

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Biomonitoring kvality ovzduší pomocí epifytických
lišejníků v oblasti Litoměřicka**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Martin Čáp

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Čáp Martin

Ochrana přírody

Název práce

Biomonitoring kvality ovzduší pomocí epifytických lišejníků v oblasti Litoměřicka

Anglický název

Biomonitoring of air quality with epiphytic lichens in area of Litoměřice

Cíle práce

Fundamentální cíl práce je důkladné zmapování biodiverzity epifytických druhů lišejníků na 100 vybraných stromech jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) ve studovaném území. Pomocí modifikované metody LDV – Lichen Diversity Value (Asta et al, 2002), tj. na základě determinované lichenoflóry (bioindikátoru), vyhodnotit změny kvality ovzduší v území. Sumarizovat informace o celkovém atmosférickém znečištění v lokalitě a vlivu polutantů na životní prostředí v Ústeckém kraji. Kraji, jež je zatížen zejména těžební a důlní činností, a vysokou koncentrací atmosférického znečištění. Statistické zpracování dat, vyhodnocení analýz pomocí geoinformačních programů.

Metodika

Na vybraných 100 stromech bude detekována epifytická lichenoflóra pomocí metodiky podle (Asta et al, 1995). Lišejníky detekovány přímo v terénu, a to pomocí botanické lupy s 16-ti násobným zvětšením. Pomocí mikroskopu a stereomikroskopu v laboratoři fakulty doupřesnění méně známých a vzácných druhů lišejníků. Pomocí mikrochemických reakcí taktéž v laboratoři fakulty. V neposlední řadě pomocí nejnovější lichenologické nomenklatury. Na základě takto získaných dat provedeno statistické zhodnocení dat, a zpracování analýz v programu ArcGis.

Harmonogram zpracování

03/2012 - zadání diplomové práce

06/2012 - 1. lichenologická konference o doposud zjištěných faktech, definice zájmového území

06 - 08/2012 - terénní výzkum v zájmové oblasti, literární rešerše, základní zhodnocení dat

09/2012 - 3. konference o získaných terénních datech

10 /2012 - 3. a 4. konference, zpracování získaných dat z terénu, dokončení rešerše

01/2013 - 5. závěrečná konference - prezentace DP

01 - 03/2013 - dokončení práce, sepsání DP ve vytčeném rozsahu stran, citace literatury, závěry a zhodnocení DP

03 - 04/2013 - odevzdání diplomové práce

Rozsah textové části

60-80

Klíčová slova

Biomonitoring, metoda LDV, epifytické lišejníky, biodiverzita, kvalita ovzduší, CHKO České středohoří, Fraxinus excelsior, Litoměřicko

Doporučené zdroje informací

- ASTA J., et al. (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality: Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens. Dordrecht: Springer, 285 s.
- DEMEK J. et al. (1987): Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha.
- LIŠKA J., PALICE Z. (2010): Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic. Příroda 29, Praha.
- NIMIS P.L., SCHEIDEGGER C. & WOLSELEY P.A. (eds.), (2002): Monitoring with Lichens - Monitoring Lichens, Kluwer Academic, Dordrecht.
- VÉZDA A. et LIŠKA J. (1999): Katalog lišejníků České republiky. Botanický ústav AV ČR Průhonice, Praha : 238 s.
- WIRTH V. (1995): Flechtenflora: Bestimmung und Ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. Ed. E. Ulmer, Stuttgart: [661 pp.]
- SMITH C.W. (2009): The Lichens of Great Britain and Ireland. Cambridge University Press. [1046 pp.]
- NASH T.H. (2008): Lichen Biology. Cambridge: Cambridge University Press. [486 pp.]
- GIORDANI P. (2007): Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. - Environmental Pollution 146(2): 317-323.
- HERBEN T. et MÜNZBERGOVÁ Z. (2003): Zpracování geobotanických dat v příkladech Část 1. Data o druhovém složení. - Katedra botaniky PFF UK, Praha. [75 pp.]

Vedoucí práce

Kocourková Jana, doc. RNDr., CSc.




prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry


prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 20.8.2012

Prohlášení

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

V Praze, dne 22. 4. 2013

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval, zejména vedoucímu mé diplomové práce, paní doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc., za odborné vedení, cenné rady a pomoc při určování druhů lišejníků. Poděkování patří taktéž ing. Lucii Zemanové za cenné rady z oblasti biostatistiky.

Abstrakt

Práce předkládá výsledky a jejich zhodnocení z terénního průzkumu biodiverzity epifytických druhů lišejníků na 100 kmenech *Fraxinus excelsior* v území ohraničeném kvadrátem (5450) středoevropského síťového mapování. Na základě získaných dat vyhodnocuje kvalitu ovzduší, v regionu považovaném za jeden z nejvíce znečištěných v rámci České republiky, pomocí moderní bioindikační metody LDV (Lichen Diversity Value). Zjištěná lišejníková rozmanitost ve studovaném území nabývá hodnot 0 – 25, průměrná hodnota činí 5,8.

Výsledky odpovídají velmi nízké abundanci epifytických lišejníků na kmenech. Nejrozšířenějším druhem je *Physcia tenella* (na 57 kmenech) a *Phaeophyscia orbicularis* (na 16 kmenech), spolu s *Physcia adscendens* (na 15 kmenech). Tyto nečastěji nalezené lišejníky, patří mezi toxitolerantní, nitrofilní druhy. Z výsledků je zřejmý dlouhodobý vliv emisí na stav lichenoflory, a velmi narušenou kvalitu ovzduší.

Klíčová slova

Biomonitoring, Metoda LDV, Epifytické lišejníky, Kvalita ovzduší, CHKO České středohoří, *Fraxinus excelsior*, Kvadrát středoevropského síťového mapování.

Abstract

This work presents the results and the assessment by the epiphytic lichen species biodiversity field research of 100 *Fraxinus excelsior* strains in the area outlined by 5450 Central European grid mapping quadrangle. Based on the gained data it assesses the environmental quality of the region, which is regarded as one of the most polluted in the Czech Republic, the work uses a modern method called LDV bioindication (Lichen Diversity Value). The revealed lichen diversity in the area of interest mounts from 0 to 25, the average value is 5.8. The results correspond to very low abundance of tribes by epiphytic lichens. The most common species is *Physcia tenella* (on 57 trunks) and *Phaeophyscia orbicularis* (on 16 trunks), along with *Physcia adscendens* (on 15 trunks). These most frequently determined lichens belong to tox-tolerant, nitrophilous species. The conclusion makes obvious the long-term impact of emissions on the lichen flora condition as well as much damaged quality of environment.

