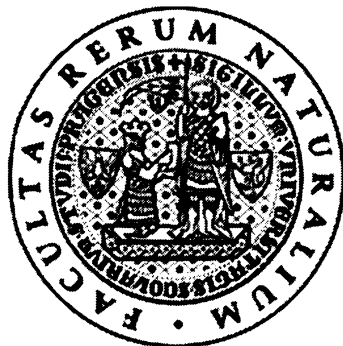


Katedra botaniky

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze



# **Návrat epifytických lišejníků na území Doupovských hor po snížení znečištění ovzduší**

Diplomová práce

**Lada Syrovátková**

Vedoucí práce: Mgr. Ondřej Peksa

Praha, srpen 2009

Diplomová práce **Lady Syrovátkové** byla obhájena na katedře botaniky PŘF UK v Praze dne 21.9.2009 a ohodnocena klasifikačním stupněm **velmi dobře**.

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím citované literatury.

*Lada Syrovátková*  
Lada Syrovátková

# OBSAH

<b>PŘEDMLUVA</b> .....	<b>1</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>2</b>
HISTORIE LICHENOLOGICKÉHO VÝZKUMU DOUPOVSKÝCH HOR.....	2
ZMĚNY VE ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ STUDOVANÉHO ÚZEMÍ .....	3
PROCES REKOLONIZACE .....	6
<i>Charakteristické rysy rekolonizace</i> .....	6
<i>Třífázový model rekolonizačního procesu</i> .....	7
<b>METODIKA</b> .....	<b>9</b>
STUDOVANÉ ÚZEMÍ .....	9
<i>Přírodní poměry</i> .....	9
<i>Historie osídlení</i> .....	11
SBĚR DAT V TERÉNU .....	12
DETERMINACE LIŠEJNÍKŮ.....	12
ANALÝZA DAT .....	13
<i>Jednorozměrné statistické analýzy</i> .....	14
<i>Mnohorozměrné statistické analýzy</i> .....	14
<i>Indexy podobnosti</i> .....	16
<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>17</b>
DRUHOVÉ BOHATSTVÍ A SKLADBA EPIFYTŮ .....	17
<i>Zhodnocení variability počtu druhů</i> .....	17
<i>Četnost výskytu jednotlivých druhů</i> .....	19
<i>Zastoupení druhů s různými typy stélky</i> .....	21
<i>Zastoupení druhů s různým typem šíření</i> .....	21
<i>Ohrožené druhy</i> .....	22
ANALÝZY PODOBNOSTI SPOLEČENSTEV .....	22
MNOHORozměRNÉ ANALÝZY .....	24
<i>Nepřímá analýza</i> .....	24
<i>Přímá analýza</i> .....	26
<b>DISKUZE</b> .....	<b>29</b>
EPIFYTY DOUPOVSKÝCH HOR .....	29
<i>Komentáře k vybraným druhům</i> .....	29
REKOLONIZACE.....	32
<i>Faktory ovlivňující rekolonizaci</i> .....	32
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>37</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>38</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>39</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>44</b>

## PŘEDMLUVA

Epifytické lišejníky jsou velmi citlivé na atmosférické znečištění. Díky stoupajícím koncentracím polutantů v druhé polovině minulého století začaly z mnohých částí České republiky rychle ustupovat. Z některých oblastí pak postupně téměř vymizely. K návratu epifytů dochází až v současné době, kdy znečištění není díky poklesu koncentrací polutantů hlavním limitujícím faktorem pro jejich výskyt.

Doupovské hory se nacházejí v těsné blízkosti podkrušnohorských tepelných elektráren, které představovaly v druhé polovině 20. století jeden z hlavních zdrojů znečištění na území ČR. Celé území bylo výrazně zasaženo vysokými koncentracemi SO<sub>2</sub> a je tedy i přes nedostatek přímých pozorování více než jasné, že zde došlo k výraznému ochuzení epifytické flóry, včetně úplného vyhynutí některých citlivých druhů. Současný návrat lišejníků je zde proto velmi dobře pozorovatelný. Ke specifitě území přispívá opuštěnost krajiny způsobená existencí vojenského újezdu a tedy přítomnost ploch ponechaných bez lidských zásahů. Sekundární sukcesí vznikají na těchto místech keřové porosty, které představují pro epifytické lišejníky důležitý substrát. Kolonizace tohoto území epifytickými lišejníky začala být natolik intenzivní a viditelná, že na ní upozorňovala i řada nelichenologů, zejména botaniků, kteří se v území pravidelně pohybují. Zachycení a zhodnocení tohoto fenoménu se tedy jevílo jako zajímavé a velmi aktuální téma pro zpracování lichenologem.

Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnotit současný stav lichenoflóry Doupovských hor ve vztahu k probíhající rekolonizaci, s čímž souvisí několik otázek, které byly položeny na počátku práce:

- Jak bohatá je současná lichenoflóra Doupovských hor?
- Které druhy epifytických lišejníků se uplatňují v procesu rekolonizace?
- Které druhy dřevin jsou osidlovány; usnadňují některé z nich rekolonizaci?
- Liší se lichenoflóra stromů a keřů?
- Kterými parametry prostředí je rekolonizace ovlivněna?
- Existovala v době znečištění na území Doupovských hor refugia pro epifytické lišejníky?

Součástí práce jsou i předběžné výsledky studie zabývající se zástupci rodu *Usnea* vyskytujícími se na území ČR, jsou připojeny jako příloha č. 1.

# ÚVOD

## Historie lichenologického výzkumu Doupovských hor

Zanedbatelné množství historických záznamů o lišejnících napovídá, že Doupovské hory nebyly nikdy ve středu a v zásadě ani na okraji zájmu lichenologů. V podstatě jedinou prací, kde je zmiňováno konkrétně toto území je práce Servíta a Klementa z roku 1933 (oba pánové bydleli nedaleko). Vzhledem k tak malému počtu nalezených údajů jsem se rozhodla excerpti rozšířit na literaturu pojednávající o lišejnících severních Čech. Prakticky celá tato oblast byla v minulosti zasažena silným znečištěním ovzduší z průmyslových provozů a změny v lišejníkové vegetaci tohoto území můžeme s velkou pravděpodobností vztáhnout na oblast Doupovských hor, která byla jednou z nejpoškozenějších (viz Obr. 1 a 2). Při vyhledávání údajů jsem se zaměřila pouze na lišejníky epifytické, zvláště pak na keříčkovité a lupenité druhy, na kterých se změny čistoty ovzduší projevují nejvýrazněji.

Jedny z prvních zpráv o epifytech severních Čech přináší na počátku 20. století Josef Anders, který později publikoval řadu dalších prací převážně z okolí České Lípy, ale také z Jizerských, Krušných a Lužických hor (Anders 1906, 1917, 1919, 1922, 1923, 1924, 1925, 1928, 1935, 1936). Uvádí odtud řadu vzácných a citlivých epifytických druhů, které jsou nebo do nedávné doby byly v severních Čechách považovány za vyhynulé (např. druhy rodu *Lobaria*, *Nephroma* či druhy *Alectoria sarmentosa* a *Evernia divaricata*).

Z počátku 20. století pochází dvě studie Bachmanna (1913, 1914). o lišejnících Krušných hor Uvádí zde poměrně velké množství citlivých keříčkovitých a lupenitých epifytů jako *Cetraria sepincola*, *Flavoparmelia caperata*, *Ramalina calicaris*, *R. farinacea*, *R. fraxinea* a také tři druhy rodu *Usnea* (*U. filipendula*, *U. hirta* a *U. florida*). Výzkumu lišejníků Krušných hor se věnovali i další autoři. Lange (1929, 1933) kromě výše uvedených epifytů udává dnes již u nás vyhynulý druh *Melanelia olivacea* či ohrožený *Hypogymnia vittata*. Zajímavá je zmínka o šíření druhu *Scoliciosporum chlorococcum*, toxitolerantního lišejníku, který se začal výrazněji uplatňovat až se vzrůstajícím kyselým znečištěním.

Další práce z Krušných hor je zaměřena na okolí Chomutova (Klement 1931), kde je též uváděn výskyt společenstev s již zmiňovanými druhy rodu *Usnea* a dalšími citlivými epifyty. Tato společenstva však byla svým výskytem omezena pouze na vyšší nadmořské výšky (kolem 900 m n. m.), kde porůstala především jedle.

Servít a Klement (1933) zahrnují do své studie velkou část SZ Čech, publikovali zde nálezy z Krušných a Doupovských hor a také Českého Středohoří. Nejednalo se zřejmě o systematický průzkum celé oblasti, přímo z území Doupovských hor zmiňují pouze šest druhů epifytů, všechny zcela běžně se vyskytující.

Další studie z druhé poloviny 20. století uvádím zejména proto, že v nich nalezneme patrný vliv vzrůstajícího znečištění ovzduší. Již Nádvořík v roce 1951 označil ve své práci podhůří Jizerských hor za celkově velmi chudé území, vyskytovaly se zde ještě některé citlivější druhy, ale pouze ve formě zakrnělých a deformovaných stélek.

Ze 70. let 20. století pochází dvě studie zaměřené již zcela na pokles epifytů v severních a severozápadních Čechách. Anděl a Černohorský (1978) sledovali vliv imisí SO<sub>2</sub> na lichenofloru Liberecka. Nezaznamenali žádné citlivé druhy, hojně zde byly pouze *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum* a *Hypogymnia physodes*. K podobným závěrům dospěl i Kriesl (1978) ve své práci ze Sokolovska, území z části méně zasaženého imisemi než Doupovské hory, kde se často nacházely pouze druhy *Lecanora varia* (*L. conizaeoides*) a *H. physodes*. Několik nalezených stélek citlivějších druhů bylo výrazně zdeformováno.

Uvedený přehled není příliš obsáhlý, ale o vývoji epifytické vegetace severních Čech, resp. Doupovských hor, mnohé naznačuje. Vzhledem k nezájmu lichenologů o tuto oblast v průběhu druhé poloviny 20. století nelze s jistotou říci, že zde citlivější druhy epifytů zcela vyhynuly, nicméně vezmeme-li v úvahu nálezy Josefa Anderse, jejich fatální úbytek byl alespoň v některých oblastech do nedávné doby více než zjevný (např. Palice et al. 2007, Svoboda et Peksa 2008).

### **Změny ve znečištění ovzduší studovaného území**

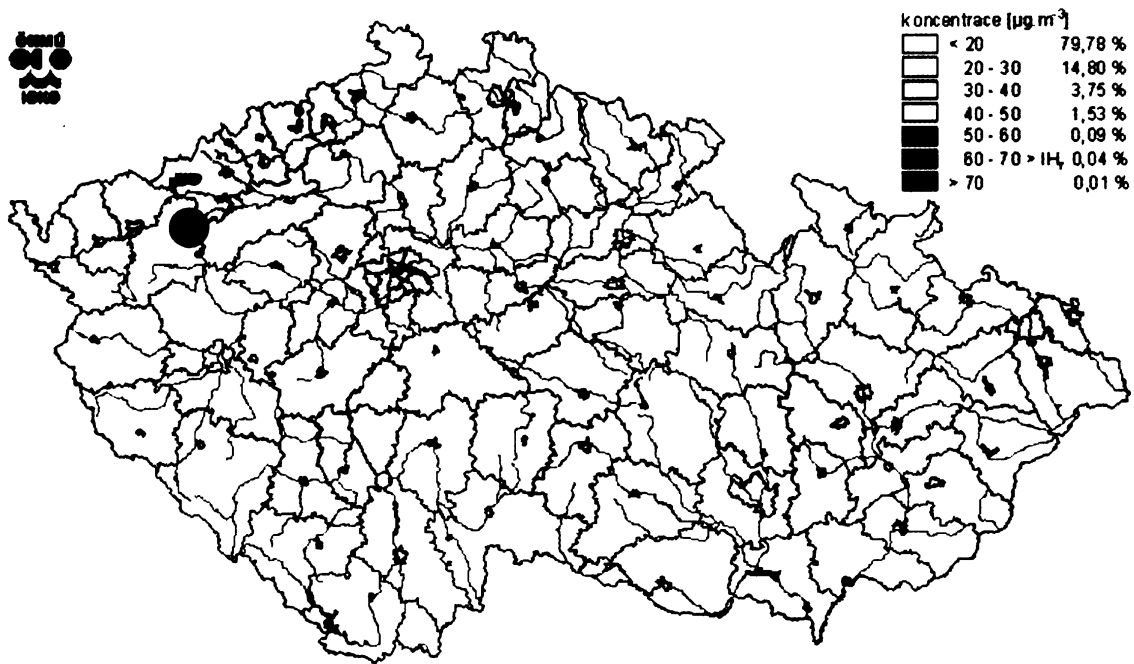
Doupovské hory patří do oblasti, která byla v minulosti silně zasažena imisemi SO<sub>2</sub>. Hlavní zdroj kyselého znečištění představovaly zejména podkrušnohorské tepelné elektrárny (přehled elektráren ukazuje tabulka č. 1). Ke zlepšení situace došlo až na počátku devadesátých let, kdy v elektrárnách začalo odsiřování. Ještě v roce 1996 většina území Doupovských hor spadala do zóny s průměrnými ročními koncentracemi SO<sub>2</sub> dosahujícími 30–40 µg.m<sup>-3</sup> (obr. 1), což je pro většinu lišejníků koncentrace, která jim neumožňuje po delší dobu přežít (mnohé zabíjí či nenávratně poškozuje již 13 µg.m<sup>-3</sup>, LeBlanc et al. 1972).

Díky procesu odsíření se emise SO<sub>2</sub> snížily oproti stavu na počátku 90. let o více než 90 % (obr.3), takže již nejspíše nepředstavují hlavní limitující faktor pro epifytickou vegetaci. V blízkce sousedících Krušných horách bylo v roce 1990 naměřeno průměrně více než 60 µg.m<sup>-3</sup> SO<sub>2</sub>, po r. 2000 už to bylo pouze okolo 10 µg.m<sup>-3</sup> (Hruška et al. 2009). Změny v koncentracích SO<sub>2</sub> ukazují obrázky 1 a 2 (Český hydrometeorologický ústav, www.chmi.cz).

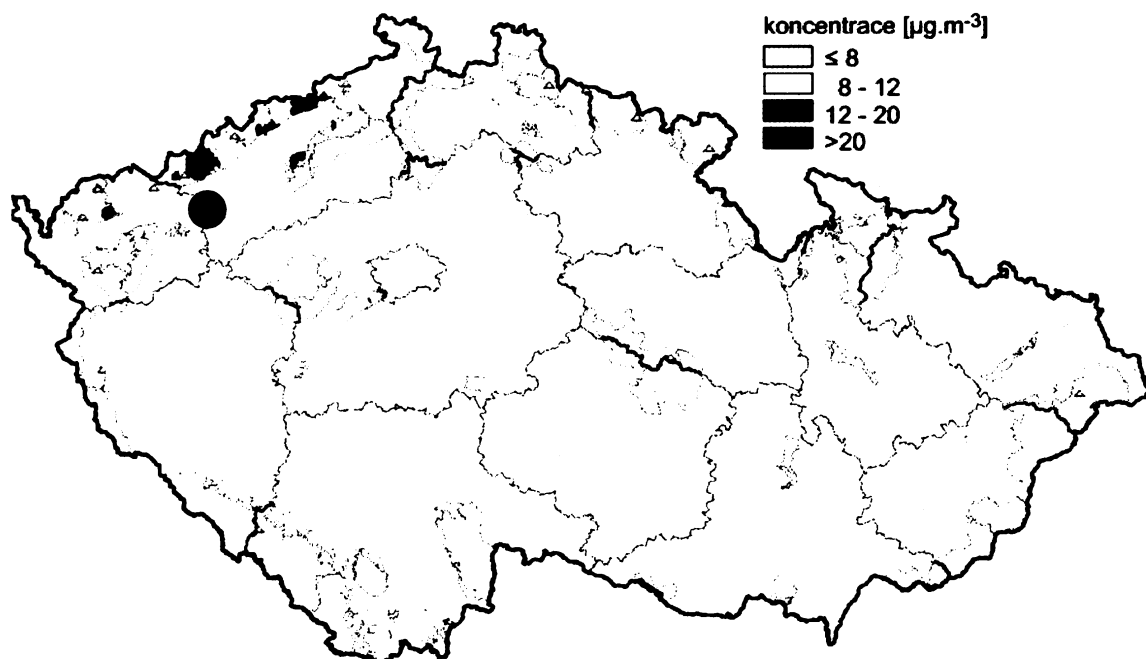
Lišejníková společenstva ve studovaném území, stejně jako v dalších oblastech, v současnosti ovlivňuje spíše vzrůstající eutrofizace prostředí (zvýšené depozice dusíku). Ta se projevuje posunem v poměru druhů ve prospěch nitrofilních a neutrofilních druhů oproti acidofilním (van Dobben et deBakker1996).

elektrárna	uvedení do provozu	odsíření
Ledvice	1966-1968	1996-1998
Počerady	1970-1977	1994-1996
Pruněřov I	1967-1968	1995
Pruněřov II	1981-1982	1997
Březová I	1958-1959	1995-1997
Březová II	1960-1962	1997
Tušimice I	1963-1964	mimo provoz
Tušimice II	1974-1975	1997

**Tab. 1:** Přehled pokrušnohorských tepelných elektráren.



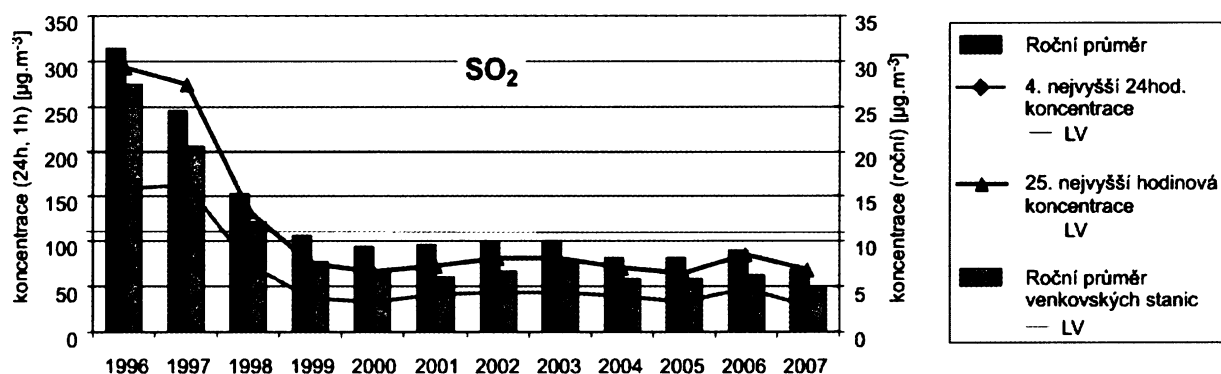
Obr.1: Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací  $\text{SO}_2$  pro rok 1996 (www.chmi.cz). Červený bod značí Doupovské hory.



Obr. 2: Pole ročních aritmetických průměrů koncentrací  $\text{SO}_2$  pro rok 2005 (www.chmi.cz). Červený bod značí Doupovské hory.







Obr.3: Trendy ročních charakteristik SO<sub>2</sub> 1996–2007 v ČR.

### Proces rekolonizace

První rekolonizační studie byly publikovány v 70. letech 20. století. Např. Hawksworth et Rose (1974) použili lišejníkové škály k indikaci poklesu koncentrací SO<sub>2</sub>, což bylo do té doby něco zcela neznámého. Od 80. let se objevují práce o rekolonizaci území velkých měst (např. Hawksworth et McManus 1989, Vokou et al. 1999, Pertti 2001) či průmyslových oblastí (např. Gunn et al. 1995, Hultengren et al. 2003, Showman 1981). Ve všech výše uvedených studiích byla rekolonizace sledována pouze na vzrostlých stromech, o nově nalézáných epifytech v křovinatých porostech a v mladých modřínových lesích se zmiňuje několik málo studií z Německa (Lange et al. 2005, Otte 2008).

### Charakteristické rysy rekolonizace

Na zlepšení ovzduší reagují epifyty se zhruba desetiletým zpožděním (Henderson-Sellers et Seaward 1979). Počáteční fáze návratu epifytů je charakterizována plošným rozšířením druhu *Lecanora conizaeoides*. Poměrně rychle se pak uchycují lupenité a keříčkovité lišejníky jako např. *Evernia prunastri*, *Usnea* spp., *Flavoparmelia caperata* (Kricke 2003). Jde o druhy, u kterých by, podle stupnice publikované v práci Hawksworth et Rose (1970) i podle dalších odhadů citlivosti (např. Wirth 1991, 1995), bylo možné očekávat návrat až v pozdějších fázích rekolonizace. Tento jev nazvali Hawksworth et McManus (1989) „zone skipping“. Předpokládají, že návrat lišejníků by měl probíhat v podobném sledu, jako lišejníky s přibývajícím znečištěním ustupovaly. Ve skutečnosti ale tento předpoklad zdaleka neplatí, druhy citlivé na znečištění osídlují dřeviny stejně rychle jako druhy tolerantní. Příčinou může být jednak schopnost rychlého šíření citlivých druhů stejně jako nízká konkurence v nové nise (Lange et al. 2005).

Nově vzniklá lišejníková vegetace se výrazně odlišuje od té, která kvůli znečištění vymizela (Seaward 1997). Díky narůstající depozici dusíkatých látek, které obohacují borku,

se ve společenstvech výrazněji uplatňují neutrofilní a nitrofilní druhy (van Dobben et deBakker 1996 ), jako např. zástupci rodů *Phaeophyscia* a *Physcia* (*P. adscendens*, *P. tenella*), *Xanthoria* nebo druh *Amandinea punctata*. Obohacování borky živinami, stejně jako klesající kyselá znečištění může ale znamenat nevýhodu pro některé kyselomilné druhy, jako např. *Lecanora conizaeoides* a může způsobit i jejich plošný ústup (Bates et al. 2001).

### ***Třífázový model rekolonizačního procesu***

Proces rekolonizace můžeme dle práce Kricke (2003) rozčlenit na tři fáze. V první dochází k šíření lišejníků z okolí a z refugií, druhá fáze je charakterizována rozšiřováním z diaspor již uchycených stélek a ve třetí je dosažena maximální kapacita prostředí.

#### Primární fáze

##### *Šíření z refugií*

Ve městech mohly jako refugia epifytických lišejníků sloužit parky či hřbitovy. Je možné, že v nich přežívaly některé méně citlivé druhy jako *Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes* nebo *Melanelia* spp., jimž mohly jako substrát sloužit některé dřeviny s méně kyselou borkou (např. *Salix* spp., *Populus* spp. nebo *Fraxinus excelsior*), která byla částečně schopna pufrovat kyselou imise. Úkryt pro některé druhy (např. *Xanthoria parietina* či *Physcia* spp.) mohly poskytovat i vápnité substráty (zdi, beton, střešní tašky). Vzhledem ke snížení schopnosti pohlavního i nepohlavního rozmnožování v období silného znečištění ale často přežívaly malé populace či dokonce jednotlivé stélky určitého druhu a také počet přežívajících druhů byl velmi nízký, proto zřejmě hrají refugia při rekolonizaci oblasti jen malou roli.

##### *Šíření z okolí*

Šíření z okolí má pro kvalitu i kvantitu lichenoflóry podstatně větší význam. Zdroj diaspor ve vedlejší nepoškozené oblasti a vzdálených území je kvalitativně (druhově) i kvantitativně bohatší, než refugia uvnitř území, ve kterých se teprve vzpamatovávají decimované populace toxitolerantních druhů. Rekolonizovaná oblast pak poskytuje širokou škálu různých substrátů, kde se lišejníky mohou vyvíjet bez konkurenčního tlaku.

#### Sekundární fáze

Druhá fáze je charakterizována velmi rychlým nárůstem druhové bohatosti i kvantity lišejníků. Dochází k šíření jak z okolí, tak z diaspor vzniklých již na rekolonizovaném území. Intenzivně se uplatňuje transport těchto rozmnožovacích propagulí na krátké a střední

vzdálenosti (od několika centimetrů do několika metrů) (Tapper 1976). Nově se uplatňují i citlivé druhy.

