

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Biologická fakulta



Magisterská diplomová práce

**VEGETACE LYSINOVÝCH PŮD
VE VRCHOLOVÝCH PARTIÍCH KRKONOŠ**

Šárka Jahodová

Vedoucí práce : Dr. Petr Šmilauer
Konzultant: RNDr. Milena Kociánová

České Budějovice, 2001

Magisterská diplomová práce

JAHODOVÁ, Š., 2001: Vegetace lysinových půd ve vrcholových partiích Krkonoš [Vegetation of patterned ground in the uppermost areas of the Krkonoše (the Giant Mts.). Mgr. Thesis, in Czech] – 24 p., Faculty of Biological Sciences, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Vegetation of patterned ground together with environmental factors in the arctic-alpine tundra in the Krkonoše Mts. were studied. Vegetation was recorded along small scale transects and in phytosociological relevés. Biomass, height of snow cover and temperature were measured and physical and chemical soil analyses were performed.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 10.1.2001



.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala Petru Šmilauerovi za jeho cesty do Krkonoš, cenné rady a spoustu času, který mi věnoval. Majce Šmilauerové děkuji za pomoc při preparaci kořínků. Děkuji také Míle Kociánové za rady a pomoc v terénu, Otovi Rauchovi, za pomoc při kopání sond, půjčení datalogeru a všechny pedologické konzultace, Šárce Haumerové a Tomáši Pickovi za zpracování některých půdních analýz. Můj velký dík patří také Václavu Fišerovi, Vítovi Kořízkovi, Tereze Švecové a ostatním členům DSA, kteří mi pomáhali při práci v terénu v mrazech a vánicích. Za podporu děkuji všem svým přátelům, Kubovi a rodičům.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. METODY	3
2.1.1. Studované území	3
2.2. Sběr dat	3
2.2.1. Složení vegetace	3
2.2.1.1. Druhové složení na malé škále	3
2.2.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále	3
2.2.2. Prostorová distribuce nadzemní a podzemní biomasy	4
2.2.3. Půdní poměry	4
2.2.3.1. Zrnitostní rozbor	4
2.2.3.2. Ostatní půdní analýzy	5
2.2.4. Teplotní měření	5
2.2.5. Mykorrhizy	6
2.2.6. Mapa rozšíření lysinových půd ve východních Krkonoších	6
2.3. Statistické zpracování	6
2.3.1. Detaily zpracování jednotlivých souborů dat	7
2.3.1.1. Druhové složení na malé škále	7
2.3.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále	7
2.3.1.3. Prostorová distribuce nadzemní a podzemní biomasy	8
2.3.1.4. Zrnitostní rozbor půd	9
2.3.1.5. Ostatní půdní analýzy	9
3. VÝSLEDKY	10
3.1. Složení vegetace	10
3.1.1. Druhové složení na malé škále	10
3.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále	11
3.2. Biomasa	12
3.2.1. Vztah druhového složení k biomase	12
3.2.2. Distribuce biomasy	12
3.2.3. Kros-korelace mezi nadzemní a podzemní biomasou	13
3.3. Půdní poměry	13
3.3.1. Půdní sondy	13
3.3.2. Zrnitostní analýzy	13
3.3.3. Ostatní půdní analýzy	15
3.4. Teplotní měření	15
3.5. Mykorrhizy	16
3.6. Mapa rozšíření lysinových půd.....	17
4. DISKUSE	18
4.1. Složení vegetace	18
4.1.1. Druhové složení na malé škále	18
4.1.2. Druhové složení na větší škále	18
4.2. Prostorová distribuce biomasy	19
4.3. Půdní poměry	20
4.3.1. Půdní profil a zrnitost	20
4.3.3. Ostatní půdní analýzy	20
4.4. Teplotní měření	21
4.5. Mykorrhizy	22
5. LITERATURA	23

Atění

1. ÚVOD

Krkonoše, naše nejvyšší hory, jsou přes svou nevelkou rozlohu velmi ojedinělým územím. Vznikly už v prvohorách a patří mezi nejstarší pohoří v Evropě. Jejich dnešní reliéf je výsledkem mnoha geologických a geomorfologických procesů, které daly těmto horám neopakovatelný ráz. Najdeme tu rozlehlé smrkové lesy, přecházející při horní hranici v porosty kleče, horské louky i rašeliniště, prameny a bystřiny. Jedinečné území se nachází nad horní hranicí lesa – tam se střetává svět hor se světem dalekého severu.

Tundra (původně označující bezlesé pláně dalekého severu) je v současné době označení nejen pro nezalesněné polární regiony (arktická a antarktická tundra), ale i oblastí nad horní hranicí lesa ve vysokých horách (Murray 1978), která se vyznačuje silnou činností mrazu, sněhu, ledu a větru (alpínská tundra). Tundrový charakter získala vrcholová část Krkonoš během pleistocénu. Přestože do Krkonoš ani v době největšího zalednění nezasahoval pevninský ledovec, vytvořilo se na jejich území deset údolních ledovců a pravděpodobně jeden náhorní (Sýkora 1983). Nezaledněné oblasti byly silně ovlivňovány periglaciálními jevy. V té době se vytvořily rašeliniště, kamenná moře, mrazové sruby, kryoplanační terasy, tory, polygonální a brázděné půdy. Živé organismy se také musely vyrovnat s podmínkami v glaciálu a tak zde našly útočiště jak druhy ustupující ze severu, tak druhy z ostatních evropských velehor. Po ústupu ledovců a celkového oteplení klimatu si hřebenové partie Krkonoš udržely tundrový charakter. Tak zde dnes můžeme např. nalézt společně rostoucí *Rubus chamaemorus** (na své nejjižnější lokalitě) a *Pinus mugo* (která zde má naopak nejsevernější lokalitu). Vzhledem k svému výjimečnému postavení je krkonošská tundra nazývána tundrou arkto-alpínskou (Jeník & Sekyra 1995).

Kromě typických polygonálních a brázděných půd se ve vrcholové části Krkonoš vyskytují i jiné typy tundrových půd a útvarů, které nebyly dosud dostatečně prozkoumány. Mezi ně patří i tzv. lysinové půdy (též půdní lysiny), což jsou „holé plošinky nepravidelných tvarů mezi sporou drnovou pokrývkou, vyskytující se na horských sedlech a svazích vystavených silným větrům“ (Rubín, Balatka et al. 1986). Zmínění autoři ale upozorňují, že je to „název nepřesný, neboť nejde o druh ani typ půdy“ a charakterizují je společně s půdními

* Nomenklatura podle Rothmaler (1995)

girlandami. Já si ale myslím, že lysinové půdy (alespoň ty, které se vyskytují v Krkonoších) nelze s girlandovými půdami zaměňovat, protože se vyskytují nejen na svazích, ale i na plošinách a nevytváří holé terásky s drnovými stupni. Proto budu v práci používat termín lysinové půdy (či půdní lysiny).

V Krkonoších se z hlediska vegetace vyskytují dva typy lysinových půd. Jednak to jsou půdy s vegetací tvořenou převážně druhem *Calluna vulgaris* (ty jsou častější) a dále půdy, kde převládají graminoidy (např. *Carex bigelowii*, *Deschampsia cespitosa*, *Avenella flexuosa*, *Nardus stricta*). Pro účely této studie byla vybrána lokalita s vegetací převážně vřesovou, aby mohl být studován gradient od lysin s vřesem do míst, kde vřes tvoří souvislý zápoj.

Vegetaci jsem hodnotila na základě druhových dat sebraných na dvou odlišných škálách, jednak v „minisnímčích“ o ploše 100 cm², a pak v klasických fytoocenologických snímčích s plochou 16 m². Porovnála jsem množství a distribuci biomasy mezi lysinovými půdami a místy se zapojenou vegetací. Pro hodnocení podmínek pro růst rostlin bylo velmi důležité zhodnocení půdních poměrů, především zrnitosti, která odráží schopnost půd zadržovat vodu a ukazuje tak na náchylnost půd k zamokření (časté zejména na jaře, ale i na podzim) a nebo k přesychání (v létě). Zrnitost ale může nepřímo ukazovat i na obsah živin (který je u silikátových substrátů korelovaný s obsahem jemných frakcí) a ovlivňuje i bod mrznutí půdy a rychlost pronikání mrazu do půdy (Kosil 1973). U půd byla dále studována půdní reakce a obsah uhlíku a dusíku.

Cílem předkládané práce bylo:

1. Popsat vegetaci lysinových půd ve srovnání s okolní vegetací
2. Zjistit charakteristiky prostředí, které ovlivňují nebo vysvětlují vytváření lysin
3. Založit monitorovací plochy, které by bylo možno využít při dlouhodobém sledování změn povrchu a vegetace těchto půd
4. Zmapovat výskyt těchto půd ve východních Krkonoších

2. METODY

2.1. STUDOVANÉ ÚZEMÍ

Studovaná lokalita se nachází ve východních Krkonoších v nadmořské výšce přibližně 1525 – 1530 m n. m., asi 700 m JZ od Památníku obětem hor, který stojí u cesty mezi Výrovkou a Luční boudou. Podloží je tvořeno převážně šedými muskovitickými svory středního proterozoika (Anonymus 1990) s příměsí kvarcitu (Chaloupský et al. 1989).

2.2. SBĚR DAT

2.2.1. SLOŽENÍ VEGETACE

Nomenklatura taxonů je uvedena podle Rothmaler (1995).

2.2.1.1. Druhové složení na malé škále

Na studované ploše byly v roce 1999 vytyčeny dva stometrové, na sebe kolmé transekty. Jeden ve směru SZ → JV a druhý SV → JZ. Na každém z nich bylo náhodně umístěno pět pětimetrových transektů, podél nichž byla zaznamenána druhová skladba vegetace (odhad v procentech) v padesáti čtvercích o velikosti 10x10 cm. Pozice transektů byla zaměřena pomocí GPS a uložena do databáze Správy KRNAP.

V průběhu zimy 1999/2000 bylo podél osmi transektů prováděno měření výšky sněhové pokrývky pomocí lavinové sondy. Původně měla být sněhová pokrývka měřena pravidelně v dvoutýdenních intervalech, ale vzhledem k extrémně nepříznivému počasí v průběhu zimy bylo provedeno jenom 5 měření. U dvou transektů – č. 4 a 5 – nemohlo být měření prováděno vůbec, protože bylo zničeno jejich vytyčení. Na každém transektu bylo změřeno 10 hodnot, se vzdáleností vpichů 0,5 m.

2.2.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále

Na stejné ploše byl v roce 2000 vytyčen obdélník o velikosti 100x120 m tak, že překrýval větší část výše zmíněných transektů. V něm bylo v pravidelné síti umístěno 30 fytoecnologických snímků o velikosti 4x4 m. V každém snímku byla odhadnuta pokryvnost jednotlivých druhů v procentech (jako samostatné druhy byly zapsány i pokryvnosti odumřelých částí druhu *Calluna vulgaris*, mrtvých pochev druhu *Avenella flexuosa* a mrtvých trsů *Carex bigelowii*), sklon a orientace svahu a dále celková pokryvnost vřesu, všech graminoidů, mechů, lišejníků a holé půdy. Snímky jsou v terénu trvale vytyčeny a všechny byly také vyfotografovány.

2.2.2. PROSTOROVÁ DISTRIBUCE NADZEMNÍ A PODZEMNÍ BIOMASY

Na studované ploše bylo v roce 1999 náhodně umístěno pět jeden metr dlouhých transektů do části lysinové a pět transektů do části, kde vřes tvoří zapojený porost. Každý transekt byl rozdělen na 20 čtverečků 5x5 cm, ve kterých bylo vyjádřeno procentické zastoupení druhů, změřena výška vegetace, odebrána nadzemní biomasa a odebrány malé monolity půdy 5x5x10 cm pro stanovení podzemní biomasy.

Nadzemní biomasa byla vysušena v laboratorní sušárně při 85°C a zvážena na laboratorních vahách. Půdní vzorky byly uloženy v mrazáku a postupně proplavovány na sítích pro získání kořenů. Protože dominantní druh *Calluna vulgaris* má, především ve vrchním organickém horizontu, velké množství velmi jemných kořínků, které jsou zapleteny do polorozloženého organického materiálu, promývání nestačilo na oddělení kořenů od mrtvé organické hmoty. Kořenová biomasa byla tedy po proplavení rozebírána na Petriho miskách pomocí pinzety a preparační jehly. Rozebrané vzorky byly opět vysušeny při 85°C a biomasa zvážena. Nadzemní i podzemní biomasa byly stanoveny destruktivní přímou metodou (Jakrllová 1989).

2.2.3. PŮDNÍ POMĚRY

Z hodnocení vegetačních dat vyplynulo, že se na zkoumaném území dají odlišit tři typy vegetace a to lysin s vřesem, terénní sníženiny s vysokou pokryvností travin a zapojené vřesové porosty bez holých míst. Proto byly v těchto třech typech vegetace vykopány půdní sondy, popsán půdní profil a odebrány vzorky na další analýzy.

2.2.3.1. Zrnitostní rozbor

Vzorky byly odebrány z horizontů E (eluvialní), Bh (obohacený) a Bs (spodinový), vždy v pěti opakováních v každém výkopu. V terénu bylo odhadnuto objemové procento skeletu o průměru větším než 5 cm. V laboratoři byly vzorky usušeny, zváženy a proplaveny na sítích o velikosti ok 2 mm, 0,25 mm a 0,1 mm. Po usušení byly zváženy jednotlivé frakce na sítích a vyjádřeny v hmotnostních procentech. Frakce pod 0,1 mm byly stanoveny hustoměrnou metodou podle Casagrande (Drbal 1971). Zrnitostní rozbor byl proveden ing. Šárkou Haumerovou v Botanickém ústavu v Třeboni.

Klasifikace půd podle zrnitosti byla provedena podle Kopeckého a skeletovitosti podle Nováka (Pelíšek 1957).

2.2.3.2. Ostatní půdní analýzy

Vzorky byly odebrány z organického horizontu (F+H - fermentační + humusový horizont), E, Bh a Bs pomocí Kopeckého válečku o známém objemu. Protože půda byla extrémně skeletovitá, nebylo vždy možné váleček použít a tak byly některé vzorky vyříznuty nožem (a objem vypočítán podle rozměrů vyříznutého vzorku) a někdy se dokonce musela půda mezi kameny lopatkou vyrýpnout a pro zjištění objemu nasypat do válečku. Opět bylo odebráno pět opakování z každého výkopu. Vzorky byly vysušeny v laboratorní sušárně při 105°C. Nejdříve byly všechny vzorky zváženy a byla vypočítána objemová hmotnost. Na další analýzy bylo použito jemnozeme získané přesátím vzorků přes 2 mm síto. Aktivní pH bylo stanoveno potenciometricky kombinovanou elektrodou v půdní suspenzi v poměru 1 : 2 (půda : voda), pouze u vzorků z organického horizontu byl poměr 1 : 4. Podobně bylo stanoveno i výměnné pH, kdy bylo místo vody použito 0,1 N roztoku KCl. Na stanovení celkového uhlíku a dusíku se vysušený půdní vzorek zhomogenizoval (na částice menší než 0,1 mm) mletím na kulovém mlýnku, navážil do cínové lodičky (5–10 mg) a aplikoval do automatického analyzátoru NC 2100 Soil Analyzer (Thermo Qest Italia S.p.A.). Hodnoty celkového dusíku a celkového uhlíku jsou vyjádřeny jako procentuelní podíl dané složky v navážce. Stanovení celkového uhlíku a dusíku provedl Tomáš Pícek, ÚPB AVČR České Budějovice.

2.2.4. TEPLOTNÍ MĚŘENÍ

Na zkoumané lokalitě byl instalován přístroj pro automatické zaznamenávání teplot (Noel 2000). Dvě čidla zaznamenávala přízemní teplotu (v 5 cm nad vřesem a ve stejné výšce nad lysinou) a dvě byla umístěna do hloubky 5 cm pod povrch půdy (jedna pod vřes a druhá v lysině). Přístroj byl umístěn na území zkušebně na dva měsíce na jaře 1999 (22.4.-23.6.). Pak byl znovu instalován na dobu od 6.10.1999 do 14.7.2000. V období 9.5.-17.5. 2000 byl přístroj mimo provoz. Pro účely mého porovnávání nebyla průměrná denní teplota vypočítána podle meteorologických zásad, ale je to prostý průměr ze 24 hodinového měření.