Keywords

Biomonitoring method, LDV, Epiphytic lichens, Environment Quality, PLA Czech Central, *Fraxinus excelsior*, Central network mapping quadrangle.

OBSAH

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Rešeršní část	12
3.1 Lišejníky	12
3.2 Bioindikace a biomonitoring	13
3.3 Atmosférické znečištění ovzduší	14
3.3.1 Oxid siřičitý SO_2	15
3.3.2 Emise oxidu dusíku	16
3.3.3 Kvalita ovzduší v zájmovém území	17
3.4 Jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	22
3.4.1 Borka <i>Fraxinus excelsior</i>	23
4. Charakteristika vymezené oblasti	24
4.1 CHKO České středohoří	25
4.2 Popis zájmového území	27
4.3 Geomorfologické členění	28
4.4 Klimatické poměry	29
4.5 Pedologické poměry	29
4.6 Vegetační poměry	30
5. Metodika	31
5.1 Terénní sběr a determinace lišejníků	31
5.2 Snímkování lišejníkové vegetace	32
5.3 Metoda LDV (Lichen Diversity Value)	34
5.4 Úprava dat	37
5.5 Analýza proměnných ovlivňující druhové složení	38

6. Výsledky	40
6.1 Ekologické charakteristiky nalezených druhů	43
6.2 Vliv proměnných prostředí na druhovou skladbu	45
6.3 Vztah frekvence jednotlivých druhů k celkové hodnotě LDV	48
6.4 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGIS	49
7. Diskuze	53
7.1 Zhodnocení výsledků metody LDV	53
7.2 Citlivost lišejníků	54
7.3 Vliv světových stran na kolonizaci lišejníků.....	55
7.4 Vztah druhů a LDV	56
7.5 Vztah druhů a proměnných prostředí	56
7.6 Komentovaný seznam nalezených druhů epifytických lišejníků	57
8. Závěr	75
9. Literatura	76
10. Přílohy	80

1. Úvod

Kvalita ovzduší je bezesporu aktuální globální problém. Jedna z vhodných možností, jak sledovat a následně vyhodnocovat stav ovzduší v dané oblasti je biomonitoring lišejníků. Tato metoda detekce stavu životního prostředí je výhodná jak po ekonomické stránce, tak aplikovatelností a to v urbanizovaném území (vyšší imisní zátěž), i v odlehlejších místech světa (Klumpp et al. 2004). Jistou výhodou je taktéž dostupnost lišejníků, které se vyskytují od polárních oblastí Země až po tropické oblasti (Nash, 2008). Využití lišejníků k biomonitoringu ovzduší je široce přijatá metoda v celosvětovém měřítku. Lišejník jako bioindikátor se ukazuje jako velmi citlivý organismus, reagující na atmosférické znečištění ovzduší (Hawksworth, 1971). S prudkým rozvojem průmyslové výroby v minulém století došlo k výraznému nárůstu koncentrací látek znečišťujících ovzduší (oxidy síry, oxidy dusíku) a dalších polutantů s negativním dopadem na lichenofloru celé Evropy. V důsledku toho došlo v některých oblastech ČR k částečnému až úplnému vymizení či útlumu výskytu epifytických lišejníků. Trend odsiřování započatý v 90. letech 20. století, znamená postupné zlepšování „environmentálních podmínek“ pro nové šíření dlouhodobě decimovaných lichenikolních ekosystémů a rekolonizaci území epifytickými druhy lišejníků. Avšak oxidy dusíky (NO_x) generovány zejména automobilovou dopravou, nejsou doposud nikterak direktivně regulovány.

Ústecký kraj a celé severní Čechy jsou průmyslovou oblastí, s pověstně špatnou kvalitou ovzduší. V posledních dvou dekadách došlo v kraji ke značnému zlepšení stavu „ozdravením“ ovzduší. Podle D. Svobody (Svoboda et Peksa, 2008) byl lichenologický průzkum v lokalitě ještě na počátku nového milénia zcela bezvýznamný.

2. Cíle práce

Základním cílem práce je důkladné zmapování biodiverzity epifytických lišejníků na 100 vybraných stromech jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*) ve vymezeném území oblasti Litoměřicka.

- Pomocí modifikované metody LDV - Lichen diversity value (Asta et al. 2002), tj. na základě determinované lichenoflóry (bioindikátoru), vyhodnotit změny kvality ovzduší v území.
- Posouzení aspektů majících negativní vliv na výskyt, distribuci a rekolonizaci lišejníků.
- Výsledky terénního měření dále zpracovány pomocí biostatistických metod.
- V území vymežit zóny s různou kvalitou ovzduší.
- Poskytnout objektivní a opakovatelnou studii pro posuzování lišejníkové rozmanitosti pro dané území.

3. Rešeršní část

3.1 Lišejníky

Pojem lichenologie, jako samostatná věda, zabývající se naukou o lišejnících, sdružuje široké spektrum podoborů, kterými se lze v lichenologii zabývat od taxonomie, systematiku, chemismus až po etnolichenologii (samostatná věda, zabývající se významem lišejníků pro lidstvo) či lichenometrii (usuzuje podle přírůstku lišejníku v čase na stáří substrátu, na kterém se daný druh vyskytuje; nejčastěji se k tomu využívá druh *Rhizocarpon geographicum*), přičemž aplikací je podstatně více. Bioindikace kvality ovzduší pomocí lišejníků je tedy jedna z více možných aplikací. Lišejníky jsou symbiotické organismy. Symbióza spočívá ve spojení houby (mykobionta) a řasy (fotobionta). Fotosyntetický partner může být krom jedné či více zelených řas i sinice. Mohou se tvořit tripartitní symbiózy, nebo i vícečetné. Toto soužití, se zpravidla nazývá lichenismus. Fungování tohoto duálního organismu si lze představit jako specifický druh soužití dvou různorodých entit. Vztah partnerů klasifikujeme jako mutualistický. Mutualistický vztah je obecně definován jako spojení mezi dvěma druhy, jež přináší oběma partnerům užitek (+, +), (Begon et al. 1990). Alternativně se může vztah klasifikovat jako "řízený parazitismus", houba profituje více na úkor lichenizovaného fotobionta (Ahmadjian, 1993).