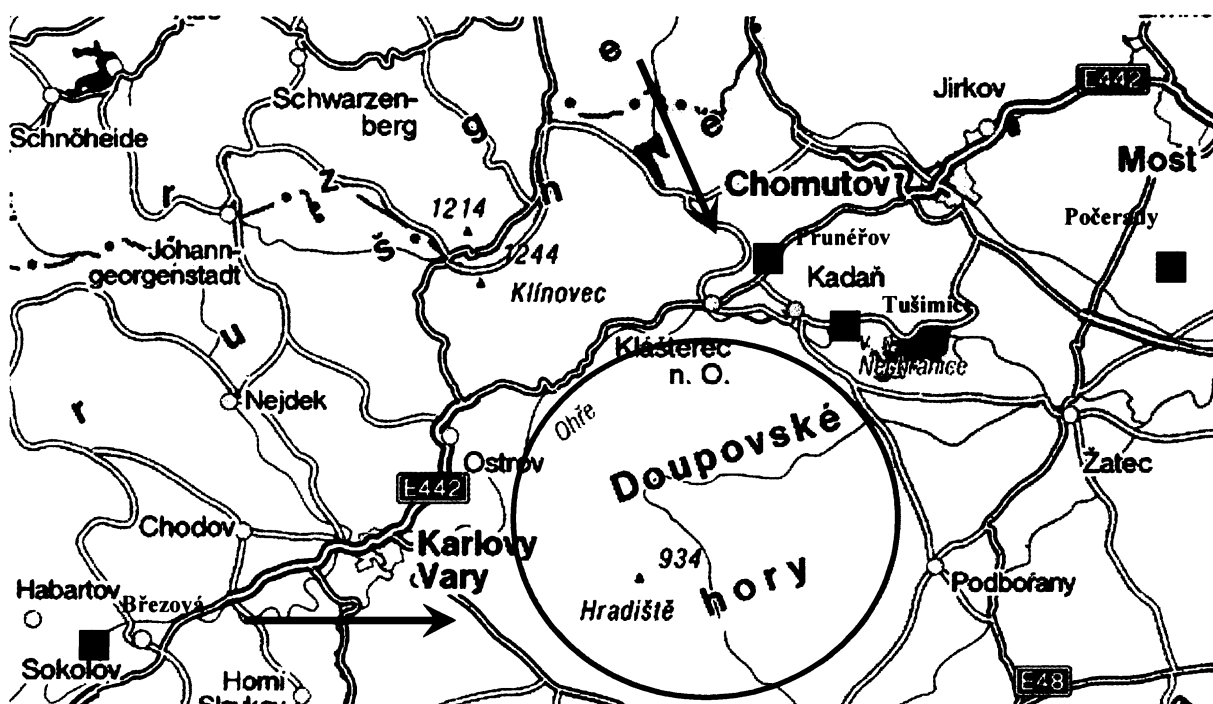
### Terciární fáze

Ve třetí fázi se rychlost kolonizace výrazně snižuje a počet druhů i hustota stélek zůstává na konstantní úrovni. Důvodem může být nedostatek vhodných substrátů, ale rozhodující roli hraje především, stejně jako u nového osidlování jakéhokoliv ekosystému, naplnění kapacity prostředí.

# METODIKA

## Studované území

Doupovské hory se rozkládají v severozápadních Čechách mezi městy Karlovy Vary, Klášterec nad Ohří a Podbořany. (obr. 4) Zaujímají plochu 607 km<sup>2</sup>, z čehož území o rozloze 330,15 km<sup>2</sup> zabírá největší vojenský újezd v České republice Hradiště založený roku 1953.



Obr. 4: . Mapa studovaného území s vyznačenými tepelnými elektrárnami (červené čtverečky) a směry převládajícího směru větrného proudění (černé šipky).

## Přírodní poměry

### Abiotické podmínky

Geologicky a geomorfologicky tvoří Doupské hory od svého okolí ostře odlišený a poměrně homogenní celek. Jsou pozůstatkem velkého stratovulkánu, který vznikl v období svrchního eocénu až spodního miocénu (před 40–18 mil. let) (Balatka et Loučková 1993). Pro oblast jsou typické mocné vrstvy pyroklastik střídající se s bazickými až ultrabazickými výlevnými horninami čedičového typu (Babůrek 1998).

Z geomorfologického hlediska je možné Doupské hory charakterizovat jako plochou hornatinu o průměrné nadmořské výšce 558,2 m s nejvyššími vrcholy Hradiště (934 m n. m.) a Pustý zámek (928 m n. m.) na jihozápadě území, nejnižší bod představuje hladina řeky Ohře v Kadani (275 m n. m.) (Balatka et Loučková 1993).

Pro Doupovské hory je charakteristická radiální síť potoků, které místy vyhloubily úzce zaříznutá údolí (Vojta 1999). Při SZ hranici Doupovských hor určuje vzhled krajiny především výrazné údolí řeky Ohře. Vyznačuje se střídáním sevřených úseků s rozšířenými částmi, což je způsobeno odlišnou odolností masivních vyvřelin a pyroklastických hornin (Balatka 1993).

Převládajícím půdním typem Doupovských hor jsou hnědé půdy (kambizemě) s mírně kyselou reakcí a mocným humusovým horizontem, méně se vyskytují rankery, rendziny a drnoglejová půda, vzácně v údolí potoků nalezneme nivní a bažinné půdy (Tomášek 1967).

Klimatologicky většina území spadá do mírně teplé, mírně suché oblasti s mírnou zimou. Pouze vyšší polohy patří do mírně chladné oblasti (Vesecký et al. 1958). Průměrná roční teplota je 6 °C, maximální teploty dosahují +31 °C, minimální -30 °C.

Množství srážek je poměrně nízké, což je dáno srážkovým stínem Krušných hor, průměrný roční úhrn v nižších polohách je 500–550 mm. Vyšší množství srážek spadne pouze ve větších nadmořských výškách (Hradiště 775 mm, Doupov 671 mm ročně) (Komár 1993). Srážkový deficit se zvyšuje směrem na Podbořansko, které leží ve dvojnásobném srážkovém stínu Krušných hor a vyšších poloh Doupovských hor (Vojta 1999).

Velmi častý je výskyt mlh. Dnů s mlhou je v roce průměrně 45, v údolích a lokalitách s nadmořskou výškou nad 800 m přes 130 (Komár 1993).

Převládající směr větru je v západní části území západní, ve východní části severozápadní (Komár 1993).

### Vegetace

Přírozenou vegetací Doupovských hor by potenciálně byly bohatší typy bučin (*Violo reichenbachianae-Fagetum*, *Tilio cordare-Fagetum*), v okrajových částech pohoří pak černýšové dubohabřiny (*Melampyro nemorosi-Carpinetum*) (Neuhäuslová et al. 1998).

Některé zachovalejší lesní porosty lze skutečně řadit k výše zmíněným asociacím, hojně jsou zastoupeny také suťové lesy (*Aceri-Carpinetum*, *Mercuriali-Fraxinetum*) (Kopecký 2006), na Podbořansku pak kyselé teplomilné doubravy (svaz *Quercion petraeae*) (vlastní pozorování). Menší část území (v roce 1998 asi 10 %) tvoří jehličnaté monokultury (Rejl et al. 1998). Dříve obhospodařované pozemky (pole, pastviny) porůstá sekundární křovinná

vegetace různého sukcesního stáří s dominancí hlohu (*Crataegus* sp.), javoru babyky (*Acer campestre*) trnky (*Prunus spinosa*) a šípku (*Rosa* sp.). Ve stromovém patře jsou časté jasany (*Fraxinus excelsior*), duby (*Quercus* spp.) a habry (*Carpinus betulus*), poměrně hojné jsou i třešně (*Prunus avium*) (Drhovská 2007). Rozvolněné porosty keřů, pro krajinu Doupovských hor velmi typická formace, často tvoří mozaiku s nelesní travinnou vegetací, v opuštěnější krajině nepříliš vyhraněnou. Pro obhospodařovaná území jsou typické pastviny (Kopecký 2006).

V Doupovských horách je údajně až dvojnásobně vyšší počet rostlinných druhů než v běžné zemědělské krajině (Rejl et al. 1998).

Přítomnost vojsk ovlivňuje přímo jen oblasti střelnic a tankových cvičišť, v okrajových prostorech újezdu jsou lesní porosty ponechány téměř bez zásahů (Král 1993).

### ***Historie osídlení***

Nejstarší zprávy o osídlení Doupovských hor pocházejí již z 11. a 12. století, kdy patřila města i půda pod správu klášterů. Již v této době se zde usazovali především přistěhovalci ze Saska a Bavorska. Od šestnáctého století pak obyvatelé německé národnosti tvořili převážnou většinu obyvatelstva (Král 1993).

Hlavním zdrojem obživy obyvatelstva bylo zemědělství (pěstovaly se zde např. ječmen, oves a brambory, v údolích pak ovocné stromy) a chov dobytka a ovcí. Proslulé bylo zdejší včelařství. Ve městech se rozvíjela i řemeslná výroba jako soukenictví, obuvnictví a výroba punčoch. Bohatství kraji přinášely také četné minerální prameny (Poštolka 1993).

Doupovské hory patřily vždy k nejméně osídleným oblastem Čech. Po roce 1945, kdy bylo odsunuto německé obyvatelstvo, se vyskytovaly snahy vesnice znovu osídlit, přesto zde v roce 1947 žilo v 65 obcích pouze 4053 obyvatel (Poštolka 1993). Po zřízení vojenského újezdu Hradiště v roce 1953 došlo k definitivnímu vysídlování území, zanikly desítky vesnic a město Doupov (Binterová 1998).

Pro vojenské účely slouží asi třetina plochy VÚ (Komár 1993). Zbývající část je využívána k extenzivní pastvě, chovu a lovu zvěře nebo je ponechána samovolnému vývoji. Na těchto místech pak vznikají rozsáhlé křovinné porosty.

## **Sběr dat v terénu**

Terénní práce byly prováděny převážně v zimních měsících let 2007–2009. Důvodem pro takto nezvyklou dobu bylo sledování epifytů na keřích, které je možné pouze po opadu listů.

Celé území bylo z geografického hlediska rozčleněno na čtyři části (čtverec SV, čtverec JV, čtverec JZ, čtverec SZ). Druhové složení bylo zaznamenáno na 35 lokalitách (viz příloha č. 2), které byly rozmístěny převážně na okrajích vojenského prostoru. Ke vstupu do centrální části nebylo uděleno povolení, proto byla zkoumána pouze zběžně na několika málo místech. Na každé lokalitě byla sledována plocha  $100 \times 100$  m, každá plocha byla vybírána s důrazem na co nejbohatší druhovou skladbu dřevin, rozsáhlost porostů křovin a přítomnost dostatečného počtu vzrostlých stromů. V dané ploše byly zaznamenávány epifyty na všech dominantních dřevinách, a to tak, že bylo snímkováno vždy 5 jedinců od každého druhu dřeviny, kteří od sebe byli vzdáleni alespoň 10 m. Jelikož vymezení jedince u křovin je značně problematické (trnky často tvoří kompaktní porosty o rozloze desítek  $m^2$ ), bylo stanoveno, že v úvahu bude brána část keře o objemu asi  $2 m^3$ . Stromy byly vybírány s průměrem kmene alespoň 20 cm (epifyty byly sledovány jak na kmenech, tak větvích, pokud to bylo možné).

U jednotlivých druhů epifytů byla zaznamenávána pouze prezence či absence na dané ploše pro každý druh dřeviny zvlášť. Kvantita výskytu druhů nebyla zjišťována vzhledem k obtížnosti jejího odhadování v případě křovin a následného porovnání keřů a stromů.

Kromě druhového složení epifytů byly v terénu zjišťovány proměnné prostředí vztahující se k dané lokalitě: nadmořská výška, přítomnost vodního toku v bezprostřední blízkosti lokality a geomorfologie terénu (lokalita v údolí/na kopci či v rovině).

Acidita borky, uváděná v některých ordinačních diagramech, nebyla přímo v terénu zjišťována, rozdělení dřevin na druhy s kyselou a druhy s neutrální či subneutrální borkou je převzato z práce Barkmanna (1958).

## **Determinace lišejníků**

Část nalezených druhů (především makroskopické) byla určována přímo v terénu za pomoci kapesní lupy. Mikroskopické a další v terénu neurčitelné lišejníky byly sebrány a determinovány za pomoci klasických lichenologických technik. Kromě morfologických znaků byly využívány i stélkové reakce lišejníků. Jedná se o nesespecifické barevné reakce lišejníkových stélek s následujícími činidly připravenými dle práce Orange et al. (2001):

**K:** 10% roztok hydroxidu draselného (KOH)

**C:** vodní roztok chlorového vápna ( $\text{CaCl}_2\text{O}_2$ ), běžně je užíván přípravek SAVO

**KC:** po chvilce působení K se aplikuje na stejné místo C

**PD:** parafenylendiamin (byl používán stabilní Steinerův roztok o složení 10g  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 1 g parafenylendiaminu, 0,5 ml detergentu a 100 ml destilované vody)

**I:** jodjodkalium (roztok jodu a jodidu draselného)

Pro determinaci druhů rodu *Usnea* bylo nutné využít ještě metodu tenkovrstevné chromatografie (viz příloha č. 1)

Lišejníky byly určovány za pomoci následující literatury: Alstrup (2001), Černohorský et al. (1956), Purvis et al. (1992), Wirth (1995) a dalších klíčů či monografií.

Nomenklatura byla sjednocena dle Seznamu a červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et al. 2008).

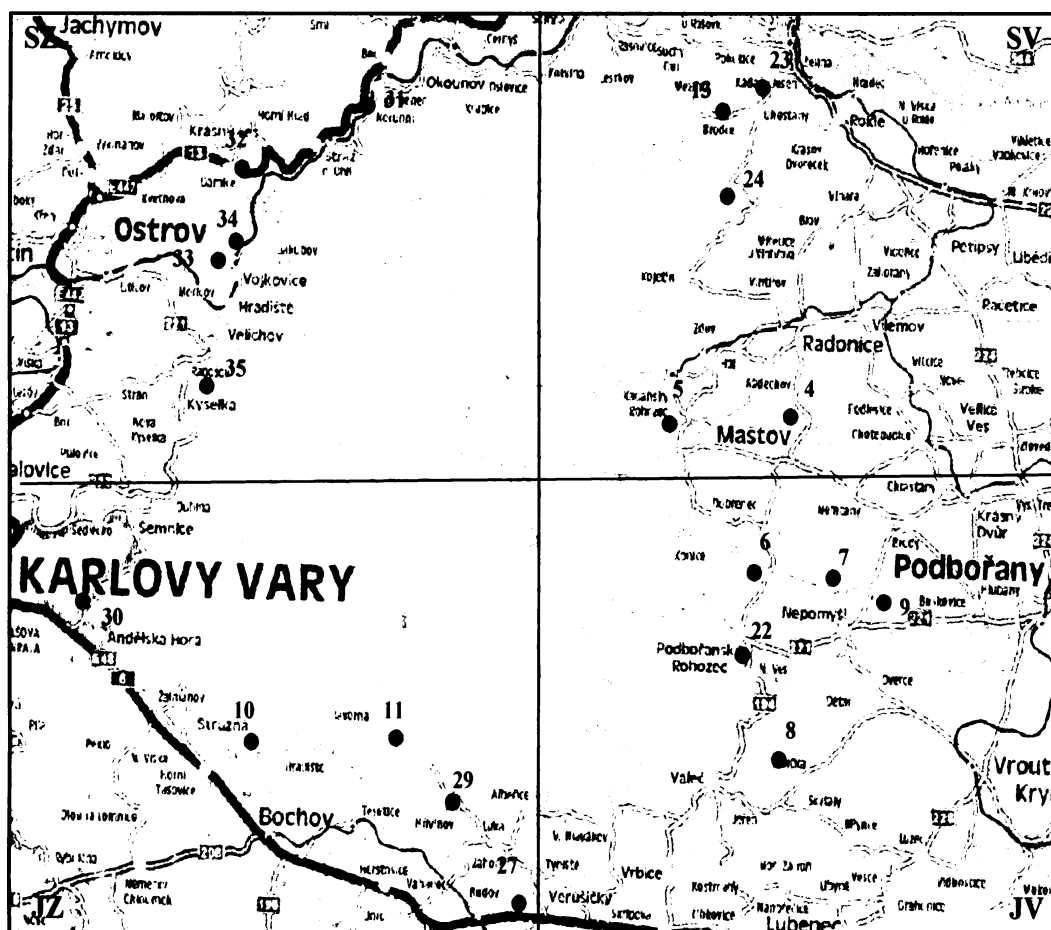
Herbářové položky budou uloženy v herbáři katedry botaniky PŘF UK (PRC), v herbáři Západočeského muzea v Plzni (PL – herbarium O. Peksa) a částečně též v mém osobním herbáři.

### **Analýza dat**

Jelikož analýza dat ze všech lokalit by byla značně obtížná kvůli nestejně skladbě dřevin na jednotlivých lokalitách, bylo vybráno 20 lokalit (5 pro každý čtverec) (viz obr. 5), na kterých byly zastoupeny stejné dřeviny (*Prunus spinosa*, *Crataegus* sp., *Rosa* sp., *Sambucus nigra*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Salix fragilis*, *Quercus* sp., *Prunus avium*). Pro další zjednodušení byla do jednoho snímku sloučena data o druhovém složení ze všech snímkaných jedinců jednoho druhu dřeviny na jedné lokalitě.

Data byla zpracována za použití programů Canoco 4.5 a CanoDraw 4.0 (terBraak et Šmilauer 1998, 2002) a PAST – software (Hammer et al. 2001).





Obr. 5: Mapa lokalit použitých ve statistických analýzách.

### *Jednorozměrné statistické analýzy*

Při testování vztahu kvantitativní závislé proměnné na nezávislé kategoriální proměnné (data nesplňují předpoklad normality rozdělení) byla použita neparametrická analýza variance (Kruskal-Wallisův test). Dva výběry s normálním rozdělením byly porovnávány F-testem a T-testem, data s jiným rozdělením Mann-Whitneyho testem (Zvára 2003). Výsledky testů byly znázorněny krabicovými diagramy, ve kterých byl zobrazen medián, horní a dolní kvartil, minimum, maximum a odlehlá pozorování.

### *Mnohorozměrné statistické analýzy*

Vzájemná druhová podobnost dřevin nebo lokalit, společný výskyt druhů a vliv proměnných prostředí na druhové složení společenstva epifytů byl vyhodnocován ordinačními metodami. Ty umožňují zjednodušení mnohorozměrného prostoru nalezením malého počtu hypotetických veličin (ordinačních os), které postihnou co největší část variability sledovaných dat (Lepš et Šmilauer 2000).

Před vlastní analýzou byla za pomoci DCA (Detrended Correspondence Analysis) zjištěna délka gradientu, podle níž je možné provést rozhodnutí, zda zvolit analýzu založenou na modelu lineární odpovědi druhů na gradient prostředí nebo metodu váženého průměru, které odpovídají unimodální odpovědi druhů (Lepš et Šmilauer 2000). V případě mých dat byla délka gradientu větší než 4, proto byly dále používány unimodální metody (nepřímá analýza DCA, přímá CCA – Canonical Correspondence Analysis).

Předběžná významnost jednotlivých proměnných byla zjištěna na základě jejich polohy v ordinačních diagramech a pomocí manuální selekce proměnných v přímé analýze, která zobrazuje i procenta vysvětlené variability daným parametrem.

Nejdůležitější nezávislé proměnné byly pak postupně testovány jako parametry prostředí v přímé unimodální analýze CCA za použití ostatních proměnných jako kovariát. Tímto způsobem byla otestována vždy ta část variability, která není vysvětlená kovariáty (Herben et Münzbergová 2003). Významnost vlivu proměnných jsem testovala randomizačními testy (Canoco 4.5). Provedena byla permutace v blocích definovaných jednotlivými čtverci (unrestricted permutation, blocks defined by covariables).

U všech typů analýz bylo provedeno snížení váhy vzácných druhů.

Seznam zkratk druhů taxonů použitých v ordinačních diagramech je uveden v tabulce č. 2.

Amanpunc	<i>Amandinea punctata</i>	Melaexta	<i>Melanelia exasperata</i>
Anispoly	<i>Anisomeridium polypori</i>	Meextula	<i>Melanelia exasperatula</i>
Baciadas	<i>Bacidia adastr</i>	Micadeni	<i>Micarea denigrata</i>
Baciarno	<i>Bacidina arnoldiana</i>	Micapras	<i>Micarera prasina</i>
Bryofusc	<i>Bryoria fuscescens</i>	Parmsaxa	<i>Parmelia saxatilis</i>
Buelgris	<i>Buellia griseovirens</i>	Parmsulc	<i>Parmelia sulcata</i>
Caloceri	<i>Caloplaca cerinella</i>	Parmambi	<i>Parmeliopsis ambigua</i>
Calopyra	<i>Caloplaca pyracea</i>	Phaenigr	<i>Phaeophyscia nigricans</i>
Calosp.	<i>Caloplaca sp.</i>	Phaeorbi	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
Candrefl	<i>Candelariella reflexa</i>	Phlyarge	<i>Phlyctis argena</i>
Candxant	<i>Candelariella xanthostigma</i>	Physadsc	<i>Physcia adscendens</i>
Cetrchlo	<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	Physcaes	<i>Physcia caesia</i>
Coenpine	<i>Coenogonium pineti</i>	Physdubi	<i>Physcia dubia</i>
Everdiva	<i>Evernia divaricata</i>	Physstel	<i>Physcia stellaris</i>
Evermeso	<i>Evernia mesomorpha</i>	Phystene	<i>Physcia tenella</i>
Everprun	<i>Evernia prunastri</i>	Physente	<i>Physconia enteroxantha</i>

Flavcape	<i>Flavoparmelia caperata</i>	Placdase	<i>Placynthiella dasea</i>
Flavflav	<i>Flavopunctelia flaventior</i>	Placicma	<i>Placynthiella icmalea</i>
Hypofari	<i>Hypogymnia farinacea</i>	Platglau	<i>Platismatia glauca</i>
Hyposcal	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	Pleuacet	<i>Pleurosticta acetabulum</i>
Hypophys	<i>Hypogymnia physodes</i>	Poriaene	<i>Porina aenea</i>
Hypotubu	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	Pseufurf	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
Lecacyrt	<i>Lecania cyrtella</i>	Puncsubr	<i>Punctelia subrudecta</i>
Lecanaeg	<i>Lecania naegeli</i>	Punculop	<i>Punctelia ulophylla</i>
Lacacarp	<i>Lecanora carpineae</i>	Ramafari	<i>Ramalina farinacea</i>
Lecaconi	<i>Lecanora conizaeoides</i>	Ramapoli	<i>Ramalina pollinaria</i>
Lecadis	<i>Lecanora dispersa</i>	Rinopyri	<i>Rinodina pyrina</i>
Lecaexpa	<i>Lecanora expallens</i>	Scolchlo	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>
Lecahage	<i>Lecanora hageni</i>	Scolsaro	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>
Lecapers	<i>Lecanora persimilis</i>	Stramori	<i>Strangospora moriformis</i>
Lecapuli	<i>Lecanora pulicaris</i>	Straochr	<i>Strangospora ochrophora</i>
Lecasali	<i>Lecanora saligna</i>	Trapflex	<i>Trapeliopsis flexuosa</i>
Lecasymi	<i>Lecanora symmicta</i>	Usnesp	<i>Usnea</i> sp.
Leprsp.	<i>Lepraria</i> sp.	Vulppina	<i>Vulpicida pinastri</i>
Maceabsc	<i>Macentina abscondita</i>	Xantcand	<i>Xanthoria candelaria</i>
Melafuli	<i>Melanelia fuliginosa</i>	Xantpari	<i>Xanthoria parietina</i>
Melasuba	<i>Melanelia subaurifera</i>	Xantpoly	<i>Xanthoria polycarpa</i>

**Tab. 2:** Seznam zkratk druhů lišejníků použitých v ordinačních diagramech

### ***Indexy podobnosti***

Pro srovnání variability v rámci některých kategorií (čtverce, lokality = plochy, druhy dřevin, stromy/keře) byl použit Diceův index podobnosti (Sorensenův koeficient). Ten udává podobnost dvou vzorků na základě jednoduchého výpočtu:  $QS = 2C / (A + B)$ , kde A a B jsou počty druhů ve vzorcích A, B a C je počet druhů společný oběma vzorkům (Hamer et al. 2001).