2.2.5. MYKORRHIZY

Ve třech půdních výkopech byly opatrně vypreparovány kořeny významnějších druhů (1-2 opakování pro jednotlivé druhy) pro posouzení rozšíření symbiotické mikroflóry. V laboratoři byly kořeny očištěny od zbytků půdy a pokud byly delší, tak byly rozděleny do několika kategorií podle hloubky. Z každého kořene byly vybrány jemné kořínky, které byly uloženy v glutaraldehydu. Před barvením byly kořínky asi na 12 hodin ponořeny do 10% roztoku KOH. Tmavé kořeny byly potom odbarveny v roztoku peroxidu vodíku s přídavkem čpavkové vody (alkalický peroxid vodíku). Všechny kořínky byly pak vymyty vodou a na 1 až 2 minuty zality roztokem 5% HCl. Poté byly kořínky přeneseny do zkumavek, zality barvicím roztokem (kyselina mléčná, glycerol, destilovaná voda a barvivo Chlorazol Black E) a asi 1 hodinu v něm barveny při 90°C. Obarvené kořínky byly před mikroskopováním uchovávány v lednici (v odbarvovacím roztoku lactoglycerolu). Použitá metoda je modifikací klasické metody pro vizualizaci endomykorrhizní symbiózy (Phillip & Hayman 1970).

2.2.6. MAPA ROZŠÍŘENÍ LYSINOVÝCH PŮD VE VÝCHODNÍCH KRKONOŠÍCH

V létě a na podzim roku 2000 bylo provedeno mapování lysinových půd na východ od linie Špindlerův Mlýn - Špindlerova bouda. Do ortofotomap v měřítku 1:10 000 byly v terénu zakresleny oblasti výskytu lysinových půd 1. s okolní vegetací s převahou *Calluna vulgaris* (červeně) a 2. s okolní vegetací travinnou – *Carex*, *Deschampsia*, *Festuca* atd. (zeleně).

V místech, kde vřesy rostly nějakým typickým směrem, byl tento směr zaznamenán (pomocí šipek). V některých polohách nemohlo být směřování zakresleno, protože vřes rostl buď v uzavřených kruhových trsech (Sněžka) anebo trsy rostly i na blízkých místech do různých směrů.

2.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ

K vyhodnocení získaných dat bylo použito počítačového programu Canoco for Windows, ver. 4.0 (Ter Braak & Šmilauer 1998). Při rozhodování, zda použít lineární či unimodální metodu, byla použita metoda DCA (Detrended Correspondence Analysis) s volbou odstranění trendu po segmentech. Protože byl rozsah pozic snímků na první ordinační ose (length of gradient) menší než 3,5, byla ve všech případech použita lineární gradientová analýza: nepřímá - PCA (Principal Component Analysis = analýza hlavních komponent) či přímá - RDA (Redundancy Analysis = redunční analýza). V přímých gradientových analýzách

byla statistická významnost vlivu vysvětlovaných proměnných odhadována pomocí Monte-Carlo permutačního testu s 499 permutacemi (Ter Braak & Šmilauer 1998).

Ke grafickému znázornění výsledků ordinačních analýz byl použit program CANODRAW, ver. 3.1 (Šmilauer 1992) a CANODRAW, ver. 4.0 (Šmilauer unpubl.). Konečné úpravy ordinačních diagramů byly provedeny v programu CanoPost 1.0 (Ter Braak & Šmilauer 1998).

Analýza variance a kros-korelace byly spočítány v počítačovém programu STATISTICA for Windows (Anonymus 1996). V tomto programu byly také vytvořeny krabicové diagramy.

2.3.1. DETAILS ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SOUBORŮ DAT

2.3.1.1. Druhové složení na malé škále.

Druhová data byla analyzována nepřímou gradientovou analýzou (PCA). Data byla logaritmicky transformována, centrována po družích a standardizována po snímcích, škálování bylo zaměřeno na mezidruhové korelace.

Pro přímou gradientovou analýzu (RDA) byly vybrány jen ty "minisnímky" podél transektů, ke kterým byly k dispozici údaje o výšce sněhu (tj. každý pátý minisnímek). Do druhových dat byla doplněna proměnná „volno“ (přibližný odhad nezarostlé plochy ve snímku). Metodou postupného výběru (forward selection, viz Ter Braak & Šmilauer 1998) byla v analýze vybrána dvě měření (z 1. ledna 2000 a z 16. dubna 2000), která vysvětlovala největší část variability v druhových datech a byla navzájem nejméně korelována. Data byla logaritmicky transformována, centrována po družích, škálování bylo zaměřeno na mezidruhové korelace. Transekty byly užity jako pasivní proměnné. Permutace v Monte-Carlo permutačním testu byly neomezené.

2.3.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále

Pro nepřímou gradientovou analýzu (PCA) byla druhová data (druhy cévnatých rostlin, mechy, lišejníky a „mrtvá“ biomasa po družích) logaritmicky transformována a centrována, škálování bylo zaměřeno na mezidruhové korelace.

Pro otestování vztahu mezi holým místem a druhovými daty byla použita přímá gradientová analýza (RDA), kde byla jako jediná vysvětlující proměnná zadána velikost holého místa ve snímku (holá). Proměnné sklon a pokryvnost E1 byly zadány jako pasivní proměnné. Pro potřeby této analýzy byly vyloučeny snímky obsahující keřové patro (č. 5, 18, 23, 24), protože jejich role ve variabilitě dat je zřejmá, ale pro naše účely nezajímavá. Byla použita stejná druhová data

jako v nepřímé analýze a data byla opět centrována a logaritmicky transformována. Dále byla provedena standardizace snímků. Vzhledem k užití standardizace přes snímky popisuje tato analýza v podstatě změny v relativním zastoupení jednotlivých druhů v závislosti na procentu nezarostlé plochy, nikoliv změny v absolutní pokryvnosti – kde by vztah byl zjevný a triviální. Škálování bylo opět zaměřeno na mezidruhovú korelace. Byl užit Monte-Carlo permutační test s neomezenými permutacemi.

2.3.1.3. Prostorová distribuce nadzemní a podzemní biomasy

Data s odhady zastoupení jednotlivých druhů byla hodnocena nepřímou analýzou (PCA). Hodnoty byly logaritmicky transformovány a centrovány. Jako proměnné prostředí byly dodatečně promítnuty transekty, typ prostředí pro daný čtvereček (lysina, zarostlá), množství nadzemní a podzemní biomasy, výška vegetace a poměr hmotností nadzemní ku podzemní biomase (s/r poměr). Škálování bylo zaměřeno na vzdálenosti mezi snímky.

Pro vyjádření rozdílů druhového složení daných typem prostředí (lysina či zarostlá plocha) byla použita přímá analýza (RDA), kde byl typ prostředí užit jako jediná vysvětlující proměnná. Škálování bylo zaměřeno na mezidruhovú korelace. V Monte-Carlo permutačním testu bylo permutováno uvnitř transektů.

Analýza hlavních komponent (PCA) byla použita i pro hodnocení závislosti měřených charakteristik na typu porostu. Jako druhová data byly zadány hodnoty nadzemní a podzemní biomasy, výšky vegetace a s/r poměr. Data byla logaritmicky transformována, centrována a standardizována. Jako proměnné prostředí byly dodatečně promítnuty transekty a typ porostu (lysina či zarostlá). Škálování bylo zaměřeno na mezidruhovú korelace.

Pro otestování závislosti jednotlivých charakteristik na typu porostu bylo použito hierarchické analýzy variance, kde byl transekt zadán jako hierarchicky nižší jednotka v rámci typu prostředí. Hodnoty nadzemní a podzemní biomasy a s/r poměru byly logaritmicky transformovány.

Pro otestování závislosti mezi podzemní a nadzemní biomasou byly spočítány kros-korelace pro jednotlivé transekty. Pro testování, zda se korelace liší mezi lysinami a zarostlými, byl použit permutační test, který byl založený na T statistice (suma T statistik z dvouvýběrového T testu pro jednotlivé velikosti posuvu v kros-korelační funkci, algoritmus naprogramoval Petr Šmilauer).

2.3.1.4. Zrnitostní rozbor půd

Odlišnost v zrnitostním složení půd z jednotlivých vegetačních typů byla vyhodnocena „log-ratio analýzou“ pro data o poměrném složení (Ter Braak & Šmilauer 1998). Procenta zastoupení jednotlivých frakcí byla zadána jako vysvětlovaná data, typ porostu jako vysvětlující proměnná a horizonty jako tzv. covariables. Byla použita redundanční analýza (RDA), data byla logaritmičticky transformována, centrována přes druhy i snímky, škálování bylo zaměřeno na vzdálenosti mezi snímky. V Monte Carlo permutačním testu bylo permutováno v blocích definovaných horizonty.

Odlišnost jednotlivých zrnitostních frakcí v různých typech porostu byla také testována dvoucestnou analýzou variance.

2.3.1.5. Ostatní půdní analýzy

Data o chemických parametrech půdy byla hodnocena přímou gradientovou analýzou (RDA), kde jako vysvětlované proměnné vystupovaly změřené charakteristiky prostředí, jako vysvětlující proměnná prostředí byla zadána příslušnost k typu porostu (lysina, vřes, tráva) a horizonty byly zadány jako tzv. covariables. Hodnoty celkového uhlíku a dusíku, C/N poměr a objemová hmotnost byly logaritmičticky transformovány. Vysvětlované proměnné byly centrovány a standardizovány a škálování bylo zaměřeno na vzdálenosti mezi snímky. V Monte Carlo permutačním testu bylo permutováno v blocích definovaných horizonty.

Jednotlivé charakteristiky byly také testovány dvoucestnou analýzou variance. Vzhledem k tomu, že procentický obsah uhlíku a dusíku nemá normální distribuci, byla pro výpočet použita arcsinová transformace dat (Lepš 1996).

3. VÝSLEDKY

3.1. SLOŽENÍ VEGETACE

3.1.1. Druhové složení na malé škále

Výsledky nepřímé analýzy (PCA) ukazují, že první čtyři ordinační osy vysvětlují 77,4% variability druhových dat. Z toho první dvě osy vysvětlují 55,1% variability. Výsledky graficky znázorňuje ordinační diagram na obr. 1.

Je patrné, že první osa (vysvětluje 34% variability) oddělila transektu umístěné ve vřesu (levá strana ordinačního diagramu) od těch, které procházely terénními sníženinami zarostlými převážně travinnými druhy (pravá strana). Transekt č. 10 byl celý veden zapojeným vřesem, naproti tomu transekt č. 2 procházel terénní sníženinou, kam vřes zasahoval jen nepatrně. Transektu 4 a 5 procházely rozhraním mezi oběma typy porostu.

Druhá ordinační osa, která vysvětluje navíc 21% variability, představuje gradient od lysinových míst (nahore) do zapojených porostů (dole). Transektu č. 6 a 7 byly na nejexponovanějším místě s nejmenší pokrývností, velkým zastoupením mechů a lišejníků a vysokým podílem odumřelých částí vřesu.

První dvě osy přímé analýzy (RDA), kde byly jako vysvětlující proměnné použity výšky sněhové pokrývky změřené 1. ledna 2000 a 16. dubna 2000, vysvětlují 9,7% celkové variability druhových dat. Výsledky jsou graficky znázorněny ordinačním diagramem na obr. 2. Významnost vlivu vysvětlujících proměnných na druhová data byla prokázána Monte Carlo permutačním testem ($P = 0,002$, $N = 499$).

Vidíme, že vlivy hodnot z obou sněhových měření jsou spolu jen velmi málo korelované. Vyšší sněhová pokrývka v lednu pozitivně ovlivňuje zastoupení druhů *Avenella flexuosa*, *Cetraria nivalis* a *Hieracium alpinum* agg. Se snižující se sněhovou pokrývkou v lednovém měření naopak roste zastoupení ostatních lišejníků, volného místa a odumřelého vřesu. V místech vyšší sněhové pokrývky v dubnu se více vyskytují odumřelé pochvy druhu *Avenella flexuosa* a klesá zastoupení druhu *Carex bigelowii*, *Vaccinium vitis-idaea* a mechů.

První osa přímé analýzy (RDA), kde byla jako vysvětlující proměnná použita jen výška sněhové pokrývky změřená 1. ledna 2000, vysvětluje pouze 4,9% celkové

variability druhových dat, ale její vliv na vysvětlovaná data byl prokázán Monte Carlo permutačním testem ($P = 0,004$, $N = 499$).

3.1.2. Korelace druhů na větší prostorové škále

Nepřímá analýza (PCA) vysvětluje 41,1% celkové variability druhových dat na prvních dvou ordinačních osách. Další dvě osy vysvětlují 19,4% variability. Obrázek 3 ukazuje rozmístění druhů a proměnných prostředí v ordinačním prostoru.

Na obrázku je vidět, že *Calluna vulgaris*, ať už jako živé rostliny, či jako jejich odumřelé zbytky, stejně jako *Vaccinium myrtillus* a mechy jsou více zastoupeny v místech, kde je více holého povrchu. Tato místa jsou také charakteristická vyšším poměrem pokryvnosti mrtvého k živému vřesu. Odumřelé pochvy metličky se více vyskytují na plochých místech a nezdají se být na velikosti holé plochy nijak závislé, zatímco živá *Avenella flexuosa* je s rozsahem holého místa negativně korelována a vyskytuje se více v místech výskytu keřového patra. Lišejníky se významněji uplatňují v místech s nižší pokryvností bylinného patra, kdežto *Anthoxanthum odoratum*, *Homogyne alpina* a *Polygonatum odoratum* se více vyskytují v místech s větší celkovou pokryvností.

První ordinační osa přímé gradientové analýzy (RDA), ze které byly vyloučeny snímky obsahující keřové patro a jako vysvětlující proměnná zadáno zastoupení holé plochy, vysvětluje 10,1% celkové variability v druhových datech. Grafické znázornění výsledků ukazuje obr. 4. Proměnné sklon a E1 byly zadány jako doplňkové a do diagramu jsou promítnuty jen pasivně. Vliv proměnných prostředí na druhová data byl ověřen Monte Carlo permutačním testem ($P = 0,016$, $N = 499$).

Z obrázku č.4 je patrné, že v místech s rostoucím zastoupením holého povrchu se více vyskytuje odumřelý vřes a druhy *Pulsatilla alpina*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Festuca airoides*, mechy, lišejníky a *Calluna vulgaris*. S menším zastoupením holého povrchu vzrůstá pochopitelně celková pokryvnost bylinného patra a více se uplatňují druhy *Avenella flexuosa*, *Carex bigelowii*, *Nardus stricta* a *Senecio fuchsii*.

3.2. BIOMASA

3.2.1. Vztah druhového složení k biomase

První čtyři ordinační osy nepřímé gradientové analýzy (PCA) vysvětlují 87,6% celkové variability druhových dat, z toho první dvě osy vysvětlují 58,7% variability. Výsledky jsou graficky znázorněny v ordinačním diagramu na obr. 5.

Vidíme, že se oddělily transektly umístěné v lysinách (vpravo dole) od transektů umístěných v místech s velkým zápojem vřesu (vlevo nahoře). Rozdíl je nejlépe charakterizován větší výškou vegetace a vyšší podzemní biomasou v zarostlých místech. Druh *Avenella flexuosa* se více vyskytuje v zarostlých místech, lišejníky se zase více vyskytují v místech s půdními lysinami. Výskyt druhu *Calluna vulgaris* je nezávislý na prostředí.

Poměr nadzemní ku podzemní biomase ($s/r = \text{shoot/root ratio}$) zřejmě není nijak korelovaný s danými proměnnými. Jeho vliv na druhová data byl testován v samostatné analýze, kdy byl zadán jako jediná vysvětlující proměnná v přímé analýze (RDA). Z výsledků Monte Carlo testu ($F = 2,237$; $P = 0,224$, $N = 499$) vyplývá, že s/r poměr nemá žádný významný vztah s druhovým složením.

První ordinační osa přímé gradientové analýzy (RDA), kde byla zadána jediná vysvětlující proměnná - typ prostředí (lyšina/zarostlá), vysvětluje 9,6% variability druhových dat. Její průkazný vliv byl zjištěn Monte Carlo permutačním testem ($P = 0,014$, $N = 499$).