Přínosem řasy ve vztahu je příjem organických látek z chlorofylu či jiným způsobem. Druhý z partnerů - houba - dotuje organismus vodou obsahující rozpuštěné anorganické látky. Houba dále zmírňuje dopady externích vlivů, jako výkyvy teploty (ochrana před vysušením), světelných podmínek. Pokud by tomu tak nebylo, lišejník by nebyl schopen přežít na nehostinných stanovištích (konkurenční výhoda oproti cévnatým rostlinám). Toto je umožněno vhodnou anatomii těla lišejníku, oproti např. houbám. Fyziologie lišejníků je značně složitá. Procesy hospodaření s vodou a živinami v organismu nejsou nikterak vázány na cévní systém, protože ho lišejník postrádá. Systém získává látky nezbytné pro jeho existenci a růst alternativní formou z atmosférických zdrojů (Nash, 2008).

Lišejník tak nechtěně absorbuje cizorodé látky. Ve svém těle akumuluje minerální látky, získané zejména z dešťové vody, mlhy, rosy či z kapek stékajících z větví stromu (Begon et al. 1990). Voda, zde vystupuje jako nositel toxických látek. Citlivost lišejníku je dosti rozdílná. Druhy mohou mít značně rozdílnou citlivost na přítomnost toxických látek. Toxikolerantní (odolné) druhy mohou v prostředí přetrvávat, jiné citlivější druhy místně zanikají. Důležitým faktorem jsou biotické a abiotické faktory prostředí (Nash, 2008).

3.2 Bioindikace a biomonitoring

V obecném ekologickém pojetí znamená termín *bioindikace* metodu, která na základě vlastností a chování biologických systémů usuzuje na stav životního prostředí (Anděl, 2011). Mnohé o kvalitě životního prostředí může vypovídat přítomnost nebo absence určitých rostlinných či živočišných druhů. Rostlinné bioindikátory takto svojí přítomností/nepřítomností indikují sledovanou vlastnost v ekosystému. Takto získané informace lze dále vyhodnotit a kvantifikovat. Pojem bioindikátor znamená zpravidla označení organismu, či jeho části, který umožňuje na základě specifických symptomů, morfologických změn či reakcí, usuzovat na možný výskyt toxických látek v životním prostředí (Markert et al. 1997).

Roku 1866 uveřejnil finský botanik William Nylander, ve své práci o lišejnících v pařížských městských parcích, důležité poznání o vlivu kvality ovzduší na růst stélek (Nylander, 1866). Zveřejněná práce položila základy ve využívání lišejníků k bioindikacím. Podstatný posun v bioindikační praxi, přinesla kvalitativní (určitému území přiřazuje na základě kvalitativního pozorování např. přítomnosti/absenci daného druhu hladinu znečištění) metoda Hawkswortha a Rose (1970) a to v době vysokého znečištění koncentracemi oxidu síry. Zjednodušeně metoda rozřazuje zhruba 80 epifytických druhů do 10 zón znečištění. Přičemž každá zóna je charakterizována výskytem určitých druhů. Kvantitativní metody naopak spočívají v kalkulaci různých indexů znečištění např. metoda Index of Atmospheric Purity (Le Blanc et al. 1970). Metoda sleduje epifytickou vegetaci na stromech s následným výpočtem indexu (Svoboda, 2003).

Biologické procesy rostlin (fotosyntéza, distribuce minerálních látek atd.) velice citlivě reagují na stresové faktory životního prostředí (imise). V dnešní době jsou bioindikační metody v mnoha zemích součástí monitorování kvality ovzduší.

Lišejníky obecně fungují jako akumulární bioindikátory, a to díky své stélce, která dokáže kumulovat kromě základních polutantů i těžké kovy a to v množství, které je považováno za toxické. Příkladem může být kumulace těžkých kovů ve stélce *Hypogymnia physodes* v různě zasažených regionech imisemi v ČR (Anděl, 2011). Systematický monitoring vývoje a prostorového rozložení sledovaného indikátoru v dlouhodobém časovém měřítku nazýváme *biomonitoring* (Anděl, 2011).

3.3 Atmosférické znečištění ovzduší

„Všechny látky jsou jedy. Toliko správná dávka odlišuje lék od jedu”

(Paleček et al. 1996)

Tímto výrokem položil PARACELSUS (1493 – 1541), základy moderní toxikologie. Jinými slovy, lze chápat každou chemickou látku jako potenciální jed pro živé organismy (Paleček et al. 1996). Znečišťující látky jsou převážně antropogenního původu a pro přírodu neznámé, proto tyto látky nazýváme cizorodými. *Emise* je děj, při němž vstupují cizorodé látky emitované zdrojem znečištění (mobilním, stacionárním) do životního prostředí. Transfer a přeměna těchto látek v prostředí je *transmise*. Důsledkem předchozích jevů, je setrvání a kontakt pozměněných či nepozměněných látek s cílovými živými organismy, tedy *imise* (Anděl, 2011).

Vstup (emise) látky, je doprovázen dalšími chemickými přeměnami v atmosféře, látka nezůstává v původním stavu. Zásadní přeměnou je *okyselení*, vznikající oxidací a rozpuštěním kyselinotvorných látek (NO_x, SO₂).