Koeficienty byly spočítány v programu Past, který vytváří matici podobností pro všechny snímky, tedy srovnává každý snímek s každým. Jsou udávány v hodnotách od 0 do 1, kde 1 znamená 100% shodu v druhovém složení mezi dvěma snímky. Následně byly vybrány všechny koeficienty příslušející určité kategorii a podobnost otestována Kruskal-Wallisovým testem nebo T-testem. Výsledky byly zobrazeny za pomoci box plotů.

## Fortografická příloha 1



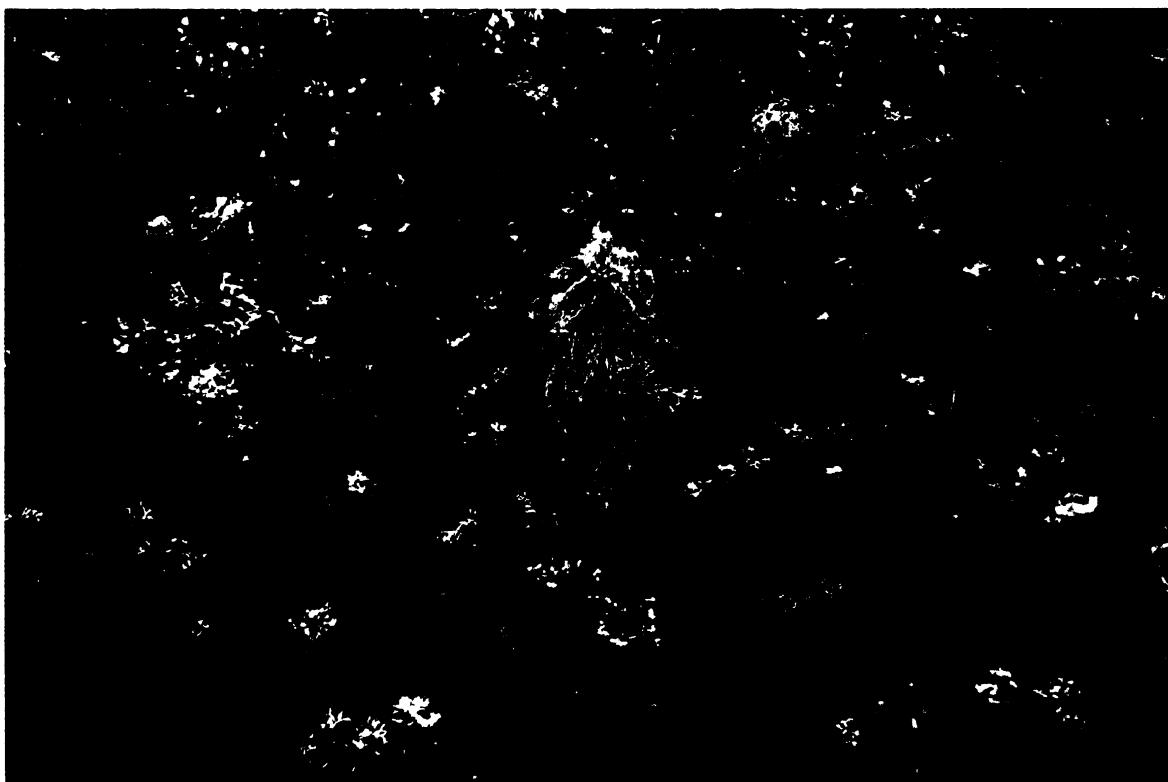
Typická krajinná struktura Doupovských hor – mozaika pastvin, polí a rozsáhlých křovinatých porostů (foto O. Peksa)



Tepelná elektrárna Pruněřov je od Doupovských hor vzdálena sotva přes kopec (foto O. Peksa)



Porosty šípků, hlohů a trnek ve své podzimní kráse (foto O. Peksa)



Na některých místech jsou větvičky keřů epifytickými lišejníky doslova obaleny (foto O. Peksa)

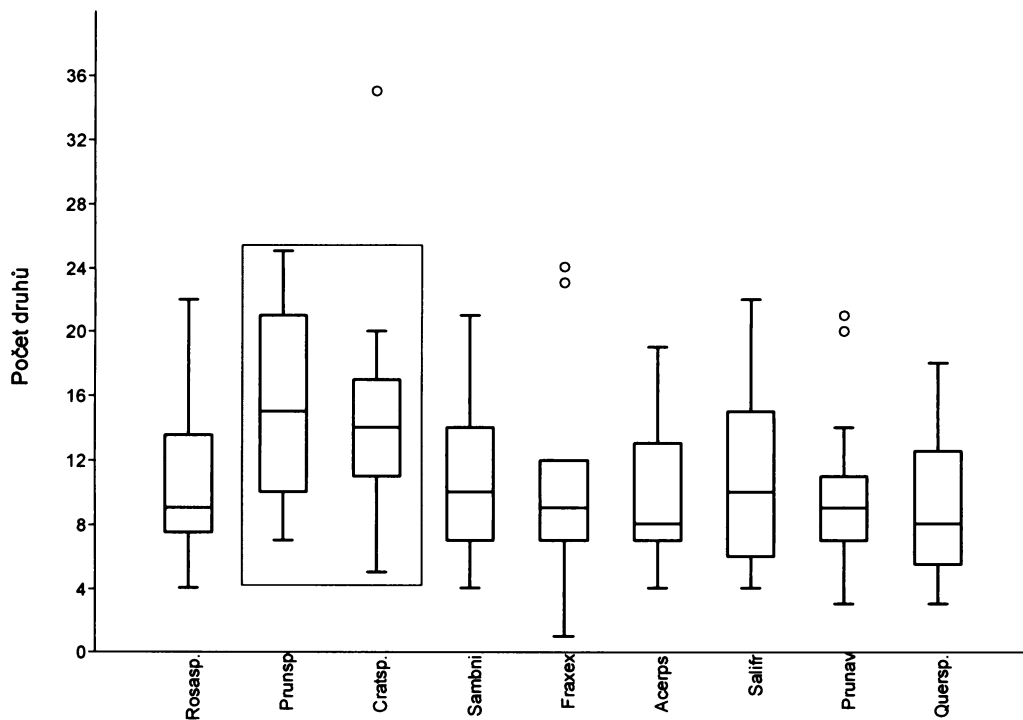
# VÝSLEDKY

## Druhové bohatství a skladba epifytů

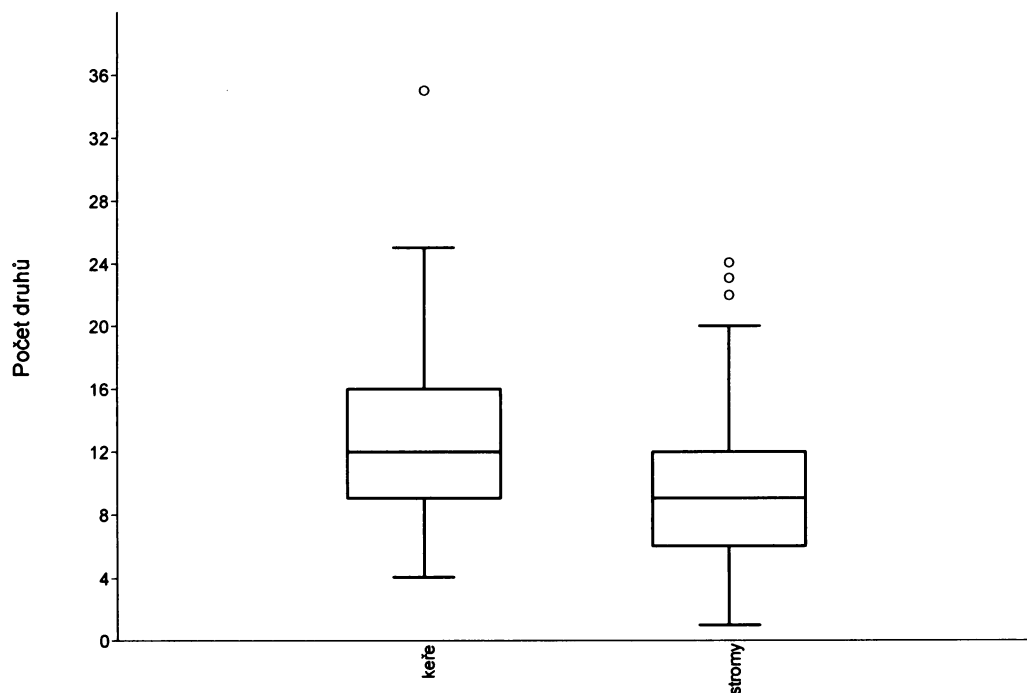
### Zhodnocení variability počtu druhů

Při průzkumu Doupovských hor bylo na 35 lokalitách zaznamenáno celkem 84 druhů epifytických lišejníků (viz příloha č. 3).

Počet taxonů na jedné dřevině v jedné lokalitě (ploše) se pohyboval od 1 (jasan) do 35 (hloh). Druhově nejbohatší dřevinou je trnka s mediánem odpovídajícím 15 druhům, následuje hloh (14 druhů). Obě tyto dřeviny se významně liší od ostatních, mezi nimiž už nejsou významné rozdíly (medián 8–10) (obr 6). Celkově se ukázaly druhově bohatší keře (medián 12) než stromy (medián 9) (obr. 7).

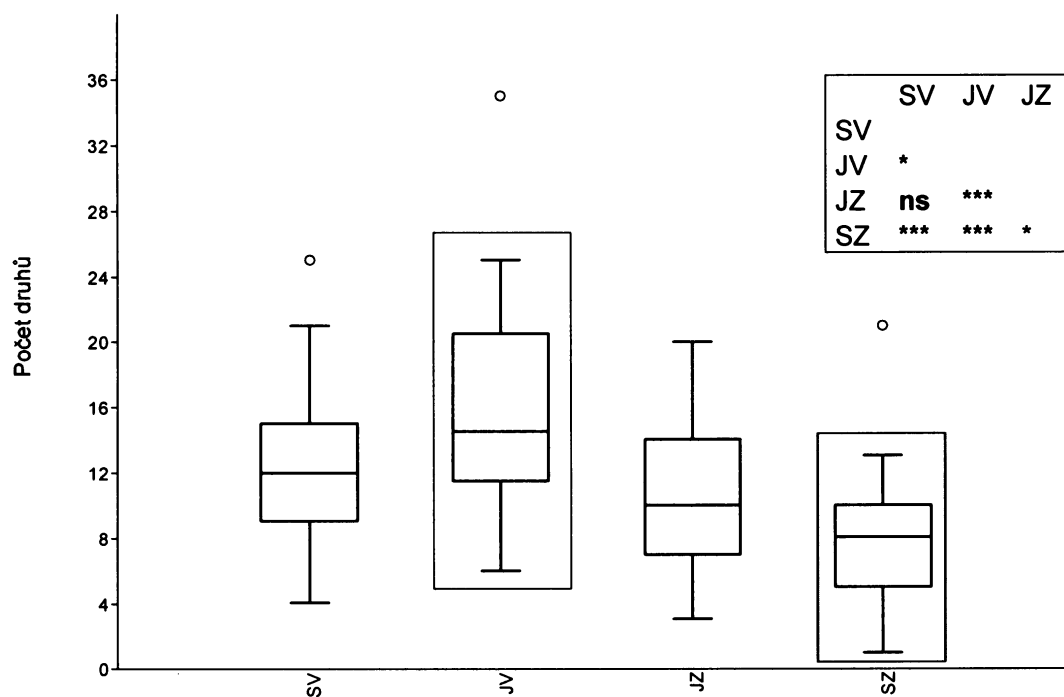


**Obr. 6:** Variabilita počtu druhů na různých druzích dřevin: Kruskal – Wallisův test ( $p < 0,01$ ) – (Acerps. – *Acer pseudoplatanus*, Cratasp. – *Crataegus* sp., Fraxex – *Fraxinus excelsior*, Prunav – *Prunus avium*, Prunsp. – *Prunus spinosa*, Quersp. – *Quercus* sp., Rosasp. – *Rosa* sp., Salifr – *Salix fragilis*, Sambni – *Sambucus nigra*)



**Obr. 7:** Počty druhů na keřích a stromech: T-test ( $p < 0,001$ )

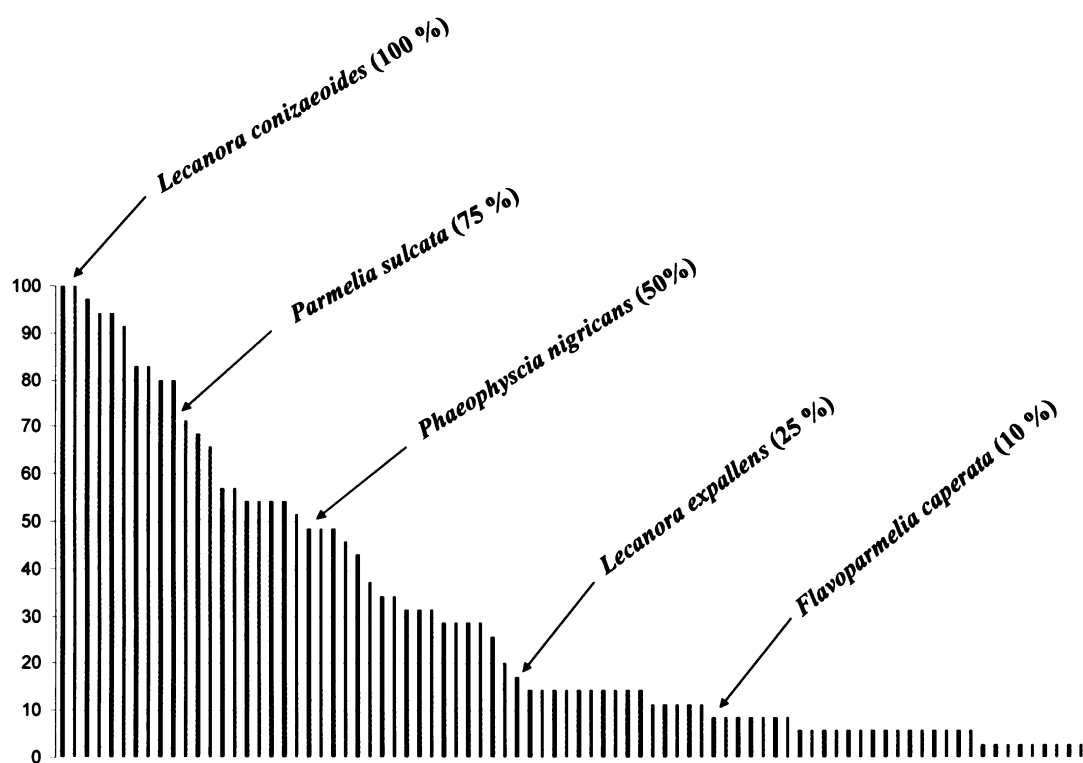
Při porovnání čtverců se nejvíce druhů vyskytuje v jihovýchodním (medián 14,5), nejméně naopak v SZ čtverci (medián 8), oba se významně odlišují od zbývajících (obr. 8).



**Obr. 8:** Počet druhů ve čtvercích: Kruskal–Wallisův test ( $p < 0,001$ ), v tabulce výsledky vzájemného porovnání jednotlivých čtverců ( $p > 0,05$  ns,  $p < 0,05$ \*,  $p < 0,01$ \*\* ,  $p < 0,001$ \*\*\*)

### Četnost výskytu jednotlivých druhů

Podle počtu lokalit (použito všech 35 lokalit, procentuelní vyjádření ukazuje obr. 9), na nichž se daný druh vyskytoval, byly lišejníky rozděleny do následujících skupin (v jednotlivých kategoriích jsou druhy řazeny sestupně podle četnosti výskytu, konkrétní hodnoty četností jsou uvedeny v příloze č. 5):



**Obr. 9:** Četnost výskytu zaznamenaných druhů (vyznačeny jsou druhy ohraničující jednotlivé kategorie)

#### **Lišejníky velmi hojně rozšířené (> 75 % lokalit):**

*Lecanora conizaeoides*, *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Physcia tenella*, *Xanthoria polycarpa*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina*, *Melanelia subaurifera*.

#### **Lišejníky hojně rozšířené (50–75 % lokalit):**

*Parmelia sulcata*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Melanelia exasperatula*, *Amandinea punctata*, *Bryoria fuscescens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Candelariella reflexa*, *Parmeliopsis ambigua*, *Scoliciosporum sarothamni*, *Xanthoria candelaria*, *Candelariella xanthostigma*.



**Lišejníky středně hojné (25–50 % lokalit):**

*Phaeophyscia nigricans, Physcia stellaris, Ramalina farinacea, Melanelia fuliginosa, Lecania cyrtella, Evernia divaricata, Lecanora saligna, Usnea scabrata, Lepraria sp., Punctelia ulophylla, Usnea substerilis, Tuckermanopsis chlorophylla, Lecanora symmicta, Platismatia glauca, Vulpicida pinastri, Evernia mesomorpha.*

**Lišejníky málo četné (10–25 % lokalit):**

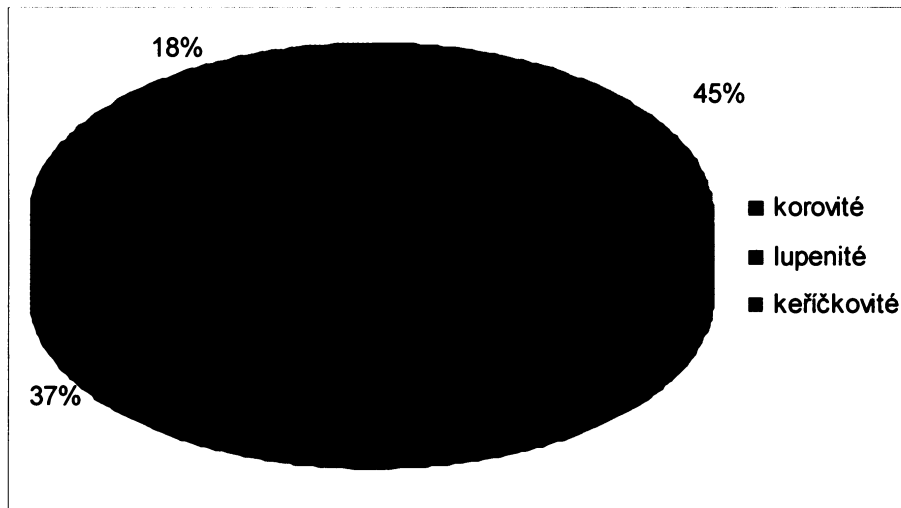
*Lecanora expallens, Lecanora persimilis, Hypocenomyce scalaris, Lecanora dispersa, Lecanora hagenii, Lecanora pulicaris, Macentina abscondita, Physconia enteroxantha, Placynthiella icmalea, Strangospora moriformis, Trapeliopsis flexuosa, Usnea hirta, Anisomeridium polypori, Lecania naegeli, Parmelia saxatilis, Punctelia subrudecta, Ramalina pollinaria.*

**Lišejníky zřídka se vyskytující (méně než 10 % lokalit):**

*Flavoparmelia caperata, Bacidia adastrata, Lecanora carpinea, Melanelia exasperata, Phlyctis argena, Physcia caesia, Usnea lapponica, Bacidina arnoldiana, Buellia griseovirens, Caloplaca cerinella, Lecanora sambuci, Micarea denigrata, Micarea prasina, Physcia dubia, Placynthiella dasaea, Pleurosticta acetabulum, Pseudevernia furfuracea, Rinodina pyrina, Piccolia ochrophora, Usnea diplotypus, U. filipendula, U. subfloridana, Calopaca pyracea, Coenogonium pineti, Flavopunctelia flaventior, Hypogymnia farinacea, Physconia grisea, Porina aenea, Strangospora pinicola, Usnea glabrata.*

### *Zastoupení druhů s různými typy stélky*

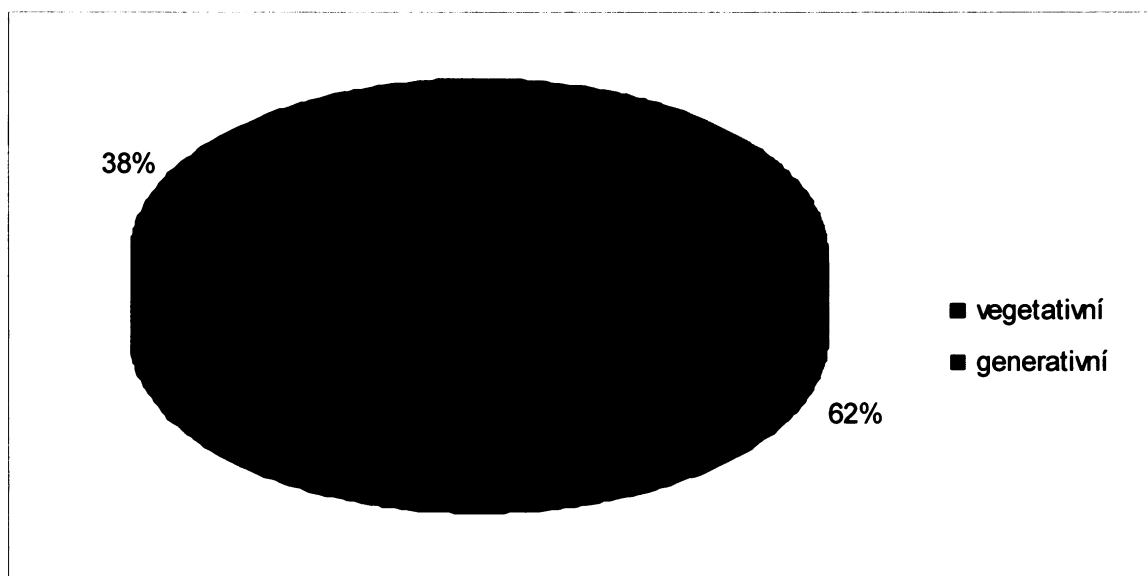
Z celkového počtu tvoří největší část korovité druhy - 45 %, 37 % druhy lupenité, nejmenší zastoupení mají keříčkovité druhy (18 %) (obr. 10)



**Obr. 10:** Procentuelní zastoupení druhů s různým typem stélky v rámci celého souboru nalezených druhů.

### *Zastoupení druhů s různým typem šíření*

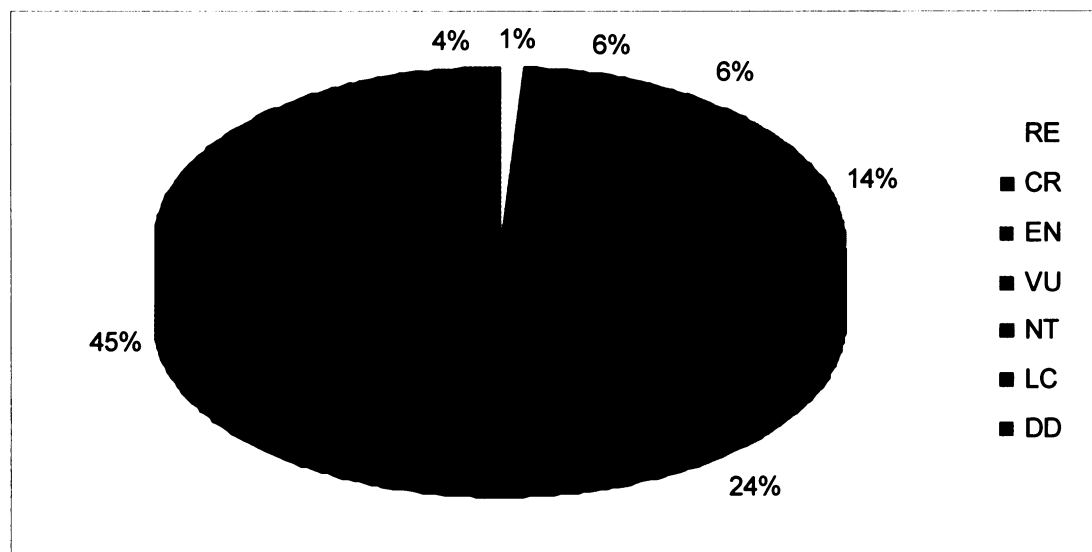
Druhy, které se šíří převážně vegetativním způsobem mají výrazně větší zastoupení než druhy, u nichž převažuje generativní šíření (obr.11).



