

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta



Bakalářská diplomová práce

**MAPOVÁNÍ VÝVOJE VEGETACE BYLINNÉHO PATRA
V HORSKÝCH SMRČINÁCH KRKONOŠ S VYUŽITÍM
GIS**

2008

Vypracoval: Jan Čihák

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Cudlín, Csc.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra agroekologie

Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ČIHÁK**

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **Agroekologie**

Název tématu: **Mapování vývoje vegetace bylinného patra v horských smrčínách Krkonoš s využitím GIS**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíle:

Zmapování stavu bylinného a mechového patra na 2 trvalých výzkumných plochách v Krkonoších.

Vytvoření map bylinného patra, jejich digitalizace a srovnání se stavem v roce 1994 za použití vývojové analýzy pomocí GIS.

Zdroje dat:

Vlastní terénní šetření v Krkonoších na trvalých výzkumných plochách.

Výsledky předchozího dlouhodobého výzkumu Ústavu ekologie krajiny AV ČR v rámci několika projektů na téma "Retrospektivní hodnocení odezvy horského smrčového ekosystému na působení stresových faktorů" (Cudlín a kol. 1996, 1999, 2001, 2003).

Postup řešení:

Průzkum bude prováděn během vegetačního období v roce 2007 na dvou trvalých výzkumných plochách Ústavu ekologie krajiny AV ČR v klimaxových smrčínách Krkonoš, reprezentujících různá stádia poškození lesních porostů (Cudlín a kol. 1995).

Každá trvalá výzkumná plocha (50 x 50 m) byla rozdělena na 25 čtverců o rozměrech 10 x 10 m. Mapování vegetace bylo prováděno pracovníky Botanického ústavu AV ČR v roce 1994. Nové mapování bude probíhat od července do září 2007 s přesností 20 cm.

Dalším krokem bude vytvoření nových vegetačních map pro studované trvalé výzkumné plochy. Zákresy budou digitalizovány a srovnány s vegetačními mapami z roku 1994 pomocí vývojové analýzy za použití GIS. Možné příčiny a následky pozorovaných změn vegetace budou rozebrány v diskusi.

Rozsah grafických prací: průvodní grafy a tabulky
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Cudlín, P., Chmelíková, E., Rauch, O., 1995: Monitoring of Norway spruce forest stand response to the stress impact in the Krkonoše Mts. In: Proc. Int. Conf. IUCN & MAB, Mountain National Parks and Biosphere Reserves: Monitoring and Management, September 1993, Špindlerův Mlýn, CZ, Office of Krkonoše National Park, Vrchlabí, p.75-80.
- Cudlín, P., Chmelíková, E., 1996: Degradation and restoration processes in crowns and fine roots of polluted montane Norway spruce ecosystems. *Phyton* 36: 69-76.
- Cudlín, P., Novotný, R., Chmelíková, E., 1999: Retrospektivní sledování působení stresových faktorů na horské smrkové ekosystémy. *Životné Prostredie*, 34: 98-102.
- Cudlín, P., Novotný, R., Moravec, I. & Chmelíková, E., 2001: Retrospective evaluation of the response of montane forest ecosystems to multiple stress. *Ecology (Bratislava)*, 20: 108-124.
- Jurásek, A., Vacek, S., 1994: Stav horských lesů Sudet v České republice. VÚLHM Opočno, 141 p.
- Schwarz, O. 1997: Rekonstrukce lesních ekosystémů Krkonoš. Správa KR-NAP, Vrchlabí.
- Soukupová, L., Rauch, O., 1999: Floor vegetation and soil of acidified *Picea abies* forests in the Giant Mountains (Central Europe). *Preslia*, 71: 257-275.
- Vacek, S., Bastl, M., Lepš, J., Vegetation changes in forests of the Krkonoše Mts. Over a period of air pollution stress (1980-1995). *Plant Ecology*, 143: 1-11.

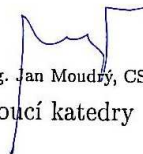
Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Pavel Cudlín, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2007

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2008


prof. Ing. Martin Křížek, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji tímto, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Mapování vývoje vegetace bylinného patra v horských smrččinách Krkonoš s využitím GIS“ zpracoval samostatně na základě vlastních zjištění a použil pramenů, které cituji a uvádím v přiloženém soupisu literatury.

V Českých Budějovicích dne 18.4.2008

.....

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat zejména svému školiteli RNDr. Pavlovi Cudlínovi, Csc., za obětavou pomoc, cenné rady a materiální zajištění při řešení mé bakalářské diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Evě Vávrové za zaškolení a pomoc při digitalizaci map a statistickém vyhodnocení výsledků, Bc. Ondrovi Cudlínovi, Petře Síčové a ostatním pracovníkům Ústavu systémové biologie a ekologie AV ČR za pomoc při mapování v terénu i následném zpracování výsledků.

Anotace

Mapování vývoje vegetace bylinného patra v horských smrčínách Krkonoš s využitím GIS.

Horské lesy jsou významnou krajinnou složkou našeho státu. V uplynulých třech desetiletích byly silně poničeny antropogenními vlivy, zejména pak imisemi. Imisní zátěž zhoršuje zdravotní stav lesa, což má za následek změny ve struktuře vegetace, ve které se zdravotní stav lesa odráží. Hlavní cíle mé práce byly zmapování stavu bylinného a mechového patra na dvou trvalých výzkumných plochách v Krkonoších (Alžbětinka, Modrý důl), vytvoření map bylinného patra a jejich digitalizace, srovnání těchto map se stavem v letech 1993-1994 za použití vývojové analýzy pomocí GIS.

Výstupem práce jsou podrobné vegetační mapy obou trvalých výzkumných ploch, jejichž zpracováním (digitalizací a statistickým vyhodnocením) byly prokázány významné změny v pokryvnostech jednotlivých kategorií půdního pokryvu ve srovnání s rokem 1993-1994. Na trvalé výzkumné ploše Alžbětinka byl zjištěn především výrazný ústup třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a naopak nárůst pokryvnosti brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*). Na TVP Modrý důl byl zaznamenán pokles obou pozorovaných vegetačních druhů, metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) i třtiny chloupkaté.

Klíčová slova: horské smrčiny, mapování vegetace, vývojová analýza rozšíření dominant v GIS

Abstract

Mapping of the vegetation development of herbaceous cover in mountain spruce forests in the Giant Mountains with using GIS.

Mountain forests are an important part of the landscape in our country. In the last three decades they were seriously damaged by anthropogenic influence, especially immissions. The immissions make worse the health status of forests, which cause changes in a structure of flora, in which the health status of forests is reflected. The main goals of my work were to map the cover of herbal and mossy layers in two permanent research plots in the Giant Mountains (Alžbětinka, Modrý důl), to create maps of herbaceous cover and to digitize them and to compare these maps with the extent in years 1993-1994 by using a developing analysis in GIS.

Detailed vegetation maps of the both permanent research plots by whose processing (by digitizing and static evaluation) some important changes were found out in dominant soil cover categories were the main outputs of the work. In the first research plot Alžbětinka, decline of the grass *Calamagrostis villosa* and increasing of *Vaccinium myrtillus* cover were evident. In the second research plot Modrý důl, decline of both investigated species, *Avenella flexuosa* and *Calamagrostis villosa*, was observed .

The key words: mountain Norway spruce forests, vegetation mapping, development analysis of plant dominant cover in GIS

Obsah

1. Úvod.....	10
1.1. Horské lesy	10
1.2. Cíle práce	11
2. Literární přehled	11
2.1. Charakteristika zájmového území Krkonoš	11
2.1.1. Obecná charakteristika	11
2.1.2. Přírodní poměry.....	12
2.1.2.1. Geologické a pedologické poměry	12
2.1.2.2. Hydrologické poměry.....	14
2.1.2.3. Klimatické poměry	14
2.1.2.4. Flóra	15
2.1.2.5. Fauna	17
2.2. Problematika imisního poškození horských lesů.....	17
2.3. Poškození lesů Krkonoš	20
2.4. Změny ve vegetaci Krkonoš	21
3. Metodika	22
3.1. Charakteristika zájmových trvalých výzkumných ploch.....	22
3.1.1. Alžbětinka	22
3.1.2. Modrý důl.....	23
3.2. Postup při získávání primárních dat (mapování).....	23
3.3. Zpracování dat.....	25
4. Výsledky	27
4.1. Výsledky mapování z roku 2007	27
4.1.1. Alžbětinka.....	27
4.1.2. Modrý důl	29
4.2. Srovnání současného stavu se stavem v roce 1993-1994	30

4.2.1. Alžbětinka.....	30
4.2.2. Modrý důl	35
5. Diskuse.....	37
5.1. Zhodnocení vývoje vegetace	37
5.1.1. Alžbětinka	37
5.1.2. Modrý důl	39
6. Závěr.....	41
7. Použitá literatura.....	42
8. Seznam použitých zkratk.....	44
9. Přílohy	45

1. Úvod

1.1. Horské lesy

Horské lesy jsou významnou krajinnou složkou našeho státu. Jsou objektem zvláštního významu z hlediska ochrany přírodního prostředí, stabilizace přírodních procesů i celkové homeostáze krajiny. Mimo to plní celou řadu *produkčních* i *mimoprodukčních* funkcí. Z hlediska produkčních funkcí se jedná hlavně o výnosy dřevní suroviny, zvěřiny, bylin, hub apod. Mimoprodukční část se skládá zejména z funkcí vodohospodářských, půdoochranných, klimatickoochranných, rekreačních atd. Stěžejní prvky trvale udržitelného obhospodařování lesů v našich podmínkách jsou:

- hospodaření s lesem jako ekosystémem, tj. přechod od samotné péče o lesní dřeviny a jejich porosty na péči o celé lesní ekosystémy;
- přestavba (přeměny, převody, rekonstrukce) poškozených a chřadnoucích lesů;
- vytvoření optimální struktury lesních ekosystémů (druhové, genetické, prostorové, věkové) rozdílně podle stanovištních poměrů a cílů hospodaření;
- využívání a podpora spontánních procesů, zejména pak přirozené obnovy, kompetice i dalších principů tzv. biologické automatizace;
- podpora a tvorba pružných víceúčelových způsobů obhospodařování a to diferencovaně podle funkčního poslání a možností lesních ekosystémů s cílem dosažení jejich přírodní reprodukce a funkční vyrovnanosti (Vacek, 2002).

Tyto stěžejní prvky trvale udržitelného obhospodařování lesů platí pro lesy všeobecně, ale jejich důležitost se výrazně zvyšuje v horských lesích, kde řada druhů přežívá na hranici svých ekologických možností (Vacek, Balcar, 1992). Tyto lesy byly v uplynulých třech desetiletích silně poničeny antropogenními, zejména pak imisně ekologickými vlivy, a proto zde musí hospodářská úprava maximálně usilovat o zajištění jejich ekologické stability, posílení jejich odolnosti i přizpůsobivosti vůči změnám prostředí, vyvolaným imisně ekologickými extrémy (Vacek, 2002).

Ze všeho tedy vyplývá důležitost výzkumu, ochrany a správného managementu horských lesních ekosystémů, kvůli jejich nenahraditelným produkčním i mimoprodukčním funkcím. Celkový zdravotní stav horského lesa se výrazně odráží na složení, struktuře a vývoji mechového a bylinného patra, které mohou sloužit jako indikátory stavu poškození lesa (Cudlín, 2007, ústní sdělení).

1.2. Cíle práce

Hlavními cíli mé práce bylo:

- zmapování stavu bylinného a mechového patra na dvou trvalých výzkumných plochách v Krkonoších (Alžbětinka, Modrý důl);
- vytvoření map bylinného patra a jejich digitalizace;
- srovnání těchto map se stavem v roce 1993-94 za použití vývojové analýzy pomocí GIS.