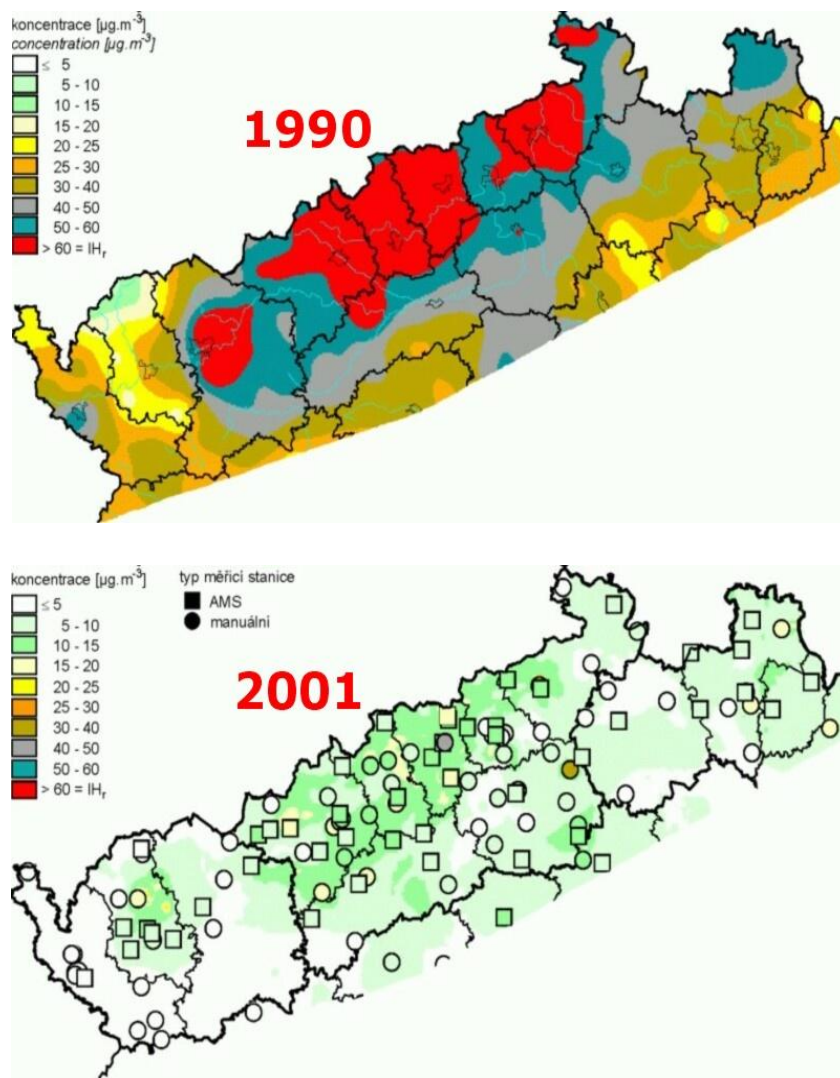
3.3.1 Oxid siřičitý SO₂

Oxid siřičitý, patří mezi základní polutant znečišťující ovzduší. Do prostředí se dostává zejména při spalování fosilních paliv. Mezi významné zdroje patří především elektrárny, teplárny, provozy chemického průmyslu.

V průběhu roku se koncentrace značně mění, v letních měsících jsou emitovány pouze z větších spalovacích provozů (teplárny, tepelné elektrárny) s bilancí pod 20 µg/m³, jiná situace nastává v zimních měsících (topná sezona), kde je obsah SO₂ mnohonásobně vyšší, k základním zdrojům se připojují lokální topeniště (např. topení uhlím v domácnostech). V těchto měsících jsou zpravidla zaznamenána maxima (Skácel et Tekáč, 2011).

Pobyt SO₂ v atmosféře je omezen zhruba na 12 hodin, jeho vysoká rozpustnost (vázaná na srážky), či zachycení ve formě aerosolu nebo vodní páry vede k rychlé přeměně na kyselinu sírovou a vzniku kyselých dešťů (Nash, 2008). Lišejník atakován kontaminovanou vodou, absorbuje takto přeměněné látky, i když není metabolicky aktivní (Gries et al. 1997). Pravděpodobně největší množství vázané síry v lišejníku pochází z atmosféry (Spiro et al. 2002).

Proces odsiřování tepelných elektráren započatý v devadesátých letech 20. století doznává značný pokrok v poklesu koncentrací emisí SO₂. Srovnání ročních aritmetických koncentrací SO₂ v roce 1990 a 2001 na mapce (Obr. 1) tento trend dokládají. Tento zlepšující se vývoj má zřetelně pozitivní vliv na lišejníky. B. Wagner (2008) pozoroval roku 2006 v Litoměřicích a přilehlém okolí výskyt epifytických lišejníků s nápadně žlutými stélkami druhů *Xanthoria parietina* a *X. polycarpa*. Detailnější průzkum různých dřevin v lokalitě přinesl objev dalších druhů. Na třech místech byly dokonce nalezeny mladičké stélky provazovek (*Usnea hirta*), velmi citlivých na znečištění ovzduší. V Krušných horách, Doupovských horách a Labských pískovcích byl tento druh determinován botaniky (Č. Ondráček, I. Bílek, P. Bauer) na více místech s až několika centimetrovými stélkami.



Obr. 1 Porovnání ročních aritmetických průměrů SO₂ v severozápadním regionu Čech v letech 1990 a 2001. (zdroj: ČHMÚ).

3.3.2 Emise oxidu dusíku

Oxidy dusíku jsou v dnešní době závažným polutantem v ovzduší, zejména pro jejich rostoucí charakter. Jejich vznik je spojován se spalováním paliv (plyn, biomasa, nafta...). Nejvyšší podíl na tom mají až (55%), motorová vozidla a to i přes využívání katalyzátorů. Spalovací procesy motorových ušlechtilých paliv generují vysoké teploty hoření, a vzniká z vzdušného NO₂ vysokoteplotní NO_x.

(www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf).

Antropogenního původu mohou být i oxidy z velkých chemických provozů. Samotný dusík je biogenní prvek, který je pro zdravý vývin rostlin nezbytný, a je v různých pozměněných formách vyráběn za účelem hnojení různých zemědělských plodin. NO₂ společně s O₂ a dalšími těkavými organickými látkami přispívá k tvorbě tzv. fotochemického smogu a přízemního ozonu.