**Obr. 11:** Podíl vegetativně a generativně se rozmnožujících druhů

## Ohrožené druhy

Podle červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et al. 2008) je více než čtvrtina lišejníků Doupovských hor řazena mezi ohrožené druhy (kategorie CR + EN + VU), znovu objeven byl i jeden druh považovaný v ČR za vyhynulý (RE – *Usnea glabrata*). Taxonů blízkých ohrožení (NT) bylo 24 %, neohrožených druhů (LC) 45 %, u 4 % druhů chybí dostatečné množství údajů pro kategorizaci (obr.12)



**Obr. 12:** Zastoupení druhů z jednotlivých kategorií ohrožení na celkovém počtu druhů

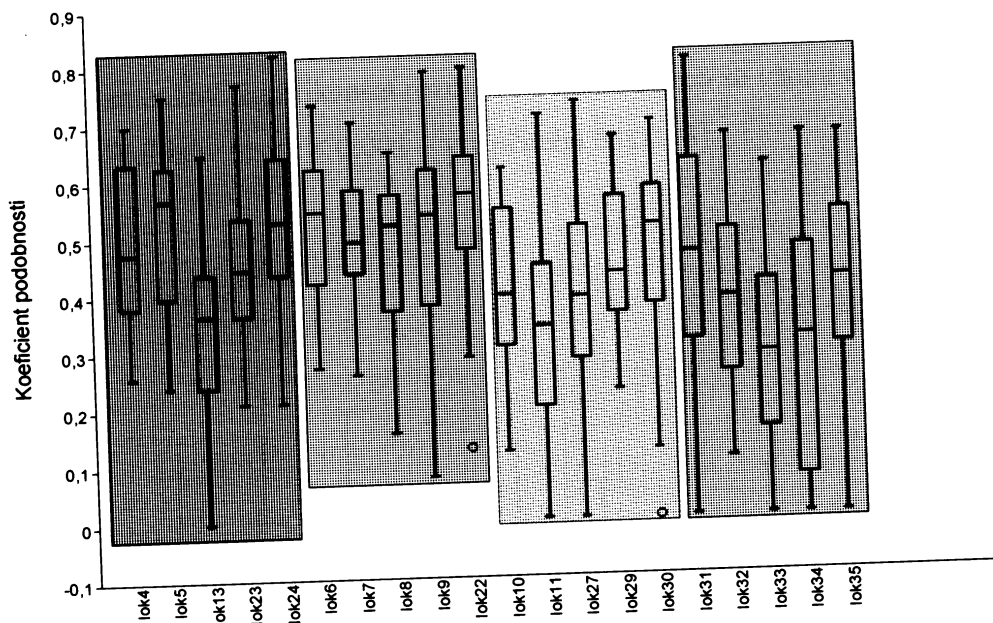
## Analýzy podobnosti společenstev

### Indexy similarity

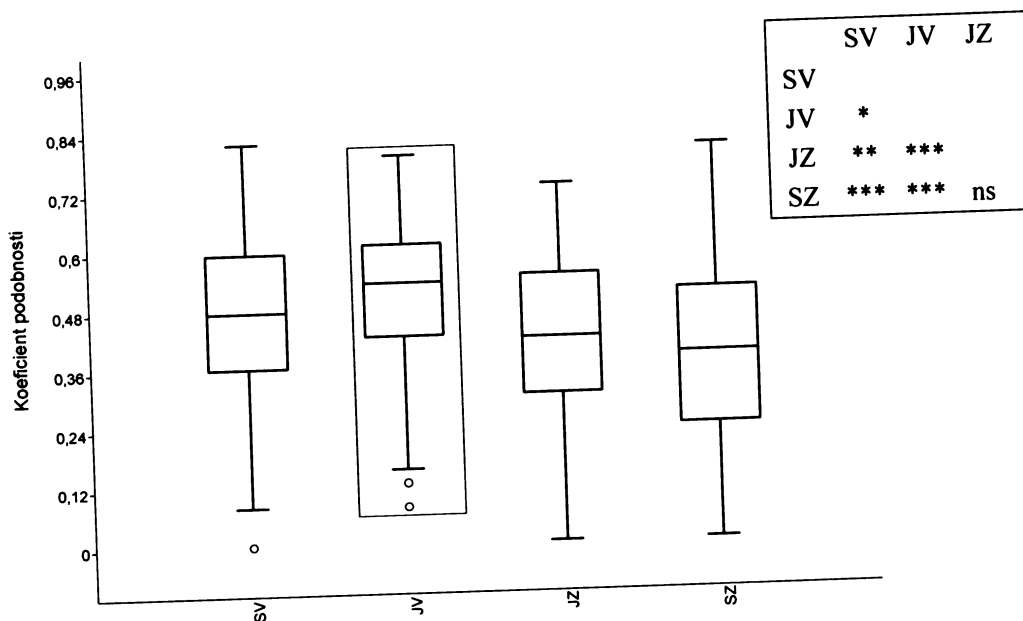
Vnitroskupinová variabilita společenstev byla analyzována pomocí Dice-Sørensenova indexu podobnosti. Na základě míry podobnosti můžeme usuzovat, na kolik je pro danou kategorii společenstvo uniformní.

Pomocí krabicových diagramů jsou zobrazeny variability pro podobnosti v rámci lokalit, čtverců a druhů dřevin.

Z grafického znázornění podobností v rámci lokalit (obr. 13) není možné vysledovat žádný jasný trend v podobnosti společenstev. Při porovnání lokalit v rámci čtverců (obr. 14) však Kruskal-Wallisův test ukázal, že JV čtverec se signifikantně liší od ostatních tří čtverců, má tedy nejvíce homogenní společenstvo. (Výsledky mnohonásobných srovnání Kruskal-Wallisovým testem v příloze č. 6).

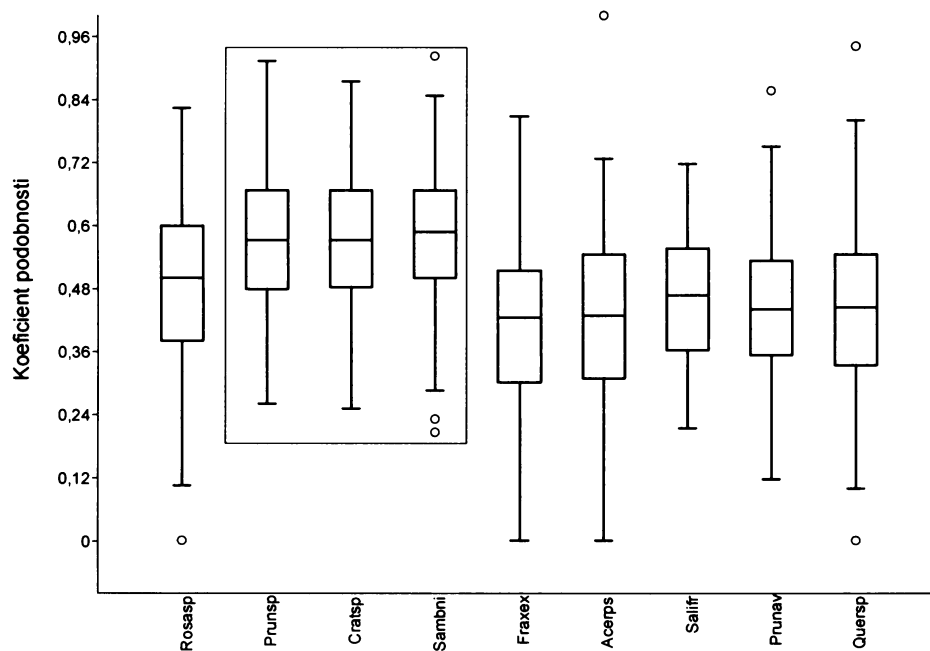


**Obr.13:** Srovnání indexů podobnosti lokalit: Kruskal-Wallisův test ( $p < 0,001$ ), barevně označeny čtverce (fialová – SV, modrá – JV, zelená – JZ, růžová – SZ)



**Obr. 14:** Indexy podobnosti lokalit v rámci čtverců Kruskal-Wallisův test  $p < 0,001$ ; v tabulce výsledky vzájemného porovnání indexů podobnosti čtverců ( $p > 0,05$  ns,  $p < 0,05$ \*,  $p < 0,01$ \*\* ,  $p < 0,001$ \*\*\*)

Při srovnání jednotlivých druhů dřevin byly zaznamenány největší podobnosti druhového složení v rámci trnky, hlohu a bezu černého. U těchto tří keřů (v obr. 15 zeleně vyznačeny) byly zaznamenány signifikantní rozdíly v podobnostech se všemi ostatními dřevinami (Kruskal-Wallisův test  $p < 0,001$  – viz příloha 6, tab. 3).

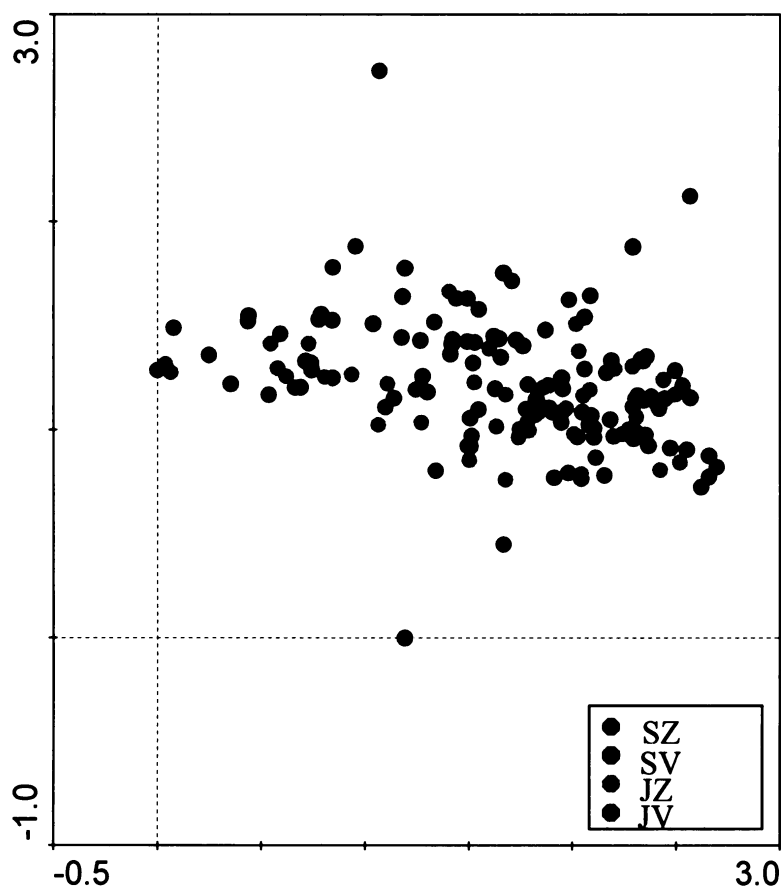


Obr. 15: Indexy podobnosti jednotlivých druhů dřevin: Kruskal-Wallisův test ( $p < 0.001$ )

## Mnohorozměrné analýzy

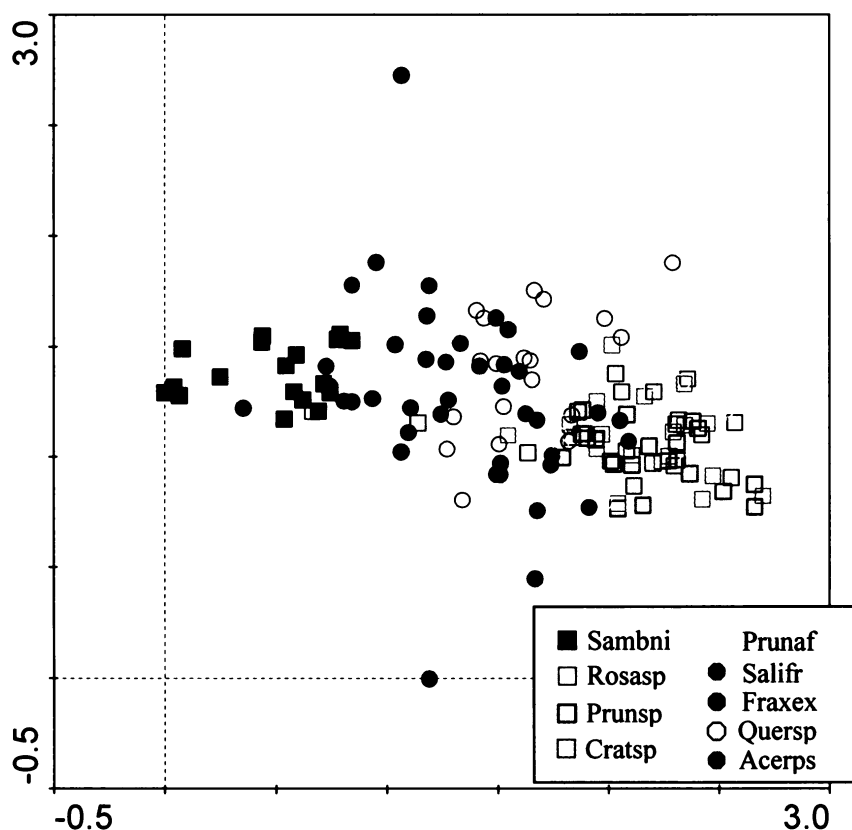
### *Nepřímá analýza*

Pro odhad směru největší variability v druhových datech byla využita (na základě délky gradientu) nepřímá unimodální analýza DCA. Tato analýza prvními dvěma osami vysvětlila 19,5 % variability. Vzhledem k možnému vlivu geografického rozmístění lokalit, byl nejprve zobrazen graf s barevným rozlišením snímků z různých čtverců (obr. 16). Z grafu není možné vypožorovat žádný trend v rozložení snímků, je tedy pravděpodobné, že druhové složení vzájemnou polohou lokalit nebude příliš ovlivněno.



**Obr. 16:** DCA analýza – rozložení snímků v prostoru první dvou os (1. osa 12,4 % variability, 2. osa 7,1 % variability) – barevně rozlišené snímky z různých čtverců (růžová – SZ, fialová – SV, zelená – JZ, tyrkysová – JV)

Následně byl vytvořen i graf s barevně odlišenými druhy dřevin (obr. 17) a s označením acidity borky (kyselá/subneutrální či neutrální). Zde už je odhalen poměrně jasný gradient podél první osy – pH borky, která závisí především na druhu dřeviny. Z ordinačního diagramu (obr. 17) jsou patrné dvě zřetelně vymezené skupiny keřů – na jedné straně všechny snímky z bezu (obohacená, neutrální borka), do druhé skupiny spadají zbylé 3 druhy keřů s kyselou a chudou borkou. U stromů už reakce na tento gradient není tak jednoznačná, tvoří shluk mezi oběma skupinami keřů. Též zde můžeme vyzorovat, že některé dřeviny tvoří více ohraničené shluky, tedy budou mít homogennější společenstvo.

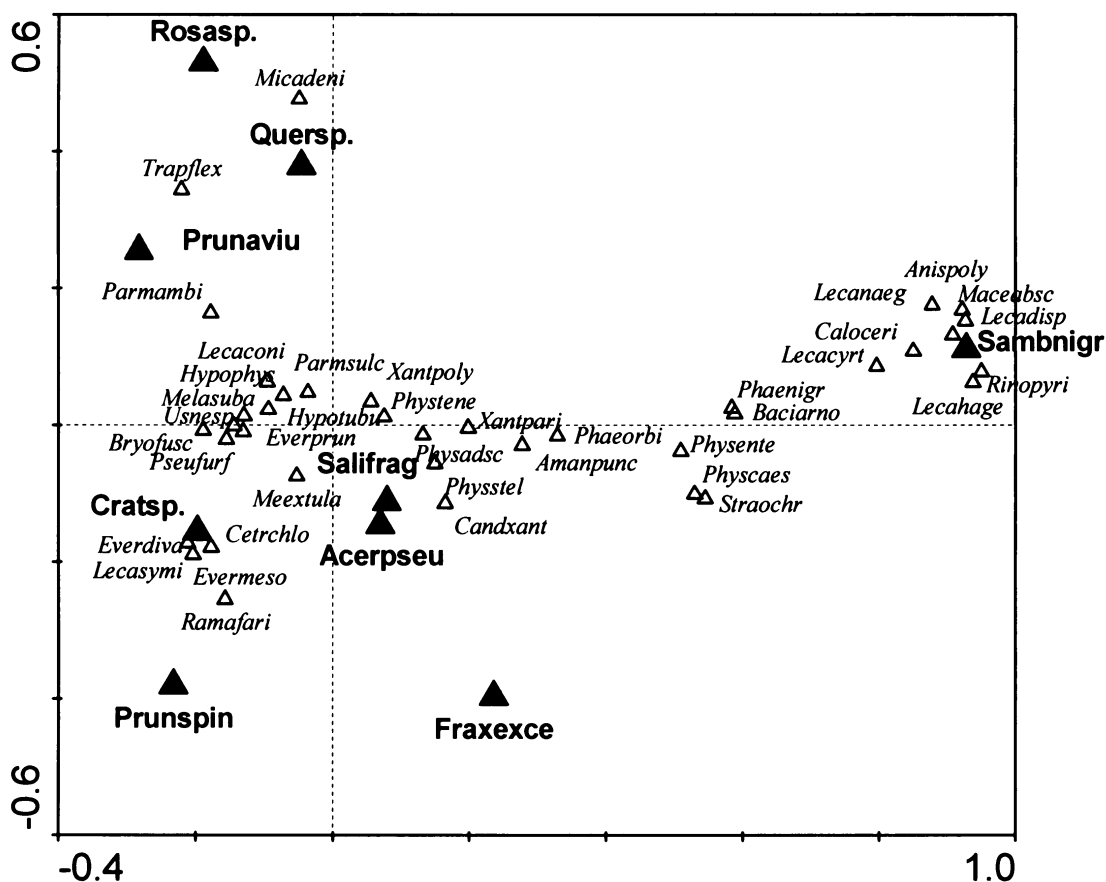


**Obr. 17:** DCA analýza – rozložení snímků v prostoru prvních dvou os (1. osa 12,4 % variability, 2. osa 7,1 % variability) plné symboly – druhy s borkou kyselou, prázdné – druhy s neutrální či subneutrální borkou, čtverečky – keře, kolečka – stromy, černá – *Sambucus nigra*, růžová – *Salix fragilis*, fialová – *Fraxinus excelsior*, tyrkysová – *Acer pseudoplatanus*, sv. modrá – *Quercus* sp., žlutá – *Prunus avium*, zelená – *Crataegus* sp., hnědá – *Prunus spinosa*, šedá – *Rosa* sp.

### **Přímá analýza**

Vzhledem k výsledkům z předchozí analýzy byl vliv druhu dřeviny dále testován přímou analýzou CCA za použití ostatních parametrů prostředí jako kovariát. Tento model vysvětlil první osou 10,7 % variability ( $p = 0,001$ ), což představuje jen malé snížení oproti nepřímé analýze (z 12,4 % na 10,7 %), z čehož můžeme usuzovat, že druh dřeviny je skutečně nejdůležitější vysvětlující veličinou struktury epifytické vegetace (obr. 18).

Při předběžném výběru proměnných se ukázal kromě druhu dřeviny signifikantní i vliv geografického rozmístění lokalit (proměnné čtverec a lokalita). Při dalších testech bylo ale procento variability vysvětlené těmito proměnnými malé (1. + 2. osa – čtverce 5,3 %, lokality 5,1 %), grafické výstupy těchto analýz proto nejsou zobrazeny.



**Obr. 18:** CCA - vliv druhu dřeviny na druhové složení epifytů ( $p = 0,001$ ) (1. osa 10,7 % 2. osa 1,5 %)

Z ordinačního diagramu CCA můžeme vysledovat shluky druhů, které mají optima v blízkosti některých dřevin, tedy že se opakovaně na dané dřevině vyskytují. Bez se ukázal být dřevinou, která má nejvíce homogenní společenstvo. Patří do něj druhy, které preferují neutrální borku bohatou na živiny: *Anisomeridium polypori*, *Caloplaca cerinella*, *Lecania cyrtella*, *Lecania naegeli*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora hagenii*, *Macentina abscondita* a *Rinodina pyrina*.

Shluk taxonů často se vyskytujících na hlohu tvoří dva druhy rodu *Evernia* (*E. mesomorpha*, *E. divaricata*), *Tuckermanopsis chlorophylla*, *Ramalina farinacea* a *Lecanora symmicta*. Do blízkosti hlohu se v diagramu zobrazila i trnka, která má evidentně podobnou lichenoflóru.



Navzájem podobné druhové složení mají vrba a javor klen (dřeviny se subneutrální borkou), vyskytovaly se na nich často druhy *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *P. tenella* a *Candelariella xanthostigma*.

Další skupinu vytvořily dřeviny s kyselou chudou borkou a malým počtem opakovaně se vyskytujících taxonů. Jsou to: šípek, třešeň a dub, které často porůstá např. *Trapeliopsis flexuosa*.

Osamocen zůstal jasan, pro který ale nemůžeme z grafu specifikovat žádný druh, který by tento substrát preferoval.

### Vliv proměnných prostředí

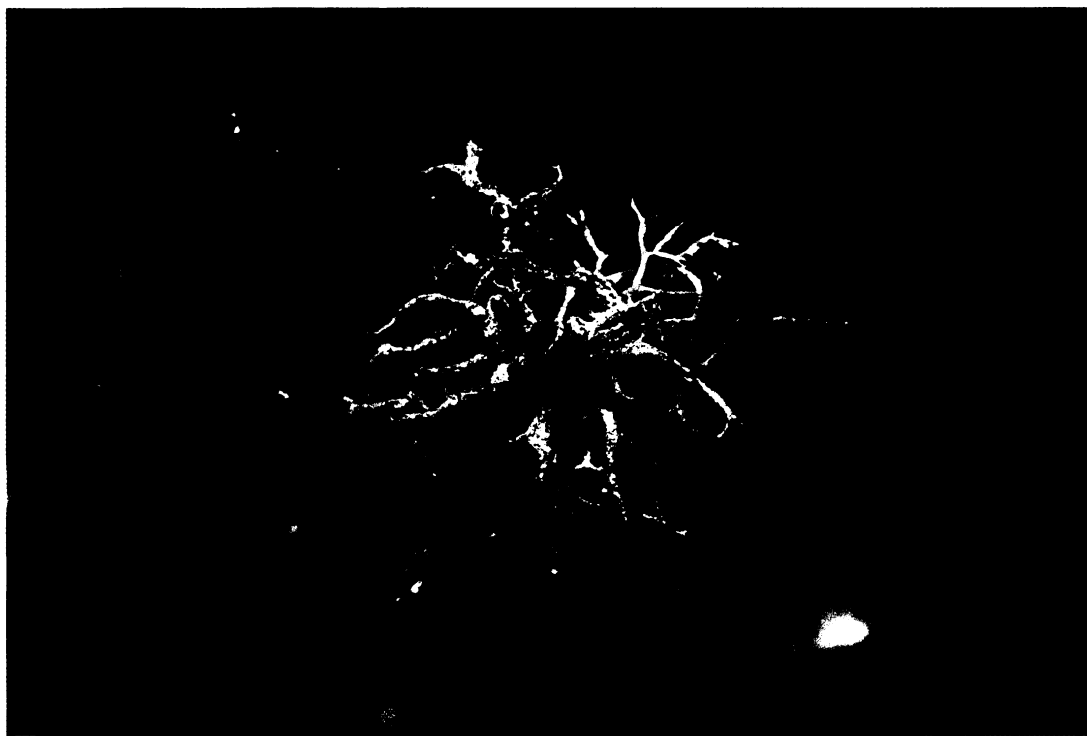
V každé lokalitě byly zaznamenány tyto proměnné prostředí: nadmořská výška, přítomnost vodního toku v blízkosti lokality a umístění lokality v údolí nebo na kopci či v rovině.