3.2.2. Distribuce biomasy

Nepřímá gradientová analýza (PCA), kde jako vysvětlované proměnné byly zadány hodnoty nadzemní a podzemní biomasy, výška vegetace a poměr s/r , vysvětluje 89,9% variability dat na prvních dvou osách. První ordinační osa, která vysvětluje 54% celkové variability, představuje gradient mezi lysinami a místy se zapojeným porostem vřesu. Výsledný ordinační diagram je na obr. 6.

Plochy se zapojeným porostem vřesu se od ploch s lysinami liší především větší podzemní biomasou a výškou vegetace. Hodnoty nadzemní biomasy a s/r poměru neukazují jednoznačný trend podél první ordinační osy a jejich závislost na

typu plochy byla testována analýzou variance. Ta prokázala statisticky významný rozdíl mezi plochami s lysinami a se zapojeným vřesem jak v nadzemní biomase ($p = 0,0016$), tak v s/r poměru ($p = 0,029$). Grafické znázornění vztahu ukazují krabicové diagramy na obr. 7.

3.2.3. Kros-korelace mezi nadzemní a podzemní biomasou

Výsledek testu kros-korelačních funkcí ukazuje, že není průkazný rozdíl mezi těmito funkcemi odhadnutými z transektů v lysinách a v místech zarostlých vřesem (T součet statistik = 25,59, $P = 0,097$).

Z obr. 8, kde jsou vyneseny kros-korelační koeficienty pro jednotlivé transekty je vidět určitá asymetričnost. Její míra se ale nedá testovat.

3.3. PŮDNÍ POMĚRY

3.3.1. Půdní sondy

Při kopání půdních sond se ukázalo, že se jednotlivé typy vegetace nacházejí na různých substrátech. Půdní profily se ve vrchních horizontech příliš neliší – vrstva nadložního humusu se pohybuje od 7 do 11 cm a všude je dobře vyvinutý eluviální horizont. Můžeme tedy všechny profily zařadit k podzolovým půdám. Rozdíly byly vidět ve spodnějším horizontech – liší se mocnost obohaceného (B_h) horizontu (4 – 10 cm) a mocnost a kvalita spodinového (B_s) horizontu. Všechny půdy jsou silně skeletovité, což ovlivňuje jejich vodní režim. Popisy půdních profilů jsou shrnuty v tabulce 1 v přílohách.

3.3.2. Zrnitostní analýzy

V přímé gradientové analýze (RDA), která hodnotila zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí, vysvětluje typ porostu 36,6% variability, která nemůže být vysvětlena příslušností k horizontu (užitou jako kovariáta). Výsledek této analýzy je graficky znázorněn na obr. 9.

Místa s půdními lysinami se vyznačují vyšším zastoupením nejmenších půdních částic (hrubý prach 0,01 – 0,05 mm, a jemný prach a jíl <0,01 mm), které mají zásadní vliv na vodní režim v půdě. Travní sníženiny jsou charakteristické

vysokým podílem písku (2 - 0,1 mm) a práškového písku (0,05 – 0,1mm) a místa se zapojeným vřesem obsahují hodně hrubého písku a šterku (2mm – 5 cm).

Zrnitostní složení (viz tab. 2 v přílohách) bylo také hodnoceno analýzou variance, která ukázala průkazné rozdíly v zastoupení prachových částic (<0,01 mm), práškového písku (0,05 – 0,1 mm) a skeletu (2mm – 5 cm) mezi typy porostu. Její výsledky jsou patrné z krabicových diagramů na obr. 10.

Na základě zastoupení zrnitostních frakcí lze určit druh půdy. Podle Kopeckého klasifikačního systému, který je založen na obsahu jemného a hrubého prachu, můžeme půdy se zapojeným vřesem i pod travními porosty zařadit do kategorie písek jílnatě zakalený. Půdy lysinové patří do kategorie písek slabě hlinitý.

Z výsledků zrnitostního rozboru byly sestaveny zrnitostní křivky a jejich průběh byl porovnán s Beskowovou křivkou (Haynes et al. 1998), která stanovuje náchylnost zemin k namrzání. Všechny křivky z půd pod travními porosty i z půd pod lysinami a většina křivek z půd zarostlých vřesem leží nad touto křivkou a mohou být tedy hodnoceny jako namrzavé. Pouze dva vzorky z půd se zapojeným porostem vřesu (z B_h a B_s horizontu) překračují tuto křivku a nemohou být hodnoceny jako namrzavé (viz. Obr. 11).

Odhad objemového zastoupení hrubého skeletu (kameny nad 5 cm) ve zkoumaných typech prostředí a v různých horizontech je shrnut v tabulce č 1:

	Horizont	LYSINA		VŘES		TRÁVA	
		průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE
Kamení (>5 cm)	E	50	6,3	13	2,7	20	6,9
	B _h	68	7,7	48	7,2	28	2,8
	B _s	83	5,2	66	8,3	38	7,4

Tab. 1

Je zde vidět vzrůstající zastoupení hrubého skeletu směrem do nižších horizontů. Významně se v zastoupení této frakce odlišují půdy lysin od půd s travním porostem. Podle Novákovy stupnice skeletovitosti patří půdy pod travními porosty do kategorie půd šterkovitých, půdy lysin do kategorie půd kamenitých a půdy pod zapojeným vřesem se pohybují na hranici mezi těmito kategoriemi.

3.3.3. Ostatní půdní analýzy

Typ porostu vysvětluje v přímé gradientové analýze (RDA) 25,4% variability, která nemůže být vysvětlena příslušností k horizontu (použitou jako kovariáty). V analýze bylo společně hodnoceno aktivní i výměnné pH, % celkového dusíku a uhlíku, C/N poměr a objemová hmotnost,.

Z výsledného ordinačního diagramu (obr. 12) vidíme, že v místech s půdními lysinami a v místech zarostlých vřesem je vyšší aktivní pH než ve sníženinách zarostlých převážně trávami. Tam je zase nejvyšší procento celkového dusíku i uhlíku. C/N poměr je nejvyšší v místech půdních lysin. Objemová hmotnost roste od lysin, přes sníženiny k plochám se zapojeným vřesem.

Průměrné hodnoty jednotlivých měřených půdních charakteristik v různých typech prostředí jsou shrnuty v tabulce č. 2:

CHARAKTERISTIKY PROSTŘEDÍ	LYSINA		VŘES		TRÁVA	
	průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE
Aktivní pH	3,81	0,23	3,70	0,16	3,55	0,18
Výměnné pH	3,45	0,24	3,30	0,17	3,37	0,15
Celkový dusík (%)	0,80	0,17	0,56	0,15	0,86	0,21
Celkový uhlík (%)	15,21	3,70	10,56	2,95	15,70	4,43
C:A	18,22	2,00	17,84	2,28	16,69	2,11
Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	0,60	0,15	0,98	0,14	0,71	0,13

Tab. 2

Analýza variance prokázala rozdíly mezi všemi prostředími v hodnotách aktivního pH. Ve výměnném pH se významně odlišují lysiny od obou zbylých ploch. Plochy zarostlé vřesem jsou charakteristické průkazně vyšší objemovou hmotností a nižším obsahem uhlíku a dusíku než plochy v lysinách a travních sníženinách. Poměr C:N je průkazně odlišný (nižší) mezi půdami zarostlými trávami od půd lysinových a půd se zapojeným porostem vřesu. Grafické vyjádření rozdílů pomocí krabicových diagramů je na obr. 13. Celková tabulka charakteristik prostředí pro všechny horizonty je v tab. 3 v přílohách.

3.4. TEPLOTNÍ MĚŘENÍ

Počet dnů, kdy minimální teplota klesla pod nulu a současně maximální vystoupila nad nulu je vidět z tabulky č. 3:

	Jaro 99 22.4.-23.6.	Zima 99/00 6.10.-22.4.	Jaro 00 22.4.-23.6.*	celkem
Lysiná	půda	0	9	0
	nadzemní	5	55	2
Vřes	půda	0	0	0
	nadzemní	12	38	6

- kromě 9.5. – 17.5. 2000, kdy byl datalogger mimo provoz

Tab. 3

V půdě pod vřesem neklesla teplota pod bod mrazu za celé sledované období, zatímco v lysině se dostala teplota půdy pod bod mrazu ve 42 dnech (v období od ledna do dubna).

Přehled denních průměrů, minim, maxim a jejich rozdílů je v tab 4 v přílohách. Nadzemní teploty byly ve všech zjišťovaných hodnotách vždy průkazně odlišné ($p \leq 0,001$) mezi lysinou a vřesem.

Srovnání teplot v půdě mezi lysinami a vřesem zarostlými místy je přehledně vyjádřeno pomocí krabicových diagramů na obr. 14. Minimální teploty půdy se mezi lysinou a vřesem liší pouze v zimním období, kdy jsou v lysinách nižší. Denní maxima v lysinách byla na jaře průkazně vyšší než pod vřesem. V zimě jsou naopak maximální teploty v lysinách průkazně nižší než pod vřesem. Denní průměry v lysinách jsou v zimě nižší, na jaře naopak vyšší než v půdě pod vřesem. Amplituda denních výkyvů půdních teplot je vždy mnohem větší v lysinách než v půdě pod vřesem.

3.5. MYKORRHIZY

Výsledky sledování výskytu symbiotických hub jsou shrnuty v tab. 5 v přílohách. V kořenech druhu *Calluna vulgaris* byl zaznamenán výskyt erikoidních mykorrhiz. U druhů *Hieracium alpinum* a *Avenella flexuosa* byly pozorovány tzv. dark septate fungi (tmavé přehrádkované houby). U ostatních zkoumaných druhů byly nalezeny jiné houby, které nebyly mykorrhizní. V žádném pozorovaném vzorku nebyla nalezena arbuskulární endomykorrhiza. (Tab. 5)

3.6. MAPA ROZŠÍŘENÍ LYSINOVÝCH PŮD

Největší výskyt lysinových půd byl zaznamenán v oblasti Sněžky a Luční a Studniční hory. Dále se lysinové půdy vyskytují na hraně Obřího dolu, u cesty z Růžové hory na Sněžku, podél státní hranice od Slezské boudy směrem k Luční boudě, v Modrém sedle, v oblasti mezi koňskou cestou a Luční horou, na Smogornii a na velmi malém prostoru i na vrcholu Malého Šišáku.

Lysiny s vřesem se vyskytují na všech zmíněných plochách, kromě Šišáku. Druhý typ lysin se nejvíce vyskytuje na Luční hoře a Smogornii, v ostatních plochách se vyskytuje jen v malé míře či výjimečně.

Mapa (v měřítku 1 : 10 000) znázorňující výskyt lysinových půd je součástí příloh.

4. DISKUSE

4.1. SLOŽENÍ VEGETACE

4.1.1. Druhové složení na malé škále

Výsledky gradientové analýzy ukázaly, že výška sněhové pokrývky měřená v lednu má jiný vliv na druhové složení než výška sněhu naměřená v dubnu. Ukládání sněhu na zkoumaném území je ovlivňováno činností anemo-orografického systému (Jeník 1961). Silný vítr odnáší během zimy většinu sněhu z tohoto území do závětrné oblasti Modrého dolu (Vulterin 1969). Tento proces je omezen v období, kdy sněží při bezvětří a také pokud padá mokrá těžký sníh, což je případ dubnového měření, kdy v týdnu před tímto měřením napadlo na hřebenech Krkonoš 10 - 20 cm mokrého sněhu. Gradient výšky sněhu v lednu vyjadřuje tedy gradient od nejexponovanějších míst (charakterizovaných velkým zastoupením volného povrchu, lišejníků a odumřelé biomasy druhu *Calluna vulgaris*) do nejchráněnějších míst (s vysokou pokrývností druhu *Avenella flexuosa*, *Cetraria nivalis* a *Hieracium alpinum* agg).

Při porovnání výsledků „mini-snímků“ a druhových dat z biomasových plošek, které byly získány na podobné škále vidíme, že obojí popisují podobné fenomény. Především je to vyšší zastoupení lišejníků v půdách lysinových, dále pak výskyt druhu *Avenella flexuosa* v zapojenějších porostech. Ten je dán především tím, že se tento druh podílí na porostu terénních sníženin, které mají velmi vysokou pokrývnost.

4.1.2. Druhové složení na větší škále

Výsledky analýzy dat sebraných na větší prostorové škále ukazují podobné tendence ve výskytu lišejníků i druhu *Avenella flexuosa* a znázorňují gradient mezi lysinovými půdami a zapojeným porostem i na základě dalších druhů. Lysinové půdy jsou tedy charakteristické vyšším zastoupením druhů *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis-idaea*, *Pulsatilla alpina*, *Festuca airoides*, mechů a lišejníků. Naproti tomu v místech s vyšším zápojem (vřesu nebo i graminoidů) se více uplatňují druhy *Avenella flexuosa*, *Homogyne alpina*, *Nardus stricta*, *Carex bigelowii* a *Polygonum bistorta*.

Na výsledku přímé i nepřímé ordinace je zajímavé, že výskyt odumřelých pochev metličky je jen velmi málo korelovaný s výskytem živých rostlin. Může to

znamenat, že se *Avenella flexuosa* přesunuje z nepříznivých míst. Zdá se, že v tomto případě není tento stresový faktor korelovaný s velikostí holého místa ve snímku a tedy, z hlediska mrazu a větru, exponovanější polohou.

4.2. PROSTOROVÁ DISTRIBUCE BIOMASY

To, že porosty zarostlé vřesem nejsou jednoznačně charakteristické větší nadzemní biomasou, může být ovlivněno způsobem sběru dat, kdy byla odebrána celková biomasa ve čtverečcích a ne jen ta, která tam kořenovala. To mohlo způsobit nadhodnocení nadzemní biomasy hlavně v transektech vedených v porostech s lysinami. Ze stejných důvodů může být tedy ovlivněna i hodnota s/r poměru. Příčinou ale může být i zvýšený obsah dusíku (za předpokladu, že celkový dusík odráží i množství dostupného dusíku), který stimuluje nadzemní růst biomasy (Caporn et al. 1995), a vyšším pH zjištěném v lysinových půdách.

V zapojených vřesových porostech může větší množství opadu způsobovat pohřbívání bazálních částí stonků, které začnou vytvářet adventivní kořeny a tím přispívají k většímu relativnímu zastoupení podzemní biomasy v těchto porostech (48% celkové biomasy) oproti porostům na lysinových půdách (20% celkové biomasy). Podobně bylo charakterizováno relativní zastoupení podzemní biomasy vřesu z rašelinišť, kde je spodní část vřesu přerůstána rašeliníkem (Wallén 1987, Forrest 1971).

Výsledky testu kros-korelačních funkcí mezi nadzemní a podzemní biomasou neodliší na statisticky významné hladině místa na lysinových půdách od míst se zapojeným vřesem, ale hladina významnosti ($p = 0,097$) ukazuje, že to může být způsobeno malým počtem opakování vzhledem k celkově vysoké heterogenitě dat.

Asymetričnost kros-korelace ukazuje, že vztah mezi nadzemní a podzemní biomasou je anisomorfní, což by naznačovalo, že vřes roste převážně jedním směrem - patrně po směru převažujících větrů. A to jak v místech zarostlých vřesem, tak hlavně v místech s půdními lysinami. *Calluna* má v horských oblastech převážně poléhavý vzrůst (Grant & Hunter 1962, Gimingham 1972), který je v této oblasti intenzivně ovlivňován silnými větry, které obrušují pupeny na návětrné straně trsu a *Calluna* tak může přirůstat jen na závětrné straně. Děje se tak díky vrstvení poléhavých stonků a jejich adventivním kořenování, což může dokonce vést k urychlení odumírání proximální části stonku a původního

kořenového systému (Macdonald et al. 1995). Tím se zdejší vegetace podobá pruhovým půdám s vřesem popsaným ze skotských hor (Bayfield 1984).

4.3. PŮDNÍ POMĚRY

4.3.1. Půdní profil a zrnitost

Při kopání půdních sond nás překvapilo, že se jednotlivé typy prostředí od sebe liší i substrátem, a to zvláště lysiny a travní sníženiny, které se vyskytují mozaikovitě na velké části zkoumané plochy. Z tohoto důvodu byla vykopána ještě čtvrtá půdní sonda na přechodu mezi sníženinou zarostlou travinnou vegetací a lysinovou půdou s vřesem. Tam je opravdu vidět i přechod v substrátu – zvětralina obsahuje v části směřující do sníženiny zaoblené křemeny. Z těchto výsledků vyplývá, že rozdíly v substrátu jsou patrně charakterizovány i odlišným typem vegetačního pokryvu. Zmíněný fluvio-glacigenní substrát pod travinnou vegetací mohl zřejmě vzniknout v období, kdy byl v této oblasti vyvinut permafrost a systémem sníženin odtékala voda patrně ze sněhového pole na Luční hoře (Sekyra 1964), neboť ledovec nebyl z tohoto místa nikdy doložen (Králík & Sekyra 1968, Chaloupský et al. 1989).