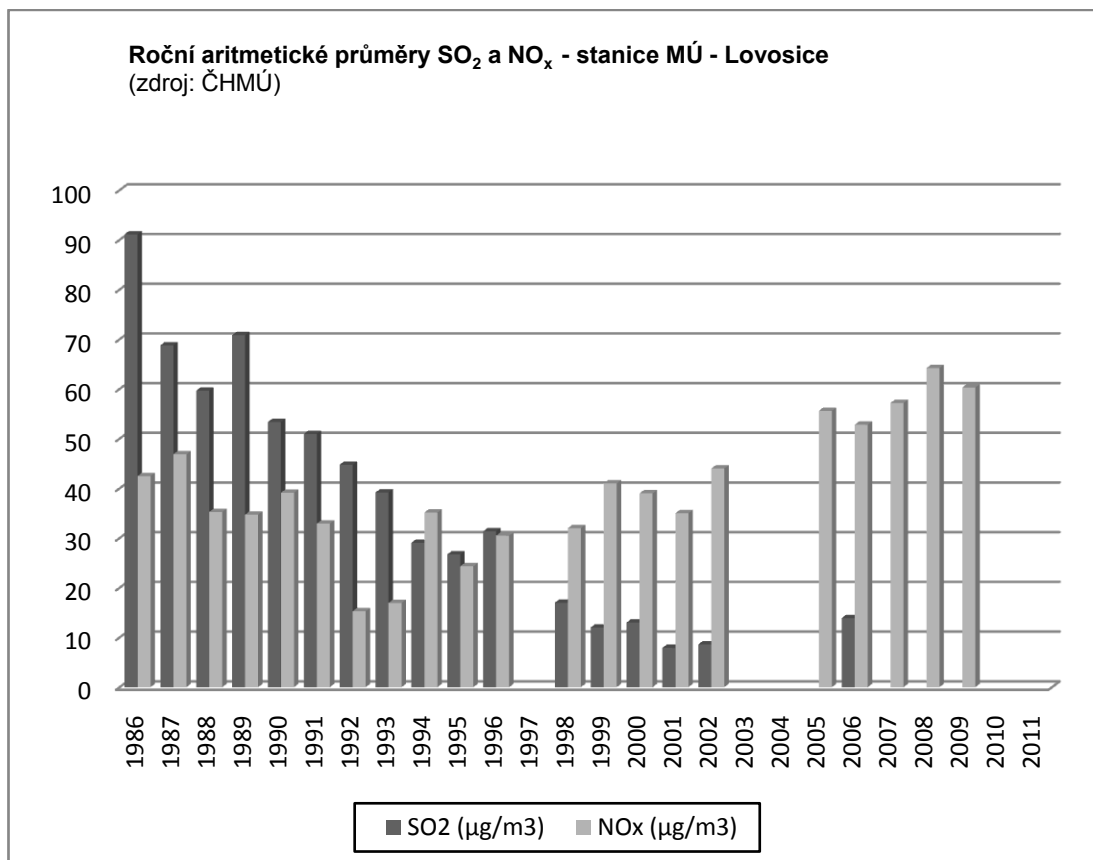
3.3.3 Kvalita ovzduší v zájmovém území

Koncentrace znečišťujících látek spravovány imisní databází ISKO, byly pro Ústecký kraj měřeny za rok 2011 na 32 lokalitách (17 lokalit ČHMÚ, 10 ČEZ, 4 ZÚ, 1 SŠZE Žatec). U sledovaného oxidu siřičitého nedošlo v roce 2011 k překročení imisního limitu na žádné stanici. Koncentrace oxidů dusíku nepřesáhly taktéž imisní limity (roční, hodinový), na žádné z 28 stanic. Současným problémem v kraji je překračování limitů stanovených pro ochranu lidského zdraví pro PM₁₀ a benzo(a)pyrenu. Například v Litoměřicích byla 64 krát, během roku 2011 překročena hodnota imisního limitu 50 μg.m⁻³ pro suspendované částice PM₁₀. (ČHMÚ).

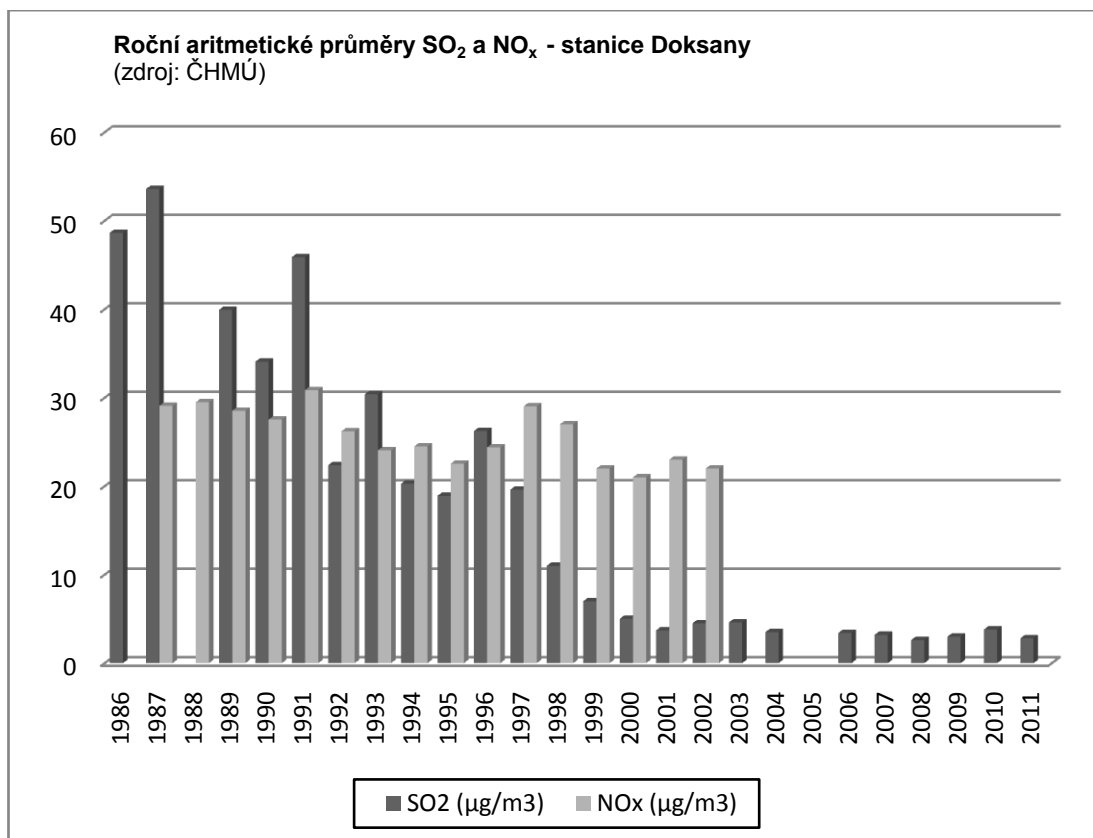
Na základě poskytnutých dat od ČHMÚ (pracoviště Ústí nad Labem - Kočkov), byly vybrány 2 měřicí stanice (Lovosice, Doksany), z těchto stanic byly graficky zpracovány roční aritmetické průměry koncentrací SO₂ a NO_x a maxima denních aritmetických průměrů koncentrací těchto polutantů z let 1986 až 2011 (Graf 1, 2, 3, 4).

Grafy 1 a 2, vyjadřují roční aritmetické průměry oxidů síry a dusíku, na první pohled je zřetelný klesající trend u SO₂, ještě v letech 1986 až 1990 neklesla koncentrace tohoto polutantu pod hodnotu 50 μg/m³. Za posledních 10 let jsou koncentrace oxidu siřičitého trvale pod hranicí 20 μg/m³. Odlišná situace je u koncentrací oxidů dusíku, který je od devadesátých let na vzestupu. Progresivní nárůst je viditelný na grafech z obou stanic.