Předběžné testy neodhalily signifikantní vliv žádného z těchto parametrů, proto už s nimi další analýzy nebyly prováděny.

## Fotografická příloha 2



*Evernia divaricata* – vzácný druh obvykle nalézáný v horských smrčínách (foto O. Peksa)



*Evernia mesomorpha* – kriticky ohrožený druh citlivý na znečištění ovzduší (foto M. Adámek)



Nitrofilní společenstvo lišejníků porůstající bez černý (foto M. Adámek)



*Bryoria* sp. – výrazný keříčkovitý lišejník (foto M. Adámek)

## DISKUZE

### Epifyty Doupovských hor

Při průzkumu daného území bylo nalezeno celkem 84 druhů epifytických lišejníků, z nichž více než čtvrtina patří podle Červeného seznamu (Liška et al. 2008) do kategorie ohrožených druhů. Toto množství vzácných druhů je na území, které ještě v nedávné době patřilo mezi jednu z nejznečištěnějších oblastí v ČR poměrně překvapivé. Tyto vzácné druhy zde navíc vytvářejí velmi zvláštní společenstva (porůstající především keře), v nichž se mísí druhy se zcela rozdílnými ekologickými nároky. Společně se zde vyskytují druhy vlhkých boreálních či horských oblastí (např. *Evernia divaricata*, *Hypogymnia farinacea*, většina druhů rodu *Usnea*) s druhy typickými pro teplomilné doubravy nižších poloh (*Flavoparmelia caperata*, *Flavopunctelia flaventior*). Takovéto výrazné společenstvo porůstající trnky, hlohy a modřínů, které v současnosti není v západních Čechách nikterak vzácné (řada lokalit na severním i jižním Plzeňsku, ve Slavkovském lese atd. – Peksa et Syrovátková, nepubl.), se na našem území v minulosti pravděpodobně nevyskytovalo. Jistě by totiž nešlo pozornosti lichenologů, např. Alfreda Hilitzera, který v roce 1925 zpracoval podrobně epifytická společenstva Čech (a žádné srovnatelné nezmiňuje). Jeho vytvoření v křovinatých porostech Doupovských hor i dalších regionech patrně souvisí s uvolněním niky po snížení koncentrací SO<sub>2</sub>, které dříve limitovaly výskyt lišejníků v této oblasti. Je otázkou, zda jsou populace vzácných druhů tvořeny původními (minimálně střeoevropskými) genotypy. Nápadná je jiná ekologie některých druhů (např. *E. divaricata* se jinak v Čechách vyskytuje pouze ve vyložené horských polohách, zejména na Šumavě, na jehličnanech), znovuoobjevení vyhynulých druhů (*Usnea glabrata*) či intenzita výskytu druhů u nás vždy vzácných, které jsou ovšem v jiných oblastech považovány za běžné a odolné lišejníky, např. druh *E. mesomorpha*, který je v Severní Americe pokládán za toxitolerní (Gunn et al. 1995).

### Komentáře k vybraným druhům

V této části uvádím charakteristiky některých zajímavých druhů nalezených v Doupovských horách. Týkají se především rozšíření a ekologie jednotlivých taxonů. Uváděny jsou poznatky získané z literatury i vlastním pozorováním.

#### *Evernia divaricata* (L.) Ach.

V Evropě vzácný lišejník se subkontinentálně boreálním rozšířením. V ČR se tento druh dříve vyskytoval převážně v horských oblastech, v roce 1996 byl zaznamenán pouze na

několika lokalitách na Šumavě (Liška et al. 1996). V současnosti je řazen do kategorie kriticky ohrožených druhů (Liška et al. 2008). Původně byl nalézán převážně na jehličnanech, s přibývajícím atmosférickým znečištěním a s ním souvisejícím okyselením borky se začal objevovat i na listnácích (Liška et al. 1996). Z Rakouska je kromě jehličnanů udáván z buku (*Fagus sylvatica*), dubu (*Quercus sp.*) a vrby (*Salix sp.*) (Lange et al. 2005). Thomson (1984) uvádí ze Severní Ameriky varietu, která roste epigeicky v tundře. Na půdě roste i v Alpách nad hranicí lesa, kde se vyskytuje společně s druhy *Alectoria ochroleuca*, *Cetraria islandica*, *Cladonia symphycarpa*, *Flavocetraria cucullata* a *F. nivalis*.

*E. divaricata* vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost. Druh je velmi citlivý na atmosférické znečištění (Liška et al. 1996).

V Doupovských horách je tento druh poměrně hojný na trnce (*Prunus spinosa*), hlohu (*Crataegus sp.*) a šípku (*Rosa sp.*). Ve starší literatuře neexistují zmínky, že by se druh na těchto substrátech vyskytoval. Několik nálezů na trnce a šípku uvádějí až Lange et al. (2005) a Thüs et Dornes (2003) z Německa, kde se druh podobně jako u nás začal objevovat při rekolonizaci dříve silně znečištěných oblastí.

Další nálezy ze současné doby jsou hlášeny z Pokrušnohorské výsypky (J. Vondrák, os. sděl.) a jižního i severního Plzeňska (modřiny, trnky – O. Peksa, os. sděl.).

### ***Evernia mesomorpha* Nyl.**

Cirkumboreálně rozšířený druh, nejhojnější v severní Asii, který v Evropě vykazuje kontinentální rozšíření. V Kanadě je považován za druh tolerantní ke znečištění, který se objevuje jako jeden z prvních po snížení úrovně znečištění (Gunn et al. 1995). Z České republiky je udáván ze Šumavy, od Veselí nad Lužnicí a z jižní Moravy, všechny tyto nálezy pocházejí z doby před rokem 1970 (cf. Liška et al. 1996). V současnosti je druh hodnocen jako kriticky ohrožený (CR – Liška et al. 2008). Mimo SZ Čechy byl nalezen pouze u Hluboké nad Vltavou na skalnatém výchozu (J. Vondrák, nepubl.), na trnce u Mydlovar na severním Plzeňsku (O. Peksa, os. sděl.) a na modřinu nedaleko Hradčan u Ralska (L. Syrovátková, nepubl.). Na území Doupovských hor byl sbírán na několika místech z trnky a hlohu.

### ***Flavoparmelia caperata* (L.) Hale**

Subkosmopolitně rozšířený druh (Culberson 1955), vyskytující se především v nižších nadmořských výškách na kůře listnáčů (nejčastěji dubů) nebo na silikátových skalách (Kocourková et Peksa 2008). Preferuje světlé lesy nebo solitérní stromy. V Doupovských horách se vyskytuje podobně jako oba předchozí druhy na mladých větvičkách trnek.

### ***Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale**

Druh s podobnými ekologickými nároky jako *F. caperata*. Nejdeme jej na světlých stanovištích, především v doubravách. Dle Wirtha (1995) je tento druh toxitolerantnější než *F. caperata* a je možné předpokládat jeho šíření. V ČR je v současné době znám ze 6 lokalit v Novohradských horách, na Třeboňsku, z rezervací Malhotky a Rendez-Vous na jižní Moravě (Peksa et al. 2004, Liška et al. 2006, Svoboda et al. 2007). Ve studovaném území byl zaznamenán pouze jedenkrát na trnce nedaleko Podbořanského Rohozce ve formě dobře vyvinuté, bohatě sorediozní stélky.

### ***Hypogymnia farinacea* Zopf.**

Tento druh porůstá dřeviny s kyselou borkou na chladných a vlhkých stanovištích především v horských polohách (Wirth 1995). V ČR je řazen mezi zranitelné druhy (VU) (Liška et al. 2008). Zaznamenán byl jedenkrát na trnce v JZ části Doupovských hor.

### ***Melanelia exasperata* (De Not.) Essl.**

Vzácný druh terčovky od ostatních hnědých terčovek snadno odlišitelný podle knoflíčkovitých isidií. Je vysoce citlivý na eutrofizaci i kyselé znečištění (Wirth 1995), u nás v současnosti hodnocen jako ohrožený (EN). Na daném území byl nalezen na třech lokalitách na hlohu a trnce.

### ***Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch**

Druh ve střední a jižní Evropě široce rozšířený. Tato terčovka porůstá především listnaté stromy (jasany, javory) s obohacenou borkou. Nejčastěji se vyskytuje na okrajích lesů, či v alejích podél cest. V Doupovských horách byla zaznamenána na dvou lokalitách v jižní části území na bezu a trnce. Její výskyt na tenkých větvičkách keřů je stejně jako u dalších druhů (*F. caperata*), které v jiných situacích porůstají ve formě rozsáhlých stélek paty starých stromů či silikátové kameny, minimálně zajímavý.



## **Rekolonizace**

Všechny práce publikované v ČR na téma reakce lišejníků na znečištění ovzduší (např. Anděl et Černohorský 1978, Liška 1994, Liška et Herben 2008, Svoboda 2007) byly zaměřeny na ústup lišejníků v souvislosti se vzrůstajícími koncentracemi polutantů, ale co se týče rekolonizace, je tato práce první zabývající se podrobně tímto jevem.

V této části se pokouším zhodnotit probíhající rekolonizaci v Doupovských horách v souvislosti s nejdůležitějšími faktory, které ji mohou ovlivňovat a porovnat typické rysy tohoto fenoménu s charakteristikami uváděnými v rekolonizačních studiích z jiných území. Hodnocení rekolonizace vychází pouze ze stávajícího stavu lichenoflóry daného území. Bohužel není možné konkrétní srovnání s lišejníkovou vegetací před nástupem silného znečištění, neboť data ze zkoumaného území v podstatě neexistují. Pohnutá minulost (vysídlení sudetských Němců po 2. světové válce a následné založení vojenského prostoru) způsobila, že tato oblast téměř ušla pozornosti lichenologů. Pochází odsud jen velmi malé množství údajů, které neposkytují ucelenou představu o epifytické flóře. Na stav zdejší lišejníkové vegetace v době intenzivního fungování tepelných elektráren bez odsiřovacích zařízení lze ovšem usuzovat ze známých hodnot znečištění ovzduší i z údajů z jiných částí severních Čech (viz Úvod).

### ***Faktory ovlivňující rekolonizaci***

Nejdůležitějším předpokladem pro zahájení procesu rekolonizace je samozřejmě pokles imisi SO<sub>2</sub>, ale návrat epifytů nutně ovlivňuje mnoho dalších faktorů, z nichž jako nejdůležitější bývá obvykle udáváno klima dané oblasti, substrát a schopnosti šíření lišejníků (Lange et al., 2005, Hawksworth et McManus 1989, Barkmann 1958).

### **Klima**

Vliv mikroklimatu na výskyt epifytických společenstev nebyl v této studii prokázán. Rozdíly v nadmořské výšce či poloze lokalit nejsou evidentně dostatečné a jsou převáženy celkovým vhodným mezoklimatem území. Z obecného hlediska můžeme totiž klima Doupovských hor označit za velmi příhodné pro úspěšné uchycení a růst epifytů. Území se sice nachází ve srážkovém stínu Krušných hor (na Podbořansku ještě znásobeném srážkovým stínem vrcholků Doupovských hor), nedostatek vody z deště však bohatě vynahrazují časté mlhy (na některých místech se tvoří až třetinu dnů v roce), které jsou pro většinu lišejníků důležitějším zdrojem vlhkosti než voda v kapalném stavu (Büdel et Lange 1991, Nash 2008).

Převládající západní a severozápadní proudění se mohlo výrazně podílet na návratu epifytů. Vzhledem k tomu, že mnohé druhy, které se často uplatňují při rekolonizaci, se nedokážou úspěšně šířit na příliš velké vzdálenosti (Dettki 1998), je pravděpodobné, že se na naše území musely rozšířit z nepříliš vzdálených oblastí na západ od našich hranic. Tuto teorii podporuje nález společenstev s podobným druhovým složením v bývalých průmyslových oblastech Německa (Lange et al. 2005) i intenzita nálezů těchto synusií v západní části České republiky (z oblastí dále na východ není zatím takto intenzivní výskyt hlášen).

### Substrát

Vliv substrátu se ukázal na území Doupovských hor jako nejdůležitější ze studovaných faktorů. Už v nepřímé analýze se lišejníky jasně rozvrstvíly podle míry acidity či úživnosti borky a ukázaly se shluky odpovídající některým druhům dřevin. V přímé analýze CCA pak druh dřeviny vysvětlil přes 12 % variability v datech. Tato analýza ukázala, že nejvíce z tohoto vlivu je způsobeno specifickým druhovým složením epifytů porůstajících bez černý. Jde o společenstvo nitrofilních druhů jako např. *Caloplaca cerinella*, *Lecania cyrtella*, *L. naegeli*, *Lecanora hagenii* či *Macentina abscondita*. Existence nitrofilních společenstev je obecně známým faktem, ale zajímavější je, že ordinační diagram ukázal specifickou vegetaci i pro hloh. Zdá se, že poskytuje optimální podmínky například oběma vzácným druhům rodu *Evernia* (*E. divaricata*, *E. mesomorpha*), často se na něm vyskytují i druhy rodu *Usnea*, z čehož bychom mohli usuzovat, že výskyt této dřeviny výrazně podporuje návrat vzácných druhů. Do blízkosti hlohu se v ordinačních diagramech zobrazila i trnka, čemuž odpovídá i pozorování z terénu. Významnost trnky a hlohu jako vhodného substrátu pro šířící se epifyty podporují i průměrné počty druhů vyskytujících se na těchto keřích. V porovnání s ostatními dřevinami jsou výrazně vyšší (16 druhů pro trnku, 15 pro hloh, u všech ostatních 9–10).

### Keře vs. stromy

Obecně je možné říci, že přítomnost keřů podporuje průběh rekolonizace území ve větší míře než přítomnost stromů (ve zkoumaném území se vyskytuje málo modřínů, jejichž odumřelé spodní větve jsou taktéž výborným substrátem pro uchycení epifytů). Je to pravděpodobně způsobeno tím, že stromy byly po dlouhou dobu vystaveny působení kyselých imisí. Velmi nízké pH borky přetrvává ještě po dlouhou dobu po eliminaci kyselého znečištění (Seaward 1979, Kricke 2003). U keřů je situace zcela odlišná. Mladé části, které jsou nejčastěji osidlovány epifyty, vyrostly v době, kdy byl vliv imisí SO<sub>2</sub> již téměř zanedbatelný, borka jimi tedy není ovlivněna. Podobné vysvětlení uvádějí Bates et al. (1990) ve studii o



změnách lišejníkové vegetace v souvislosti s poklesem koncentrací SO<sub>2</sub> na mladých a starých dubech v SV Anglii. Ovšem tento důvod nejspíše nebude jediným, neboť ani mladé větve zkoumaných stromů nehostily tak bohatou lišejníkovou vegetaci jako keře. Dalším vysvětlením může být, že jsou keře díky svému nízkému vzrůstu více ovlivňovány přízemní vlhkostí (mlhami, rosou). Tuto možnost připouští i Ferry et Lodge (1996), jako jeden z faktorů ovlivňující sukcesi lichenoflóry na trnkách. V neposlední řadě může větroví keřů sloužit jako hustá síť účinně zachycující diaspory lišejníků.

### Geografické rozmístění lokalit

Ačkoliv vliv samotných lokalit se ve všech analýzách ukázal zanedbatelný, jisté rozdíly jsou patrné při zhodnocení lokalit v rámci čtverců (SZ, SV, JZ, JV – viz metodika analýza dat). Projevily se především v druhové bohatosti. Hodnocení podobnosti ukázalo shodný, i když ne tak zřetelný trend. Nejvíce druhů bylo průměrně nalézáno v JV čtverci, nejméně pak ve čtverci SZ. Oba zbylé čtverce se zařadily druhovou bohatostí mezi tyto extrémy. Tyto rozdíly mohou být způsobeny různými koncentracemi znečištění. I když celkové imise SO<sub>2</sub> výrazně poklesly na celém území ČR, spadá právě SZ čtverec do oblasti, kde jsou průměrné roční koncentrace stále o něco vyšší, než na zbytku území. Částečně tato zóna vyšších koncentrací zasahuje i do SV čtverce. Zároveň tyto dva čtverce vykazovaly nejvyšší koncentrace SO<sub>2</sub> v poslední fázi fungování tepelných elektráren před odsířením (viz obr. 1). U JZ čtverce je za možné předpokládat současné ovlivnění znečištěním z Karlových Varů.

### Otázka refugii

Jednou z nejzajímavějších otázek týkajících se rekolonizace nových území je, zda lišejníky mohly přežívat po dobu silného znečištění v refugiích, z nichž by se rychle mohly po znečištění rozšířit. Jako refugium by nejspíše mohly sloužit zachovalé lesní porosty, které se na území přirozeně vyskytují. Ty v případě Doupovských hor představují bučiny a doubravy. Proto byla zaznamenána lichenoflóra několika dobře zachovalých doubrav (Dětaňský chlum, Kružínský vrch apod.). Ukázalo se ovšem, že se v nich vyskytuje jen malé množství lišejníků, navíc se jedná většinou o druhy běžně rozšířené, tolerantnější ke znečištění, jako např.

*Hypogymnia physodes*, *Lecanora conizaeoides*, *Parmelia sulcata* či *Physcia tenella*. O něco citlivější epifyty, jako *Evernia prunastri* či *Tuckermannopsis chlorophylla*, stejně jako druhy rodu *Usnea* či *Bryoria* se zde vyskytují pouze ve stadiu mladých stélek. Vzácné druhy nalézané na keřích se zde nevyskytují vůbec. Tyto lokality tedy mohly sloužit jako refugium

pouze několika běžným druhům. Podobné pozorování uvádí také Kricke (2003) ve své rekolonizační studii.

Otázku refugií by uspokojivě mohla zodpovědět pouze genetická studie, ale z výsledků této práce i dalších nepřímých důkazů vyplývá, že na území Doupovských hor se refugia, která by byla zdrojem diaspor pro současné populace lišejníků, s velkou pravděpodobností nenacházela.

### Zhodnocení sukcesního stadia

Kromě posouzení stávajícího stavu epifytické lichenoflóry se nabízí zajímavá otázka, jak se bude rekolonizovaná vegetace dále vyvíjet. Pro odhad další sukcese by bylo potřeba zachytit počátek rekolonizace a sledovat její postup po delší časové období, ale některé závěry se můžeme pokusit vyvodit i z dat, která máme k dispozici.

První pozorování mladých stélek keříčkovitých lišejníků jako jsou *Evernia prunastri* či *Usnea* sp.se v Doupovských horách pocházejí z let 2000–2001 (terénní zápisky O. Peksy), tedy překvapivě brzy po odsíření posledních podkrušnohorských elektráren. Rekolonizace tedy teoreticky probíhá již téměř 10 let, což bývá udáváno jako dostatečná doba pro obnovení lišejníkové vegetace (Henderson et al. 1979, Showman 1981). Rekolonizace tedy není v počátečním stadiu. Nepřímo můžeme odhadovat počátek rekolonizace i dle velikosti stélek lišejníků (Rose et Hawksworth 1981). Pro keříčkovité druhy je odhadována rychlost růstu okolo 5 mm ročně (Ahmadijan et Hale 1973, Nash 2008), s tím, že růst může probíhat rychleji ve velmi příznivých klimatických podmínkách (Sancho et al. 2007) Rychlejšímu růstu odpovídá i opakované terénní měření stélky *Flavoparmelia caperata* (růst jednotlivých laloků ca 10 mm za rok – obr. 1 v příloze 7). Mnohé nalezené stélky rodu *Usnea* dosahují až 15 cm, což též ukazuje na trvání rekolonizačního procesu jistě více než 10 let. I podle Krickeho (2003) charakterizuje značná velikost stélek a naopak přítomnost stélek v iniciačních stadiích, které mohou pocházet už z místních zdrojů, spíše sekundární fázi rekolonizačního procesu.

Na jisté sukcesní stadium můžeme usuzovat i na základě druhové skladby epifytů. Podle práce Ferry et Lodge (1996) indikují pozdní sukcesní fázi např. *Ramalina farinacea*, *Pseudevernia furfuracea*, *Hypogymnia tubulosa* či *Flavoparmelia caperata*. Tyto druhy jsou na území Doupovských hor nalézány poměrně hojně ve formě vyspělých stélek

Významné závěry o stadiu sukcese bohužel nemůžeme vyvozovat z poměru různých typů stélek, protože literatura poskytuje o tomto vztahu rozporuplné údaje. Lange et al. 2005 tvrdí, že v počátečních fázích rekolonizace by se měly výrazněji uplatňovat keříčkovité a lupenité druhy (jsou lepšími kolonizátory), úplně opačné výsledky však poskytuje studie Ferryho et Lodge (1996), kteří označili většinu lišejníků s těmito typy stélek za pozdní kolonizátory. Druhá uváděná studie se však nezabývá přímo rekolonizací a je pravda, že ekologické charakteristiky druhů mohou být tímto procesem ovlivněny. Keříčkovité a lupenité druhy na studovaném území jen nevýrazně převažují nad korovitými, což by (pokud vezmeme v úvahu práci Lange et al. 2005) odpovídalo spíše pokročilejší fázi rekolonizace. Toto tvrzení je v souladu i s ostatními výše uváděnými závěry.

Převaha vegetativně se šířících druhů by měla být typická pro všechna stadia rekolonizačního procesu ( Kricke 2003, Lange 2005), čemuž situace studované oblasti odpovídá (podíl vegetativně se rozmnožujících druhů je téměř dvě třetiny. Nevýhody pohlavního rozmnožování jsou totiž zejména v počátečních stádiích ještě umocněny. Může jít např. o problém s nalezením vhodného řasového symbionta, kterých je k dispozici ještě méně než v rozvinutém lišejníkovém společenstvu, kde mohou jako zdroj fotobiontů sloužit stélky ostatních druhů nebo jejich vegetativní propagule (Beck et al. 1998, Kricke 2003)

Další vývoj lichenoflóry v Doupovských horách můžeme jen předvídat. Patrně za nějakou dobu dojde k naplnění kapacity prostředí, kdy již nebude docházet k nárůstu počtu druhů ani kvantity lišejníků. Tato teorie však může být potvrzena jen dlouhodobějším sledováním fenoménu rekolonizace.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnotit stav epifytické lichenoflóry a probíhající rekolonizaci Doupovských hor v souvislosti s nejdůležitějšími faktory prostředí, které ji mohou ovlivňovat.

Průzkum území odhalil poměrně bohatou epifytickou lichenoflóru. Celkem bylo nalezeno 84 druhů epifytů, z nichž více než čtvrtina je podle Červeného seznamu lišejníků ČR řazena mezi ohrožené druhy. Nalezen byl i druh *Usnea glabrata*, který byl u nás považován za vyhynulý. Poměrně překvapivý je na tomto ještě v nedávné době silně znečištěném území výskyt značného množství citlivých keříčkovitých druhů jako např. *Evernia divaricata*, *Evernia mesomorpha* či zástupců rodu *Usnea*, kterých zde bylo nalezeno osm druhů.