Překvapivým zjištěním bylo i to, že v půdním profilu nebyly nalezeny žádné náznaky třídění mrazem ani v současnosti a dokonce ani v minulosti, přestože se nedaleko od tohoto místa nachází dobře vyvinuté fosilní polygonální půdy (Sekyra 1960). Je známo, že mrazem tříděné půdy mohou vznikat i v podmínkách temperátního oceánického klimatu s průměrnou roční teplotou až 8,5°C (Ballantyne 1996), při vyšším zastoupení prachové a jílové frakce a obsahu skeletu menšího než 15 cm (Ballantyne 1996, Gordon 1997). Všechny tyto podmínky byly splněny v půdách pod lysinami, ale silně vyvinutý eluviální horizont (ve všech profilech) ukazuje na promyvný režim půd v této oblasti. Pokud tedy nějaké mrazové třídění existuje, tak jen v omezené míře a jeho projevy jsou v jarním a letním období spláchnuty bohatými srážkami (roční úhrn srážek se na hřebenech Krkonoš pohybuje mezi 1200 – 1400 mm, Coufal & Šebek 1969).

4.3.3. Ostatní půdní analýzy

Objemová hmotnost půdy je celkově nejvyšší ve vřesu, což je zřejmě dáno sypkým substrátem. Zajímavá je ale vysoká objemová hmotnost ve vrchním

horizontu půdních lysin (oproti spodním horizontům), která by mohla být způsobena načechráním vrchní vrstvy půdy mrazovými procesy.

Nejmenší obsah uhlíku a dusíku je v půdě pod vřesem, odkud jsou tyto a zřejmě i další prvky a živiny vyplavovány srážkovou a svahovou vodou.

Kvalita humusu, vyjádřená jako poměr C : N (Bedrna 1989), je nejlepší v půdách pod travními sníženinami, což může ukazovat na příznivé mikroklimatické podmínky travních sníženin, které umožňují rychlejší průběh dekompozičních procesů.

Aktivní pH je naopak překvapivě nejnižší v půdě pod travinnými porosty. Může to být způsobeno rychlejším rozkladem organické hmoty (díky vhodnějším vlhkostním a mikroklimatickým poměrům) a tvorbou organických kyselin, které přispívají ke snižování aktivní půdní reakce. Vyšší pH v lysinových půdách je hlavně způsobeno odlišným substrátem. V menší míře by se mohlo uplatňovat i mrazové zvětrávání, které má za následek zvýšení pH (Jonasson & Skold 1983, Jonasson 1986)

Výměnné pH udává, jakými kationty je nasycen sorpční komplex půdy. U travních porostů je ve vrchních dvou horizontech relativně vysoké a při srovnání s aktivním pH vidíme jen malé rozdíly mezi těmito dvěma hodnotami, z čehož můžeme usuzovat na přítomnost bazických kationtů v půdním sorpčním komplexu. Zvýšená přítomnost těchto iontů v travním prostředí souvisí patrně s dobrými vlhkostními poměry a tím i větší intenzitou zvětrávání, díky kterému se mohou tyto kationty uvolňovat.

4.4. TEPLOTNÍ MĚŘENÍ

Ze srovnání průběhu půdních teplot mezi půdou zarostlou vegetací a půdou s volným povrchem je zřejmé, že vegetační kryt snižuje extrémní hodnoty, kdy ve sledovaném případě nedovolil zamrznutí (v hloubce 5 cm) v průběhu celé zimy. V létě naopak chrání povrch půdy proti přehřátí a tím i proti vysychání.

Regelace (opakované zmrznutí a rozmrazení) půdy je většinou typická pro jarní (či letní - v severských a výše položených oblastech) a podzimní období, tedy dobu, kdy je nedostatečná sněhová pokrývka (Nyberg 1993, Washburn 1979). V průběhu sledovaného období se ale tyto cykly projeví pouze v období zimním (leden až duben). Je to zřejmě důsledek výjimečnosti sledované zimy. Sníh napadl brzy na podzim bez předcházejícího období holomrazů, celá zima byla bohatá na

sněhové srážky a po roztání sněhu v druhé polovině dubna začalo působit teplé proudění vzduchu, kdy se už nejnižší teploty nedostaly pod bod mrazu a regelace neprobíhala. Na velké rozdíly mezi jednotlivými zimami z hlediska regelační intenzity upozorňují i Kociánová et al. (1995) a nelze proto získané výsledky jednoznačně považovat za důkaz velmi malé regelační aktivity, protože ta může být v jiném roce několikanásobně vyšší (například v roce 2000, kdy se vyskytovaly první mrazy už v září, ale sníh napadl až 15. prosince)

4.5. MYKORRHIZY

Výskyt erikoidních mykorrhiz u vřesu v obou typech prostředí (v lysinách i porostech se zapojeným vřesem) naznačuje, že rostliny a ani půdní mykoflóra se mezi prostředími zřejmě neliší. Avšak tato pozorování byla jen doplňková a vzhledem k malému počtu zkoumaných rostlin z nich nelze vyvozovat obecné závěry.

5. LITERATURA

- ✓ Anonymus (1990): Geologická mapa ČR. Měřítko 1 : 50 000. List 03-42 Trutnov. Ústřední ústav geologický.
- † Anonymus (1996): STATISTICA for Windows [computer program manual]. StatSoft, Tulsa, OK.
- ✓ Ballantyne, C.K. (1996): Formation of Miniature Sorted Patterns by Shallow Ground Freezing: a Field Experiment. *Permafrost and Periglacial Processes* 7: 409 – 424.
- ✓ Bayfield, N.G. (1984): The dynamics of heather (*Calluna vulgaris*) stripes in the Cairngorm mountains, Scotland. *Journal of Ecology* 72: 515 – 527.
- Bedrna, Z. (1989): Metody chemického výzkumu půd. In: Dykyjová et al.: *Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha, 206 – 227.
- Caporn, S.J.M., Song, W., Read, D.J. & Lee, J.A. (1995): The effect of repeated nitrogen fertilization on mycorrhizal infection in heather [*Calluna vulgaris* (L.) Hull]. *New Phytologist* 129: 605 – 609.
- ✓ Coufal, L. & Šebek, O. (1969): Klimatické poměry Krkonoš. In: Fanta, J. et al.: *Příroda Krkonošského národního parku*. SZN, Praha, 88 – 101.
- ✓ Drbal, J., (1971): *Praktikum meliorační pedologie*. Skripta VŠZ. SPN, Praha, pp. 258.
- ✓ Forrest, G.I. (1971): Structure and production of north Pennine blanket bog vegetation. *Journal of Ecology* 59: 453 – 479.
- ✓ Gimingham, C.H. (1972): *Ecology of Heathlands*. Chapman and Hall, London. pp. 266.
- ✓ Gordon, J.E. (1997)[ed.]: *Reflections on the Ice Age in Scotland. An Update on Quaternary Studies*. The Scottish Association of Geography Teachers and Scottish Natural Heritage, Glasgow. JPP
- ✓ Grant, S.A. & Hunter, R.F. (1962): Ecotypic differentiation of *Calluna vulgaris* (L.) in relation to altitude. *New Phytologist* 61: 44 – 55.
- ✓ Haynes, V.M., Grieve, I.C., Price-Thomas, P. & Salt, K. (1998): The geomorphological sensitivity of the Cairngorm high plateaux. Scottish Natural Heritage, Report No 66.
- ✓ Chaloupský, J. et al. (1989): *Geologie Krkonoš a Jizerských hor*. Academia, Praha, pp. 288.

- ✓ Jakrlová, J. (1989): Primární produkce suchozemských ekosystémů. In: Dykyjová et al.: *Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha, 304 – 329.
- ✓ Jeník, J. & Sekyra, J. (1995): The concept of arctic-alpine tundra. In: Soukupová, L., Kociánová, M., Jeník, J. & Sekyra, J. [eds.]: *Arctic-Alpine Tundra in the Krkonoše, the Sudetes*. *Opera Corcontica* 32: 5 – 88.
- ✓ Jeník, J. (1961): *Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. ČSAV, Praha. *pp*
- ✓ Jonasson, S. & Skold, S.E. (1983): Influence of frost-heaving on vegetation and nutrient regime of polygon- patterned ground. *Vegetatio* 53: 97 – 112.
- ✓ Jonasson, S. (1986): Influence of frost heaving on soil chemistry and on the distribution of plant growth forms. *Geografiska Annaler* 68 A (3): 185 – 195.
- ✓ Kociánová, M., Spusta, V., Frantík, T. & Harčarik, J. (1995): Winter climat and regelation. In: Soukupová, L., Kociánová, M., Jeník, J. & Sekyra, J. [eds.]: *Arctic-Alpine Tundra in the Krkonoše, the Sudetes*. *Opera Corcontica* 32: 18 – 31.
- ✓ Kosil, V. et al. (1973): *Půdoznalství - II*. SPN, Praha, pp. 178. *typical*
- ✓ Králík, F. & Sekyra, J. (1968): Geomorfologický přehled Krkonoš. In: FANTA, J. et al.: *Příroda Krkonošského národního parku*. SZN, Praha, pp. 59 – 87.
- ✓ Lepš, J. (1996): *Biostatistika*. JU, České Budějovice, pp.166.
- ✓ Macdonald, A.J., Kirkpatrick, A.H., Hester, A.J. & Sydes, C. (1995): Regeneration by natural layering of heather (*Calluna vulgaris*): frequency and characteristics in upland Britain. *Journal of Applied Ecology* 32: 85 – 99.
- ✓ Murray, D.F. (1978): Vegetation, Floristics, and Phytogeography of Northern Alaska. In: Tiezsen, L.L. (ed.): *Vegetation and Production Ecology of an Alaskan Arctic Tundra*. Springer-Verlag, New York, 19 – 36.
- ✓ Nyberg, R. (1993): Freeze-Thaw activity and Some of Its Geomorphic Implications in the Abisko Mountains, Swedish Lappland. *Permafrost and Periglacial Processes* 4: 27 – 47.
- ✓ Pelíšek, J. (1957): *Lesnické půdoznalství*. SZN, Praha. *pp*
- ✓ Phillip, J.M. & Hayman, D.S. (1970): Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. - *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 15 – 161.
- ✓ Rothmaler, W. (1995): *Exkursionsflora von Deutschland*. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart. pp. 752.

- ✓ Rubín, J. & Balatka, B. et al. (1986): *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. Academia, Praha. *pp.*
- ✓ Sekyra, J. (1960): Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. *Geotechnica*. 27: 1 – 164. Praha.
- ✓ Sekyra, J. (1964): Kvartérně geologické a geomorfologické problémy krkonošského krystalinika. *Opera Corcontica* 1: 7 – 24.
- ✓ Sýkora, B. (1983) [ed.]: *Krkonošský národní park*. SZN, Praha *pp.*
- ✓ Šmilauer, P. (1992): *CANODRAW users guide ver. 3.0*. Microcomputer Power, Ithaca, USA. *pp.*
- ✓ Ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. (1998): *Canoco Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca, USA, pp. 352.
- ✓ Vulterin, Z. (1969): Studie přízemních vzdušných proudů v Modrém dole v Krkonoších a jejich důsledků. *Opera Corcontica* 6: 35 – 43.
- ✓ Wallén, B. (1987): Growth pattern and distribution of biomass of *Calluna vulgaris* on an ombrotrophic peat bog. *Holarctic ecology* 10: 73 – 79.
- ✓ Washburn, A.L. (1979): *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*. Edward Arnold, London *pp.*

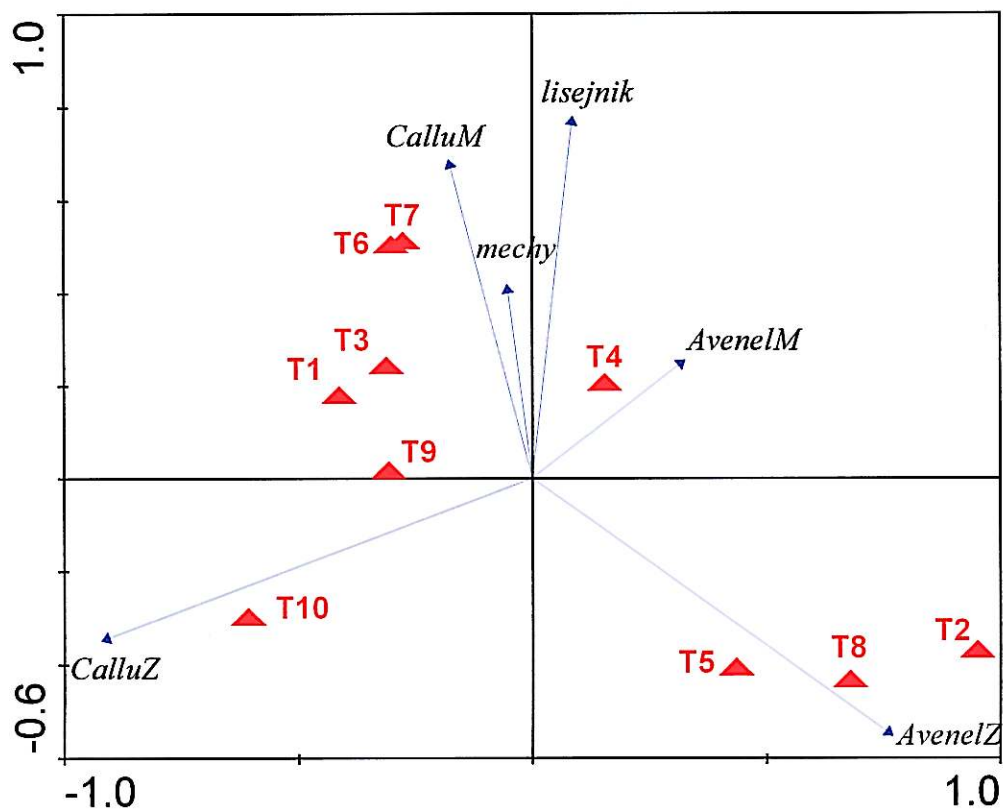
PŘÍLOHY

Seznam užitých zkratk druhů:

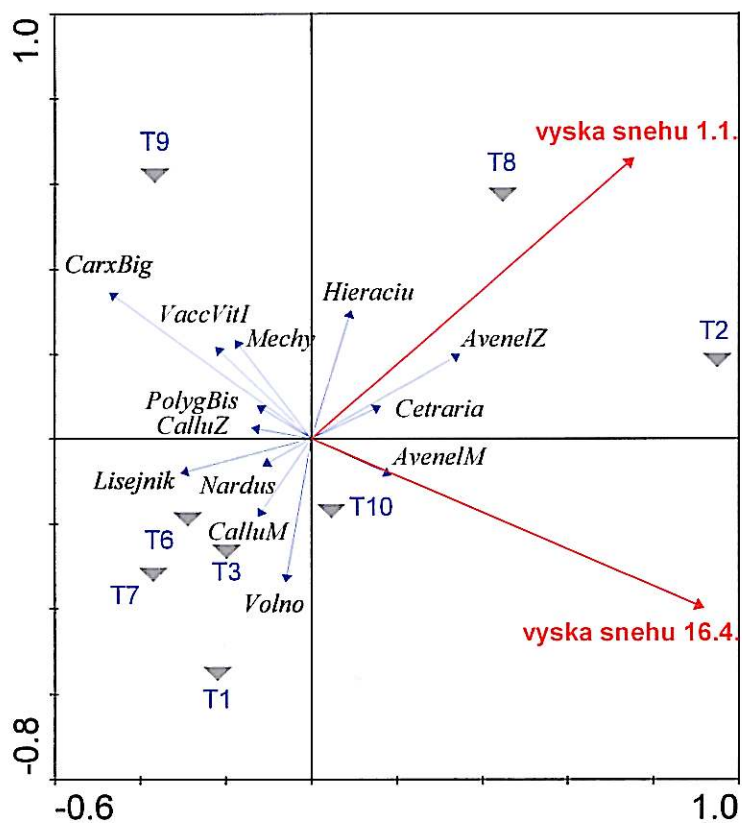
Anthoxa – *Anthoxanthum odoratum*
AvenelM – *Avenella flexuosa* (mrtvé pochvy)
AvenelZ – *Avenella flexuosa* (živé rostliny)
CalluM – *Calluna vulgaris* (mrtvá biomasa)
CalluZ – *Calluna vulgaris* (živé rostliny)
CarxBig – *Carex bigelowii*
CarxNigr – *Carex nigra*
Cetraria – *Cetraria nivalis*
Festuca – *Festuca airoides*
Hieraciu – *Hieracium alpinum* agg.
Homog – *Homogyne alpina*
Luzula – *Luzula luzuloides*
Nardus – *Nardus stricta*
Pinus – *Pinus mugo*
PolygBis – *Polygonum bistorta*
Pulsati – *Pulsatilla alpina*
Senecio – *Senecio ovatus*
VaccMyrt – *Vaccinium myrtillus*
VaccVitl – *Vaccinium vitis-idaea*