2. Literární přehled

2.1. Charakteristika zájmového území Krkonoš

2.1.1. Obecná charakteristika

Krkonoše jsou významným přírodním a kulturně historickým regionem na severu České republiky. V roce 1963 zde byl vyhlášen Krkonošský národní park (KRNAP) o celkové rozloze 36 300 ha. Později k němu přibylo i ochranné pásmo o výměře 18 400 ha. Z této celkové plochy zaujímá 67 % porostní plocha. Péči o toto území zajišťuje Správa Krkonošského národního parku se sídlem ve Vrchlabí. V polské části Krkonoš byl národní park zřízen již v roce 1959, a to na ploše 5 560 ha. Od roku 1992 jsou Krkonoše zařazeny do světové sítě biosférických rezervací UNESCO, a to v podobě biosférické rezervace Krkonoše/Karkonosze.

Zvláštní biogeografická poloha Krkonoš uprostřed střední Evropy zapříčinila, že se Krkonoše staly významnou vývojovou křižovatkou, kde se setkává severská a vysokohorská příroda. To je důvodem neobvykle vysokého výskytu glaciálních reliktních, endemitů a rozdílných horských ekosystémů (Vacek, 2002).

2.1.2. Přírodní poměry

2.1.2.1 Geologické a pedologické poměry

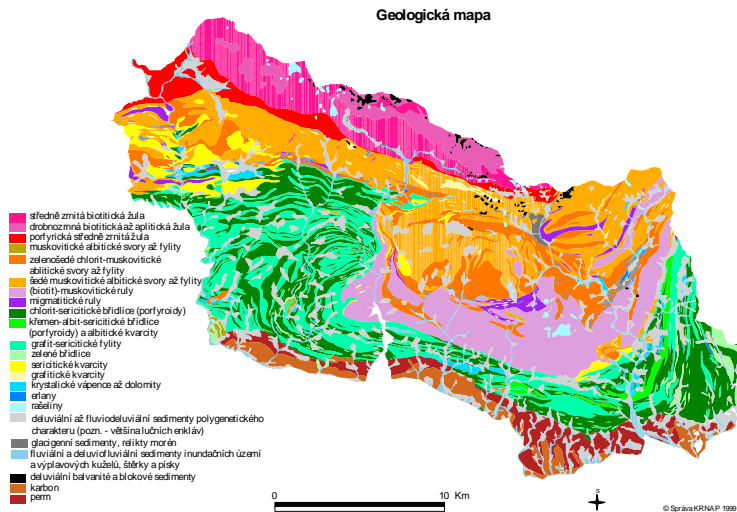
Současný reliéf Krkonoš vyplývá z dlouhodobého působení geologického a geomorfologického vývoje. Z hlediska geologického náleží toto území do krkonoško-jizerského krystalinika. Zastoupeny jsou hlavně krystalické břidlice (svory, fylity, ortoruly o stáří 600 - 1000 milionů let), uprostřed nichž se rozkládá žulový masív, který tvoří především vrcholové partie pohoří. Z dalších podružných hornin jsou tu křemence, čedič a krystalické vápence, které přes plošně menší rozsah mají velký význam pro utváření reliéfu i struktury vegetace. Geologická mapa Krkonoš je zobrazena na obrázku č. 1.

V druhohorách a první polovině třetihor, kdy panovalo na našem území tropické resp. subtropické klima, byly Krkonoše modelovány chemickým zvětráváním, což vedlo ke vzniku plochého a měkkého reliéfu, tzv. zarovnaných povrchů. K výrazné změně došlo v mladších třetihorách, kdy byly horotvornými pohyby, vyvolanými vrásněním v sousední alpské a karpatské oblasti, etapovitě vyzdviženy i Krkonoše. Dosáhly přitom již přibližně dnešní výšky, což vedlo k prudkému oživení vodní eroze a tím i následnému rozčlenění zarovnaných povrchů do podoby členitého horského reliéfu (Anonymus, 2008).

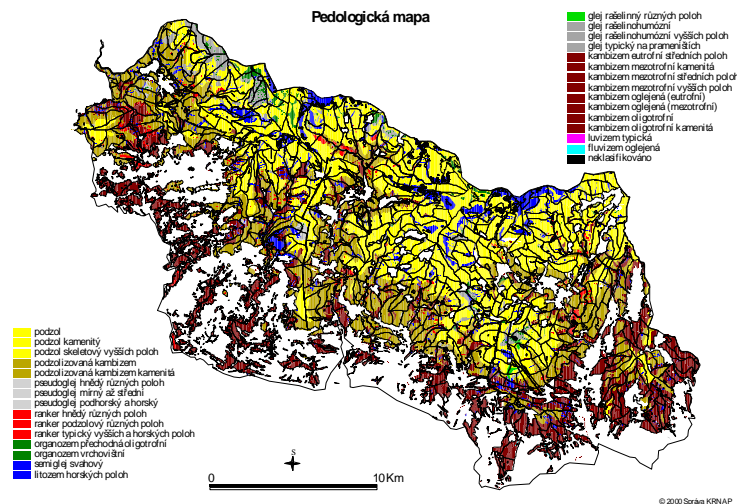
S výjimkou rendzin, na plošně nepatrných ostrůvcích krystalických vápenců, jsou všechny krkonošské půdy kyselé (Němeček, 1984). Anonymus (2008) uvádí, že v nejnižších partiích národního parku převládají hnědé půdy kyselé, výše přecházejí do rezivých půd (hnědé půdy podzolované), které jsou v Krkonoších vůbec nejrozšířenějším typem. Nad 1000 m n.m. nastupují podzolované půdy, které přecházejí ve vrcholových partiích v alpínské půdy, s častým výskytem mrazem modelovaných půd, jejichž výskyt je v rámci Čech krkonošskou zvláštností. Lokálně se vyskytují nivní půdy, provázející údolní nivy, glejové půdy, zvláště na prameništích a ve svahových prohlubních, a rašeliništní půdy v podobě lesních vrchovišť. Výskyt půdních typů je patrný z obrázku č. 2.

Krkonošská rašeliniště, zvláště vrcholová, jsou převážně vývojově stagnující a jejich mocnost nepřesahuje 2-3 m (většinou je menší než 1-1,5 m). Významným geomorfologickým činitelem bylo i zalednění pohoří, k němuž došlo v ledových dobách ve čtvrtohorách, kdy byl reliéf modelován jak horskými ledovci (vznik karů, jezer, morén atd.), tak mrazovými procesy (vznik kryoplanačních teras, mrazových srubů a sutí) (Anonymus, 2008). Němeček (1984) dále

tvrdí, že v poledové době jsou hlavními modelačními činiteli v Krkonoších vodní eroze, svahové sesuvy a antropogenní vlivy, v méně nápadné formě se uplatňuje i mrazové a biologické zvětvávání a lavinová eroze, ve vápencích přistupuje ještě krasovění.



Obr. 1: Geologická mapa Krkonoš (Schwarz, 2001)



Obr. 2: Pedologická mapa Krkonoš (Schwarz, 2001)

2.1.2.2 Hydrologické poměry

Říční síť Krkonoš vznikla ve třetihorách a čtvrtohorách. Jde o horní úseky toků, které mají charakter bystřin se všemi typickými rysy jako jsou velký spád koryta, prudkost toku, značné výkyvy stavu vodní hladiny a průtoků nebo neustálené dno díky velké unášecí síle vody. Na některých místech v subalpínském i v montánním stupni vznikla v terénních depresích nebo na výronech podzemních vod rašeliniště, která jsou většinou hlavními prameništi vodních toků, především Labe, Úpy a Mumlavy na české straně, Lomnice a Kamiennej na polské straně pohoří. Přirozenými vodními nádržemi jsou nevelká jezera ledovcového původu hrazená morénovými valy: Wielki a Maly Staw a jezírka ve Snieznych Kotlach na polské straně a Mechové jezírko na české straně hor (Anonymus, 2008).

2.1.2.3 Klimatické poměry

Krkonoše náleží do klimatického mírného pásu, pro který je typické střídání ročních období. Vzhledem k blízkosti Atlantického oceánu a k převládajícímu západnímu větrnému proudění tvoří hřebeny Krkonoš nejvyšší překážku proudům vlhkého, chladného vzduchu od oceánu, což se projevuje vysokým množstvím dešťových a sněhových srážek a nízkými teplotami. Ve srovnání s ostatními horskými pásmy Sudet mají Krkonoše v celoročním průměru nejdrsnější podnebí.

Průměrná roční teplota v Krkonoších kolísá mezi +6 °C až 0 °C (Žacléř 6,1; Karpacz 5,9; Szklarska Poreba 5,8; Harrachov 4,9; Špindlerův Mlýn 4,7; Szrenica 1,9; Sněžka 0,2 °C). Převládají jihozápadní až severozápadní větry, časté jsou i vichřice o rychlostech přes 150 km/hod. Srážky přibývají s nadmořskou výškou. Na úpatí Krkonoš je roční úhrn zhruba 800 mm, na hřebenech 1200 až 1400 mm. Sníh padá v Krkonoších prakticky po celý rok (alespoň v nejvyšších polohách), trvale zůstává ležet průměrně 7 měsíců (zhruba od poloviny října do poloviny května). Průměrná výška sněhové pokrývky se pohybuje mezi 150 až 200 cm (Anonymus, 2008).

2.1.2.4 Flóra

Krkonoše přes svou malou rozlohu oplývají neobvykle bohatou flórou a v porovnání s ostatními hercynskými pohorími tak zaujímají mimořádně významné místo. Ze současných poznatků vyplývá, že zde roste více než 1250 taxonů cévnatých rostlin, což je bezmála polovina veškeré původní flóry České republiky, a několikanásobně vyšší počet druhů rostlin výtrusných - mechorostů, lišejníků, řas, dále hub, sinic a hlenek. V diverzitě zdejší vegetace se odráží zvláštní biogeografická poloha Krkonoš - kontakt severské tundry a alpínských trávníků v době zalednění a utváření jejich reliéfu i nadmořská výška, zasahující nad alpínskou hranici lesa, která probíhá ve 1250 až 1350 m n.m. Svědčí o tom již zmíněné glaciální reliikty, jako jsou ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*), všivec krkonošský (*Pedicularis sudetica*), lomikámen sněžný (*Saxifraga nivalis*), šídlatka jezerní (*Isoetes lacustris*), rašeliník Lindbergův (*Sphagnum lindbergii*) a další.

V postglaciální době vedla dlouhodobá izolace o mnoho vyšších krkonošských hřebenů, oproti středoevropské lesní krajině, ke vzniku osamocené ostrova vysokohorské přírody. V něm se složitými genetickými pochody začaly vyvíjet nové odlišné druhy, poddruhy a variety - krkonošské endemity. Mezi ně náleží především jeřáb krkonošský (*Sorbus sudetica*), zvonek krkonošský (*Campanula bohemica*), lomikámen pižmový (*Saxifraga moschata* ssp. *basaltica*), bedrník skalní (*Pimpinella saxifraga* ssp. *rupestris*) a téměř tři desítky druhů jestřábníků rodu *Hieracium* (Anonymus, 2008).

Z hlediska vertikálního členění vegetace jsou v Krkonoších čtyři zřetelně vytvořené výškové (vegetační) stupně: submontánní (400 až 800 m n.m.), montánní (800 až 1200 m n.m.), subalpínský (1200 až 1450 m n.m.) a alpínský (1450 až 1602 m n.m.). Přestože byla jejich podoba od středověku velmi narušena a pozměněna antropogenními vlivy, lze je podle Anonyma (2008) charakterizovat takto:

Submontánní stupeň

Listnaté a smíšené lesy jsou tvořené především bukem lesním (*Fagus sylvatica*), javorem klenem (*Acer pseudoplatanus*), jasanem ztepilým (*Fraxinus excelsior*), jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*), olší šedou (*Alnus incana*) a na polské straně i modřínem opadavým (*Larix decidua*). V minulosti však byly převážně vykáceny a nahrazeny smrkovými monokulturami. Smrk ztepilý (*Picea abies*) proto v současné době zaujímá cca 87,4 % zalesněné plochy (Černý, Pačes, 1995). Bylinné patro tvoří jarní druhy rostlin jako je česnek medvědí (*Allium ursinum*), dymnivka dutá

(*Corydalis cava*), sasanka hajní a pryskyřníkovitá (*Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*), kyčelnice devítilistá a cibulkonosná (*Dentaria enneaphyllos*, *D. bulbifera*), lilie zlatohlavá (*Lilium martagon*) a jiné.