Rekolonizaci území Doupovských hor pravděpodobně napomáhá celkově výhodné klima s častým výskytem mlh. Z dalších faktorů se jako nejdůležitější ukázal vliv substrátu. Obecně je možné říci, že bohaté porosty keřů pozitivně ovlivňují rekolonizaci oblasti. Keře hostily větší počet druhů lišejníků než stromy a též se na nich vyskytovalo více vzácných a citlivých druhů, zatímco stromy sloužily jako substrát spíše běžnějším, široce rozšířeným a toxitolernějším druhům. Z konkrétních druhů dřevin jsou nejlepším substrátem pro epifyty hloh a trnka, které si často jako substrát vybírají např. oba vzácné výše zmíněné druhy rodu *Evernia*, *Flavoparmelia caperata*, *Flavopunctelia flaventior*, *Melanelia exasperata*, *Ramalina farinacea* či některé druhy rodu *Usnea*.

Zkoumán byl i vliv geografického rozmístění lokalit. Ukázalo se, že nejchudší lichenoflóra je v severozápadní části území, která byla v minulosti nejvíce zasažena imisemi SO<sub>2</sub> a i v současné době spadá do oblasti, kde jsou koncentrace škodlivin vyšší než na zbytku území.

Vliv dalších studovaných parametrů (nadmořské výšky, geomorfologie terénu a vodního toku) se nepodařilo prokázat patrně kvůli malým rozdílům v hodnotách těchto proměnných mezi jednotlivými lokalitami.

Většina druhů lišejníků s velkou pravděpodobností nepřeživala dobu největšího znečištění v refugiích na území Doupovských hor a do oblasti se patrně rozšířila z jiných, vzdálenějších oblastí. Zachovalé lesní porosty, které jsou potenciálními refugii mohly sloužit jako úkryt nanejvýš několika málo toxitolernějším druhům.

## SUMMARY

### **Lichen recolonization in the area of Doupovské hory hills after reduction of the atmospheric pollution**

Doupovské hory hills are part of the area which was till late 1990s heavily polluted by sulphur dioxide that caused extinction of almost all the epiphytic lichens. Presented study is focused on the lichen recolonization in this area after fall of sulphur dioxide levels. This includes the evaluation of the environmental factors affecting recolonization process. Next aim is to describe biodiversity of lichens in this area.

Survey of the area revealed 84 epiphytic lichen species including many of rare and sensitive species like *Evernia divaricata*, *E. mesomorpha* and eight *Usnea* species. *U. glabrata* that was considered to be extinct in the Czech Republic was rediscovered.

Statistic analysis demonstrated substrate to be the most important factor influencing species composition and confirmed that presence of shrubs (especially *Prunus spinosa* and *Crataegus* sp.), which host better developed lichen communities than trees, facilitates the process of recolonization.

Comparison of species richness among localities showed that lichenflora of the northwestern part of the area still reflects higher pollution levels from the past decades.

## LITERATURA

- Ahmadijan V. et Hale M.E.**, eds. (1973): The lichens. - Academic Press, London.
- Alstrup A.** (2001): Epifytiske mikrolaver. - Gads Forlag. Kobenhavn.
- Anděl P. et Černohorský Z.** (1978): Lišejníky a znečištění ovzduší na Liberecku. - Preslia 50: 341-359.
- Anders J.** (1906): Die Strauch- und Blattflechten Nordböhmens. Anleitung zum leichten und sicheren Bestimmen der in Nordböhmen vorkommenden Strauch-. - Böhm. Leipa, 92 pp, 5 pl..
- Anders J.** (1917): Die Strauch- und Blattflechten Nordböhmens. I. Nachtrag. - Mitt.Nordböhm. Ver. Heimatforsch Wanderp, 40/2-3: 64-77.
- Anders J.** (1919): Die Strauch- und Blattflechten Nordböhmens. 2. Nachtrag. - Hedwigia 61: 351-374.
- Anders J.** (1922): Zur Flechtenflora Nordböhmens. - Böhm. Leipa, 1 p., [Selbstverlag].
- Anders J.** (1923): Zur Flechtenflora des Isergebirges. - Hedwigia 64: 256-267.
- Anders J.** (1924): Zur Flechtenflora des Isergebirges (Nachtrag). - Hedwigia 64: 65-84.
- Anders J.** (1925): Zur Flechtenflora des Isergebirges. - Mitteil.Ver.für Heimatk. XIX: 5 pp.
- Anders J.** (1928): Die Flechtenflora des Kummergebirges in Nordböhmen. - Lotos 76: 315-325.
- Anders J.** (1935): Im Verschwinden begriffene und verschwundene Flechtenarten in Nordböhmen. - Ber. Deutsch. Bot. Ges., Berlin 53: 319-330.
- Anders J.** (1936): Die Flechten Nordböhmens. IV. Nachtrag. - Beih. Bot. Cbl., Sect. 2, Dresden B 54: 429-488, 4 pl.
- Babůrek J.** (1998): Geologie Doupovských hor. in: Augustin eds. Historický sborník Karlovarska VI: 5-14.
- Bachmann E.** (1913): Zur Flechtenflora des Erzgebirges. I. Rittersgrün. - Hedwigia 53: 99-123.
- Bachmann E.** (1914): Zur Flechtenflora des Erzgebirges. I. Altenberg. - Hedwigia 55: 157-182.
- Balatka B. & Loučková J.** (1993): Podrobné členění reliéfu Doupovských hor a přilehlého území. Sborník České geografické společnosti 98: 123-127.
- Balatka B.** (1993): K vývoji údolí Ohře v Doupovských horách. Sborník České geografické společnosti 98: 107-122.
- Barkmann J. J.** (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. - Van Gorcum and Company. N. V., Asen. 628 pp.
- Bates J.W., Bell J.N.B. & Farmer A.M.** (1990): Epiphyte recolonization of oaks along a gradient of air pollution in South-East England, 1979–1990. - Environmental Pollution 68: 81-99.
- Bates, J. W., Bell, J. N. B. and Massara, A. C.** (2001). Loss of *Lecanora conizaeoides* and other fluctuations of epiphytes on oak in S. E. England over 21 years with declining SO<sub>2</sub> concentrations. Atmospheric Environment, 35, 2557–2568.

- Binterová Z.** (1998): Zaniklé obce Doupovska. Okresní muzeum Chomutov. Chomutov.
- Büdel B. et Lange O.L.** (1991): Waterstatus of green and bluegreen phycobionts in lichen thalli after hydration of water vapour uptake: Does it become turgid?. *Bot. Acta.*, 104: 361-366
- Culberson W.L.** (1955): Notes on the *Parmelia caperata* group in Wisconsin. - *Bryologist* 58(1): 40-44.
- Černohorský Z., Nádvořník J. et Servít M.** (1956): Klíč k určování lišejníků ČSR. 1. díl. 156 p., ed. Nakl. ČSAV, Praha
- Český hydrometeorologický ústav** (2000): Zenčištění ovzduší na území České republiky. Mapy, tabulky, grafy – 1996 – URL: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr96cz/groc96.html>
- Český hydrometeorologický ústav** (2000): Zenčištění ovzduší na území České republiky. Mapy, tabulky, grafy – 2005 – URL: <http://www.chmi.cz/uoco/isko/groc/gr05cz/gif/o2451-05SO2rpeko.gif>
- Dettki H.** (1998): Dispersal of fragments of two pendulous lichen species. - *Sauteria* 9: 123-131.
- Drhovská L.** (2007): Význam historické struktury krajiny pro současnou vegetaci křovin. Diplomová práce, depon. in Knih. kat. bot. PřF UK, Praha.
- Ferry B. W. et Lodge E.** (1996): Distribution and succession of lichens associated with *Prunus spinosa* at Dungeness, England. - *Lichenologist* 28: 129-143.
- Gunn J., Keller W., Negusanti J., Protvin R., Beckett P. et Winterhalder K.** (1995): Ecosystem recovery after emission reductions: Sudbury, Canada. - *Water, Air and Soil Pollution* 85: 1783-1788
- Hammer, Ø., Harper D.A.T., Ryan P. D.** (2001): PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. - *Palaeontol. Electronica* 4: 9
- Hawksworth D. L. et Rose F.** (1974): Lichens as pollution monitors, Edward Arnold. London
- Hawksworth D. et Rose F.** (1970): Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. - *Nature* 227: 145-148
- Hawksworth D.L. et McManus P.M.** (1989): Lichen recolonization in London under conditions of rapidly falling sulphur dioxide levels, and the concept of zone skipping. - *Botanical Journal of the Linnean Society* 100: 99-109.
- Henderson-Sellers A. et Seaward M.R.D.** (1979): Monitoring lichen Reinvasion of ameliorating environments. - *Environmental Pollution* 19: 207-213.
- Herben T. et Münzbergová Z.** (2003): Zpracování geobotanických dat v příkladech. - Část I. Data o druhovém složení. - Praha, 118 pp.
- Hultengren S., Gralén H. et Pleijel H.** (2004): Recovery of the epiphytic lichen flora following air quality improvement in south-west Sweden. - *Water, Air, and Soil Pollution* 154(1-4): 203–211.
- Klement O.** (1931): Zur Flechtenflora des Erzgebirges. Die Umgebung von Komotau. - *Beih. Bot. Cbl., sect. B, Dresden* 52-96.
- Komár A.** (1993): Vojenský újezd Hradiště. Sborník České geografické společnosti 98: 75-86.

- Kopecný M.** (2006): Historický pohled na vegetaci sekundárních lesů v Doupovských horách. Diplomová práce, depon. in Knih. kat. bot. PřF UK, Praha.
- Král V.** (1993): Doupov a Doupovské hory - minulost a přítomnost. Sborník České geografické společnosti 98: 123–127.
- Kricke R.** (2003): Modellvorschlag zum Verlauf der Wiederbesiedelung ehemals flechtenfreier Räume. - *Bibl. Lichenol.* 86: 381-392.
- Kriesl A.** (1978): Bioindikace vlivu imisí sokolovské průmyslové oblasti. - *Acta Bot. Slov. Acad. Sci. Slovacae, ser. A* 4: 419-424.
- Lange H.** (1929): Zur Flechtenflora des Erzgebirges. (Das obere Zschopaugebiet.). - *Hedwigia* 69: 56-83.
- Lange H.** (1933): Zur Flechtenflora des Erzgebirges. (Das obere Zschopaugebiet: Nachträge und Berichtigungen.). - *Hedwigia* 73: 39-53.
- Lange O. L., Türk R., Zimmermann D. G.** (2005): Neufunde der boreal-montanen Flechte *Evernia divaricata* im trocken-warmen Main-Tauber-Gebiet und ihre Begleiter. - *Herzogia* 18: 51-62
- LeBlanc F., Rao D., Comeau G.** (1972): The epiphytic vegetation of *Populus balsamifera* and its significance as an air pollution indicator in Sudbury, Ontario. - *Canadian Journal of Botany* 50: 519-528
- Lepš J. et Šmilauer P.** (2000): Mnohorozměrná analýza ekologických dat. - Biologická fakulta JČU v Českých Budějovicích, České Budějovice, 102 pp.
- Liška J. et Herben T.** (2008): Long-term changes of epiphytic lichen species composition over landscape gradients: an 18 year time series. - *Lichenologist* 40: 437-448.
- Liška J.** (1994): Bioindikace znečištění ovzduší v České republice pomocí lišejníků. - *Příroda* 1: 7-21.
- Liška J., Dětiný R. et Palice Z.** (1996): Importance of the Šumava Mts. for the biodiversity of lichens in the Czech Republic - Význam Šumavy pro biodiverzitu lišejníků v České republice. - *Silva Gabreta* 1: 71-81.
- Liška J., Palice Z. et Slavíková Š.** (2008): Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic. - *Preslia* 80: 151–182.
- Liška J., Palice Z., Dětiný R. et Vondrák J.** (2006): Changes in distribution of rare and threatened lichens in the Czech Republic II. - In: Lackovičová A., Guttová A., Lisická E. & Lizoň P. (eds.), *Central European lichens – diversity and threat*, Mycotaxon Ltd., Ithaca, p. 241-258.
- Nádvorník J.** (1951): Lišejníky Jizerských hor. - *Čas. Nár. Mus.* 120: 44-48.
- Nash III T. H.** (ed) (2008): *Lichen Biology. Second Edition.* - Cambridge University Press, Cambridge. 486 pp.
- Neuhäuslová Z. et al.** (1998): *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky.* Academia. Praha.
- Orange A., James P. W. et White F. J.** (2001): *Microchemical methods for the identification of lichens.* British Lichen Society. London.



- Otte V.** (2008): Rückkehr der Bartflechten – Über die Wiedereinwanderung von *Usnea*- und *Bryoria*-Arten in Brandenburg und Sachsen mit Hinweisen zu ihrer Bestimmung. - *Boletus* 30(2): 95-105.
- Palice Z., Bayerová Š., Peksa O., Svoboda D. et Voříšková L.** (2007): The lichen flora of NP Bohemian Switzerland. - In: Härtel H., Cílek V., Herben T., Jackson A. & Williams R., *Sandstone Landscapes*. Academia, Praha, pp. 200-204.
- Peksa O., ed** (2008): Zajímavé lichenologické nálezy IV. (Parmeliaceae) - Interesting records of lichens, IV (Parmeliaceae). - *Bryonora* 42: 30-37.
- Peksa O., Svoboda D., Palice Z., Dětinský R., Zahradníková M.** (2004): Lišejníky. In Papáček M. (ed.), *Biota Novohradských hor: modelové taxony, společenstva a biotopy*. - Jihočeská Univerzita České Budějovice, pp. 100-104, 293-297.
- Pošťolka** (1993): Obyvatelstvo a osídlení Doupovských hor. *Sborník České geografické společnosti* 98: 107-122.
- Purvis O. W., Coppins B. J., Hawksworth D. L., James P. W. et Moore D. M.** (1992): *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. - Natural History Museum, London, 710 pp.
- Ranta P.** (2001): Changes in urban lichen diversity after a fall in sulphur dioxide levels in the city of Tampere, SW Finland. - *Annales Botanici Fennici* 38(4): 295-304.
- Rejl J., Kropáček J. et Holešínský O.** (1998): *Mapování aktuální vegetace Vojenského výcvikového prostoru Hradiště*. - Ms. AOPK, Praha, 6 pp.
- Sancho L.G., Green T.G.A. et Pintado A.** (2007): Slowest to fastest: Extreme range in lichen growth rates supports their use as an indicator of climate change in Antarctica. - *Flora* 202: 667-673.
- Seaward M. R. D.** (1979): Lower plants and the urban landscape. - *Urban Ecology* 4: 217-225.
- Seaward M. R. D.** (1997): Urban deserts bloom: a lichen renaissance. - *Bibl. Lichenol.* 67: 297-309.
- Servít M. et Klement O.** (1933): *Flechten aus der Čechoslovakei. III. Nordwestböhmen*. - *Věstn. Král. Čes. Společ. Nauk*, Praha, 1932: 1-37.
- Showman R. E.** (1981): Lichen Recolonization following Air Quality Improvement. - *Bryologist* 84(4): 492-497
- Svoboda D. et Peksa O.** (2008): Epifytická lichenoflóra stromů podél silnic v Labských pískovcích v severních Čechách. - *Příroda*, Praha 26: 131-140.
- Svoboda D.** (2007): Evaluation of the European method for mapping lichen diversity (LDV) as an indicator of environmental stress in the Czech Republic. - *Biologia*, Bratislava 62/4: 424-431.
- Svoboda D., Czarnota P., Bouda F., Halda J. P., Liška J., Kukwa M., Müller A., Palice Z., Peksa O., Šoun J., Zelinková J. & Vondrák J.** (2007): Lišejníky zaznamenané během 13. jarního setkání Bryologicko-lichenologické sekce ČBS na exkurzích v Bílých Karpatech a dalších lokalitách na JV Moravě. - *Bryonora* 39: 39-49.
- Tapper R.** (1976): Dispersal and changes in the local distribution of *Evernia prunastri* and *Ramalina farinacea*. - *New Phytologist* 77: 725-732

- ter Braak C. J. F. et Šmilauer P.** (1998): CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. - Microcomputer Power, Ithaca, NY, US, 353 pp.
- ter Braak C. J. F. et Šmilauer P.** (2002): CANOCO Reference Manual Cano Draw for Windows User's Guide: software for canonical community ordination (version 4.5). - Microcomputer Power, Ithaca, NY, US, 500 pp.
- Thomson J. W.** (1984): American Arctic lichens.- colombia University Press. New York
- Thüs H. et Dornes P.** (2003): Neu- und Wiederfunde von Flechten in Hessen. - Hessische Floristische Briefe 52 (2/3): 62-67
- Tomášek M.** (1967): Půdy na zvětralinách čedičů a čedičových pyroklastik na území Čech. Disertační práce, depon. in Knih. kat. bot. PřF UK, Praha.
- vanDobben H. F. et deBakker A. J.** (1996): Re-mapping epiphytic biodiversity in The Netherlands: effects of decreasing SO<sub>2</sub> and increasing NH<sub>3</sub>. - Acta Botanica Neerlandica 45: 55-71
- Vesecký A. eds.** (1958) Atlas podnebí Československé republiky. Hydrometeorologický ústav. Praha.
- Vojta J.** (1999): Vegetace zaniklých vesnic Doupovských hor ve vztahu k ostatním složkám krajiny. Diplomová práce, depon. in Knih. kat. bot. PřF UK, Praha.
- Vokou D., Pirintsos S.A. et Loppi S.** (1999): Lichens as bioindicators of temporal variations in air quality around Thessaloniki, northern Greece. - Ecological Research 14: 89-96.
- Wirth V.** (1991): Zeigerwerte von Flechten. - In: Ellenberg (eds.), Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta geobotanica p. 215-237, Erich Goltze KG, Göttingen.
- Wirth V.** (1995): Flechtenflora 2. Aufl.. - Ulmer 661 p.
- Zvára K.** (2003): Biostatistika. - Karolinum, Praha, 213 pp.

## **PŘÍLOHY**

Příloha č. 1 – Příspěvek k poznání rodu *Usnea* v České republice

Příloha č. 2 – Seznam lokalit

Příloha č. 3 – Kompletní seznam nalezených druhů

Příloha č. 4 – Základní popisné statistiky

Příloha č. 5 – Četnost výskytu druhů

Příloha č. 6 – Výsledky statistických testů

Příloha č. 7 – Růst lupenitých lišejníků v Doupovských horách

# Příspěvek k poznání rodu *Usnea* v České republice

## Rod *Usnea*

Rod *Usnea* Dill. Ex Adans. (Ascomycota, Parmeliaceae) je kosmopolitně rozšířen a zahrnuje asi 600 druhů (Wirtz et al. 2006). Na úrovni rodu jsou zástupci díky charakteristickému vzhledu snadno rozpoznatelní. Determinace druhů je ale vzhledem k vysoké morfologické i chemické variabilitě velmi obtížná (Clerc 1998).

Z území ČR je v současnosti udáváno 16 druhů, z nichž 5 je považováno za vyhynulé (kategorie RE), většina ostatních je řazena mezi ohrožené (Liška et al. 2008). Jelikož přesné rozšíření jednotlivých druhů nebylo na našem území studováno, byly kategorie ohrožení druhům přiřazovány pouze na základě odhadu autorů. Vezmeme-li v úvahu probíhající návrat epifytů na naše území v souvislosti s poklesem znečištění ovzduší a fakt, že druhy rodu *Usnea* jsou často určovány nesprávně či vůbec, je pravděpodobné, že se současná míra ohrožení bude od udávané lišit.

V procesu rekolonizace se provazovky uplatňují jako jedny z nejvýraznějších epifytů, což bylo také důvodem pro podrobnější studium tohoto rodu a zahrnutí údajů o výskytu, ekologii, morfologii a chemismu jednotlivých druhů nalezených na studovaném území jako samostatné části práce. Výsledky zde uvedené nejsou konečné, myslím však, že již v tomto stadiu přinášejí řadu cenných informací o zástupcích tohoto výrazného, ale u nás dosud málo probádaného rodu.

## Anatomie a morfologie

Pro taxonomii druhů rodu *Usnea* jsou podle Clerca (1987a, 1987b) nejdůležitější následující znaky:

1. převládající typ větvení (isotomicky dichotomický/anisotomicko dichotomický),
2. tvar větví (cylindrický/ postupně se zužující),
3. barva a frekvence segmentů basální části,
4. morfologie sorálů (tvar, velikost, původ),
5. vnitřní struktura větví (poměr tloušťky kůry, dřene, centrální osy).

Používány jsou i další znaky jako tvar a hustota papil, fibril a přítomnost isidiomorf, tyto znaky však mohou být značně ovlivňovány přírodními podmínkami stanoviště.

## ***Poznámky k anatomii a morfologii.***

Anatomické a morfologické charakteristiky rodu *Usnea* jsou podrobně popsány v několika studiích (Clerc 1987a, b, 1998, Clerc et Herrera-Campos 1997, Halonen et al. 1998, Herrera-Campos et al. 1998, Tõrra et Randle 2007). Uvádím zde proto jen krátké shrnutí a případné komentáře vycházející z vlastních pozorování.

*Stélka* může být *křovitá* (větve jsou většinou krátké, bohatě větvené, rozbíhavé, nejsou převislé ani na koncích), *převislá* (hlavní větve dlouhé, převážně paralelně uspořádané, visící) nebo *téměř převislá (subpendent)*, což je kombinace obou předchozích typů, kdy jsou větve u báze rovné, rozbíhavé a na koncích převislé.

*Bazální část* je místem přichycení stélky k substrátu. Může být různě zbarvena: od *zřetelně černé*, přes *hnědou* po zcela *světlou*.

U rodu *Usnea* lze rozlišit dva typy větvení stélky: *izotomicko-dichotomické* (obě vznikající větve jsou přibližně stejně tlusté) nebo *anizotomicko-dichotomické* (z hlavní silnější větve vyrůstá slabší vedlejší větev). Na jedné stélce jsou často zastoupeny oba typy větvení, z nichž jeden je možné označit za převládající.

*Větve* jsou na příčném průřezu nejčastěji *okrouhlé*, ale mohou být i *hranaté* či *nepravidelné*. Na podélném průřezu se větve ke koncům *postupně zužují*, nebo jsou *po celé délce téměř stejně tlusté* a náhle se zužují na koncích, mohou mít i *nepravidelný tvar*.

Pro některé druhy jsou charakteristické *prstencovité praskliny*, které mohou být *nezřetelné*, nebo *dobře patrné*. Segmentace větví prstencovitými prasklinami má taxonomický význam pouze, pokud je pravidelná po celé stélce.

Většina druhů vyskytujících se na našem území má na větvích přítomné *fibrily* – krátké, obvykle nevětvené výrůstky, uvnitř s centrálním provazcem, který není připojený k centrálnímu provazci hlavní větve (Clerc et Herrera-Campos 1997). Jejich hustota se u jednotlivých druhů liší. Po odlomení fibril vznikají jizvy, na nichž se mohou vytvořit soredie či izidie.

Další útvary objevující se na větvích jsou *papily* a *hrbolky* (papillae, tubercles). Papily jsou krátké cylindrické výběžky kůry, hustota jejich výskytu je ovlivňována podmínkami prostředí, takže nemají příliš velkou diagnostickou hodnotu. Vůbec nejsou přítomny u druhu *Usnea hirta* a *U. glabrata*, což usnadňuje jejich determinaci. Hrbolky jsou podobné papilám. Obvykle jsou větší než papily a uvnitř mají dřev. Na jejich vrcholcích mohou vznikat soredie a/nebo izidie.

*Izidie* jsou vegetativní rozmnožovací částice pokryté kůrou, obsahující buňky fotobionta. Izidiím podobné útvary vznikající na sorálech nejsou pravé izidie, jelikož nemají korový původ, ale vytváří se z výběžků dřevných hyf. Clerc (1998) je nazývá *izidiomorfy*.