Ostatní zkratky:

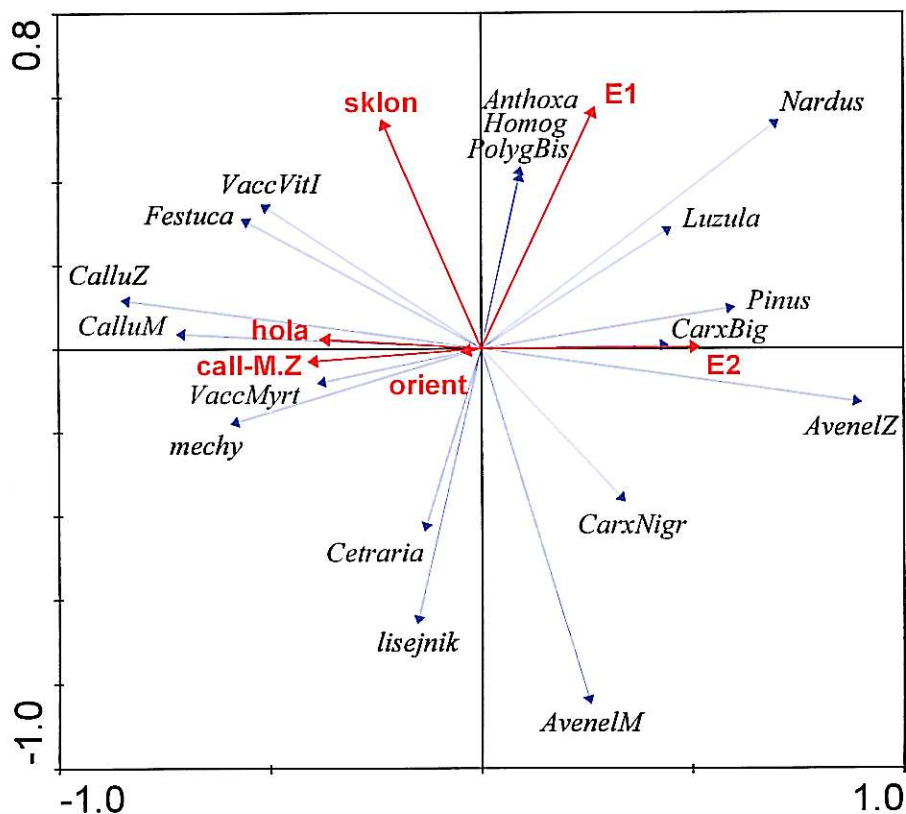
hola – procento holé plochy ve snímku
call-M.Z – poměr mrtvé ku živé biomase *Calluna vulgaris*
AbowHght – nadzemní výška
AbowBiom – nadzemní biomasa
BelwBiom – podzemní biomasa
lysina – půdní lysiny
vřes – porost zapojeného vřesu
tráva – terénní sníženiny porostlé graminoidní vegetací
prapísek – práškový písek
hruprach – hrubý prach
jemprach – jemný prach
objhmoh – objemová hmotnost půdy



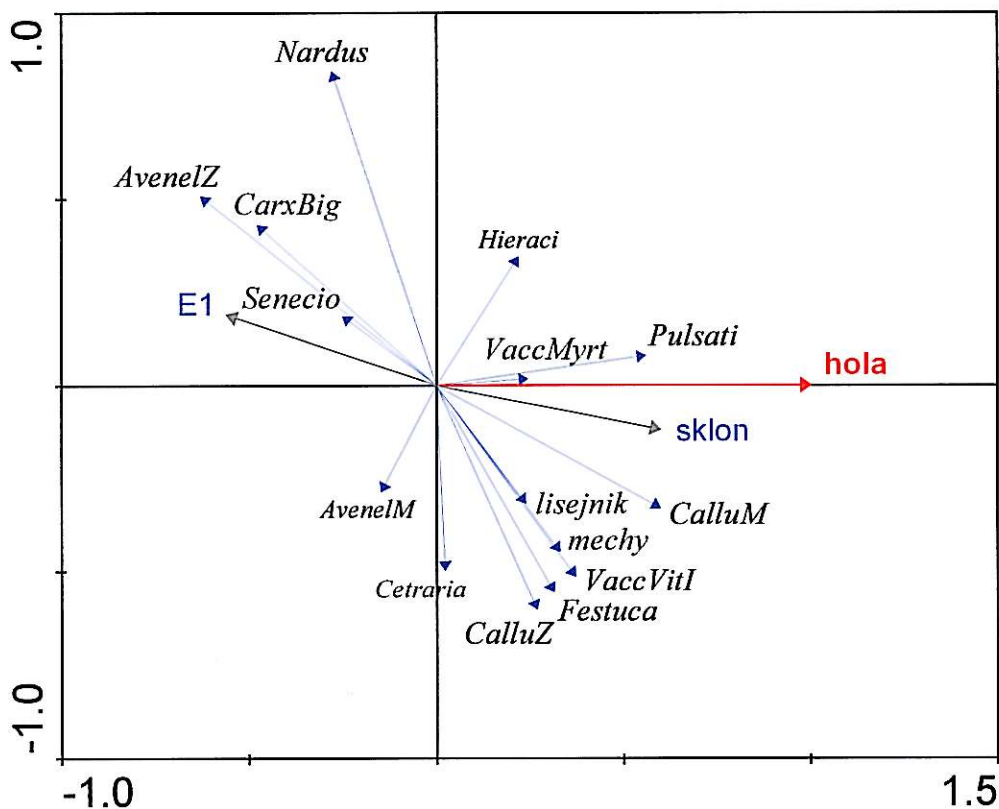
Obr. 1
Rozmístění transektů a druhů v ordinačním prostoru (prvé dvě ordinační osy). Hodnocena byla druhová data na malé škále. Použitá metoda – PCA se standardizací snímků. Vyneseny jsou jen druhy, které nejlépe vyjadřují vztahy v ordinačním prostoru



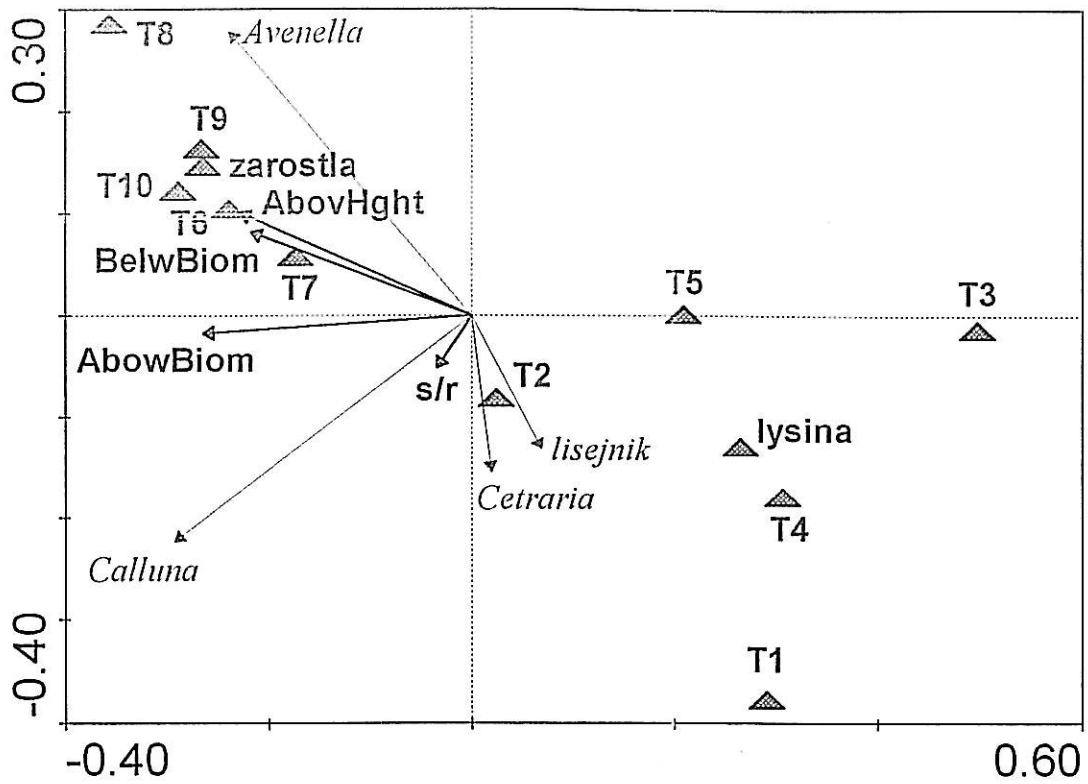
Obr. 2
Ordinační diagram (prvé dvě ordinační osy) znázorňující vztah mezi druhy a výškou sněhové pokrývky měřenou 1. ledna a 16. dubna. Metoda – RDA. Transekty byly v analýze pasivní a do diagramu jsou promítnuty dodatečně, „volno“ vyjadřuje přibližný odhad nezarostlé plochy ve snímku a vystupovalo jako aktivní proměnná.



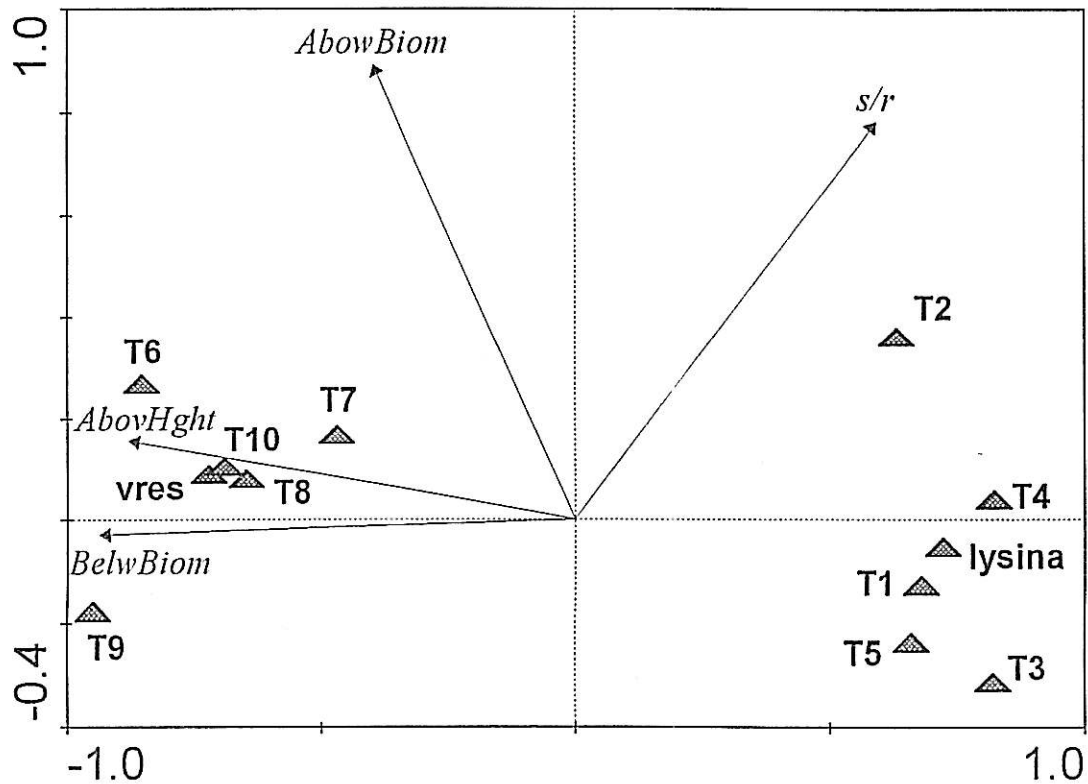
Obr. 3
 Rozmístění druhů a proměnných prostředí v ordinačním prostoru (prvé dvě ordinační osy). Hodnocena byla data získaná z fytoocenologických snímků. Použitá metoda – PCA.



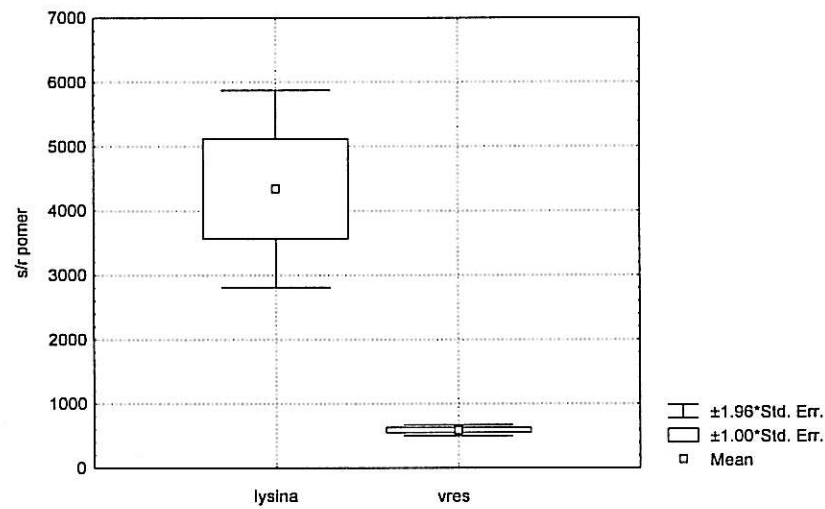
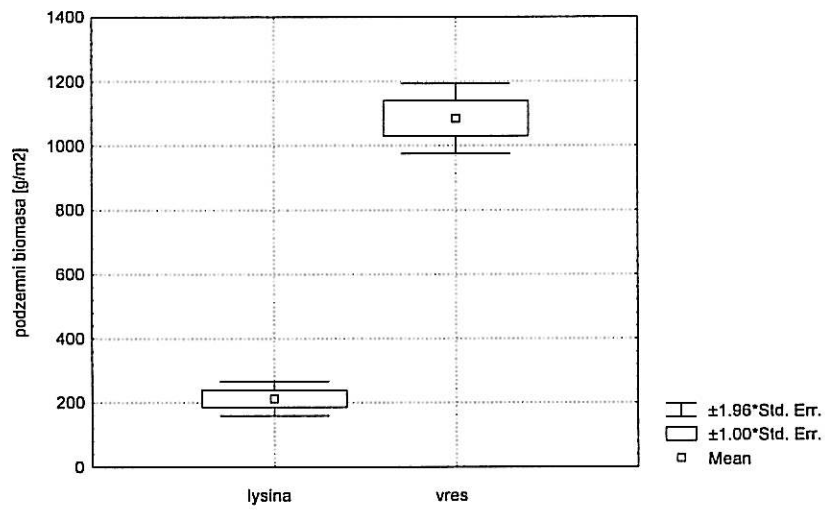
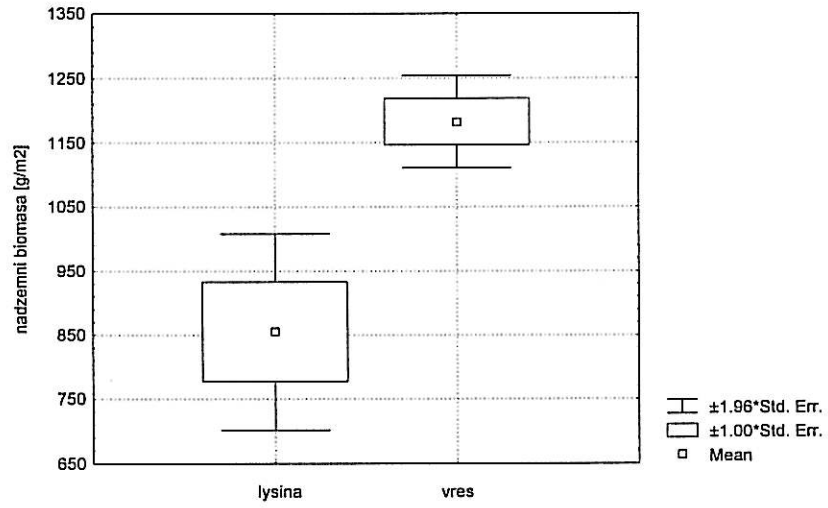
Obr. 4
 Rozmístění druhů v závislosti na velikosti holé plochy ve snímku (prvé dvě ordinační osy). Použitá metoda – RDA se standardizací snímků. Z analýzy byly vyloučeny snímky obsahující keřové patro. Proměnné sklon a E1 byly pasivní a do diagramu jsou promítnuté dodatečně. Čárkovanou šipkou jsou označeny druhy, které na první ose nemají dostatečnou váhu (fit), ale jejich umístění je zajímavé.