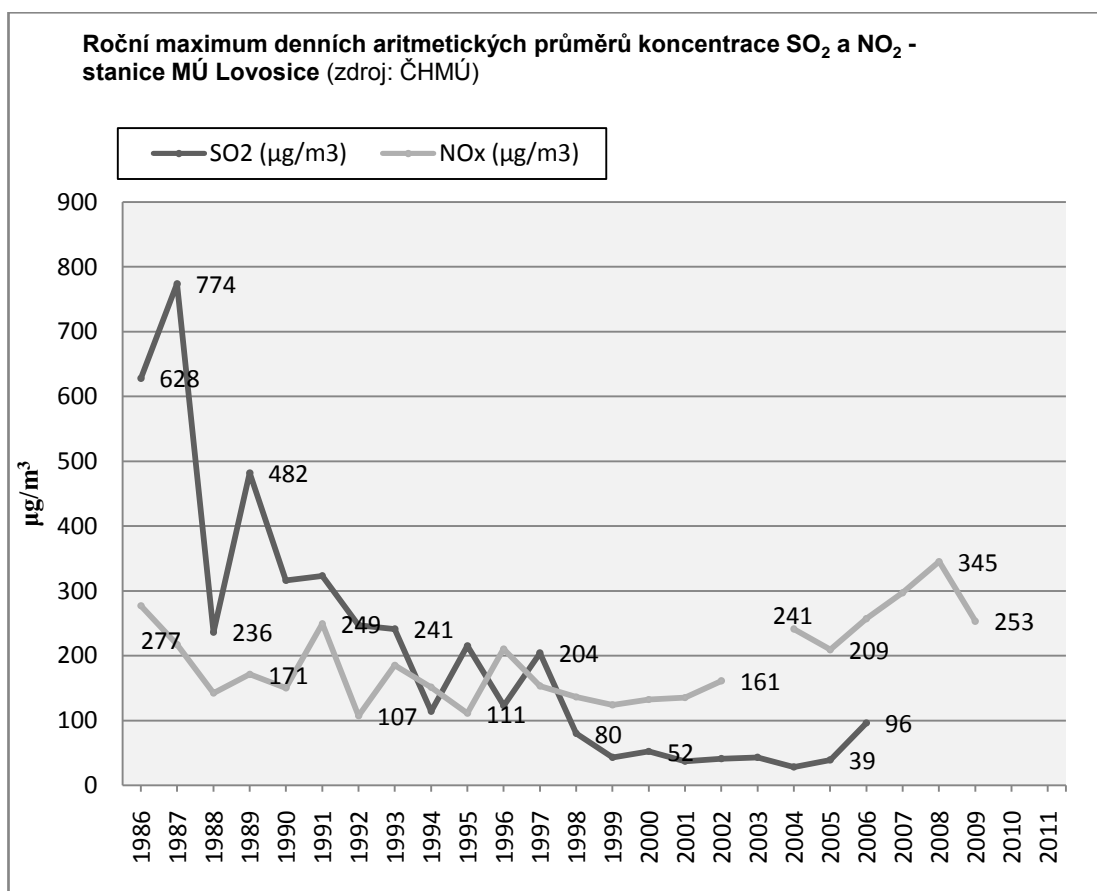
Vzhledem k tomu, že na životaschopnost lišejníků, mají vliv zejména maximální koncentrace výše zmiňovaných látek, uvádím také přehled maximálních denních aritmetických průměrů koncentrací (viz. Graf 3 a 4). Velmi vysoké hodnoty jsou patrné zejména v období let 1986 - 1988, kdy zaznamenaná koncentrace ve stanici MÚ Lovosice atakuje hodnotu nad 700 μg/m³. Avšak platí stejné trendy jako u ročních průměrů (oxidy dusíku rostou, oxidy síry klesají).



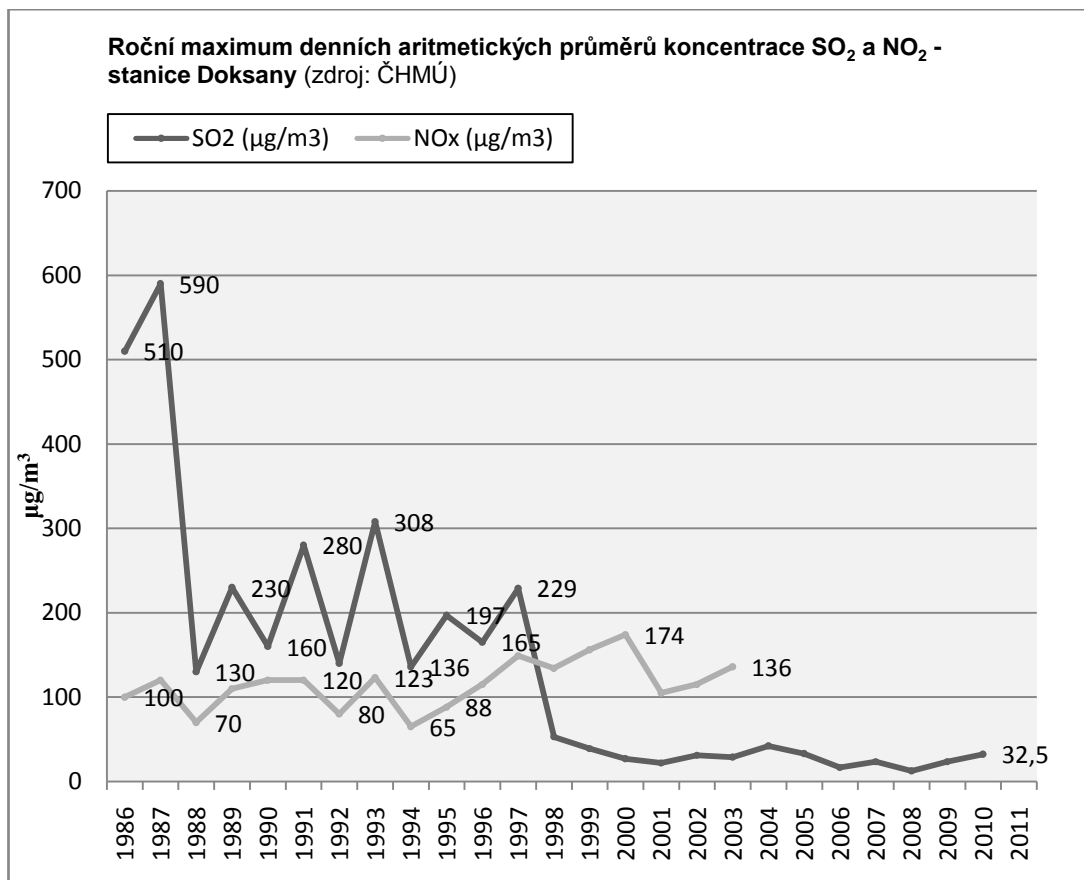
Graf. 1 Roční aritmetické průměry SO₂ a NO_x ze stanice MÚ Lovosice v období 1986 - 2011.