Montánní stupeň

Horské smrčiny (přirozené i člověkem vysázené) jsou v současné době silně poškozované vlivem průmyslových imisí. Bylinné patro tvoří převážně kaprad'orosty - papratka horská (*Athyrium alpestre*), kaprad' samec (*Dryopteris filix-mas*), žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*) a traviny - třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*). Na vlhčích místech převládá nivní vegetace s krabilicí chlupatou (*Chaerophyllum hirsutum*), devětsilem bílým a Kablíkové (*Petasites albus*, *P. kablikianus*) či řeřišnicí hořkou (*Cardamine amara*). Z období budního hospodářství (18. století) se datuje vznik bezlesých enkláv s druhově velmi bohatými horskými loukami s violkou sudetskou (*Viola sudetica*), zvonkem krkonošským (*Campanula bohemica*), jestřábníky rodu *Hieracium*, náholníkem jednokvětým (*Achyrophorus uniflorus*), prhou arnikou (*Arnica montana*) a řadou zástupců čeledi *Orchideaceae*.

Subalpínský stupeň

V tomto stupni, na náhorních plošinách a v jejich okolí, se koncentrují nejcennější ekosystémy Krkonoš - klečové porosty, přirozené i druhotné smilkové louky a severská (subarktická) rašeliniště. V keřovém patru dominuje borovice kleč (*Pinus mugo*), v bylinném patru převládá smilka tuhá (*Nardus stricta*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), ostřice rodu *Carex*, keříčky brusnicovitých rostlin – brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusnice brusinka (*V. vitis-idaea*), vlochyně bahenní (*V. uliginosum*), klikva drobnoplodá (*Oxycoccus microcarpus*), šicha oboupohlavná (*Empetrum hermaphroditum*) a další. Bohatý je výskyt endemických a reliktních druhů, především již zmiňovaných jestřábníků (*Hieracium* sp.), všivce sudetského (*Pedicularis sudetica*), ostružiníku morušky (*Rubus chamaemorus*) a dalších.

Alpínský stupeň

Nejvyšší, vzájemně izolované vrcholky Krkonoš (Sněžka, Studniční a Luční hora, Vysoké Kolo, Kotel) jsou pokryté relativně chudou, ale cennou bylinnou vegetací, mechorosty a

lišejníky. Z hlavních druhů je to například sítna trojklanná (*Juncus trifidus*), rozrazil chudobkovitý (*Veronica bellidioides*), bika klasnatá (*Luzula spicata*), endemické jestřábníky rodu *Hieracium* či lišejníky *Thamnolia vermicularis* a *Rhizocarpon geographicum*.

2.1.2.5. Fauna

Současná živočišná společenstva se zformovala v závěru poslední doby ledové a především v holocénu. V nižších partiích pohoří představují typický vzorek eurosibiřské fauny z pásma listnatých lesů. V polohách nad 800 m n.m. patří Krkonoše zoogeograficky do provincie variských pohoří (pásmo tajgy) a s přibývajícím nadmořskou výškou narůstá podíl vysloveně horských druhů. Mezi bezobratlými živočichy mají významné postavení vážky (*Odonata*), brouci (*Coleoptera*), dvoukřídlý hmyz (*Diptera*) či vodní roztoči (*Acarina*). Z obratlovců lze připomenout mimo jiné kosa horského severoevropského (*Turdus torquatus torquatus*), čečetku zimní (*Carduelis flammea*), slavíka modráčka tundrového (*Luscinia svecica svecica*), kulíka hnědého (*Charadrius morinellus*) nebo hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*), v současné době dominantního druhu hlodavce v imisemi zasažených porostech. Počet endemitů v krkonošské fauně, především ve srovnání s flórou, je překvapivě malý. V současnosti je popsán pouze jediný endemický druh - jepice krkonošská (*Rhithrogena corcontica*). Dnes známý výčet endemitů, glaciálních reliktních či druhů na okraji svého areálu rozšíření však není úplný (Anonymus, 2008).

2.2. Problematika imisního poškození horských lesů

Zhoršující se stav lesů v horských polohách je dobře patrný už od počátku sedmdesátých let. Dynamický rozpad lesa, snižování jeho produkčních a selhávání ekologických a environmentálních funkcí a mizení genofondu dřevin, má vážné ekologické a celospolečenské dopady. Nejvíce postižené území ve střední Evropě, tzv. "černý trojúhelník", zahrnuje Krušné hory, Jizerské hory a Krkonoše. Poškození těchto horských lesních ekosystémů má zjevné negativní ekologické důsledky i v celoevropském měřítku (Vacek, 2002).

Podle Falty (1999) je hlavním problémem poškození imisemi SO₂ (průměrné koncentrace SO₂ z roku 1994 jsou pro příklad uvedeny v tabulce č. 1). Tzv. kyselá deště způsobují snížení pH půd a mají tak negativní vliv na vegetaci. Koncentrace síry v rostlinách se zvyšuje a způsobuje hnědnutí listů s následnou defoliací. Předčasná defoliace jehlic má za následek velmi intenzivní

tvorbu náhradních, sekundárních výhonů, která vede k celkovému vyčerpání stromu a v souvislosti s dalšími zátěžovými faktory (žír hmyzem, napadení patogeny apod.) k jeho odumření (Cudlín, 2008, ústní sdělení).

Tab. č. 1: Dlouhodobé průměry koncentrací SO₂ (Jurásek, Vacek, 1994).

Oblast	Stanice	Nadmoř. výška	Průměrné koncentrace SO ₂ (μg/m ³) v měsících		
			I. – XII.	X. – III.	IV. – IX.
Jizerské hory	Bedřichov	780	34	46	22
	Jizerka	900	22	28	15
Krkonoše	Harrachov	840	20	25	15
	Labská b.	1310	13	14	13
Sudetské mezihorí	Lanovka	520	56	75	38
	Paseka	665	33	51	15
	Hony	510	36	60	13
Orlické hory	Uhřínov	620	21	34	10
H. Jeseník	Rejvíz	760	19	28	11

Po vytěžení poškozených porostů nastupují problémy s obnovou lesa na rozsáhlých kalamitních holinách. Celkově nejhorší situace přetrvává v ochranných horských lesích, které převážně z ekonomických důvodů byly dlouhodobě stranou lesnického hospodářského zájmu.

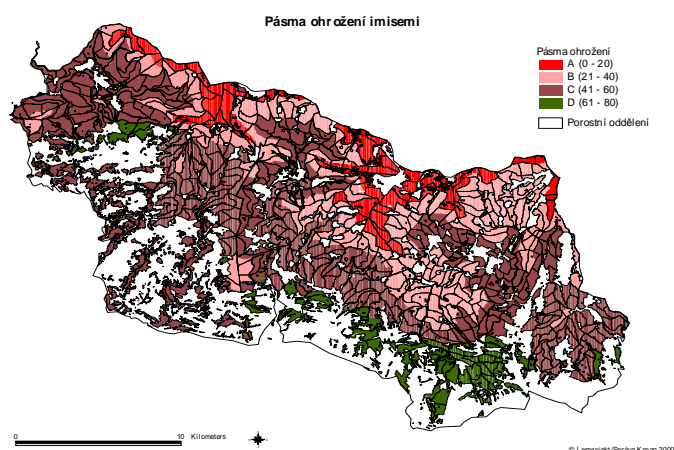
Tím v 70. letech došlo k situaci, že např. ve vyšších polohách Sudet plošně výrazně převládaly souvislé staré, převážně smrkové porosty. Takovéto porosty se přirozeně rozpadaly bez dostatečné obnovy, která byla navíc výrazně poškozována nebo až zcela zdecimována neúměrně vysokými stavy spárkaté zvěře. V takovémto stavu tyto porosty zastihl vliv imisně ekologických stresů. Velmi rychlá a v některých případech celoplošná destrukce porostů vlivem imisí za spolupůsobení klimatických extrémů, hmyzích škůdců a houbových patogenů a následné těžení odumírajících či odumřelých porostů vytvářely značně nepříznivou ekologickou situaci pro vznik následného lesního porostu. Extrémní imisně ekologické podmínky rozsáhlých holin často dosahovaly parametrů klečového či alpínského vegetačního stupně (Vacek, 2002).

V tomto stavu přestává být použitelná většina dosud platných zásad obhospodařování a plánování managementu v horských lesích, ničených imisně ekologickými stresovými faktory. V podmínkách výrazného imisního zatížení a následné rychlé destrukce lesních ekosystémů přestala být klasická hospodářská úprava lesů spolehlivým prostředkem lesnického plánování. Není totiž

schopná v takovémto případě zajistit ekologické a hospodářské aspekty a zájmy vlastníků lesa a postupně ztrácí i na kvalitě své informační funkce. Tento stav byl signálem k zakládání četných výzkumných ploch se zaměřením zvláště na výzkum stavu prostředí, obnovy a stabilizace různých stádií rychle odumírajících nebo již odumřelých lesních porostů. Bylo nutné těmito pozorováními získat a poskytnout aplikované poznatky, zejména pak poznání struktury a vývoje horských lesů pod vlivem imisí a prognózy jejich dalšího vývoje, jakožto základních předpokladů pro stanovení a plánování specifických zásad obhospodařování těchto poškozených lesů (Vacek, 2002). Lesy tak byly rozděleny podle stupně ohrožení na čtyři pásma, popsána v tabulce č. 2. Mapa pásem ohrožení imisemi v Krkonoších vztažená k roku 1991 je zobrazena na obr. č. 3.

Tab. č. 2: Charakteristika a rozlohy pásem ohrožení v horských lesích ČR k r. 1991 (Jurásek, Vacek, 1994).

Pásma ohrožení	Životnost dospělých smrkových porostů	Plocha		
		V tis. ha	% horských lesů	% z pásma ohrožení v ČR
A	do 20 let	29,0	6,3	100
B	21 – 40 let	129,0	28,1	98
C	41 – 60 let	301,6	65,6	71
D	61 – 80 let	0	0	0



Obr. 3: Mapa pásem ohrožení imisemi (Schwarz, 2001).

2.3. Poškození lesů Krkonoš

Krkonošské lesy jsou ovlivňovány imisně ekologickými stresy již delší dobu. Západní část pohoří pravděpodobně od r. 1972 v souvislosti s provozem velkých elektráren v okolí Žitavy. Ve východních Krkonoších se zvýšení zatížení předpokládá od roku 1959, kdy byla uvedena do provozu elektrárna u Trutnova. Započítány jsou ale i vlivy dalších emisních zdrojů z průmyslových oblastí, ale i jednotlivých podniků v oblasti Krkonoš.

Podle výzkumů na Trutnovsku stačí ke slabému poškození smrkových lesů v příznivých růstových podmínkách koncentrace $20 \mu\text{g SO}_2$ v 1 m^3 vzduchu v letním období a $40 \mu\text{g SO}_2$ v 1 m^3 v období zimním. Ve vyšších polohách Krkonoš vzhledem k drsnějším klimatickým a půdním poměrům dochází ke stejnému poškození i při nižších koncentracích. Nejvíce je v Krkonoších poškozen smrkový vegetační stupeň, přičemž poškození stoupá se vzrůstající nadmořskou výškou (Vacek, 1996).

První výrazné poškození smrkových porostů bylo patrné po klimatickém zvratu v březnu 1977, další pak v roce 1979 v souvislosti s kalamitou obaleče modřínového (*Zeiraphera diniana* /Gn./). Poškození bylo patrné zejména na lokalitách Mrtvý vrch, Jakšín, Kamenec, Keprník, Plešivec a dalších. Rozloha lesních porostů vykazujících silný a vyšší stupně poškození byla v roce 1980 celkem 1355 ha. Vytěženo bylo v této době cca 150 ha lesa. V roce 1983 došlo k prudkému nárůstu plochy poškozeného lesa na 3163 ha, vytěženo bylo 517 ha. Kulminace nastala v roce 1987 stavem 6774 ha poškozeného porostu a vytěžením přibližně 1230 ha. Od této doby se výměra až do roku 1993 mírně snižovala až na 5072 ha (Vacek a kol. 2007).