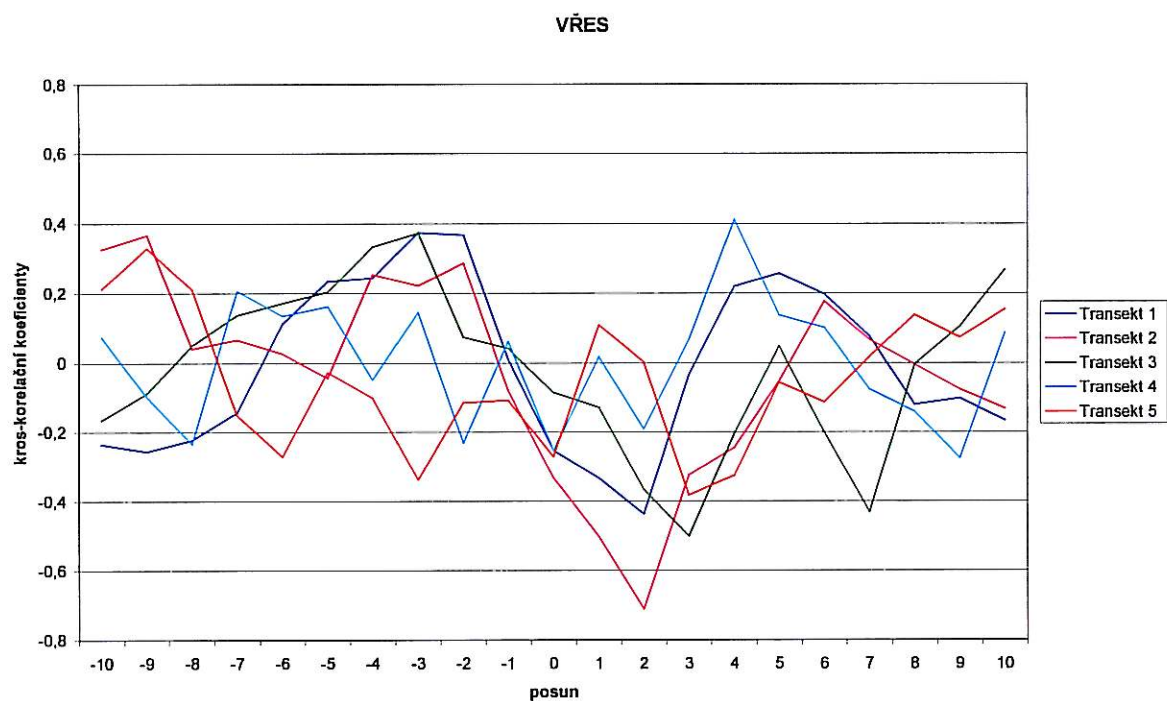
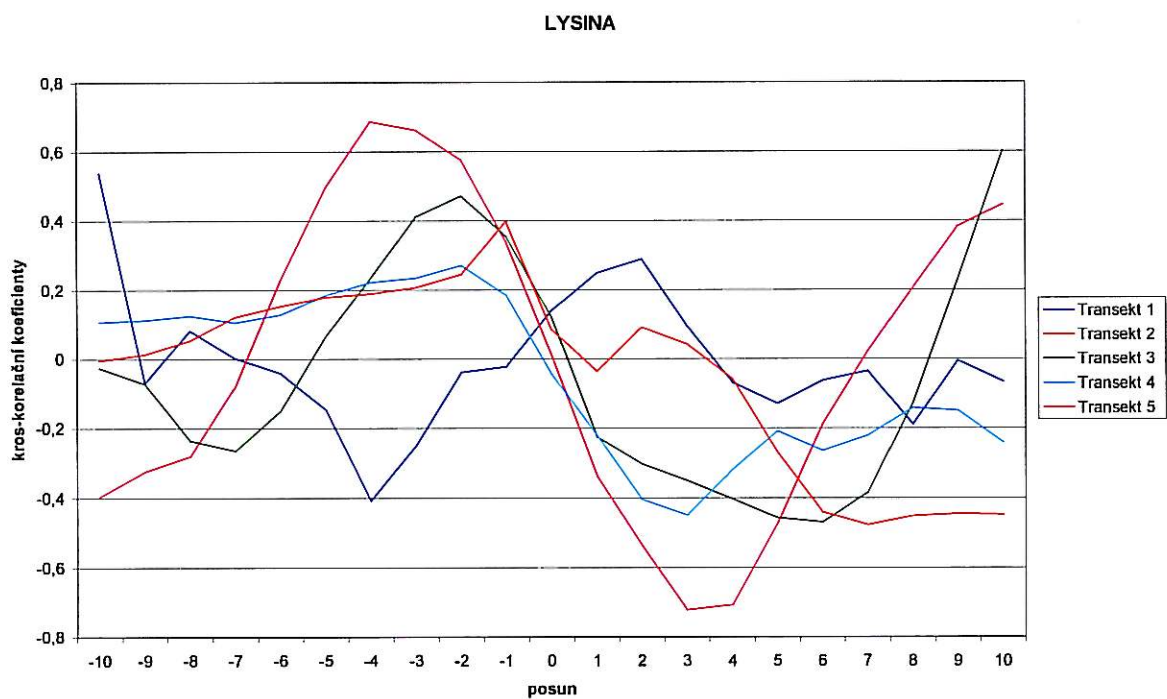
Obr. 5
 Rozmístění druhů společně s transektů, prostředím a daty o biomase v ordinačním prostoru (prvé dvě ordinační osy). Metoda – PCA.



Obr. 6
 Závislost nadzemní i podzemní biomasy, výšky vegetace a s/r poměru na typu prostředí (prvé dvě ordinační osy). Metoda – PCA se standardizací druhů.



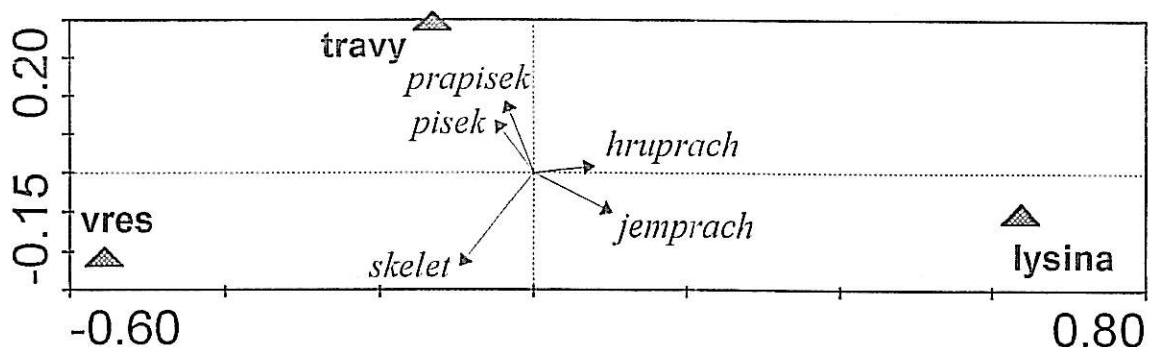
Obr. 7
 Rozdíly v nadzemní a podzemní biomase a s/r poměru mezi prostředními (zapojená vegetace vřesu x lysinová půda).



Obr. 8
 Koeficienty kros-korelace mezi nadzemní a podzemní biomasou v lysinových půdách a ve vřesem
 zapojené vegetaci.

	Vřes	Lysina	Tráva	Tráva/Lysina
Substrát	Svahovina	Zvětralina in situ	Fluvio-glacigenní sediment	Zvětralina s příměsí cizorodého křemene
Půdní typ	Podzol (typ 5YR)	Podzol (typ 5YR)	Podzol (typ 5YR)	Podzol (typ 5YR)
Profil nadložní humus	8 cm	7 cm	10 cm	11 cm
L	2 cm	2-3 cm	8 cm	8 cm
F	2 cm	2 cm	<1cm	1 cm
H	4 cm	2 cm	2 cm	2 cm
E _A	4-5 cm	7 cm	5 cm	10 cm
E _A /B _h				7 cm, světle hnědý
B _h	4 cm, hnědočerný až černý	12 cm, černý	7 cm, černý	25 cm, černý
B _s	10-12 cm, rezavý 25 cm, žlutohnědý	min. 30 cm, čokoládově hnědý	min. 35 cm, čokoládově hnědý náznak světle žlutého	min 15 cm, čokoládově hnědý
Zrnitost	90% skeletu (do prům. 8 cm) s příměsí jílu (5-10%)	90% skeletu (z toho 60%>10 cm) chybí jílní částí	80-85% skelet (z toho 5- 10%>10cm) 15-20% jemnozern	75-80% skeletu (z toho 40%>10cm) 20% jemnozern
Poznámky	Dodatečný zdroj vody – svahové záteky, nižší výpar – lepší vododržnost než lysina	Malá vododržnost – hodně skeletu	Promyvný režim, ale nejméně ze všech kopaných, prokořenění – hluboko, nejlepší vodní a živinný režim	

Tab. 1
Popis půdních profilů ve čtyřech kopaných sondách

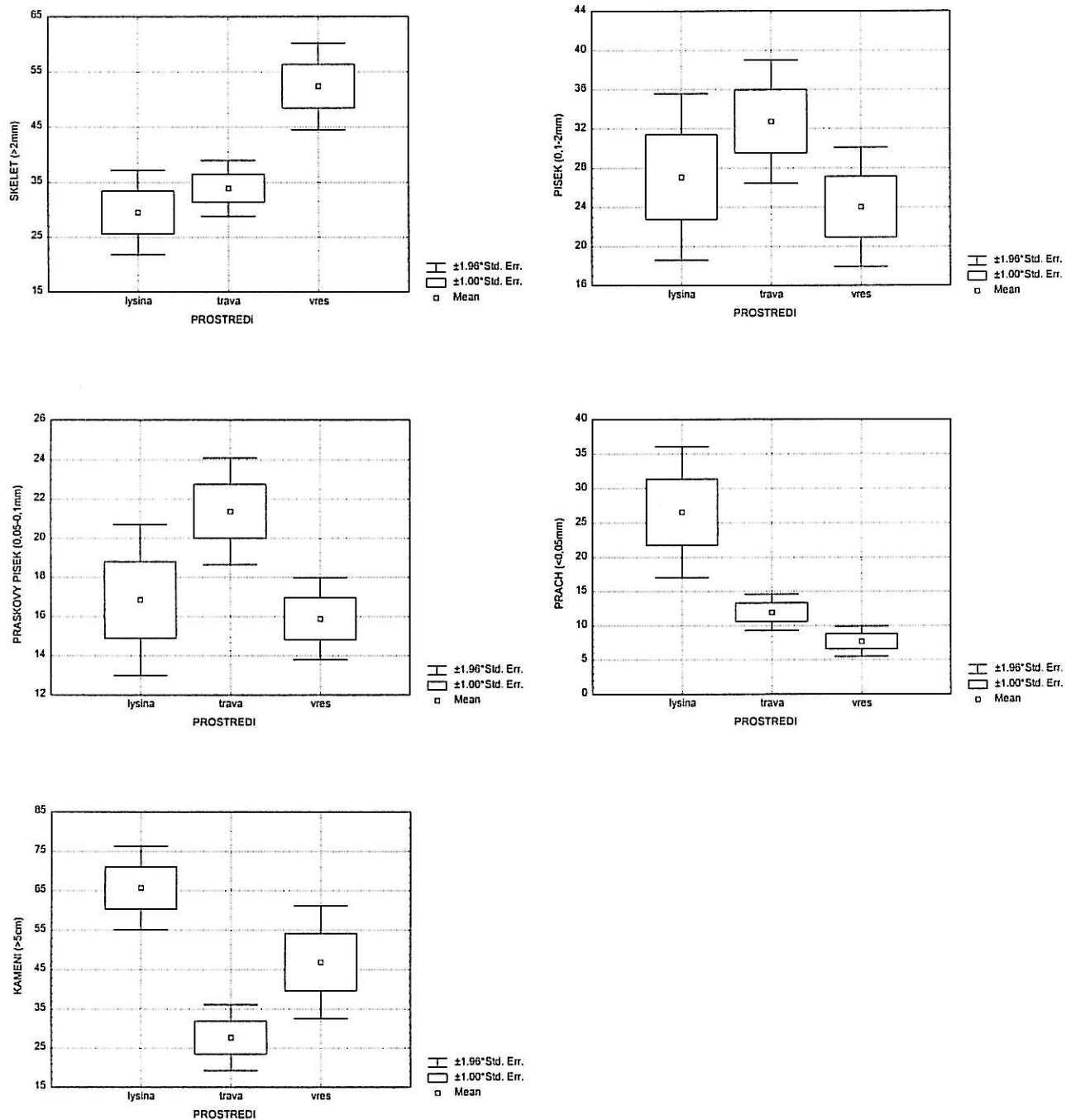


Obr. 9

Znázornění jednotlivých zrnitostních frakcí v závislosti na typu porostu. Metoda – „log-ratio“ analýza (v programu CANOCO byla zadána RDA, kde zrnitostní frakce vystupovaly jako vysvětlovaná proměnná, typ porostu jako vysvětlující proměnná a horizonty byly kovariáty), data byla logaritmičsky transformována - bez přičítání 1, centrovány byly snímky i druhy. Zobrazeny jsou první dvě ordinační osy.

