995 a 2002. A.f.-*Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), V.m.-*Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka), C.v.-*Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá).

Pašerácký chodníček 1994 - 2002







Příloha 3: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1m²) na lokalitě Pašerácký chodníček mezi lety 1994 a 2002. A.f.-*Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), V.m.-*Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka).

Alžbětinka 1995 - 2002



MIKROSTANOVIŠTĚ

-  hustá A.f.
-  hustá V.m.
-  opad
-  ostatní substrát



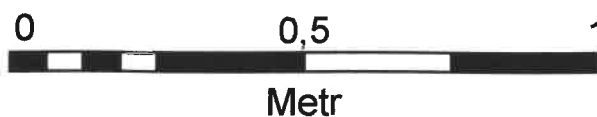
Příloha 4: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1m²) na lokalitě Alžbětinka mezi lety 1995 a 2002. A.f.-*Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), V.m.-*Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka).

Mumlavská hora 1995 - 2002

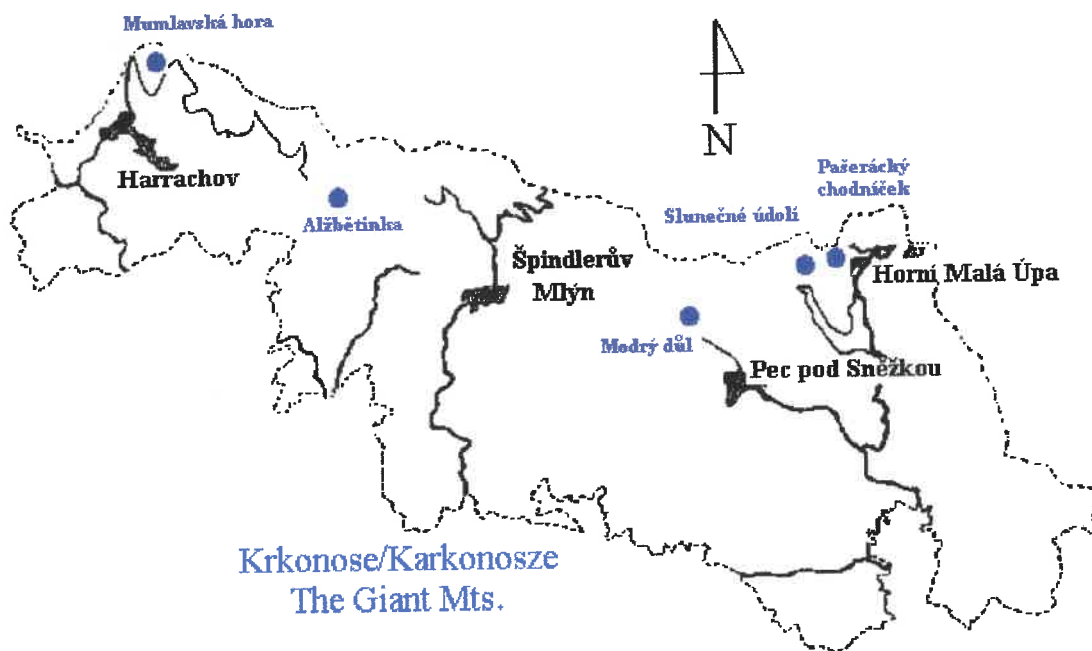


MIKROSTANOVIŠTĚ

-  hustá A.f.
-  hustá V.m.
-  ostatní substrát



Příloha 5: Změna pokryvnosti mikrostanovišť na vybrané výzkumné plošce (1m²) na lokalitě Mumlavská hora mezi lety 1995 a 2002. A.f.-*Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), V.m.-*Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka).



Příloha 6: Rozmístění trvalých výzkumných ploch v rámci území Krkonošského národního parku.