Do té doby bylo v Krkonoších vlivem imisního poškození kombinovaného hlavně s žírem hmyzu (zejména lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* /L./) vykáceno přes 7000 ha poškozených lesních porostů. Většina z nich byla odtěžena holosečně (Jurásek, Vacek, 1994).

Podle Vacka a kol. (2007) bude i přes probíhající a nadále očekávaný pokles emisí SO_2 v příštích 10 – 15 letech chřadnutí lesa Krkonoš pokračovat, i když byla od r. 1988-89 zaznamenána určitá stagnace poškození porostů.

2.4. Změny ve vegetaci Krkonoš

Vegetace Krkonoš se vyznačuje rozsáhlými změnami, zapříčiněnými dlouhodobou přítomností a rozsáhlými aktivitami člověka v pohoří, včetně nejrůznějších projevů imisní zátěže. Z celkového počtu cca 1300 taxonů cévnatých rostlin zaznamenaných v Krkonoších je téměř ¼ nepůvodních (Falta, 1999). V některých případech jsou tyto alochtonní druhy silně invazivní a šíří se pohořím podél toků či komunikací, např. pcháč rolní (*Cirsium arvense*), šťovík alpský (*Rumex alpinus*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). Další druhy při vysoké produkci semen nežádoucím způsobem sytí semennou banku okolních půd a podporují projevy stále rozsáhlejšího ekotonového efektu. Jsou to metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), lipnice roční (*Poa annua*), pryskyřník plazivý (*Ranunculus repens*), šťovík dlouholistý (*Rumex longifolius*), aj. (Vacek 1996).

Ochuzování přirozeného prostředí původních druhů a společenstev v důsledku acidifikace a eutrofizace, změny v dekompozici biomasy a následné posuny ekologických poměrů stanovišť (mikroklima, hydrologický režim, bilance živin) odstartovaly podle Vacka (1996) rozsáhlé změny ve floristických a vegetačních poměrech Krkonoš. Eutrofizace sama vlivem přísunu dusíku z kyselých srážek a vápníku a hořčíku z nevhodných hornin používaných k úpravám cest podporuje invazní druhy vysokostébelných niv – mléčivec alpský (*Cicerbita alpina*), starček hajní (*Senecio nemorensis*), rdesno hadí kořen (*Bistorta major*), aj. Problémem je pak také silný nástup travin, jako jsou třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), který vede ke změnám ve struktuře společenstev v neprospěch bylinných druhů. To je jeden z důvodů ústupu populací např. lomikámenu sněžného (*Saxifraga nivalis*), koniklece jarního (*Pulsatilla vernalis*) nebo kapradinky alpské (*Woodsia alpina*).

Velký druhový úbytek byl pozorován zvláště v mechovém patře, a to průměrně o 44 % (z 4,8 na 2,7) druhů v bukových a smíšených porostech, o 53 % (z 11,6 na 5,5) u smrkových porostů bez rozpadu a o 68 % (z 10,4 na 3,3) u smrkových porostů s pozorovaným rozpadem. V rámci poslední skupiny byly dokonce zaznamenány plochy s úplným vymizením mechového patra (Vacek a kol. 2007).

Podle Vacka a kol. (2007) obecně na trvalých výzkumných plochách platí, že rostlinná společenstva v rámci bukových a smíšených porostů většinou vykazují střední až vysokou změnu druhové struktury, což je způsobeno jejich vyšší počáteční druhovou diverzitou v bylinné etáži.

K roku 2000 zde byl pozorován průměrný úbytek 27 % druhů z těch, které byly přítomné v roce 1985. Pokryvnost bylinného patra se ale v bukových a smíšených porostech změnila nevýrazně, ve smrkových porostech je však nárůst pokryvnosti znatelnější.

3. Metodika

3.1. Charakteristika zájmových trvalých výzkumných ploch

Podle Falty (1999) se obě mapované plochy (Alžbětinka, Modrý důl) nacházejí v 8. vegetačním stupni, porosty jsou považovány za autochtonní. Dominantní dřevinou v tomto vegetačním stupni je smrk ztepilý (*Picea abies*), z ostatních dřevin jsou v menší míře zastoupeny jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza pýřitá (*Betula pubescens*), buk lesní (*Fagus sylvatica*). V bylinném patře převládají třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), papratka horská (*Athyrium distentifolium*).

Vzhledem k rozdílnému postavení v anemoorografickém systému jsou lokality vystaveny různému stupni působení imisí (Vacek a kol, 2007). Plocha Alžbětinka, která je situována na severozápad, je pravděpodobně vystavena vyššímu působení kyselých srážek, což má za následek větší rozsah poškození místní vegetace. Obecně se lokality odlišují i charakterem geologického podloží. V západní části Krkonoš převažuje granit (Alžbětinka), ve východní části krystalická břidlice a svor (Modrý důl) (Falta, 1999).

3.1.1. Alžbětinka

Trvalá výzkumná plocha Alžbětinka leží ve výšce 1192 - 1220 m n. m na severozápadním svahu Lysé hory (1344 m). Svažítost se pohybuje kolem 14° (Falta 1999). Průměrná roční teplota je 3,1 °C, srážky 1450 mm. Roční koncentrace SO₂ je 14 µg/m³. (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995). Falta (1999) uvádí ve srovnání s ostatními TVP v Krkonoších vyšší obsah vodíkových iontů (74 µmol.l⁻¹) a dusičnanových iontů (8 µmol.l⁻¹) ve srážkách zachycených na otevřených stanovištích (podle údajů z r. 1995).

Les, starý přibližně 233 let, s korunovým zápojem 35 %, se na této ploše rozpadá. Podle údajů z poloviny 90. let bylo 41 % stromů částečně poškozeno (50% defoliace), tvar korun je

většinou nepravidelný, mnoho vrcholů je zlomených, 38 % stromů trpí žloutnutím jehlic. Výška přeživších stromů kolísá mezi 15 a 25 metry, průměr kmenu mezi 30 a 60 centimetry. Fytocenologická asociace zde náleží do *Athyrio alpestre-Piceetum typicum*. Podloží tvoří porfyrický granit, půda je chudá, podzolová, místy oglejená se značně kyselou reakcí (pH 3,26 - 3,60). Dominantními minerály jsou křemen a ortoklas (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995).

Defoliační třída se stupněm poškození 60 – 100 % zde byla v roce 1996 zastoupena z 51 % a z 39 % byla přítomna třída s poškozením 10 – 25 % (Falta 1999).

3.1.2 Modrý důl

Tato TVP leží na příkrém jižním svahu Studniční hory (1554 m) ve výšce cca 1240 m n. m. Svažitost je poměrně vysoká (22°) (Falta 1999). Průměrná roční teplota činí 3,8 °C, srážky okolo 1500 mm. Roční koncentrace SO₂ je stejně jako na Alžbětince 14 µg/m³ (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995). Obsah toxických látek ve srážkových vodách se zde v roce 1995 pohyboval v rozmezí průměrných nebo nižších hodnot v rámci krkonošských lokalit. Výjimkou byl pouze vyšší obsah dusičnanových iontů zjištěný ve spadových nádobách umístěných pod korunami stromů (16,3 µmol.l⁻¹) (Falta 1999).

S 59 % živých stromů s 35% defoliací patřil v polovině 90. let tento přibližně 133 let starý porost k nejlépe zachovaným ze všech horských lesů Krkonoš (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995). Výška stromů se pohybuje okolo 22 metrů, průměr kmenu okolo 40 centimetrů. Koruny jsou většinou široké, pravidelné, vrcholy nepoškozené, zápoj je poměrně hustý (65 %). Fytocenologická asociace je klasifikována jako *Calamagrostio villosae-Piceetum fagetosum*. Matečnou horninou jsou zde krystalické břidlice, nejrozšířenějším minerálem křemen a muskovit, přítomné je i menší množství ortoklasu (Falta 1999). Půdu tvoří humusové a leptické podzoly, s taktéž značně nízkým pH v humusovém horizontu(3,70 – 3,74) (Cudlín, Chmelíková, Rauch 1995).

3.2. Postup při získávání primárních dat (mapování)

Průzkum jsem prováděl během vegetačního období v roce 2007 na dvou trvalých výzkumných plochách (dále jen TVP) Ústavu systémové biologie a ekologie AV ČR v klimaxových smrčínách Krkonoš, reprezentujících různá stadia poškození lesních porostů (Cudlín a kol., 1995). Toto mapování proběhlo v době od července do září 2007 a jeho hlavním

cílem bylo získat data pro srovnání se stavem vegetace, zjištěným pracovníky Botanického ústavu AV ČR již na podzim roku 1993 a na jaře roku 1994.

Samotné mapování bylo provedeno podle stejné metodiky jako v letech 1993-1994 (Soukupová, Rauch, 1999). Každá TVP (50 x 50 m) byla už při zakládání trvale rozdělena hraničními kolíky na 25 čtvercových sektorů o rozměrech 10 x 10 m (dále jen sektory). Tyto sektory byly dále během mapování rozděleny pomocí provázku nebo pásma na čtverce o rozměrech 2 x 2 m, a ty pro snazší orientaci dále pomocí geodetických výtyček na jednotlivé čtvereční metry. Vegetaci z takovéto plochy jsem zakreslil do milimetrového papíru s přesností na 20 cm (čtverec 10 x 10 mm na milimetrovém papíru odpovídal 4 m² ve skutečnosti). Zakreslena byla vegetace se souvislou plochou minimálně 20 x 20 cm. Každému rostlinnému druhu odpovídá barva nebo styl šrafování apod. Roztroušená vegetace nebo plochy menší než 20 x 20 cm byly zapsány do poznámek. Roztroušená vegetace, s přepočtenou plochou do 400 cm² měla index 1, plocha do 800 cm² měla index 2. Na druhy v minimálním zastoupení nebyl brán zřetel.

Zakreslil jsem dále padlé suché stromy, pařezy, stromy, semenáče, kameny, vodní plochy, spadové rámy a ostatní významnější plochy a předměty. Jejich značky a barvy jsou uvedeny v poznámkách u příslušných map. Pro určení přesné nomenklatury rostlin jsem použil klíče pro určování rostlin od Kubáta (2002).

Dalším krokem bylo vytvoření nových vegetačních map pro studované TVP v elektronické podobě. Zákresy jsem s pomocí kolegů digitalizoval a srovnal s vegetačními mapami z roku 1993-1994 pomocí vývojové analýzy za použití GIS, programu ArcGis 9.0 a zjištěné změny jsem statisticky vyhodnotil pomocí programu Canoco 4.5. Možné příčiny a následky pozorovaných změn vegetace jsou rozebrány v diskusi.

TVP Alžbětinka byla v letech 1993-1994 i 2007 zmapována celá, tj. 25 sektorů (A1 – E5) o celkové ploše 2500 m² (1/4 ha) podle uvedené metodiky. Modrý důl byl zmapován v letech 1993-1994 odlišnou metodou, kdy byly zakresleny pouze v té době dominantní druhy trav, metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a mapování bylo provedeno pouze v 15 sektorech (A3 – E5) o celkové ploše 1500 m². V roce 2005 bylo provedeno mapování v horních sektorech A4 až E5 metodou, kdy se na plochách 20 x 20 cm odhadoval dominantní a subdominantní druh vegetace. V následném mapování v roce 2007 byly zakresleny sektory A3 – E3, použita byla již stejná metodika jako na Alžbětince. Ve výsledcích

byl proto na TVP Modrý důl srovnán jen vývoj dominantních druhů trav – třtiny chloupkaté a metličky křivolaké, na TVP Alžbětinka byl porovnán vývoj i dalších významných druhů.

3.3. Zpracování dat

Data byla zpracována v programu ArcGIS 9.0 a výsledná statistická analýza provedena v programu Canoco 4.5. Uvedeny jsou hlavní nástroje a postupy při zpracování a vyhodnocení dat.