ZRNITOSTNÍ FRAKCE	Horizont	LYSINA		VŘES		TRÁVA	
		průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE
Skelet (>2 mm)	E	26	2,0	34	2,2	25	2,2
	Bh	32	6,4	56	3,4	36	1,6
	Bs	30	9,8	60	5,8	43	2,8
Písek (0,1-2 mm)	E	45	1,2	39	1,0	44	1,3
	Bh	21	4,8	18	2,3	23	1,5
	Bs	12	2,9	21	4,3	28	5,4
Práškový písek (0,05-0,1 mm)	E	15	0,2	15	0,4	17	0,5
	Bh	13	2,2	18	1,8	26	1,3
	Bs	24	4,3	14	1,5	22	2,3
Hrubý prach (0,01-0,05 mm)	E	10	0,8	9	2,1	12	0,8
	Bh	12	0,6	4	0,6	7	1,1
	Bs	15	3,9	3	0,7	3	0,4
Jemný prach + jíl (<0,01 mm)	E	3	0,2	2	0,2	2	0,2
	Bh	21	7,7	4	0,5	8	0,9
	Bs	19	6,3	2	1,1	3	0,7

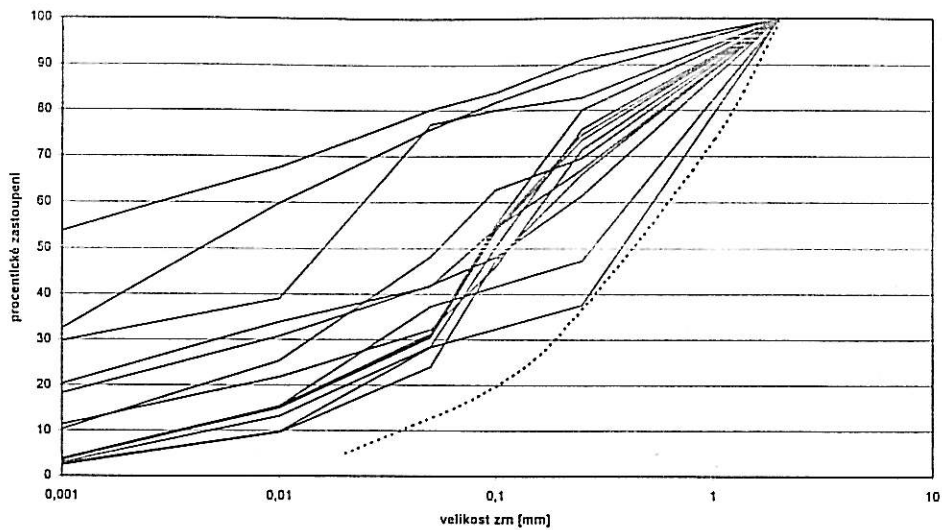
Tab. 2
Výsledky zrnitostního rozboru



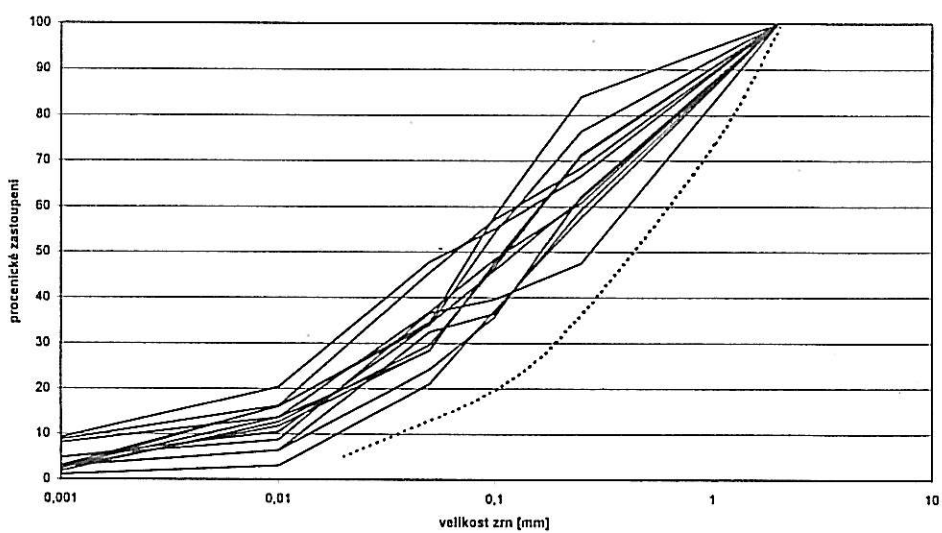
Obr. 10

Krabicové diagramy znázorňující rozdílné zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí (v hmotnostních procentech) v závislosti na typu porostu. Odhad zastoupení kamení (v objemových procentech) nebyl započítán do objemu při hodnocení ostatních frakcí stanovených v odebraných vzorcích.

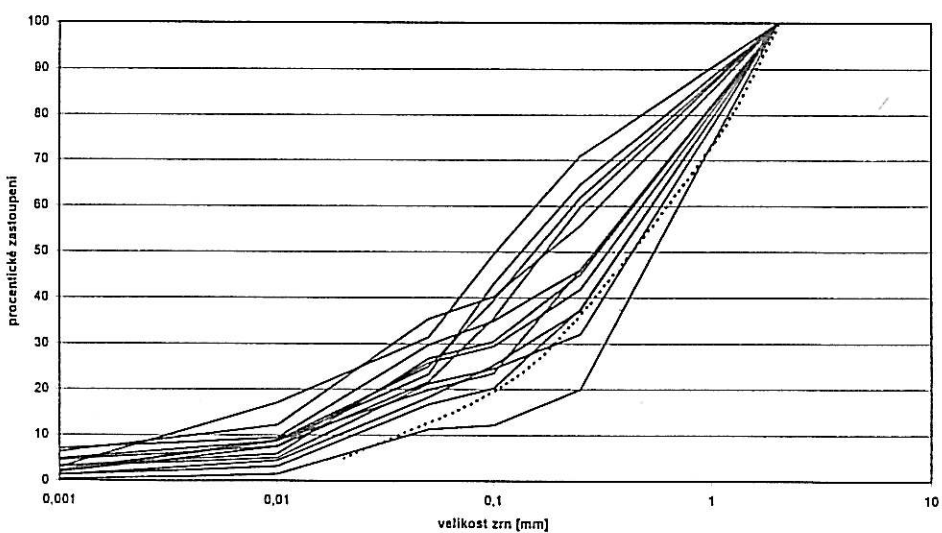
Čáry zrnitosti v lysině



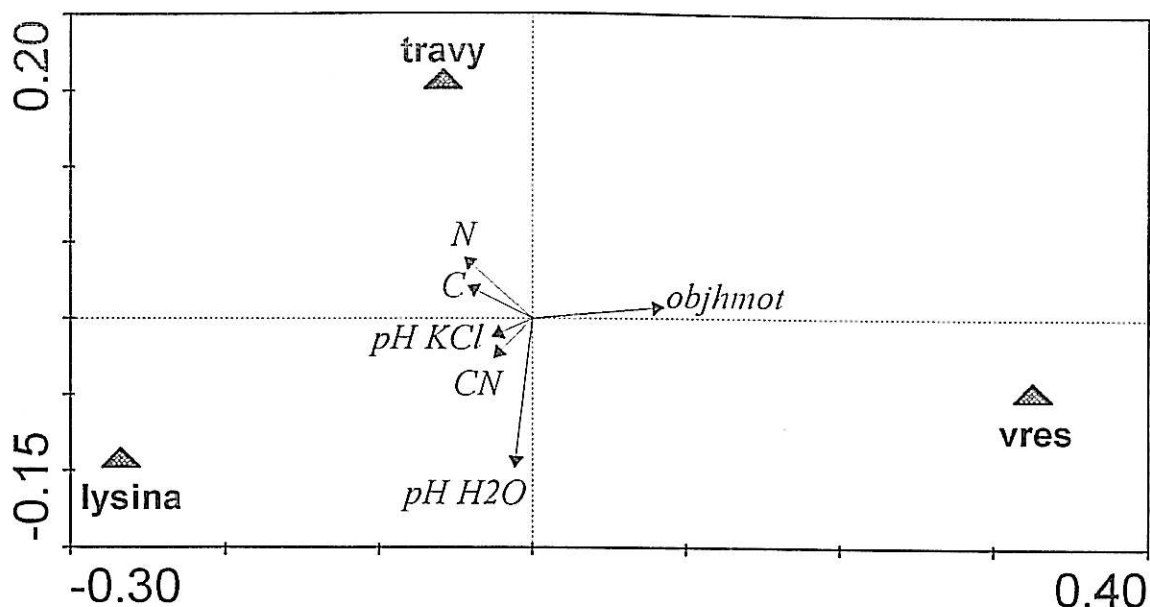
Čáry zrnitosti ve sníženině



Čáry zrnitosti pod vřesem



Obr. 11
Čáry zrnitosti pro jednotlivé typy porostu a jejich postavení vůči Beskowově křivce namrzání (tečkovaně)

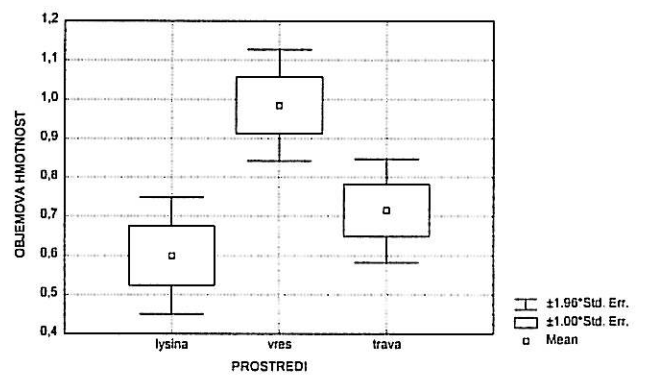
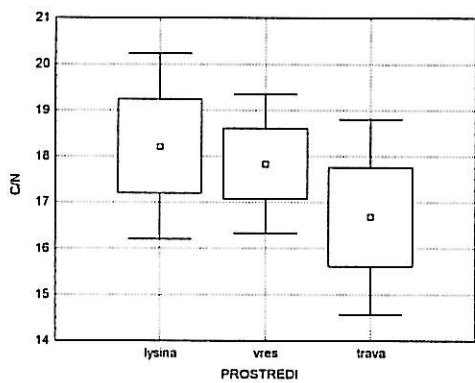
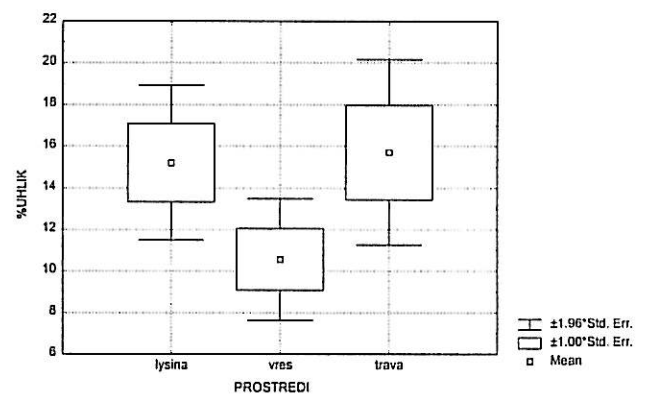
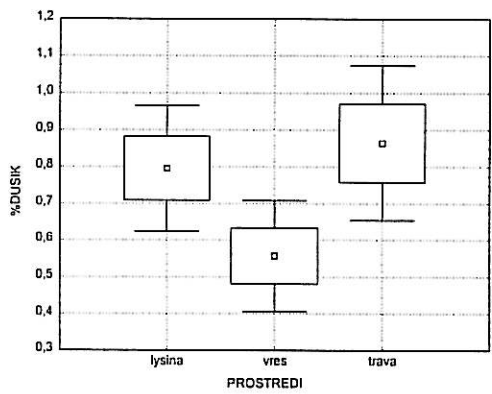
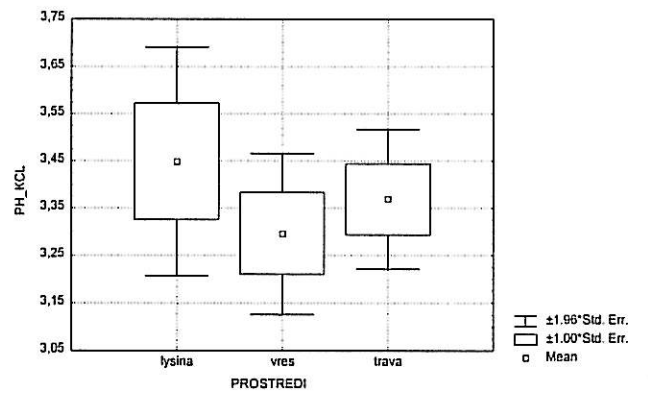
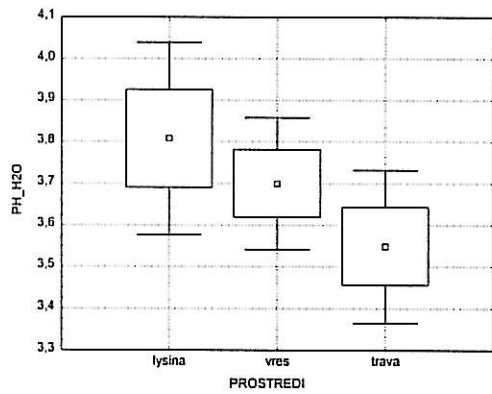


Obr. 12

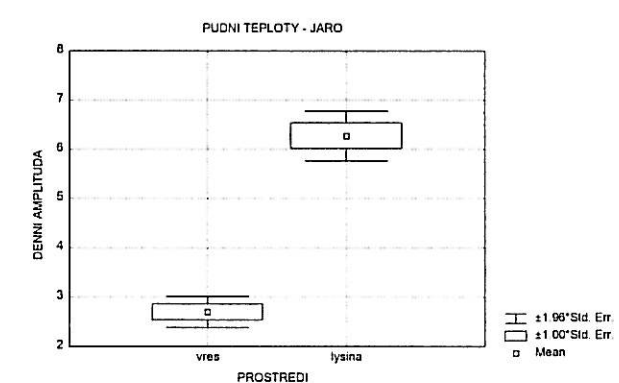
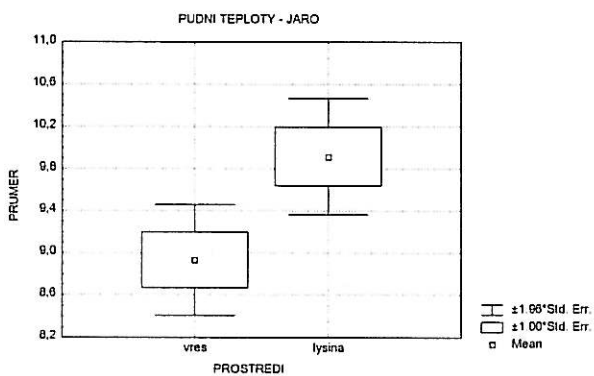
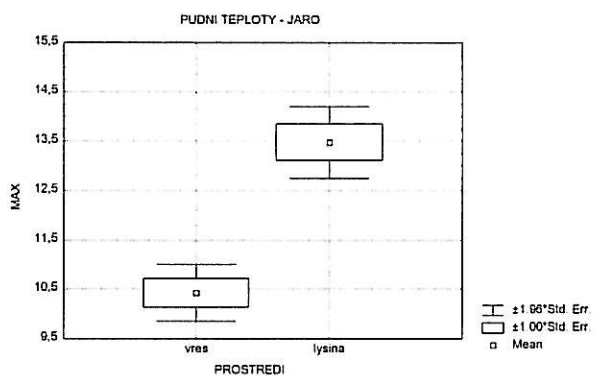
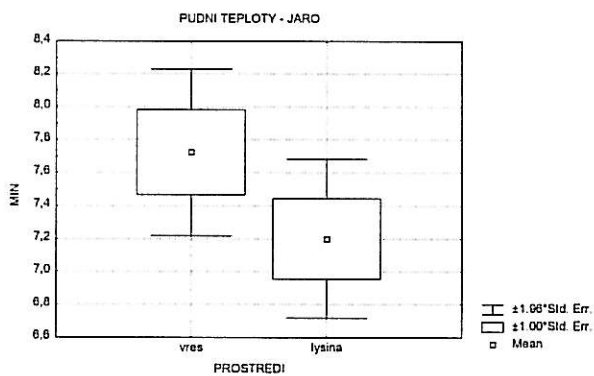
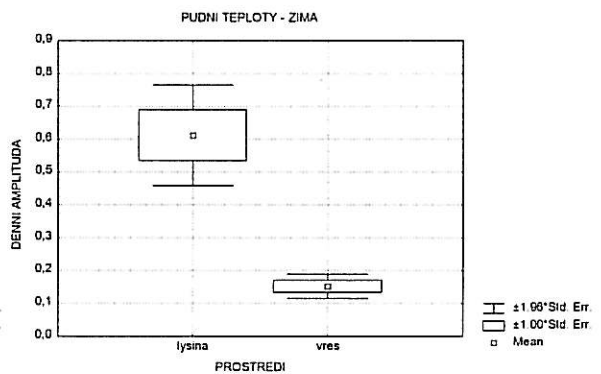
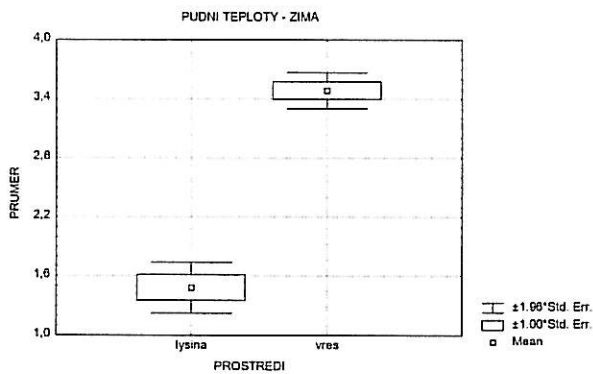
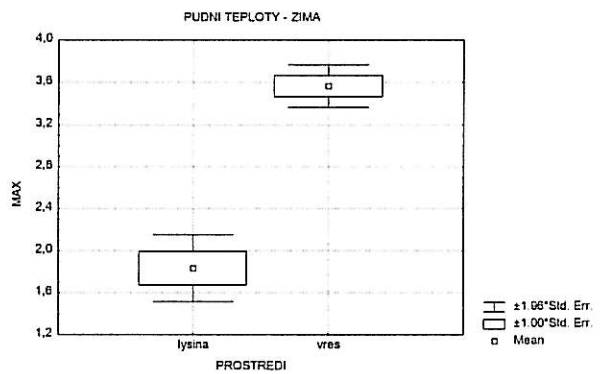
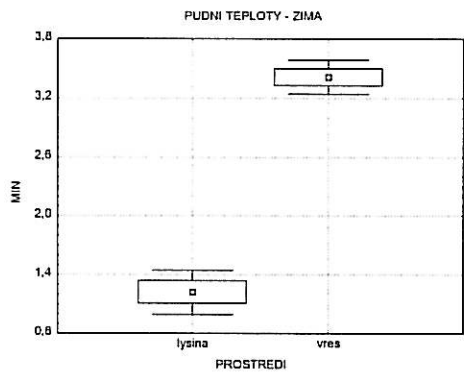
Znázornění chemických charakteristik a objemové hmotnosti v závislosti na typu porostu. Použitá metoda – RDA s centrováním a standardizací druhů, horizonty byly zadány jako kovariáty. Hodnoty C, N, C:N a objemové hmotnosti byly logaritmicke transformovány. Zobrazeny jsou prvé dvě ordinační osy