*Sorály* jsou považovány za nejdůležitější charakteristiku pro taxonomii rodu *Usnea* (Clerc 1998). Důležitá je nejen jejich přítomnost/nepřítomnost a tvar, ale také ontogeneze. Je nutné sledovat jak mladé, tak plně vyvinuté sorály. Mladé sorály u mnoha druhů nesou izidiomorfy, zatímco na starších jsou často olámané. Vzhledem k povrchu větví mohou být sorály *vyvýšené (tuberculate)*,

*ploché* nebo *vyduté* (konkávní). Podle tvaru rozlišujeme sorály *okrouhlé, oválné, obklopující větve, náramkovité* či *nepravidelné*. Dle velikosti mohou být bodovité nebo zvětšené.

Velký diagnostický význam mají charakteristiky sorálů u křovitých druhů, u převislých druhů nejsou pro determinaci tak důležité.

*Barva dřene a centrálního provazce* je snadno pozorovatelný znak na podélných řezech větvemi.

Všechny druhy vyskytující se na sledovaném území mají dřeň bílou, takže tento znak u zjištěných zástupců nebyl významný pro determinaci .

Na podélném řezu můžeme sledovat také *konzistenci dřene*. U rodu *Usnea* jsou rozlišovány tři typy : 1. *řidká* s malým množstvím oddělených a jasně patrných hyf, 2. *hustá*, kde hyfy jsou nahloučené těsně k sobě, nejsou mezi nimi mezery, ale stále jsou jednotlivé hyfy rozeznatelné 3. *kompaktní*, v níž jednotlivé hyfy nejsou rozlišitelné (Clerc 1987a, Clerc et Harrera-Campos 1997).

Na daném území se vyskytují druhy pouze s prvním a druhým typem dřene, třetí typ pozorován nebyl.

Dalším anatomickým znakem je tloušťka jednotlivých vnitřních vrstev větví.

## Chemismus

Přítomnost specifických sekundárních metabolitů ve stélce zástupců provazovek je další důležitou charakteristikou jednotlivých druhů. Clerc (1998) považuje chemické znaky za přijatelné pouze tehdy, pokud jsou silně korelovány alespoň s jedním anatomickým či morfologickým znakem. Chemické druhy neakceptuje, považuje je pouze za chemotypy. Všechny druhy rodu *Usnea* obsahují v kůře kyselinu usnovou. Ve dřeni najdeme pak širokou škálu dalších látek ze skupiny depsidů, depsidonů, terpenoidů či mastných kyselin. Obsahové látky druhů udávaných pro území ČR ukazuje tabulka č. 1

Taxon	chemotyp	depsidony					depsidy					mastné kys.	
		kys. fumaroprotocetrarová	kys. protocetrarová	kys. salazinová	kys. norstiktová	kys. stiktová	kys. psoromová	kys. alekterioralová	kys. barbatová	kys. squamatová	kys. thamnolová	kys. kaperatová	kys. murolová
<i>U. diplotypus</i>	1		±	+				±	±				
<i>U. filipendula</i>	1		±	+									
	2												
<i>U. glabrata</i>	1	+	+										
	2		±	+	+	±							
	3												
<i>U. hirta</i>	1				±								+
	2												
<i>U. lapponica</i>	1		±	+					±			±	
	2						+						
	3												
<i>U. subfloridana</i>	1									+			
	2							±			+		
	3									+	+		
<i>U. substerilis</i>	1		±	+					±				
	2												
<i>U. scabrata</i>	1		±	+									
	2												

**Tab. 1:** Obsahové látky druhů rodu *Usnea* vyskytujících se v Doupovských horách (+ hlavní obsahová látka, ± akcesorická látka). České názvosloví sekundárních metabolitů následuje práci Jarkovský (1978).

## **Ekologie**

Rod *Usnea* je kosmopolitně rozšířený, pravděpodobně je fylogeneticky velmi starý a mnoho druhů dosáhlo svého širokého rozšíření v průběhu dlouhého časového období adaptací na různá stanoviště a klimatické podmínky (Halonen et al. 1999).

Většina druhů se vyskytuje ve vlhkých oblastech a vyhledává spíše světlá stanoviště (Halonen et al. 1999).

Zástupci rodu jsou převážně epifyty, vzácněji je nacházíme i na skalách. Porůstají především stromy a keře s kyselou reakcí borky, ale několik menších stélek bylo v Doupovských horách nalezeno i na subneutrálních až zásaditých substrátech (jasan, bez černý).

Provazovky jsou velmi citlivé na atmosférické znečištění, proto v druhé polovině minulého století z mnohých původních stanovišť vymizely. V současné době můžeme pozorovat jejich návrat, často i šíření na místa či substráty, kde se dříve běžně nevyskytovaly. Tento jev bývá označován jako rekolonizace či reinvaze, výrazně se projevuje především v modřínových porostech nebo keřích typu trnky a hlohu, kde zástupci tohoto rodu tvoří často dominantní složku společenstva epifytických lišejníků.



## **Materiál a metodika**

### **Materiál**

Studovala jsem především vlastní materiál nasbíraný na území Doupovských hor v letech 2007 a 2008, pro srovnání jsem používala i položky P. Tájka ze Slavkovského lesa, Z. Paliceho a O. Peksy především ze Šumavy a dalších regionů západních Čech. Celkem bylo sebráno a studováno 86 položek zástupců rodu *Usnea*. Sbírány byly náhodně na každé lokalitě (vždy několik plně vyvinutých stélek).

### **Anatomie a morfologie**

Položky byly morfologicky a anatomicky studovány klasickými lichenologickými metodami.

### **Chemismus**

Pro identifikaci sekundárních metabolitů byla použita metoda tenkovrstevné chromatografie (TLC – Thin Layer Chromatography) dle prací White et James (1985) a Orange et al. (2001).

Metodika spočívá ve vylouhování malých částí stélek v acetonu a následném nanesení extraktu na skleněné desky pokryté tenkou vrstvou silikagelu. Desky jsou umístěny do chromatografických van tak, aby byla spodní část desky ponořena do specifických rozpouštědlových systémů (byly použity systémy A, B, C). Lišejníkové látky přítomné ve vzorku jsou rozděleny na základě různých molekulových hmotností během vztlínání rozpouštědla vrstvou silikagelu. Vizualizace vzniklých skvrn je dosaženo potřením desek vodou (mastné kyseliny), poté 10% kyselinou sírovou s následným zahřátím. Látky jsou identifikovány na základě barvy a relativní vzdálenosti od startu. Využívány jsou i fluorescenční vlastnosti látek (detekce pod dlouho- i krátkovlnným UV zářením).

## Nalezené druhy

Celkem byli na území Doupovských hor nalezeni zástupci 8 druhů rodu *Usnea*, následuje jejich přehled s poznámkami k morfologii, chemismu a ekologii. Kategorie ohrožení v ČR jsou udávány podle Seznamu a Červeného seznamu lišejníků České republiky (Liška et al. 2008).

### ***U. diplotypus* Vain.**

**Stélka** křovitá až téměř převíslá; báze světlá až tmavá; převažuje anisotomicko-dichotomický typ větvení, větve mohou být nepravidelně zduřelé, s prohlubněmi, konečky větví často pokroucené; fibrily a papily přítomné, v množství variabilní; izidiomorfy četné a často poměrně dlouhé; sorály bodovité, nerozšiřující se, soredie farinózní; kůra tenká; dřeň variabilní v hustotě i tloušťce.

**Chemismus.** Z Evropy i Severní Ameriky je znám jeden chemotyp s kyselinou salazinovou jako hlavní medulární substancí a kyselinou protocetrarovou, barbatovou, 4-O-dimethylbarbatovou a alektorialovou jako látkami akcesorickými (Halonen et al. 1998, Clerc 1987a).

**Ekologie a rozšíření.** Udávána z Evropy, USA a Mexica (Nash et al. 2007)

**Ohrožení:** EN.

**Poznámky.** *U. diplotypus* je blízce příbuzná druhům *U. substerilis* a *U. lapponica*. Pro rozlišení nejsou příliš významné ani obsahové látky, jelikož všechny tři druhy mají podobné chemotypy. *U. diplotypus* má však zakroucené konečky větví, často téměř převíslou stélku a dlouhé izidiomorfy (*U. substerilis* má krátké, *U. lapponica* žádné).

### ***U. filipendula* Stir.**

**Stélka** převíslá; báze tmavá; větve postupně se zužující; fibrily a izidiomorfy nápadné a četné; papily řídké až hojné, převážně na hlavních větvích; sorály nejčastěji bodovité, nesoucí izidiomorfy; kůra silná; dřeň poměrně silná, hustá.

**Chemismus.** Rozlišovány jsou dva chemotypy: 1. se kyselinou salazinovou jako hlavní medulární substancí a kyselinou protocetrarovou jako akcesorickou je udáván z Evropy a Severní Ameriky; 2. bez med. substancí je znám pouze z Evropy (Halonen et al. 1998).

**Ekologie a rozšíření.** Druh je rozšířen cirkumpolárně v boreální a mírné oblasti.

**Ohrožení:** VU.

**Poznámky.** Tento druh je velmi podobný druhu *U. scabrata*, od nějž se odlišuje obvykle četnějšími fibrilami a konzistencí dřeně (hustá u *U. filipendula*, řídká u *U. scabrata*).

### ***U. glabrata* (Ach.) Vain**

*Stélka* křovitá, drobná (nepřesahující 5 cm, často však menší); báze světlá; větve zúžené v místě větvení, nafouklé, s jamkami, stejné barvy jako zbytek stélky; fibrily četné; izidiomorfy a papily chybí; sorály výrazné, většinou na koncích větví a fibril, velké, mohou splývat; kůra tenká; dřev tlustá a velmi řídká; centrální provazec tenký.

*Chemismus*. V Evropě a Severní Americe zaznamenán chemotyp 1. s kyselinou protocetrarovou a fumarprotocetrarovou jako hlavními obsahovými látkami a mnoha akcesorickými látkami; 2. s kyselinou salazinovou a norstiktovou jako hlavními medulárními látkami a různými akcesorickými látkami je znám z Fennoskandinávie (Halonen et al. 1999); byl zaznamená i 3. chemotyp bez dřevných obsahových látek (Clerc 1987a, Myllys 1994).

*Ekologie a rozšíření*. Rozšířena cirkumpolárně v boreálních a mírných oblastech.

*Ohrožení*: RE (druh byl považován za vyhynulý).

*Poznámky*. Snadno rozpoznatelný druh podle malé velikosti stélky, zúžení větví v místě větvení, nepřítomnosti papil a izidiomorf a neobvykle řídké dřevě.

### ***U. hirta* Weber ex F. H. Wigg.**

*Stélka* většinou malá (často jen několik cm), křovitá; báze světlá; bohatě větvená, převládá anisotomicko-dichotomický typ větvení, větve často pokroucené s foveolami; izidiomorfy velmi četné, roztroušené nebo ve shlucích, hojnější na koncích větví, často hustě porůstají celé větve; papily chybí; sorály bodovité, vyvíjejí se na jizvách vzniklých po odlomení izidiomorf; kůra tenká; dřev tlustá a obvykle řídká.

*Chemismus*. Většinou jsou obsaženy mastné kyseliny (z komplexu kyseliny murolové), ze Severní Ameriky je znám chemotyp neobsahující ve dřevu žádné sekundární metabolity (Halonen et al. 1998); z Norska a Velké Británie chemotyp s kyselinou norstiktovou a mastnými kyselinami (Krog et al. 1980, Purvis et al. 1992)

*Ekologie a rozšíření*. *U. hirta* je celosvětově rozšířený taxon s kontinentální tendencí (Clerc 1997). Relativně xerofytní.

*Ohrožení*: VU.

*Poznámky*. *U. hirta* se může někdy podobat druhu *U. subfloridana*, od nějž se ale odlišuje nepřítomností papil. Z vlastního pozorování je ale možné říci, že jde o jeden z mála druhů snadno poznatelný pouze na základě morfologických charakteristik.

### ***U. lapponica* Vain.**

*Stélka* křovitá, bohatě větvená; větvení převážně anisotomicky-dichotomické, větve často s prohlubněmi a jamkami; báze variabilní od zcela světlé po tmavou; fibrily hojné; izidiomorfy vždy chybí; papily četné; sorály velké, zpočátku ploché, postupně se rozšiřující a prohlubující, mohou dosahovat až k centrálnímu provazci, často obepínají celou větev, kůra kolem sorálů bývá roztrhaná; jinak kůra tenká; dřev variabilní v tloušťce i hustotě.

*Chemismus.* Převládá chemotyp s kyselinou salazinovou jako hlavní obsahovou látkou a různými akcesorickými látkami (kyselina protocetrarová, barbatová a kaperatová) (Halonen et al. 1998); nejméně častý je chemotyp s kyselinou psoromovou (Halonen et al. 1999); z Evropy a Severní Ameriky je znám třetí chemotyp bez medulárních substancí (Törre et Randle 2007).

*Ekologie a rozšíření.* Jde o cirkumpolárně, kontinentálně rozšířený druh. Ve Skandinávii se vyskytuje v rozvolněných i hustých lesích, v zahradách a na stromech podél cest (Halonen et al. 1999). Vyhýbá se suchým stanovištím.

*Ohrožení:* CR.

*Poznámky.* Taxon je blízce příbuzný druhu *U. substerilis*, kterému se velmi podobá i morfologicky. Sorály *U. substerilis* jsou ale tuberkulární nebo pouze lehce vyhloubené a obvykle nesou izidiomorfy. Druhy se mohou lišit i chemicky, kyselina barbatová se u druhu *U. lapponica* vyskytuje jen velmi zřídka u zástupců z Britské Kolumbie (Halonen et al. 1998), tento chemotyp je ale udáván i z Estonska (Törre et Randle 2007). Na druhou stranu může *U. lapponica* produkovat kyselinu psoromovou nebo kaperatovou, které u *U. substerilis* nalezeny nebyly. Přesto jsou oba druhy často obtížně rozlišitelné. Dle práce Halonen et al. (1999) by nejednoznačně určitelné položky měly být označovány jako *U. lapponica* sensu lato.

### ***U. scabrata* Nyl.**

*Stélka* je převislá; větve silné, nepravidelné, často s prohlubněmi nebo rýhami, mohou být částečně segmentované prstencovitými prasklinami; báze světlá nebo tmavší; fibrily krátké, variabilní v hustotě; izidiomorfy řídké nebo chybí; papily četné, roztroušené nebo chybí; sorály bodovité, nepravidelné, vyvíjejí se na vrcholcích narušených papil, hrbolků nebo rýh; kůra velmi tenká; dřev tlustá a řídká.

*Chemismus.* Dle Halonena et al. (1998) se vyskytují dva chemotypy: 1. neobsahuje ve dřevu žádnou látku; 2. s kyselinou usnovou jako hlavní obsahovou látkou, která může být

doprovázena kyselinou protocetrarovou jako akcesorickou látkou (Tõrra et Randlane 2007).

*Ekologie a rozšíření.* Téměř cirkumpolárně rozšířený taxon v boreální oblasti, na jižní polokouli zasahující i do mírných (převážně horských) oblastí, má kontinentální tendence. Je známý ze severní a střední Evropy, západní Sibíře a západní části Severní Ameriky.

*Ohrožení:* CR.

*Poznámky.* *U. scabrata* s. lat. je vysoce polymorfní druh a mnohé morfologické charakteristiky (přítomnost fibril, morfologie papil, míra větvení, tloušťka větví, přítomnost foveol) jsou pravděpodobně velmi silně ovlivněné podmínkami prostředí. Díky vysoké morfologické variabilitě byla tento druh popsán pod několika různými názvy. Pravděpodobně zahrnuje více taxonů. Jedinci s četnými fibrilami mohou být zaměněni za druh *U. filipendula*, od něhož se odlišují konzistencí dřene (řidká u *U. scabrata*, hustá u *U. filipendula*) (Halonen et al. 1998).

### ***U. subfloridana* Stirt.**

*Stélka* křovitá až téměř převislá; bohatě větvená, převažuje isotomicko-dichotomický typ větvení; báze zřetelná, tmavě zbarvená, často s prstencovitými prasklinami; fibrily četné u báze, roztroušené na koncích větví; izidiomorfy a papily hojné; sorály bodovité až zvětšené, obvykle nesou krátké izidiomorfy; kůra poměrně silná; dřev tenká a hustá.

*Chemismus.* Byly zaznamenány tři chemotypy: 1. obsahující kyselinu squamatovou; 2. s kyselinou thamnolovou jako hlavní medulární substancí; 3. s kyselinou thamnolovou i squamatovou současně.

*Ekologie a rozšíření.* Druh je hojně rozšířený od borálních do mírných oblastí. Má širokou ekologickou amplitudu, roste od vlhkých stinných lesů po otevřená stanoviště, vyhýbá se velmi suchým místům (Halonen et al. 1998, 1999).

*Ohrožení:* EN.

*Poznámky.* Obvykle snadno poznatelný druh podle typu větvení a četných izidiomorf. Mohl by být zaměnitelný s *U. diplotypus* a *U. wasmuthii*, ale ani jeden z těchto druhů neobsahuje ve dřevu kyselinu squamatovou ani kyselinu thamnolovou.

### ***U. substerilis* Motyka**

*Stélka* křovitá, obvykle malá, bohatě větvená; báze světlá či tmavá; větvení převážně anisotomicko-dichotomické, větve nepravidelně pokroucené, naběhlé, foveolátní s prstencovitými prasklinami, které mohou mít bílé prstence (*medullary rings*); fibrily

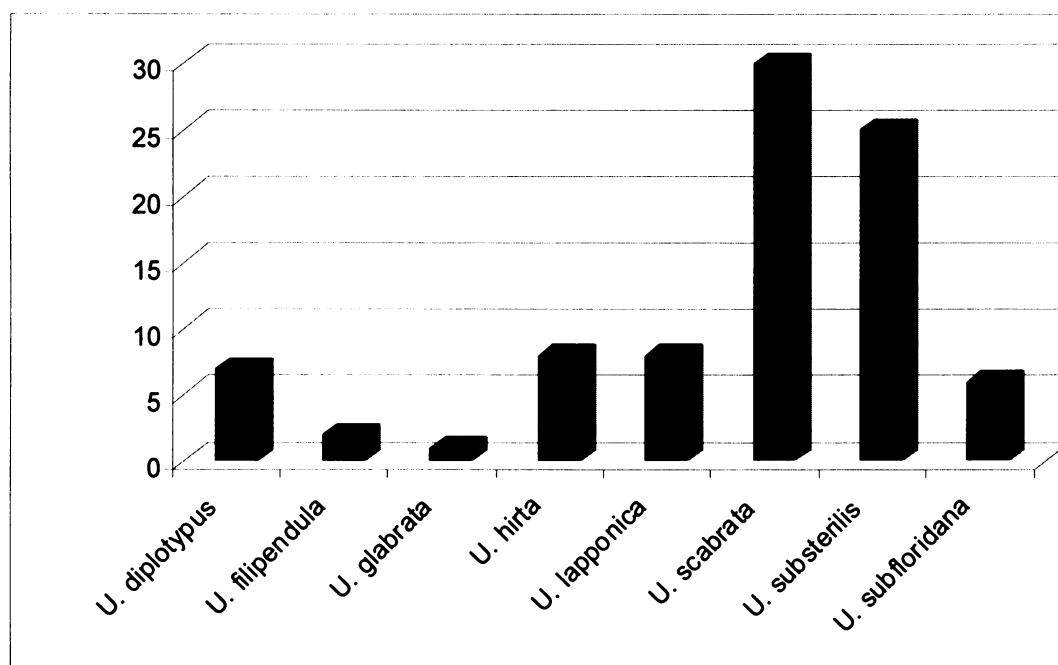
někdy hojně i na koncích větví; izidiomorfy krátké, přítomné alespoň na mladých sorálech (na starších často olámané); papily četné; sorály nepravidelné, mírně tuberkulární až mírně prohloubené, soredie granulovité; kůra tenká; dřev variabilní v tloušťce i hustotě.

*Chemismus.* Törre et Randle (2007) rozlišují dva chemotypy: 1. se salazinovou kyselinou jako hlavní medulární substancí a různými akcesorickými látkami (protocetrarovou, barbatovou a 4-O-dimethylbarbatovou kyselinou) a 2. bez medulárních substancí.

*Ekologie a rozšíření.* Cirkumpolární, od boreálních po mírné oblasti.

Ohrožení: bez kategorie, nový druh pro ČR!

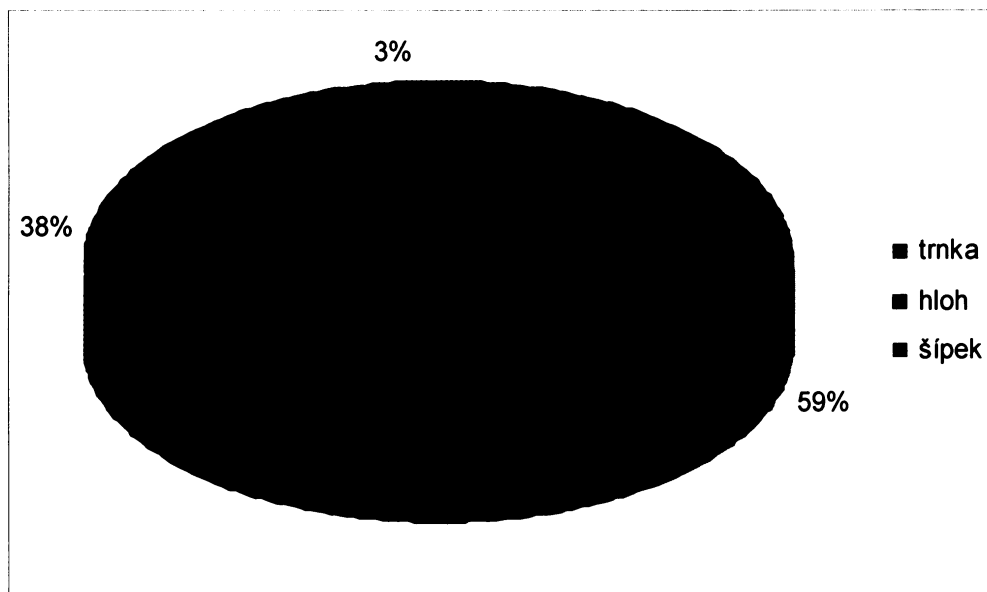
*Poznámky.* Z ČR neudávaný, ale patrně zařazovaný ke druhu *U. lapponica* s. lat. (CR).



**Obr. 1:** Zastoupení jednotlivých druhů rodu *Usnea* v Doupovských horách (osa y udává počet sběrů)

taxon	trnka	hloh	šipek
<i>U. diplotypus</i>	4	3	
<i>U. filipendula</i>	1	1	
<i>U. glabrata</i>	1		
<i>U. hirta</i>	6	2	
<i>U. lapponica</i>	1	7	
<i>U. scabrata</i>	18	10	2
<i>U. substerilis</i>	16	8	1
<i>U. subfloridana</i>	4	2	

**Tab. 2:** Počty zástupců jednotlivých druhů na různých substrátech



**Obr. 2:** Podíl substrátů preferovaných sebranými zástupci rodu *Usnea*

## Zhodnocení

Vzhledem k tomu, že tato studie nezahrnuje příliš velké množství materiálu, nemůžeme z jejich výsledků vyvozovat žádné jednoznačné závěry, ale přesto se zde již projeví některé tendence v hojnosti druhů a preferencích substrátu, které můžeme vztahovat alespoň na území Doupovských hor.

Zajímavé je srovnání výskytu druhů s kategoriemi ohrožení udávanými Červeným seznamem. Dva v Doupovských horách nejhojnější druhy (*U. scabrata* a *U. substerilis*) jsou například řazeny do kategorie kriticky ohrožených druhů, na druhou stranu druhy běžně považované za nejrozšířenější (*U. filipendula* a *U. hirta*) byly v daném území nalezeny pouze několikrát (obr. 1). Kategorie tedy zřejmě neodpovídají skutečnému stavu a když vezmeme v úvahu, že některé druhy se budou pravděpodobně dále šířit, bude patrně nutné jejich přehodnocení.