Mapy obou TVP, Modrého dolu i Alžbětinky, byly zdigitalizovány a pomocí nástrojů „Spatial Adjustment“ prostorově rektifikovány metodou „Rubbersheet“. Jako lícovací body byly použity kolíky označující rozdělení TVP na jednotlivé sektory a dále pak dospělé stromy. Tím bylo docíleno co nejpresnějšího přeložení map z dvou hodnocených let přes sebe. Pomocí nástroje „Calculate Areas“ byly pro každou vegetační mapu spočítány obsahy jednotlivých polygonů a s využitím nástroje „Summary Statistics“ byly pro každou mapu vypočteny součty obsahů polygonů za jednotlivé kategorie pokryvu půdy.

Ke zjištění změn ve vegetačním pokryvu na TVP Alžbětinka, tj. ke zjištění vzájemného nahrazování jednotlivých druhů, byl použit nástroj „Tabulate Area“. Jako vstupní vrstvy byly použity vegetační mapy ze začátku a konce hodnoceného období a jako „class field“ a „zone field“ byly zvoleny sloupce obsahující číselně kódované typy vegetačního pokryvu. Výstupem této operace je křížová tabulka s číselnými údaji vyjadřujícími plochy v m², na kterých došlo ke změně z daného typu vegetačního pokryvu na jiný a plochy, na kterých daný typ vegetačního pokryvu zůstal beze změny.

K prostorovému znázornění změn ve vegetačním pokryvu na TVP Alžbětinka byla vytvořena pomocí nástroje „Intersect“ výsledná syntetická GIS vrstva. Jako vstupní vrstvy byly použity vegetační mapy ze začátku a konce hodnoceného období. Do atributové tabulky výsledné vrstvy byl následně přidán nový sloupec, do něhož byly s využitím funkcí „Select by Attributes“ a „Calculate Values“ číselně nakódovány jednotlivé změny z jednoho typu vegetačního pokryvu na jiný. Pomocí takto vzniklé výsledné syntetické GIS vrstvy lze např. u druhu, u kterého byl v hodnoceném období zaznamenán výrazný pokles pokryvnosti, ukázat, jakými druhy byl tento druh v jakých místech nahrazen. Nebo naopak u druhu, u kterého byl zaznamenán výraznější nárůst pokryvnosti, lze pomocí této vrstvy znázornit, jaké druhy tento druh při své expanzi vytlačil (případně nahradil) a v jakých místech v rámci hodnocené TVP k těmto změnám došlo.

Dále jsou uvedeny hlavní nástroje, které byly v daném sledu použity pro přípravu dat v programu ArcGIS pro následnou statistickou analýzu změn ve vegetačním pokryvu na TVP Alžbětinka:

- nástroj „Identity“ – počítá geometrický průnik dvou vrstev, a to vrstvy se vstupními prvky a vrstvy s identifikačními prvky, přičemž vstupní prvky nebo jejich části, které se překrývají s identifikačními prvky, dostanou atributy identifikačních prvků.
Vrstva se vstupními prvky = vegetační mapa; vrstva s identifikačními prvky = mapa sektorů,
- nástroj „Calculate Areas“ – spočítá obsah jednotlivých polygonů,
- nástroj „Pivot Table“ – třídí a sumarizuje data ve vstupní tabulce.
převeďte data z atributové tabulky tak, že pro každý sektor spočítá obsah polygonů patřících k jednotlivým hodnoceným kategoriím pokryvu půdy,
- nástroj „Summary Statistics“ – počítá souhrnné statistiky pro vybrané sloupce v atributové tabulce, byl použit pro výpočet součtu obsahů polygonů jednotlivých kategorií pokryvu půdy v jednotlivých sektorech.

Statistická analýza dat na TVP Alžbětinka:

Mnohorozměrná statistická analýza dat pro TVP Alžbětinka byla provedena v programu Canoco verze 4.5 (Ter Braak, Šmilauer, 1998). Jako vysvětlované proměnné vstupovaly do této analýzy hodnoty pokryvnosti druhů přizemní vegetace a ostatních sledovaných kategorií pokryvu půdy z let 1993-94 a 2007 spočtené pro každý z 25 hodnocených sektorů (tj. ploch s rozměry 10 x 10 m) TVP Alžbětinka. Jako vysvětlující proměnná byl v této analýze použit čas, zadaný jako kvantitativní proměnná. Nejprve byla provedena nepřímá gradientová analýza DCA (Detrended Correspondence Analysis) za účelem zjištění délky gradientu v datovém souboru obsahujícím pokryvnosti hodnocených kategorií. Na základě výsledků této analýzy byla pro hodnocení změn pokryvností v čase zvolena lineární metoda přímé gradientové analýzy RDA (Redundancy Analysis). Statistická významnost byla testována pomocí Monte Carlo permutačního testu. Při testování změn pokryvností v čase bylo nutné eliminovat prostorovou variabilitu v datech, a to pomocí volby omezených permutací v rámci bloků definovaných jednotlivými sektory. Tím bylo zajištěno, že byly v testu mezi sebou permutovány vždy pouze časové záznamy ze stejného

sektoru. Výsledky byly vizualizovány formou biplotu v programu CanoDraw (Ter Braak, Šmilauer, 1998).

4. Výsledky

4.1. Výsledky mapování z roku 2007

Výstupem terénního průzkumu jsou podrobné vegetační mapy obou TVP, Alžbětinky i Modrého dolu. Plocha Alžbětinka byla vymapována celá (tj. 2500 m²), na ploše Modrý důl bylo mapování provedeno v sektorech A3 – E3, tj. na 500 m², k čemuž byla přidána data z mapování z roku 2005, které bylo provedeno v sektorech A4 – E5, tj. na 1000 m². Výseky z vegetačních map Alžbětinky a Modrého dolu jsou zobrazeny na obrázcích č. 4 a 5. Pro příklad jsou uvedeny podélné výseky map čítající 5 sektorů, tj. 500 m².

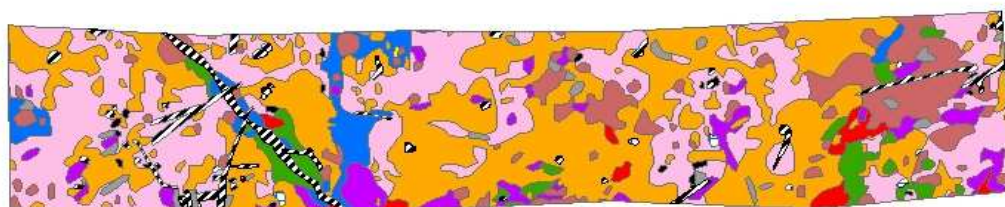
4.1.1. Alžbětinka

V tabulce č. 3 jsou zapsány hodnoty pokryvností jednotlivých vegetačních druhů a ostatních kategorií pokryvu na ploše Alžbětinka v jednotlivých obdobích mapování. V současnosti dominuje metlička křivolaká, která zaujímá plochu téměř 915 m² (tj. skoro 38 % plochy). S pokryvností 836 m² zaujímá brusnice borůvka 34,5 % mapované plochy. Třetím nejrozšířenějším druhem je papratka horská, která pokrývá kolem 188 m² (7,77 %). Následují mechy a rašeliník, které zaujímají takřka shodnou plochu kolem 80 m². Podobné plochy (přes 110 m²) pokrývají ostatní méně důležité druhy a zbylé, převážně abiotické kategorie půdního pokryvu. Mezi ostatní druhy byly zařazeny metlice trsnatá, kýchavice bílá, suchopýr pochvatý, bika hajní a další. Relativně malou plochu, necelých 68 m², pokrývá opad, který poskytuje snadno dostupnou plochu pro další šíření vegetace.

Tab. č. 3: Pokryvnost vegetace a její procentuální zastoupení, Alžbětinka – 1993-1994 a 2007: sektory A1 – E5.

Rostlinný druh	Pokryvnost (m ²)		Procenta	
	1993-94	2007	1993-94	2007
VAC	551,94	836,05	22,82	34,53
CAL	571,00	23,46	23,61	0,97
AVE	936,65	914,71	38,73	37,78
MECHY	24,05	82,28	0,99	3,40
OPAD	60,76	67,70	2,51	2,80
ATH	126,97	188,04	5,25	7,77
SPH	24,43	75,34	1,01	3,11
OSTAT. DRUHY	73,32	110,90	2,43	4,59
OSTAT. ABIOT.	49,22	122,55	2,04	5,06
CELKEM	2418,34	2421,04	100	100

Vysvětlivky zkratk z tab. č. 3: VAC – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka), CAL – *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá), AVE – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), ATH – *Athyrium distentifolium* (papratka horská), SPH – *Sphagnum* sp. (rašeliník sp.), OSTAT. DRUHY – ostatní druhy vegetace, OSTAT. ABIOT – ostatní biotické kategorie pokryvu.



Legenda		
AL 2007, sektor A1-E1		
VAC	OPAD	GEN
CAL	OSTAT. ABIOT.	DRY
AVE	ATH	
MECH	SPH	
	VER	

Obr. č. 4: Vegetační mapa, Alžbětinka 2007 – výsek .

Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 4: DES – *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá), , GEN – *Gentiana asclepiadea* (hořec tolitovitý) , DRY – *Dryopteris carthusiana* (kaprad' osténkatá), VER – *Veratrum album* (kýchavice bílá). Ostatní zkratky jsou uvedeny pod tab. č. 3.

4.1.2. Modrý důl

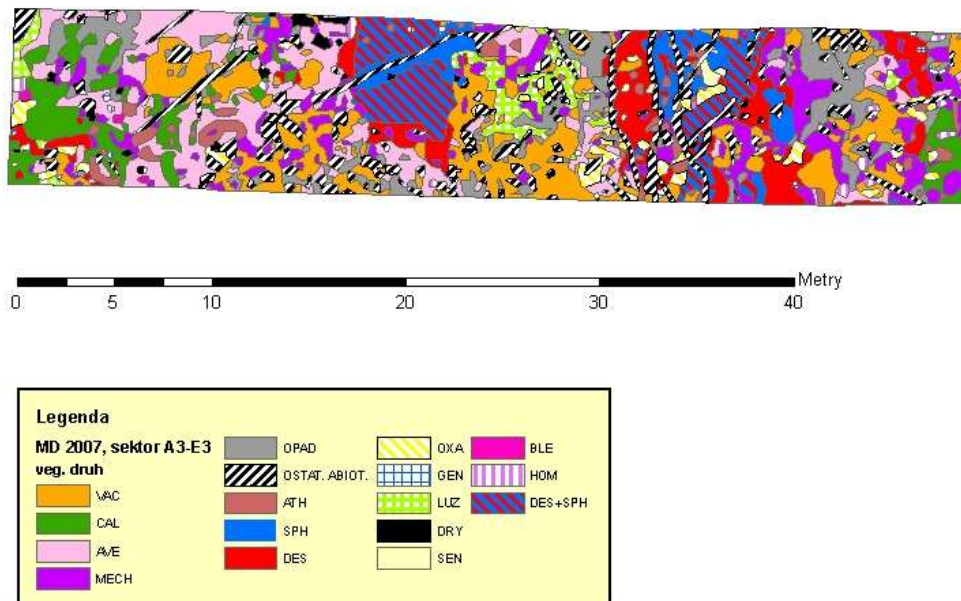
Stejnou metodou jako na Alžbětince byly na Modrém dole zmapovány sektory A3 – E3, na kterých převládá z jednotlivých hlavních druhů borůvka černá s pokryvností 75 m², dále metlička křivolaká s více než 62 m². Následují mechy, které pokrývají 49 m². Téměř shodnou plochu jako mechy zaujímá opad. Kombinace ostatních méně významných druhů pokrývá přes 106 m², skoro 60 m² patří ostatním, převážně abiotickým kategoriím půdního pokryvu. Mezi méně významné druhy na této TVP patří hlavně metlice trsnatá, kaprad' osténkatá, bika hajní, žebrovice různolistá a další.

Hodnoty pokryvností jednotlivých kategorií pokryvu půdy jsou uvedeny v tab. č. 4. Současný stav vegetace je znázorněn na obr. č. 5.

Tab. č. 4: Pokryvnost vegetace, Modrý důl – 2005: sektory A4 – E5, 2007: sektory A3 – E3.