CHARAKTERISTIKY PROSTŘEDÍ	Horizont	LYSINA		VŘES		TRÁVA	
		průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE
Aktivní pH	F+H	3,28	0,05	3,33	0,04	3,14	0,01
	E	3,39	0,03	3,59	0,04	3,34	0,02
	B ₁₁	4,06	0,06	3,65	0,06	3,49	0,01
	B _s	4,51	0,06	4,23	0,08	4,22	0,02
Výměnné pH	F+H	2,91	0,06	2,95	0,02	3,11	0,01
	E	2,97	0,03	3,05	0,02	3,14	0,02
	B ₁₁	3,78	0,07	3,28	0,05	3,32	0,02
	B _s	4,13	0,05	3,90	0,05	3,92	0,03
Celkový dusík (%)	F+H	1,04	0,08	0,88	0,10	1,24	0,08
	E	0,22	0,03	0,08	0,01	0,17	0,02
	B ₁₁	1,00	0,12	0,59	0,06	0,85	0,10
	B _s	0,93	0,05	0,67	0,08	1,19	0,10
Celkový uhlík (%)	F+H	16,88	1,55	15,47	1,90	19,43	1,19
	E	2,94	0,35	1,10	0,18	1,94	0,18
	B ₁₁	17,70	2,29	10,83	1,10	13,36	1,70
	B _s	23,34	1,34	14,85	1,69	28,09	1,27
C:N	F+H	16,27	0,46	17,51	0,22	15,61	0,16
	E	13,88	0,63	13,34	2,11	11,52	0,43
	B ₁₁	17,47	0,59	18,28	0,49	15,60	0,26
	B _s	25,24	0,73	22,24	0,63	24,01	0,96
Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	F+H	0,52	0,04	0,58	0,06	0,32	0,01
	E	1,12	0,02	1,33	0,06	1,02	0,04
	B ₁₁	0,39	0,04	1,09	0,09	0,87	0,10
	B _s	0,36	0,09	0,94	0,07	0,65	0,06

Tab. 3
Výsledky půdních analýz



Obr. 13
Krabicové diagramy znázorňující rozdíly v některých půdních charakteristikách v závislosti na typu porostu.



Obr. 14

Krabicové diagramy znázorňující rozdíly v teplotních ukazatelích měřených v 5 cm pod povrchem půdy v zimě a na jaře v závislosti na typu porostu. Zima je měření od 6. 10. 1999 do 21. 4. 2000, jaro je měření od 22. 4. do 23.6. 1999 a od 22. 4. do 23.6. 2000 (s přestávkou od 8. 5. do 18. 5. 2000).

Roční období	Teploty	LYSINA				VŘES			
		PŮDA		NADZEMNÍ		PŮDA		NADZEMNÍ	
		průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE	průměr	SE
Jaro 1999	min	6,6	0,36	18,7	0,41	6,0	0,37	3,0	0,39
	max	12,8	0,55	10,3	0,82	9,8	0,53	14,2	0,74
	průměr	9,2	0,42	13,9	0,48	7,6	0,43	7,6	0,46
	rozdíl	6,3	0,39	0,6	0,82	3,7	0,28	11,2	0,70
Zima 99/00	min	1,6	0,13	5,0	0,19	3,7	0,11	0,0	0,13
	max	2,7	0,26	2,4	0,57	4,0	0,14	2,8	0,44
	průměr	2,1	0,18	4,5	0,30	3,8	0,13	1,2	0,23
	rozdíl	1,2	0,16	6,0	0,46	0,3	0,04	2,8	0,38
Jaro 2000	min	8,4	0,36	21,8	0,49	9,8	0,26	4,1	0,42
	max	14,3	0,61	12,4	1,23	11,6	0,30	17,2	1,15
	průměr	11,1	0,44	15,8	0,77	10,7	0,28	9,5	0,67
	rozdíl	5,8	0,40	15,8	0,97	1,8	0,11	13,2	0,95

Tab. 4

Teplotní charakteristiky měřené v půdní lysině a ve vřesu. Půdní teplota byla měřena v 5 cm pod povrchem půdy, nadzemní teplota v 5 cm nad povrchem půdy, resp. vegetace.

Vysvětlivky: Jaro 1999 ... 22.4. – 23.6.
 Zima 99/00 ... 6.10. – 21.4.
 Jaro 2000 ... 22.4. – 8.5. a 18.5. - 23.6.
 min a max ... průměrná denní minima a maxima za dané období
 průměr ... zprůměrované průměrné denní teploty
 rozdíl ... průměr denní amplitudy mezi minimem a maximem

LYSINY	0-10cm	10-20 cm	20-30 cm
<i>Calluna vulgaris</i>	OF	Er	
<i>Carex bigelowii</i>	OF	? OF	N
<i>Avenella flexuosa</i>	OF		
<i>Hieracium alpinum</i>	DSF		

TRÁVY	0-10cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	40-50 cm
<i>Carex bigelowii</i>	OF	OF	N	OF	OF
<i>Avenella flexuosa</i>	OF	OF			
<i>Bistorta major</i>	OF				

VŘES	0-10cm
<i>Calluna vulgaris</i>	Er + OF
<i>Avenella flexuosa</i>	OF + DSF

Tab. 5

Výsledky sledování symbiotických hub v kořenech vybraných druhů rostlin ve třech typech prostředí

Vysvětlivky: Er ericoidní mykorrhiza
 DSF...tmavé septátní houby (dark septate fungi)
 OF ostatní houby (other fungi)
 Nnic (negativní vzorek)

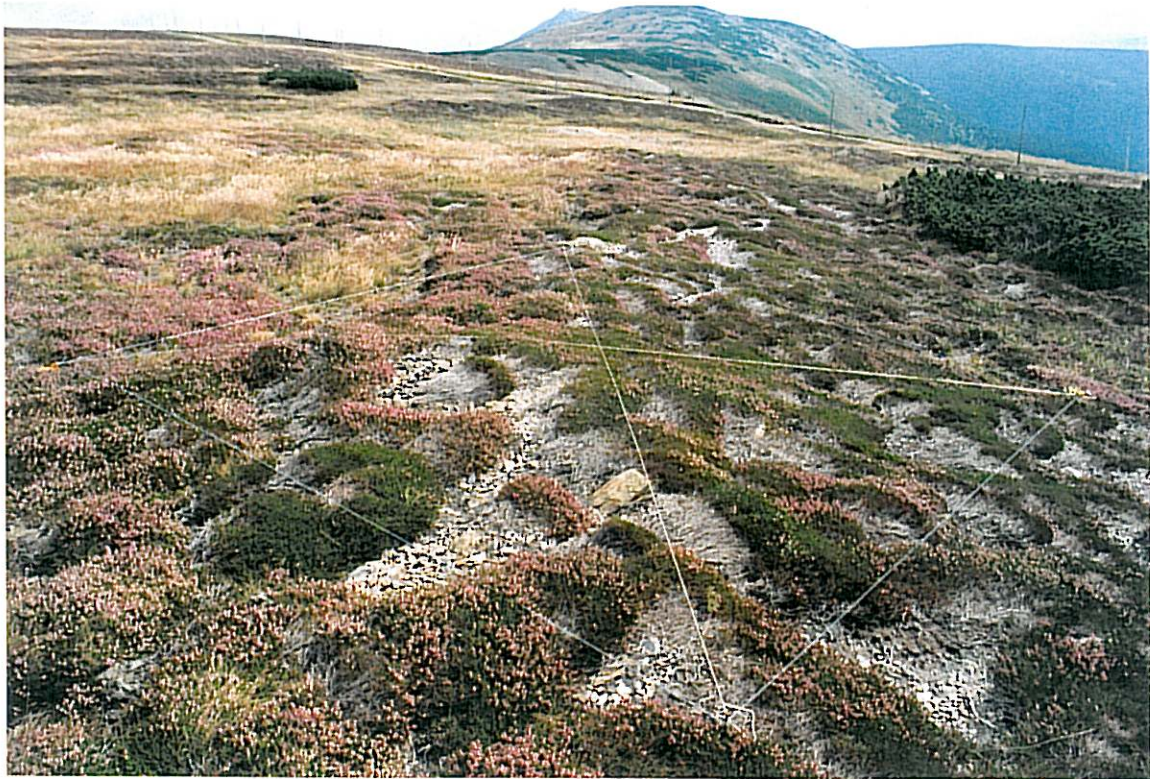


Foto 1
Fytocenologický snímek č. 26, v pozadí Studniční hora a Sněžka (foto Š. Jahodová)

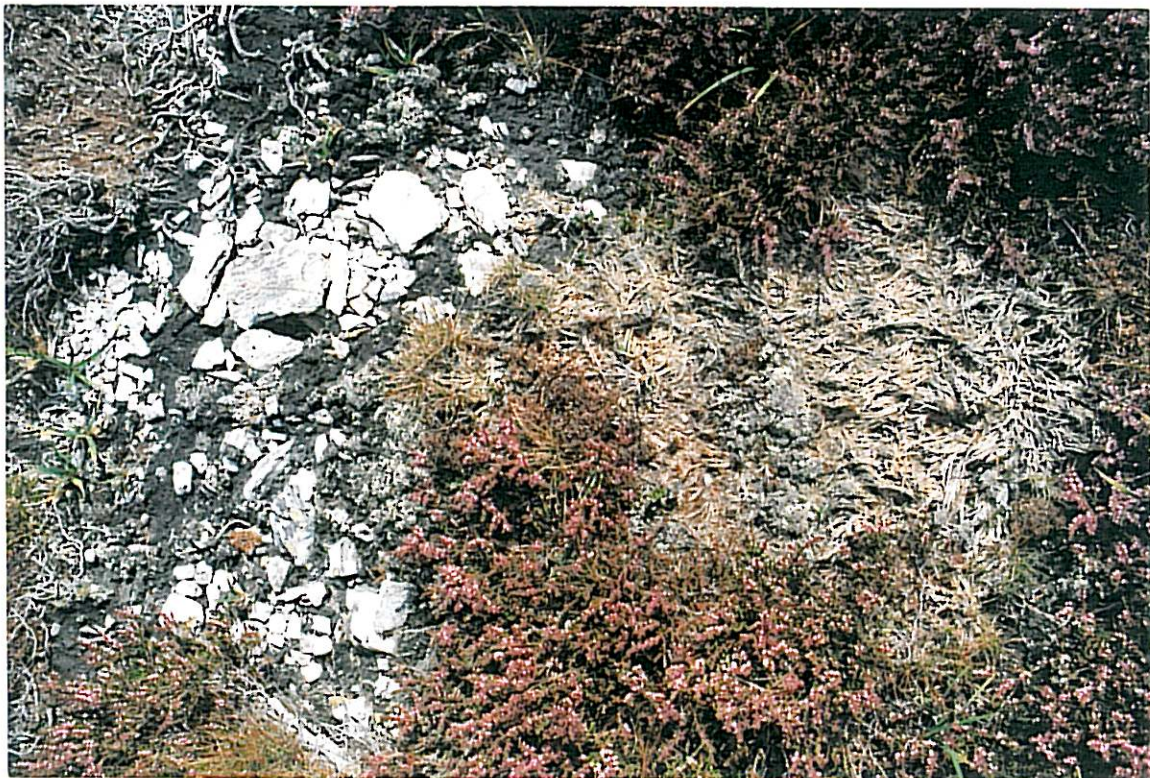


Foto 2
Půdní lysina s holým povrchem, vřesem (*Calluna vulgaris*) a odumřelými pochvami druhu *Avenella flexuosa* (foto Š. Jahodová)



Foto 3
Půdní lysina II (foto P. Šmilauer)



Foto 4
Půdní lysina III (foto Š. Jahodová)



Foto 5
Detail povrchu půdní lysiny (foto P. Šmilauer)



Foto 6
Terénní sníženina s graminoidní vegetací na jaře vyplněná vodou z tajícího sněhu (foto Š. Jahodová)



Foto 7
Půdní sonda v prostředí lysinové půdy (foto Š. Jahodová)



Foto 8
Půdní sonda v porostu zapojeného vřesu (foto Š. Jahodová)



Foto 9
Půdní sonda ve sníženině zarostlá travinnou vegetací (foto Š. Jahodová)



Foto 10
Stopy po působení jehlového ledu – načechraný povrch půdy v lysině (foto Š. Jahodová)



Foto 11

Porost lysinové půdy. Vytyčen je čtverec 1x1m, podél jehož pravé strany byla odebírána nadzemní biomasa (transekt č. 3) (foto Š. Jahodová)

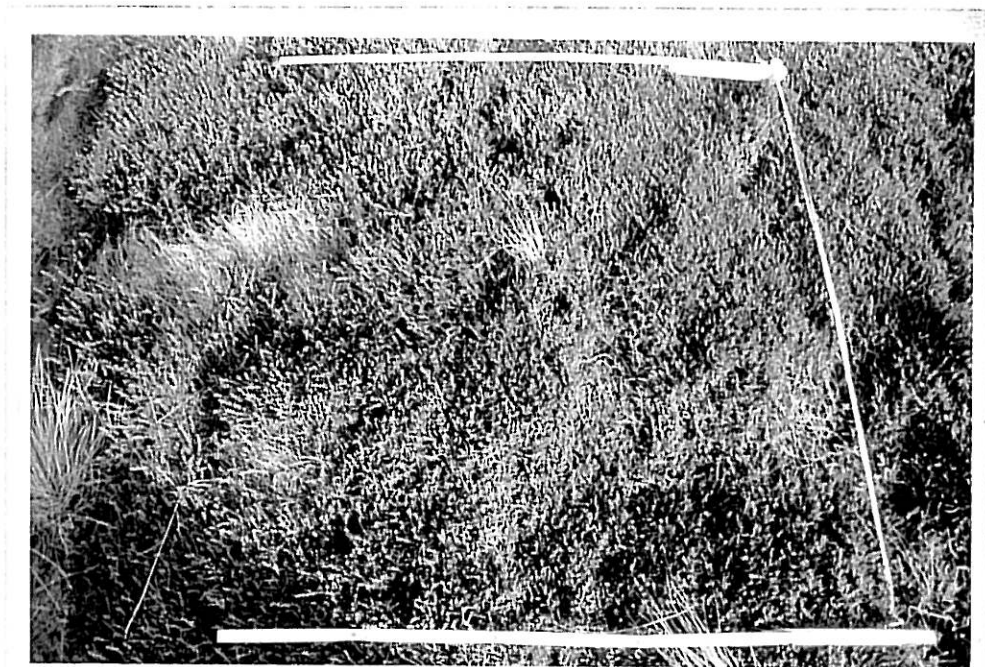


Foto 12

Zapojený porost vřesu. Podél pravé strany vytyčeného čtverce byla odebírána biomasa (transekt č. 8) (foto Š. Jahodová)