Co se týče substrátu, je rodem *Usnea* nejčastěji osidlována trnka (téměř 60 % sběrů), následuje hloh (38 %), jen malé množství sběrů pochází z šípku (3 %) (obr. 2). Jiný typ substrátu už se u studovaných sběrů nevyskytoval, ale z terénního pozorování je zřejmé, že se zástupci tohoto rodu uchycují i na dalších dřevinách (třešeň, dub, jasan). V současné době jsou ale na těchto dřevinách ve stadiu velmi mladých stélek dosahujících velikosti několika málo centimetrů, u kterých není možná spolehlivá determinace. Tento fakt nejspíše vypovídá o tom, že tyto substráty jsou pro provazovky méně vhodné.

Jak bylo řečeno v úvodu, uvedené výsledky studie rodu *Usnea* v západních Čechách jsou pouze předběžné. Vzhledem k tomu, že již teď přináší velmi zajímavé informace o změnách v rozšíření a ekologii jednotlivých druhů v ČR, ráda bych je po dokončení práce publikovala v některém z odborných časopisů.



## Literatura

- Clerc P.** (1987a): Systematics of the *Usnea fragilescens* aggregate and its distribution in Scandinavia. - Nord. J. Bot. 7: 479-495.
- Clerc P.** (1987b): On the morphology of soralia in the genus *Usnea*. - Bibl. Lichenol. 25: 99-102.
- Clerc P.** (1997): Notes on the genus *Usnea* Dill. ex Adanson. - Lichenologist 29(3): 209-215.
- Clerc P.** (1998): Species concepts in the genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes). - Lichenologist 30: 321-340.
- Clerc P.** (2007): *Usnea*. In: Nash, T. H. III, Gries, C. & Burgartz, F. (eds) Lichen flora of the Greater Sonoran Desert Region. Arizona State University, Tempe, Arizona.
- Clerc P., Herrera-Campos M. A.** (1997): Saxicolous species of *Usnea* subgenus *Usnea* (lichenized Ascomycetes) in North America. - Bryologist 100: 281-301.
- Halonen P., Clerc P., Goward T., Brodo I. M., Wulff K.** (1998): Synopsis of genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes) in British Columbia, Canada. - Bryologist 101: 36-60.
- Halonen P., Myllys L., Ahti T. et Petrova O. V.** (1999): The lichen genus *Usnea* in East Fennoscandia. III. The shrubby species. - Ann. Bot. Fennici 36: 235–256.
- Herrera-Campos M. A., Clerc P., Nash T. H. III.** (1998): Pendulous species of *Usnea* from temperate forests in Mexico. - Bryologist 101: 303-329.
- Jarkovský M.** (1978): Lišejníkové látky a jejich identifikace. – Pedagogická fakulta v Hradci Králové, 106 p.
- Liška J., Palice Z. et Slavíková Š.** (2008): Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic. - Preslia 80: 151–182.
- Myllys L.** (1994): *Usnea glabrata* (lichenized Ascomycotina) in East Fennoscandia. - Acta Bot. Fennica, 150: 125-130.
- Orange A., James P. W. et White F. J.** (2001): Microchemical methods for the identification of lichens. British Lichen Society. London.
- Purvis O. W., Coppins B. J., Hawksworth D. L., James P. W., Moore D. M.** (1992). The Lichen Flora of Great Britain and Ireland. London: St. Edmundsbury Press.
- Tõrra T. et Randlane T.** (2007): The lichen genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes, Parmeliaceae) in Estonia with a key to the species in the Baltic countries. - Lichenologist 39: 415-438.
- White F. J., James P. W.** (1985): A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. - British lich. soc. bull., 57 (suppl.): 41 p.
- Wirtz N., Printzen C., Sancho L. G. et Lumbsch H. T.** (2006): The phylogeny and classification of *Neurospogon* and *Usnea* (Parmeliaceae, Ascomycota) revisited. - Taxon 55(2): 367–376.



*Usnea hirta*



*Usnea substerilis*



*Usnea scabrata*

## **Příloha 2 - Seznam lokalit s GPS souřadnicemi**

<b>lokality</b>	<b>GPS souřadnice</b>
<b>1 Kozinec</b>	50.24879°N, 13.44979°E
<b>2 Křečov</b>	50.28176°N, 13.26424°E
<b>3 Březnice</b>	50.15943°N, 13.45295°E
<b>4 Velká rokle u Mašřova</b>	50.24998°N, 13.24237°E
<b>5 Sedlec</b>	50.27012°N, 13.22553°E
<b>6 Chmelištná</b>	50.27012°N, 13.22553°E
<b>7 Mokřiny, údolí Podhájského potoka</b>	50.23142°N, 13.30595°E
<b>8 Ořkov - Vrbička</b>	50.16367°N, 13.28385°E
<b>9 údolí Dolánského potoka</b>	50.22551°N, 13.33009°E
<b>10 Bražec</b>	50.17565°N, 13.03137°E
<b>11 Březina</b>	50.18242°N, 13.10337°E
<b>12 Radnice</b>	50.39359°N, 13.26361°E
<b>13 Úhošťany-Brodce</b>	50.35415°N, 13.24436°E
<b>14 Jakubov - stará Tocovská cesta</b>	50.32699°N, 13.03833°E
<b>15 Tocov</b>	50.32572°N, 13.06395°E
<b>16 Strážný vrch (Spáleníště)</b>	50.31941°N, 13.08279°E
<b>17 Dvěrce</b>	50.20704°N, 13.32419°E
<b>18 Radošov (u Kyselky)</b>	50.27321°N, 13.00689°E
<b>19 Tok</b>	50.35771°N, 13.16293°E
<b>20 Dubový vrch</b>	50.19934°N, 13.36049°E
<b>21 Dětaňský chlum</b>	50.20029°N, 13.30637°E
<b>22 Podbořanský Rohozec</b>	50.20967°N, 13.26433°E
<b>23 Pod Úhoštěm</b>	50.36086°N, 13.26236°E
<b>24 S svah Dubového vrchu proti Hůrce</b>	50.33138°N, 13.24833°E
<b>25 Hůrka</b>	50.33560°N, 13.26127°E
<b>26 Dubový vrch u Kojetína</b>	50.32850°N, 13.25686°E
<b>27 Verušičky</b>	50.14040°N, 13.16439°E
<b>28 Německý Chloumek</b>	50.15001°N, 12.98411°E
<b>29 Radošov</b>	50.16608°N, 13.13140°E
<b>30 Andělská hora</b>	50.21406°N, 12.95331°E
<b>31 Korunní</b>	50.35013°N, 13.07629°E
<b>32 Damice</b>	50.33149°N, 13.01849°E
<b>33 Vojkovice</b>	50.35274°N, 13.00895°E
<b>34 Vojkovice-Damice</b>	50.31216°N, 13.01731°E
<b>35 Velichov</b>	50.27490 N, 13.01787 E

### Příloha 3 - Přehled všech druhů nalezených v Doupovských horách společně s lokalitami výskytu

Druh	lokalita
<i>Amandinea punctata</i>	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 33, 35
<i>Anisomeridium polypori</i>	3, 4, 11, 33
<i>Bacidia adastrata</i>	7, 8, 11
<i>Bacidina arnoldiana</i>	8, 33
<i>Bryoria fuscescens</i>	1, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 27, 29, 32, 33, 35
<i>Buellia griseovirens</i>	9, 33
<i>Caloplaca cerinella</i>	4, 33
<i>Caloplaca pyracea</i>	33
<i>Candelariella reflexa</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18, 22, 23, 24, 29, 33, 34
<i>Candelariella xanthostigma</i>	3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35
<i>Coenogonium pineti</i>	33
<i>Evernia divaricata</i>	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 19, 23, 29, 32
<i>Evernia mesomorpha</i>	1, 7, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 23
<i>Evernia prunastri</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Flavoparmelia caperata</i>	8, 9, 14
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	22
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	8, 10, 11, 25, 26,
<i>Hypogymnia farinacea</i>	10
<i>Hypogymnia physodes</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	20
<i>Lecania cyrtella</i>	2, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 24, 27, 28, 31, 32, 34, 35
<i>Lecania naegeli</i>	4, 24, 33, 35
<i>Lecanora carpinea</i>	10, 11, 24
<i>Lecanora conizaeoides</i>	1, ..., 35
<i>Lecanora dispersa</i>	1, 4, 10, 11, 13
<i>Lecanora expallens</i>	3, 7, 8, 9, 12, 27, 33, 34
<i>Lecanora hageni</i>	6, 10, 27, 30, 35
<i>Lecanora persimilis</i>	1, 6, 11, 23, 24, 27
<i>Lecanora pulicaris</i>	2, 4, 6, 7, 8
<i>Lecanora saligna</i>	1, 3, 4, 5, 6, 17, 22, 23, 24, 25, 33, 34
<i>Lecanora sambuci</i>	5, 27
<i>Lecanora symmicta</i>	3, 6, 7, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 33
<i>Lepraria sp.</i>	6, 9, 10, 13, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 28
<i>Macentina abscondita</i>	6, 16, 24, 27, 31
<i>Melanelia exasperata</i>	8, 10, 11

<i>Melanelia exasperatula</i>	1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Melanelia fuliginosa</i>	2, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 27
<i>Melanelia subaurifera</i>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Micarea denigrata</i>	6, 8
<i>Micarera prasina</i>	8, 26
<i>Parmelia saxatilis</i>	4, 7, 8, 24
<i>Parmelia sulcata</i>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3, 6, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 19, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 22, 24, 27, 28, 31, 32
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 22, 24, 27, 28, 30, 31, 32, 34
<i>Phlyctis argena</i>	8, 9, 21
<i>Physcia adscendens</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35
<i>Physcia caesia</i>	4, 9, 22
<i>Physcia dubia</i>	9, 22
<i>Physcia stellaris</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 22, 23, 27, 28, 35
<i>Physcia tenella</i>	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Physconia enteroxantha</i>	3, 4, 6, 8, 33
<i>Physconia grisea</i>	3
<i>Piccolia ochrophora</i>	6, 10
<i>Placynthiella dasea</i>	5, 6
<i>Placynthiella icmalea</i>	8, 16, 23, 33, 34
<i>Platismatia glauca</i>	3, 8, 13, 15, 16, 19, 22, 23, 32, 33
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	10, 27
<i>Porina aenea</i>	33
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35
<i>Punctelia subrudecta</i>	6, 7, 8, 11
<i>Punctelia ulophylla</i>	1, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 22, 23, 24, 29
<i>Ramalina pollinaria</i>	5, 8, 11, 14
<i>Ramalina farinacea</i>	3, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 22, 23, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35
<i>Rinodina pyrina</i>	30, 31
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34
<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 23, 24, 27, 30, 32, 33, 35
<i>Strangospora moriformis</i>	6, 8, 11, 22, 23
<i>Strangospora pinicola</i>	23
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	6, 9, 13, 16, 33
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	1, 3, 7, 8, 9, 22, 23, 28, 33, 35

<i>Usnea diplotypus</i>	23, 27
<i>Usnea filipendula</i>	23, 29
<i>Usnea glabrata</i>	13
<i>Usnea hirta</i>	3, 7, 9, 12, 18, 27
<i>Usnea lapponica</i>	11, 22, 27
<i>Usnea scabrata</i>	3, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 22, 24, 29
<i>Usnea subfloridana</i>	14, 22
<i>Usnea substerilis</i>	3, 6, 11, 13, 14, 15, 19, 22, 23, 28, 29
<i>Vulpicida pinastri</i>	6, 7, 8, 9, 12, 16, 22, 27, 33, 35
<i>Xanthoria candelaria</i>	3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 27, 29, 32, 35
<i>Xanthoria parietina</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35
<i>Xanthoria polycarpa</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35

## Příloha 4 – Základní popisné statistiky

	Rosasp.	Prunsp	Cratsp.	Sambni	Fraxex	Acerps	Salifr	Prunav	Quersp.
N	20	20	19	18	19	12	11	20	20
Min	4	7	5	4	1	4	4	3	3
Max	22	25	35	21	24	19	22	21	18
Mean	10,85	15,5	14,7895	10,6111	10,1579	9,83333	10,8182	9,55	9,2
Median	9	15	14	10	9	8	10	9	8
25 prcntil	7,25	10	11	7	7	7	6	7	5,25
75 prcntil	13,75	21	17	14	12	13,5	15	11,5	12,75

**Tab. 1:** Základní popisné statistiky počtu taxonů na jednotlivých druzích dřevin

	keře	stromy
N	77	82
Min	4	1
Max	35	24
Mean	12,974	9,81707
Median	12	9
25 prcntil	9	6
75 prcntil	16	12

**Tab. 2:** Základní popisné statistiky počtu taxonů na stromech a keřích

	SV	JV	JZ	SZ
N	39	40	43	43
Min	4	6	3	1
Max	25	35	20	21
Mean	12,1282	15,55	10,2558	7,67442
Median	12	14,5	10	8
25 prcntil	9	11,25	7	5
75 prcntil	15	20,75	14	10

**Tab. 3:** Základní popisné statistiky počtu taxonů ve čtvrcích

## Příloha 5 - Četnost výskytu nalezených druhů

taxon	četnost výskytu (%)
<i>Hypogymnia physodes</i>	100.0
<i>Lecanora conizaeoides</i>	100.0
<i>Evernia prunastri</i>	97.1
<i>Physcia tenella</i>	94.3
<i>Xanthoria polycarpa</i>	94.3
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	91.4
<i>Physcia adscendens</i>	82.9
<i>Xanthoria parietina</i>	82.9
<i>Melanelixia subaurifera</i>	80.0
<i>Parmelia sulcata</i>	80.0
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	71.4
<i>Melanohalea exasperatula</i>	68.6
<i>Amandinea punctata</i>	65.7
<i>Bryoria fuscescens</i>	57.1
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	57.1
<i>Candelariella reflexa</i>	54.3
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	54.3
<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	54.3
<i>Xanthoria candelaria</i>	54.3
<i>Candelariella xanthostigma</i>	51.4
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	48.6
<i>Physcia stellaris</i>	48.6
<i>Ramalina farinacea</i>	48.6
<i>Melanelixia fuliginosa</i>	45.7
<i>Lecania cyrtella</i>	42.9
<i>Evernia divaricata</i>	37.1
<i>Lecanora saligna</i>	34.3
<i>Usnea scabrata</i>	34.3
<i>Lepraria</i> sp.	31.4
<i>Punctelia ulophylla</i>	31.4
<i>Usnea substerilis</i>	31.4
<i>Cetraria chlorophylla</i>	28.6
<i>Lecanora symmicta</i>	28.6
<i>Platismatia glauca</i>	28.6
<i>Vulpicida pinastri</i>	28.6
<i>Evernia mesomorpha</i>	25.7
<i>Lecanora expallens</i>	20.0
<i>Lecanora persimilis</i>	17.1
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	14.3
<i>Lecanora dispersa</i>	14.3
<i>Lecanora hageni</i>	14.3
<i>Lecanora pulicaris</i>	14.3
<i>Macentina abscondita</i>	14.3



<i>Physconia enteroxantha</i>	14.3
<i>Placynthiella icmalea</i>	14.3
<i>Strangospora moriformis</i>	14.3
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	14.3
<i>Usnea hirta</i>	14.3
<i>Anisomeridium polypori</i>	11.4
<i>Lecania naegelii</i>	11.4
<i>Parmelia saxatilis</i>	11.4
<i>Punctelia subrudecta</i>	11.4
<i>Ramalina pollinaria</i>	11.4
<i>Bacidia adastrata</i>	8.6
<i>Flavoparmelia caperata</i>	8.6
<i>Lecanora carpinea</i>	8.6
<i>Melanohalea exasperata</i>	8.6
<i>Phlyctis argena</i>	8.6
<i>Physcia caesia</i>	8.6
<i>Usnea lapponica</i>	8.6
<i>Bacidina arnoldiana</i>	5.7
<i>Buellia griseovirens</i>	5.7
<i>Caloplaca cerina/cerinella</i>	5.7
<i>Lecanora sambuci</i>	5.7
<i>Micarea denigrata</i>	5.7
<i>Micarera prasina</i>	5.7
<i>Physcia dubia</i>	5.7
<i>Placynthiella dasea</i>	5.7
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	5.7
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	5.7
<i>Rinodina pyrina</i>	5.7
<i>Strangospora ochrophora</i>	5.7
<i>Usnea diplotypus</i>	5.7
<i>Usnea filipendula</i>	5.7
<i>Usnea subfloridana</i>	5.7
<i>Caloplaca pyracea</i>	2.9
<i>Coenogonium pineti</i>	2.9
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	2.9
<i>Hypogymnia farinacea</i>	2.9
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	2.9
<i>Physconia grisea</i>	2.9
<i>Porina aenea</i>	2.9
<i>Strangospora pinicola</i>	2.9
<i>Usnea glabrata</i>	2.9

## Příloha 6 – Výsledky statistických testů

	4	5	13	23	24	6	7	8	9	22	10	11	27	29	30	31	32	33	34	
4																				
5	ns																			
13	**	***																		
23	ns	*	*																	
24	ns	ns	***	*																
6	ns	ns	***	ns	ns															
7	ns	ns	***	ns	ns	ns														
8	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns													
9	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns												
22	ns	ns	***	**	ns	ns	*	ns	ns											
10	ns	**	ns	ns	**	**	*	ns	*	***										
11	**	***	ns	*	***	***	***	*	**	***	ns									
27	*	***	ns	ns	***	**	**	ns	*	***	ns	ns								
29	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	**	ns	**	ns							
30	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	*	ns						
31	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns					
32	*	***	ns	ns	***	***	**	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	*	*				
33	***	***	ns	**	***	***	***	**	***	***	*	ns	*	***	***	***	*			
34	**	***	ns	*	***	***	***	**	***	***	ns	ns	ns	**	**	**	ns	ns		
35	ns	**	ns	ns	**	**	*	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	

**Tab. 1:** Kruskal – Wallisův test ( $p < 0,001$ ): vzájemná porovnání podobností lokalit –  $p > 0,05$  ns,  $p < 0,05$ \*,  $p < 0,01$ \*\* ,  $p < 0,001$ \*\*\*

	SV	JV	JZ
SV			
JV	*		
JZ	**	***	
SZ	***	***	ns

**Tab 2:** Kruskal–Wallisův test ( $p < 0,001$ ): vzájemná porovnání podobností ve čtvercích

	Rosasp	Prunsp	Cratsp	Sambni	Fraxex	Acerps	Salifr	Prunav
Rosasp								
Prunsp	***							
Cratsp	***	ns						
Sambni	***	ns	ns					
Fraxex	***	***	***	***				
Acerps	**	***	***	***	ns			
Salifr	ns	***	***	***	ns	ns		
Prunav	ns	***	***	***	ns	ns	ns	
Quersp	**	***	***	***	ns	ns	ns	ns

**Tab 3:** Kruskal–Wallisův test ( $p < 0,001$ ): vzájemná porovnání podobností druhů dřevin

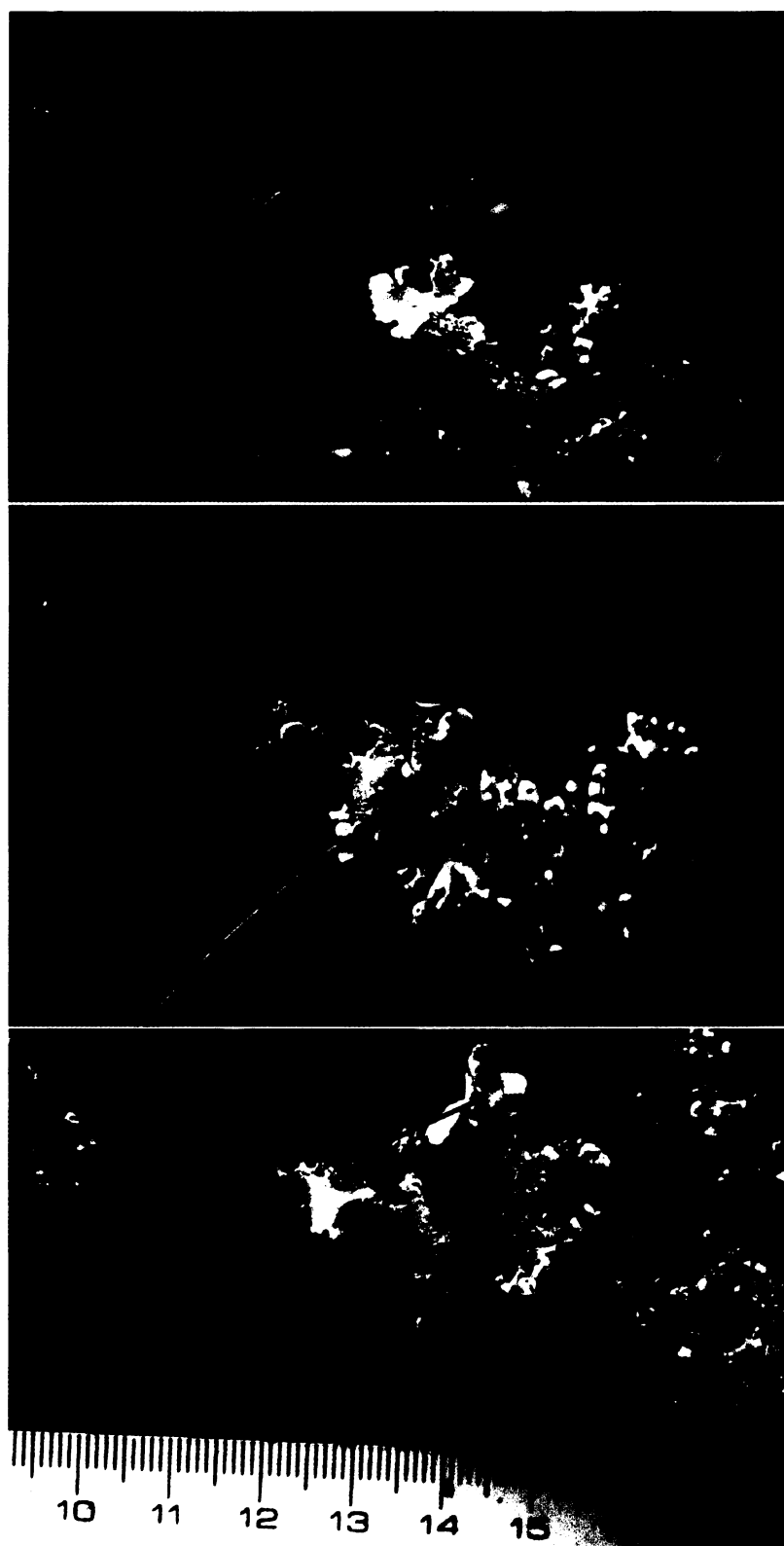
	Rosasp.	Prunsp	Cratsp.	Sambni	Fraxex	Acerps	Salifr	Prunav
Rosasp.								
Prunsp	**							
Cratsp.	*	ns						
Sambni	ns	**	*					
Fraxex	ns	**	**	ns				
Acerps	ns	**	*	ns	ns			
Salifr	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Prunav	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	
Quersp.	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns

**Tab. 4:** Kruskal – Wallisův test ( $p < 0,001$ ): vzájemná porovnání počtů druhů na jednotlivých dřevinách

	SV	JV	JZ
SV			
JV	*		
JZ	ns	***	
SZ	***	***	*

**Tab. 5:** Kruskal – Wallisův test ( $p < 0,001$ ): vzájemná porovnání počtů druhů ve čtvrcích

## Příloha 7



**Obr. 1:** Rychlost růstu lupenitých lišejníků v Doupovských horách - identická stélka *Flavoparmelia caperata* focená 3 roky po sobě (6.4.2006, 13.11.2007, 17.1.2009). Červená čára spojuje vrcholy stále stejných pupenů na větévce *Prunus spinosa* (větévka nerostla, v posledním roce focení byla již zcela odumřelá). Evidentní je růst některých laloků o více než 10 mm za rok. Foto O. Peksa.