Veg. druh	Pokryvnost (m ²)		
	2005 sektor A4 – E5	2007 (sektor A3 – E3)	CELKEM
VAC	68,16	75,53	143,69
CAL	47,08	29,81	76,89
AVE	218,59	62,68	281,27
MECHY	171,36	49,00	220,36
OPAD	234,61	45,47	280,08
ATH	----	14,36	14,36
SPH	----	16,44	16,44
OSTAT. ABIOT	74,40	59,17	133,57
OSTAT. DRUHY	122,25	106,46	228,71
CELKEM	936,45	458,92	1395,37

Vysvětlivky zkratk z tab. č. 4 jsou uvedeny pod tab. č. 3.



Obr. č. 5: Vegetační mapa, Modrý důl 2007 – výsek.

Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 5: DES – *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá), OXA – *Oxalis acetosella* (šťavel kyselý), GEN – *Gentiana asclepiadea* (hořec tolitovitý), LUZ – *Luzula luzuloides* (bika hajní), DRY – *Dryopteris carthusiana* (kaprad' osténkatá), SEN – *Senecio Fuchsii* (starček Fuchsův), BLE – *Blechnum spicant* (žebrovice různolistá), HOM – *Homogyne alpina* (podbělice alpská). Ostatní zkratky jsou uvedeny pod tab. č. 3.

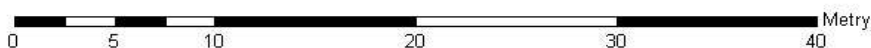
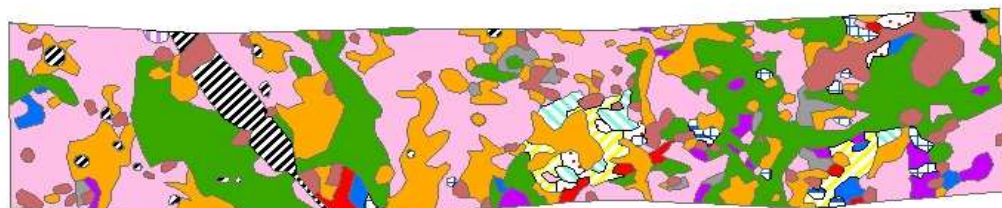
4.2. Srovnání současného stavu se stavem v roce 1993-1994

Zpracováním map (digitalizací) v programu Arc Gis 9.0 a statistickým vyhodnocením v programu Canoco 4.5 byly statisticky prokázány významné změny v pokryvnosti hodnocených druhů přizemní vegetace a ostatních kategorií pokryvu půdy v období 1993-1994 a 2005-2007 na TVP Modrý důl i Alžbětinka.

4.2.1. Alžbětinka

Hodnocení změn v pokryvnosti druhů přizemní vegetace a ostatních sledovaných kategorií pokryvu půdy (mechy, smrkový opad, ostatní abiotické složky) bylo provedeno pro období 1993-1994 a 2007.

Na obr. č. 6 je patrný původní stav vegetace z let 1993-1994.



Legenda		
AL 1993-94, sektor A1-E1		
veg. druh	OPAD	DRY
VAC	OSTAT. ABIOT.	JUN
CAL	ATH	GAL
AVE	SPH	HOM
MECH	DES	NAR
	GEN	ANT

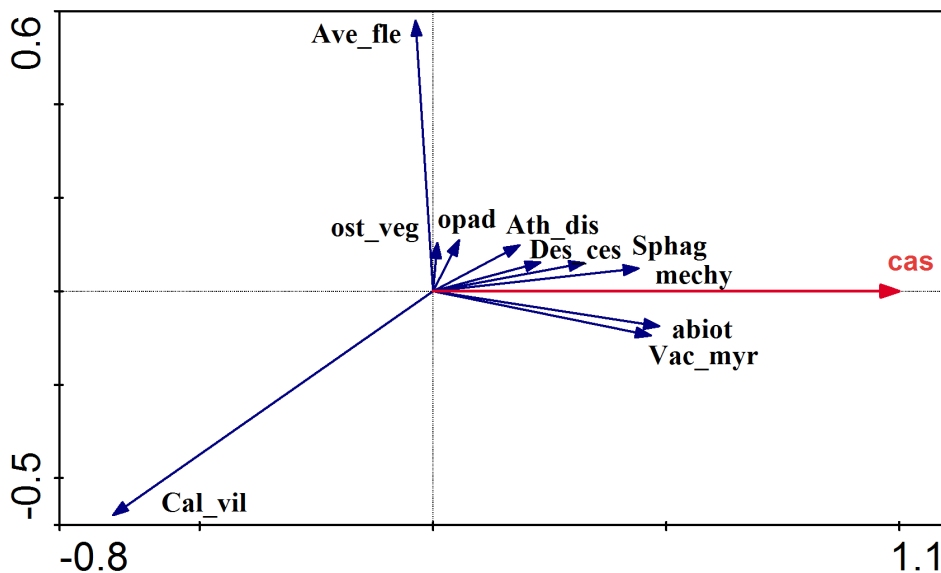
Obr. č. 6: Vegetační mapa, Alžbětinka 1993-1994 – výsek.

Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 6: DES – *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá), GEN – *Gentiana asclepiadea* (hořec tolitovitý), LUZ – *Luzula luzuloides* (bika hajní), DRY – *Dryopteris carthusiana* (kapraď osténkatá), HOM – *Homogyne alpina* (podbělice alpská). NAR – *Nardus stricta* (smilka tuhá), JUN – *Juncus filiformis* (sítina nitkovitá), GAL – *Galium saxatile* (svízel skalní), ANT – *Anthoxanthum alpinum* (tomka alpská). Ostatní zkratky jsou uvedeny pod tab. č. 3.

Nejvýraznější pokles pokryvnosti mezi lety 1993-1994 a 2007 byl zaznamenán u druhu třtina chloupkatá (z 571 na 23,5 m²) největší nárůst naopak u druhu brusnice borůvka (z 552 na více než 836 m²). Znatelné zvýšení pokryvnosti bylo zjištěno u druhu papratka horská (o 61 m²) a u rašeliníku (o 51 m²). Prakticky zanedbatelný pokles byl zaznamenán u druhu metlička křivolaká. Kompletní hodnoty pokryvností jsou uvedené výše v tabulce č. 3.

Změny ve vegetačním pokryvu v tomto období byly na TVP Alžbětinka hodnoceny též pomocí mnohorozměrné statistiky. Po odečtení prostorové variability v přízemní vegetaci (použitím permutací v rámci bloků definovaných jednotlivými sektory) byly pomocí RDA analýzy pro dané období prokázány statisticky významné změny v pokryvnosti hodnocených druhů přízemní vegetace a ostatních kategorií pokryvu půdy (P = 0,002). Pomocí proměnné „čas“ bylo vysvětleno 24,5 % variability v pokryvnostech hodnocených kategorií.

Na obr. č. 7 je zobrazen výsledný biplot ze statistické analýzy, znázorňující závislost pokryvnosti jednotlivých druhů vegetace a ostatních kategorií pokryvu půdy na čase. Šipky, znázorňující jednotlivé kategorie pokryvu, které směřují přibližně stejným směrem jako proměnná „čas“, znamenají nárůst pokryvnosti. Naopak šipka směřující opačně značí ústup dané kategorie vegetace (popř. dalších kategorií pokryvu). Šipky přibližně kolmé značí malou závislost na vysvětlující proměnné. Podíl vysvětlené variability, tj. 24,2 %, určuje procentuální podíl variability v pokryvnostech hodnocených druhů vegetace a ostatních kategorií pokryvu půdy, kterou lze připsat vlivu testované vysvětlující proměnné, tedy proměnné „čas“. Výsledný biplot ze statistické analýzy potvrzuje popsané změny ve vegetaci.



Obr. č. 7: Závislost pokryvnosti vybraných druhů přizemní vegetace a ostatních sledovaných kategorií pokryvu půdy na čase hodnoceném jako kvantitativní proměnná. RDA analýza pro období 1993-1994 až 2007 ($F = 20,339$; $P = 0,002$; podíl vysvětlené variability = 24,2 %).

Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 7: Ave_fle – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká), ost_veg – ostatní vegetace, Cal_vil – *Calmagrostis villosa* (třtina chloupkatá), Ath_dis – *Athyrium distentifolium* (kaprad' osténkatá), Des_ces – *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá), Sphag – *Sphagnum* sp. (rašeliník sp.), abiot – abiotické plochy, Vac_myr – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka).

V tabulce č. 5 jsou znázorněny konkrétní změny ve vegetační pokryvu na TVP Alžbětinka, tj. vzájemné nahrazování jednotlivých kategorií půdního pokryvu. Z údajů v této tabulce lze vyčíst, které druhy vegetace či ostatní sledované kategorie pokryvu půdy ustoupily a

jakou kategorií byly nahrazeny (popř. které expandovaly a jakou kategorií nahradily). Nejmarkantnější změny byly zaznamenány u třtiny chloupkaté a brusnice borůvky. U třtiny to byl výrazný ústup a její nahrazení dalšími kategoriemi pokryvu, u borůvky naopak expanze.

V největší míře byla třtina nahrazena metličkou křivolakou, a to na více než 241 m². Téměř na 147 m² byla nahrazena brusnicí borůvkou, na 63 m² papratkou horskou. Původní pokryv z r. 1993-1994 setrval pouze na necelých 7 m².

Brusnice borůvka expandovala převážně na plochu pokrytou původně metličkou křivolakou. Tu nahradila na více než 326 m² její původní pokryvnosti. Na téměř 147 m² borůvka nahradila třtinu chloupkatou. Brusnice borůvka setrvala na více než 275 m² z původní pokryvnosti z let 1993-1994.

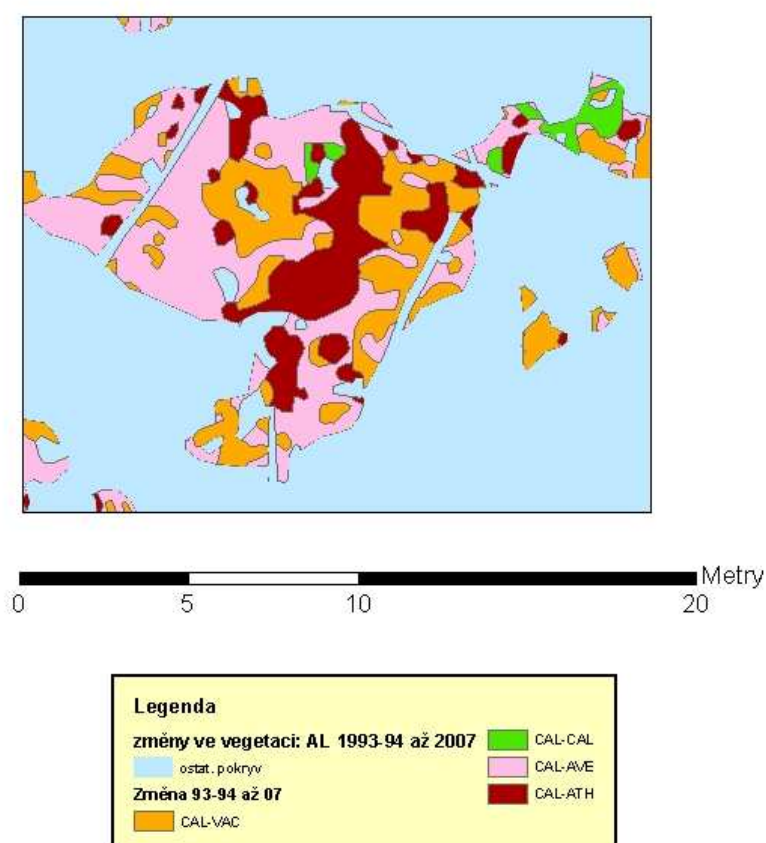
Celková pokryvnost metličky křivolaké se téměř nezměnila (viz tab. č. 3). Tab. č. 5 ale ukazuje, že setrvala jen zhruba na polovině své původní pokryvnosti. Na 326 m² ustoupila a byla nahrazena brusnicí borůvkou. Naopak metlička expandovala na plochu původně porostlou třtinou, která výrazně ustoupila.

Tab. č. 5: Vegetační změny: Alžbětinka 1993-1994 až 2007, sektory A1 – E5.