Graf. 2 Roční aritmetické průměry SO₂ a NO_x ze stanice Doksany v období 1986 - 2011.



Graf. 3 Roční maximum denních aritmetických průměrů koncentrace SO₂ a NO_x ze stanice MÚ Lovosice v období 1986 - 2011.



Graf. 4 Roční maximum denních aritmetických průměrů koncentrace SO₂ a NO_x ze stanice Doksany v období 1986 - 2011.

Viditelná nespojitost v datech grafů 1, 2, 3, 4 je dána chybějícími údaji z měření hydrometeorologických stanic. A to z různých příčin, např. poškození stanic záplavami z roku 2002.

3.4 Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*)

Areál rozšíření jasanu ztepilého je téměř celá Evropa. Abundance dřeviny je podmíněna substrátem, přičemž optimální podmínky jsou zamokřené půdy (s nestagnující vodou) s $\text{pH} > 5$ (Dobrowolska et al. 2013). Taxonomicky *Fraxinus excelsior* L., patří do čeledi olivovníkovité (*Oleaceae*), rodu jasan (*Fraxinus*), v anglosaské literatuře uváděn taktéž jako European Ash.

V ČR, je jasan rozšířen od nížin až po horské oblasti. Vyskytuje se v lužním, horském a vápencovém ekotypu. V nížinách vytváří společenství s dubem letním, jilmou, javorou a olší v oblastech vodních toků, v horském ekotypu zejména v místech, s výživným pokladem (vhodné půdní poměry). Jasan preferuje nezasolené půdy, bohaté na dusík a živiny; výskyt jasanu indikuje obvykle velmi kvalitní půdy. Na vápencových podkladech roste společně s ostatními teplomilnými dřevinami. Ve studovaném území jsem často nacházel jasanový růst buď jako solitérní dřeviny okolo komunikací a cest, popř. na okrajích polí, v remízkách, jako příměs starých ovocných sadů, nebo v zápoji v lesních porostech ve společenství přirozených olšin, nebo dubů.

Jasan má zpravidla přímý kmen o průměru 1 – 1,5 m, a vysokou (cca 20 až 40 m) vejčitou korunou a dožívá se, až 250 let. V raných stádiích růstu vyžaduje stinné expozice, v dospělosti je světlomilný, s vyšší citlivostí vůči tepelným výkyvům a mrazům. Listy jasanu jsou vstřícné, lichozpeřené, o 9 – 13 listech, 20 – 25 cm dlouhé, podlouhlé oválné se špičatým vrcholem, na líci jsou listy matně zelené, na druhé straně zpravidla světlejší, lysé. Květy jsou jedno- či oboupohlavné, nevýrazné, dřeviny jedno- nebo dvoudomé. Křídlaté nažky jsou cca 3 cm dlouhé se zašpičatělým vrcholem, v době zrání hnědé (Kremer, 1995).

3.4.1 Borka *Fraxinus excelsior*

Pro komunitu epifytických lišejníků má zřejmě zásadní význam druh dřeviny, topografie daného stromu (sklon, svažitosť terénu, včetně orientace k světové straně), a taktéž expozice (soliterní dřevina, v zápoji) i umístění společenstva na stromě (Coppins, 1984). Zejména v lesních ekosystémech má na vývoj epifytů vliv jak kontinuita zápoje stromů, tak i věk a struktura lesa. Jednotlivé dřeviny, jsou v různé intenzitě vystaveny faktorům prostředí - přímému slunečnímu osvětlení, vhodné vlhkosti, teplotě (Will-Wolf, 2002).

Kůra stromu je formována z vrstev, každá nová vrstva se vytváří pod starou, například u borovice po zhruba dvou letech (Schulz et al. 1999). Odumřelá vnější vrstva se nazývá borka, chrání strom před atmosférickými vlivy prostředí. Vnitřní vrstva se nazývá lýko (floém). Struktura kůry je dána věkem stromu. Předmětem zájmu biomonitoringu a této studie je právě borka jasanu ztepilého. Borka představuje volnou niku pro epifytické lišejníky. *Fraxinus excelsior*, je dřevina s méně kyselou, subneutrální borkou o (pH 5,5), pro druhy subneutrofilních společenstev lišejníků tedy příznivý substrát (Barkman, 1958). Zpravidla má kůru síťovitě rozpraskanou, v mládí hladkou s typicky šedozelenou barvou, starší stromy mají více rozpraskanou borku hnědošedé barvy.

Zejména atmosférické sloučeniny síry, dusíku, popř. těžkých kovů mají značný vliv na kyselost (pH) kůry, tedy také značný vliv na výskyt epifytických lišejníků (Barkman, 1958). Toxikanty se hromadí na povrchu borky. Fyziologicko-chemický proces akumulace probíhá aktivně ve formě iontové výměny, nebo pasivně hromaděním látek na borce. Platí také, že u listnatých dřevin je koncentrace látek vyšší než u jehličnanů (Rasmussen, 1978). Depozice dusíkatých polutantů vytváří vhodnou životní niku pro nitrofilní a neutrofilní druhy, zejména rodu *Physcia* a *Phaeophyscia*, či *Xanthoria* (van Dobben et al. 1996). Pro nitrofilní druhy a jejich distribuci v prostoru, je základní podmínkou vysoké pH borky, přičemž vykazují velmi nízkou citlivost na toxické účinky SO₂. Prudký nárůst nitrofilních a neutrofilních druhů je umožněn na úkor acidofilních druhů a zapříčiňuje jejich postupné mizení.

4. Charakteristika vymezené oblasti

Hranice zájmového území jsou striktně vymezeny kvadrátem středoevropského síťového mapování, označeným v tomto systému č. 5450, o rozloze přibližně 12 x 12 km (Obr. 2). Pro terénní aplikace je kvadrát dále rozčleněn na čtvercovou síť o velikosti pole 1 km², pro následné zaznamenání polohy jednotlivých dřevin.