	VAC 93-94	CAL 93-94	AVE 93-94	MECHY 93-94	OPAD 93-94	OSTAT. ABIOT. 93-94	ATH 93-94	SPH 93- 94	DES 93- 94	OSTAT. VEG. 93-94	CELKEM
VAC 07	275,41	146,87	326,08	6,23	27,34	12,75	19,74	1,28	2,17	17,57	835,44
CAL 07	2,46	6,85	3,97	1,13	6,24	2,79	1,42	1,23	0,19	2,83	23,09
AVE 07	158,01	241,41	444,71	6,71	14,40	8,97	31,36	2,46	1,70	2,88	912,61
MECHY 07	22,86	19,79	18,13	6,00	3,21	0,52	2,93	3,64	3,45	1,56	82,07
OPAD 07	25,41	7,60	17,47	1,04	10,48	1,13	3,07	0,19	0,19	0,09	66,61
OSTAT. ABIOT. 07	29,61	25,88	39,39	6,43	4,11	17,24	3,16	0,05	0,76	0,66	121,27
ATH 07	16,20	62,71	38,35	1,51	1,09	2,31	54,87	3,83	1,46	5,90	188,24
SPH 07	10,72	26,87	19,65	0,24	0,05	3,21	5,24	4,25	2,46	2,08	74,75
DES 07	5,95	15,92	18,98	0,52	0,24	0,52	1,56	5,86	9,45	4,63	63,61
OSTAT. VEG. 07	4,39	16,25	8,93	0,05	0,00	0,19	4,30	1,42	5,38	6,94	47,84
CELKEM	551,01	570,14	935,65	23,85	61,15	49,63	127,65	24,18	27,20	45,14	2415,60

Tabulka č. 5 vysvětluje, jak se jednotlivé kategorie pokryvu vzájemně nahradily v průběhu let 1993-1994 až 2007. Pro příklad průnik AVE 93-94 a VAC 07 znamená, že metlička křivolaká byla nahrazena na více než 326 m² své původní pokryvnosti brusnicí borůvkou. Vysvětlivky zkratk z tab. č. 5 jsou uvedeny pod tab. č. 3.

Grafické znázornění ústupu třtiny chloupkaté a její nahrazení jinými druhy vegetace je pro příklad zobrazeno ve výseku vegetační mapy na obr. č. 8. Plocha vybarvená různými barvami (kromě světle modré) na ukázce nahrazení třtiny chloupkaté představuje její původní pokryv z období 1993-1994. Jednotlivé barvy, popsané v legendě příslušející obrázku, představují druhy vegetace, kterými byla třtina nahrazena.



Obr. č. 8: Ústup třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a její nahrazení další vegetací (výsek ze syntetické mapy ukazující změny vegetace na TVP Alžbětinka v období 1993-1994 až 2007). Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 8 jsou uvedeny pod tab. č. 3.

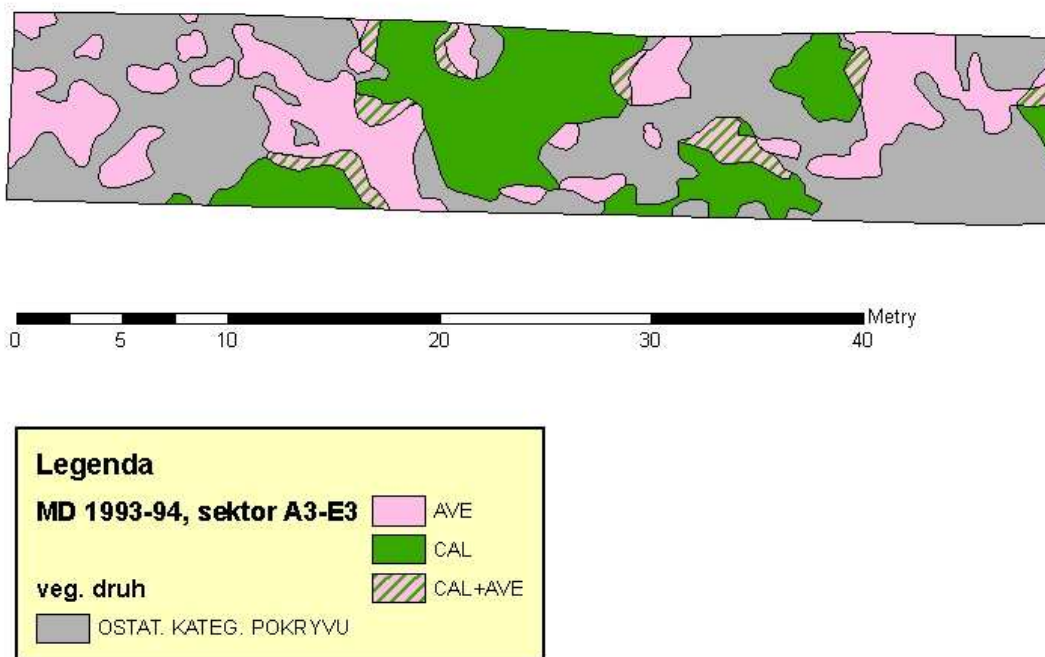
4.2.2. Modrý důl

Při původním mapování z let 1993-1994 byly brány v potaz pouze dominantní druhy trav metlička křivolaká, třtina chloupkatá, jejich kombinace a ostatní kategorie pokryvu. V tabulce č. 6 jsou znázorněny hodnoty pokryvností jednotlivých kategorií z let 1993-1994. Výsek z vegetační mapy z tohoto období je znázorněn na obr. č. 9. V roce 2005 byly zmapovány horní sektory A4 – E5 metodou odhadu dominantního a subdominantního druhu vegetace v plochách 20 x 20 cm. V roce 2007 byly zmapovány sektory A3 – E3 stejnou metodou jako na TVP Alžbětinka. Výsledné hodnoty pokryvností z mapování z let 2005 a 2007 jsou uvedeny v tab. č. 4.

Tab. č. 6: Pokryvnost vegetace, Modrý důl - 1993-1994: sektory A3 – E5.

Kategorie pokryvu	Pokryvnost (m²)
OSTAT. KATEG. POKRYVU	726,64
AVE	453,97
CAL	131,64
AVE + CAL	61,20
CELKEM	1373,45

Vysvětlivky zkratk z tab. č. 6 jsou uvedeny pod tab. č. 3.



Obr. č. 9: Mapa dominantních druhů trav, třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*), Modrý důl 1993-1994 – výsek.

Vysvětlivky zkratk specifických pro obr. č. 9 jsou uvedeny pod tab. č. 3.

Tab. č. 7: Pokryvnost vegetace, Modrý důl – období 1993-1994 a 2005-2007: sektory A3 – E5.

Veg. druh	Pokryvnost (m ²) 1993-94	Pokryvnost (m ²) 2005		Pokryvnost (m ²) 2007		Pokryvnost (m ²) 2005 + 2007 Celkem
		dominantní	subdominantní	dominantní	subdominantní	
CAL	192,84	47,08	13,35	29,81	17,6	107,84
AVE	515,17	218,59	51,87	62,68	15,04	348,18

Vysvětlivky zkratk z tab. č. 7 jsou uvedeny pod tab. č. 3.

V tab. č. 7 jsou znázorněny hodnoty pokryvností metličky křivolaké a třtiny chloupkaté v letech 1993–1994 a 2005–2007. K hodnotám pro rok 1993-1994 byla kvůli vyhodnocení shodně pro metličku i třtinu připočtena pokryvnost, kterou zaujímaly obě společně, tj. 61,20 m² (viz tab. č. 6). Z metody z roku 2005 byly pro porovnání použity hodnoty pokryvností odpovídající

metličce křivolaké a třtině chloupkaté. Tyto hodnoty byly ve výsledném srovnání s původním stavem v r. 1993-1994 přičteny k hodnotám pokryvností z roku 2007 (viz tab. č. 7).

Stejně tak jako na TVP Alžbětinka byl i na TVP Modrý důl zaznamenán pokles pokryvnosti třtiny chloupkaté a to z téměř 193 m² na necelých 108 m². Ústup není ale tak znatelný jako na Alžbětince. U metličky křivolaké byl vývoj na TVP Alžbětinka zanedbatelný. Na TVP Modrý důl tomu bylo naopak. Pokryvnost zde relativně výrazně poklesla a to z 515 m² na 348 m². Vzájemné nahrazování jednotlivých kategorií pokryvu nebylo na TVP Modrý důl hodnoceno.

5. Diskuse

5.1. Zhodnocení vývoje vegetace

5.1.1. Alžbětinka

Současný stav

Výstupem terénního šetření na TVP Alžbětinka je podrobná mapa vegetačního pokryvu celé TVP, tj. 2500 m².

V současnosti svou pokryvností dominuje metlička křivolaká, která zaujímá plochu téměř 915 m² (tj. skoro 38 % plochy). Na druhém místě je s 836 m² brusnice borůvka, která pokrývá 34,5 % mapované plochy. Třetím nejrozšířenějším druhem je papratka horská, která pokrývá kolem 188 m² (7,77 %). S takřka shodnou pokryvností následují mechy a rašeliník, které zaujímají plochu kolem 80 m². Podobné plochy, přes 110 m², pokrývají ostatní méně důležité druhy a zbylé, převážně abiotické složky pokryvu, mezi které patří kameny, mrtvé dřevo, průměty kmenů živých stromů, vodní plochy atd. Mezi ostatní vegetační druhy byly zařazeny druhy s procentuálním zastoupením pod 2 %. Jsou jimi především metlice trsnatá, kýchavice bílá, suchopýr pochvatý, bika hajní a další. Relativně malou plochu, necelých 68 m², pokrývá opad, který poskytuje dostupnou plochu pro další expanzi vegetace.

Srovnání se stavem v letech 1993-1994

Vyhodnocení výsledné vegetační mapy, tj. její digitalizace pomocí programu ArcGis 9.0, statistické vyhodnocení v programu Canoco 4.5 a srovnání výsledků s původním stavem vegetace v období 1993-1994 potvrdily významné změny ve vegetačním pokryvu v obdobích mezi lety 1993-1994 a 2007.

Nejmarkantnější změny byly zaznamenány u třtiny chloupkaté, a to snížení její pokryvnosti o více než 95 %. Největší nárůst byl naopak zaznamenán u brusnice borůvky, a to přibližně o jednu třetinu jejího původního pokryvu. Znatelné zvýšení pokryvnosti bylo zjištěno u papratty horské a u rašeliníku. Takřka žádné změny nebyly pozorovány u metličky křivolaké.

Jedním z výstupů programu ArcGis 9.0 je i křížová tabulka (tab. č. 5 ve výsledcích), která popisuje změny ve vegetaci způsobené vytlačováním a nahrazováním se jednotlivými kategoriemi pokryvu navzájem. Nejvýraznější změny byly takto zaznamenány u třtiny chloupkaté (výrazný ústup) a brusnice borůvky (expanze).

Třtina byla nahrazena převážně metličkou křivolakou, a to téměř na polovině své původní pokryvnosti. Na jedné čtvrtině byla nahrazena brusnicí borůvkou, na více než jedné desetině své původní pokryvnosti byla nahrazena paprattou horskou. Původní pokryvnost z roku 1993-1994 si třtina zachovala jen přibližně na jednom procentu své současné pokryvnosti.

Brusnice borůvka expandovala převážně na plochu pokrytou původně metličkou křivolakou. Tu nahradila přibližně na jedné třetině její původní pokryvnosti. Na jedné čtvrtině nahradila borůvka třtinu chloupkatou. Na více než jedné třetině své pokryvnosti zaujímá borůvka původní plochu z let 1993-1994. Jedním z faktorů zvyšujících pravděpodobnost převládnutí brusnice borůvky nad metličkou křivolakou při jejich vzájemné kompetici by mohla být větší náchylnost metličky křivolaké k suchu. Kořeny metličky křivolaké jsou soustředěny převážně ve svrchní humusové vrstvě půdy, zatímco kořeny brusnice borůvky dosahují v půdním profilu obvykle hlouběji až do svrchní minerální vrstvy (Rydgren *et al.*, 1998). Dalším faktorem snižujícím kompetiční sílu metličky křivolaké oproti brusnici borůvce by mohl být nedostatek živin či prvků potřebných pro růst metličky, jenž by mohl být zapříčiněn dlouhodobějším využíváním určitých stanovišť (Pyšek, 1994). Tuto myšlenku by mohlo podpořit pozorované výrazné přemísťování metličky křivolaké v prostoru.

Je třeba zmínit, že pokryvnost metličky křivolaké se v průběhu času téměř nezměnila, setrvala ale jen na cca jedné polovině plochy, kterou původně zaujímala. Z druhé poloviny

plochy ustoupila a byla zde nahrazena brusnicí borůvkou. Naopak expandovala na téměř stejnou plochu, původně porostlou třtinou chloupkatou. Přesto lze říci, že se tento druh vyznačoval největší tolerancí k proměnlivým mikrostanovištním podmínkám v průběhu rozpadu smrkových porostů. Soukupová (1996) uvádí, že metlička křivolaká je v konečném stádiu rozpadu smrkového porostu schopna obsadit celou plochu, na rozdíl od třtiny chloupkaté, která je v období svého maximálního rozvoje schopna obsadit pouze dvě třetiny.

5.1.2. Modrý důl

Současný stav

V roce 2007 bylo stejnou metodou jako na TVP Alžbětinka zmapováno na TVP Modrý důl 5 sektorů o celkové ploše 500 m². V těchto sektorech převládá se svou pokryvností 75 m² brusnice borůvka a s pokryvností více než 62 m² následuje metlička křivolaká. Výraznou a takřka shodnou plochu 49 m² pokrývají mechy a opad. Kombinace ostatních méně významných druhů pokrývá přes 106 m², skoro 60 m² patří ostatním, převážně abiotickým kategoriím půdního pokryvu.

Srovnání se stavem v letech 1993-1994

Při prvním mapování na TVP Modrý důl v období 1993-1994 bylo použito odlišné metodiky, kdy byly zakresleny jen tehdy dominantní druhy trav, metlička křivolaká a třtina chloupkatá. Zakreslen byl také opad, ostatní druhy vegetace a kategorie pokryvu byly zakresleny dohromady jako jedna kategorie. Ve výsledném srovnání současného stavu vegetace s historickým stavem je tak brán v potaz pouze vývoj metličky křivolaké a třtiny chloupkaté.

Na TVP Modrý důl byl stejně jako na TVP Alžbětinka zaznamenán výrazný ústup třtiny chloupkaté, a to téměř na polovinu. Pokles ale nebyl tak znatelný jako na Alžbětince. U metličky křivolaké byla změna pokryvnosti na TVP Alžbětinka zanedbatelná. Na TVP Modrý důl tomu bylo naopak. Pokryvnost zde relativně výrazně poklesla zhruba o třetinu. Příčinou poklesu metličky zde může být pravděpodobně mimo jiné i zvýšení vlhkosti plochy v jejích určitých partiích. Z takových zamokřených míst metlička ustupuje (Soukupová a Rauch, 1999). Důvodem pro ústup obou trav mohla být též probíhající regenerace přežívajících dospělých jedinců smrku

ztepilého (Cudlín a kol., 2003). Intenzivnější tvorba náhradních výhonů mohla mít za následek opětovné zhoustnutí korun některých dospělých smrků a tudíž snížení množství světla pronikajícího skrz stromové patro na úroveň přízemní vegetace, což mohlo v daných místech znamenat zhoršení podmínek pro růst a přežívání třtiny chloupkaté a její ústup.

Přesto že plochy pokryté smrkovým opadem byly na sledovaných plochách zastoupeny jen menšinou, lze říci že je lze považovat za nejlepší ukazatel stádia rozpadu klimaxových horských smrčín z hlediska přízemní vrstvy vegetace. Rozpadající se smrkové porosty se obecně vyznačují velkou variabilitou mikrostanovištních podmínek v přízemní vrstvě, mezi které lze zařadit zejména množství dopadajícího slunečního záření, půdní typ a mikrorelief. Tomu odpovídá i velmi proměnlivé složení a dynamika přízemní vegetace v rámci těchto porostů. Na přízemní vrstvu je tedy vždy nutné pohlížet jako na mozaiku různých v čase se měnících mikrostanovištních podmínek, v závislosti na nichž zde dochází i k odpovídajícím změnám a vývoji přízemní vegetace.

6. Závěr

Digitalizací a statistickým zpracováním map vegetačního pokryvu byly na obou TVP, Alžbětinka i Modrý důl, prokázány statisticky významné změny v pokryvnostech jednotlivých kategorií pokryvu půdy v období mezi roky 1993-1994 a 2005-2007.

Na TVP Alžbětinka byl prokázán především výrazný pokles pokryvnosti třtiny chloupkaté a to z 571 na cca 23,5 m². Dále pak znatelná expanze brusnice borůvky z necelých 552 na 836 m². Výraznou plochu, přes 936 m², pokrývala v roce 2007 metlička křivolaká, u níž nebyl pozorován takřka žádný pokles pokryvnosti. Různé změny byly zaznamenány i u ostatních, méně plošně zastoupených kategorií pokryvu půdy.

Dále bylo na TVP Alžbětinka zaznamenáno i vzájemné nahrazování jednotlivých kategorií půdního pokryvu. Nejlépe byly tyto změny pozorovatelné u třtiny chloupkaté, která byla v největší míře nahrazena metličkou křivolakou, a to na více než 241 m². Téměř na 147 m² byla nahrazena brusnicí borůvkou, na 63 m² papratkou horskou. Původní pokryv z roku 1993-1994 setrval pouze na necelých 7 m².

Na TVP Modrý důl byly kvůli odlišným metodikám v jednotlivých obdobích mapování srovnány ve výsledcích jen změny v pokryvnostech metličky křivolaké a třtiny chloupkaté. U obou těchto druhů trav byl zjištěn znatelný pokles pokryvnosti. U metličky tomu bylo z cca 515 na 348 m², u třtiny ze skoro 193 na 108 m².

Vývoj přízemního patra lesní vegetace závisí na mikrostanovištních podmínkách, jejichž změny v průběhu času jsou odrazem celkového zdravotního stavu lesa. Změny v lesní vegetaci je tedy potřeba dále sledovat, kvůli dalším možným prognózám ve vývoji celého lesního ekosystému.

7. Použitá literatura

Anonymus (2008): Popis území NP Krkonoše.

http://www.krnep.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=92&Itemid=46

Cudlín, P., Chmelíková, E., Rauch, O. (1995): Monitoring of Norway spruce forest stand response to the stress impact in the Krkonoše Mts. In: Proc. Int. Conf. IUCN & MAB, Mountain National Parks and Biosphere Reserves: Monitoring and Management, September 1993, Špindlerův Mlýn, CZ, Office of Krkonoše National Park, Vrchlabí, p.75-80.

Cudlín, P., Godbold, D. L., Bonifacio, E., Ryli, S., Fritéz, H. W., Gonthier, P., Chmelíková, E., Kowalik, P., Martinotti, M. G., Moravec, I., Nicolotti, G., Zanini, E. (2003): Conditions of natural regeneration of Norway spruce ecosystems in the Krkonose Mountains. *Ekologia* (Bratislava), 22, Supplement 1/2003: 66-79.

Cudlín, P., Moravec, I., Chmelíková, E. (2005): Acid rain 2005, Conference field trip to the Krkonoše (Giant) Mountains. České Budějovice, Institute of Landscape Ecology AS CR.

Černý, J., Pačes, T. (1995): Acidification in the black triangle region. Prague, Czech geological survey.

Falta, V. (1999): Vliv narušení horských smrkových porostů na růst a vývoj náletových dřevin. [Disertační práce]. České Budějovice, Ústav ekologie krajiny AV ČR.

Flousek, J., Roberts, G.C.S. (1995): Mountain national parks and biosphere reserves: Monitoring and managements. Špindlerův Mlýn.

Jurásek, A., Vacek, S. (1994): Stav horských lesů Sudet v České republice. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.

Kubát, K. (2002): Klíč ke květeně České republiky. Praha. Academia.

Němeček, J. (1984): Geografie půd ČSR. Praha. Academia.

Pyšek, P. (1994): Effect of soil characteristics on succession in sites reclaimed after acid rain deforestation. *Ecological Engineering* 3: 39-47.

Rydgren, K. (1996): Vegetation-environment relationships of old-growth spruce forest vegetation in Röstmarka Nature Reserve, SE Norway, and comparison of three ordination methods. *Nord. J. Bot.* 16: 421-439.

Schwarz, O. (2001): Studie pro projekt CEC EU Sustainable bio-technologies against forest regeneration decline and soil erosion in North-Eastern Bohemia. [Závěrečná zpráva]. Vrchlabí, Správa KRNAP.

Soukupová, L. (1996): Víceletá dynamika rozvoje *Calamagrostis villosa* v acidifikovaných horských smrčínách středních Sudet. In: Vacek S. (ed.), Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku. Opočno 15.-17.4. 1996, p. 321-326.

Soukupová, L., Rauch, O. (1999): Floor vegetation and soil of acidified Norway spruce forests in the Giants Mts. (Central Europe). *Preslia*, 71: 257-275.

Ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. (1998): CANOCO Reference Manual and User`s Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA.

Tomášek, M. (1995): Atlas půd České republiky. Praha, Český geologický ústav.

Vacek, S. (2002): Teoretické předpoklady hospodářské úpravy horských lesů narušených antropogenní činností. [Habilitationní práce]. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.

Vacek, S. a kol. (2007): Zdravotní stav a dynamika lesních ekosystémů Krkonoš pod stresem vyvolaným znečištěním ovzduší. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., *Folia Forestalia Bohemica*.

Vacek, S. (1996): Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území KRNAP. Opočno, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti.

Vacek, S., Balcar, V. (1992): Příspěvek k ekologii lesních dřevin v Krkonoších. In: Studium horských lesních ekosystémů a jejich poškození v České republice. Ed. K. Matějka. České Budějovice, Ústav krajinné ekologie ČSAV, s. 91 - 96.

8. Seznam použitých zkratek

ANT – *Anthoxanthum alpinum* (tomka alpská)
ATH – *Athyrium filix-femina* (papatka samice)
AVE – *Avenella flexuosa* (metlička křivolaká)
BLE – *Blechnum spicant* (žebrovice různolistá)
CAL – *Calamagrostis villosa* (třtina chloupkatá)
DES – *Deschampsia caespitosa* (metlice trsnatá)
DRY – *Dryopteris carthusiana* (kaprad' osténkatá)
GAL – *Galium saxatile* (svízel skalní)
GEN – *Gentiana asclepiadea* (hořec tolitovitý)
HOM – *Homogyne alpina* (podbělice alpská)
JUN – *Juncus filiformis* (sítina nitkovitá)
LUZ – *Luzula luzuloides* (bika hajní)
NAR – *Nardus stricta* (smilka tuhá)
OSTAT. ABIOT. – ostatní abiotické kategorie pokryvu půdy (kameny, mrtvé dřevo atp.)
OSTAT. KATEG. POKRYVU – ostatní kategorie pokryvu půdy
OSTAT. VEG. – ostatní druhy vegetace
OXA – *Oxalis acetosella* (šřavel kyselý)
SEN – *Senecio Fuchsii* (starček Fuchsův)
SPH – *Sphagnum sp.* (rašeliník)
VAC – *Vaccinium myrtillus* (brusnice borůvka)
VER – *Veratrum album* (kýchavice bílá)

AL – Alžbětinka

MD – Modrý důl

TVP – trvalá výzkumná plocha

GIS – geograficko-informační systém

DCA - Detrended Correspondence Analysis (nepřímá gradientová analýza)

RDA - Redundancy Analysis (přímá gradientová analýza)

9. Přílohy



Obr. č. 1: TVP Alžbětinka



Obr. č. 2: TVP Modrý důl



Obr. č. 3: TVP Alžbětinka – pohled shora



Obr. č. 4: Rozdělení TVP Alžbětinka do sektorů při mapování



Obr. č. 5: Mapování TVP Alžbětinka