Obr. 2 Kvadrát středoevropského síťového mapování (5450) tvoří hranice studovaného území.

4.1 CHKO České středohoří

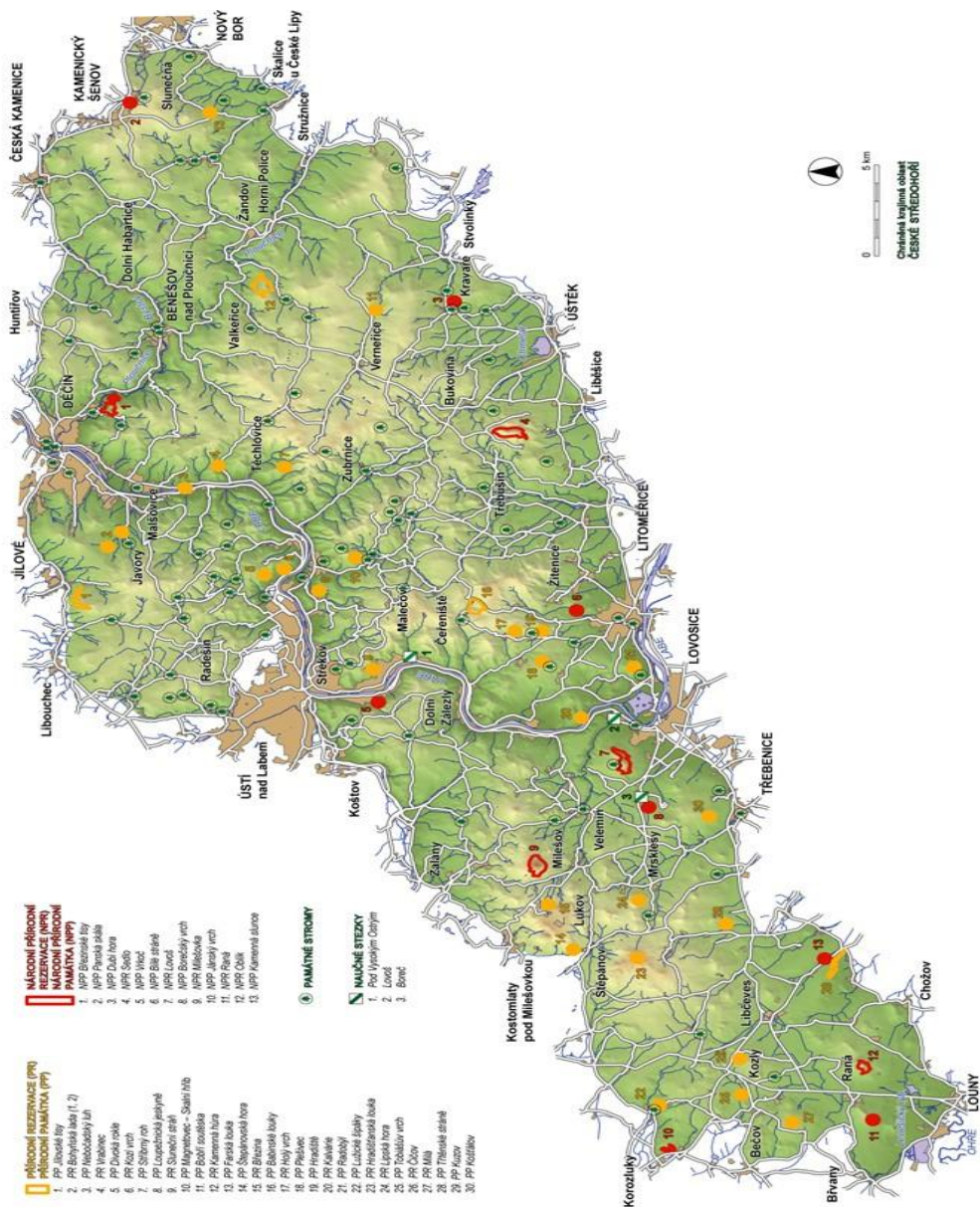
Chráněná krajinná oblast České středohoří byla vyhlášena roku 1976 výnosem tehdejšího ministerstva kultury ČSSR. Podle zákona č. 114/1992 Sb., *o ochraně přírody a krajiny* patří tato oblast mezi zvláště chráněná území. V oblasti je dále vyhlášeno 43 maloplošných chráněných území:

- 5 národních přírodních rezervací (např. Lovoš, Milešovka, Oblík, Raná, Sedlo)
- 8 národních přírodních památek (např. Bílé stráně, Borečský vrch, Březinské tisy)
- 12 přírodních rezervací (např. Březina, Holý vrch, Kalvárie)
- 18 přírodních památek (např. Plešivec, Radobýl)

Většina těchto lokalit jsou navíc součástí soustavy Natura 2000, či evropsky významné lokality (EVL).

Plán péče CHKO České středohoří (1999), uvádí jako základní atributy území, unikátní krajinný reliéf, velkou výškovou členitost, výjimečný srážkový gradient ve směru JZ - SV, říční fenomény vodních toků Labe a Ploučnice, taktéž i druhové bohatství lokality (Beranová, Franěk, Hamerský et al, 1999).

Svou rozlohou zaujímající 1063 km² je druhou největší chráněnou oblastí v ČR. Z větší části spadá dle správního členění do Ústeckého kraje a jeho 6 - ti okresům (Děčín, Litoměřice, Louny, Most, Teplice, Ústí nad Labem) a také zčásti Libereckého kraje (pouze okresu Česká Lípa).



Obr. 4 CHKO České středohoří (převzato: http://www.cittadella.cz/europarc/sites/Image/_mapy/chko_ceske_stredohori_cz.jpg).

4.2 Popis zájmového území

Zájmové území se nachází v severozápadní části České republiky (Obr. 3), téměř celá oblast leží v CHKO České středohoří (Obr. 4). Z jihu je oblast ohraničena hranicí CHKO České středohoří tvořenou spojnicí mezi městy *Lovosice* a *Litoměřice* s typicky rovinatým terénem oproti severní části. Jižní část území zahrnuje z větší části urbanizované plochy. V jihovýchodní části se rozkládá okresní město Litoměřice. Litoměřice se nacházejí ve střední části Polabí na soutoku Labe s Ohří, zaujímají rozlohu 1799,61 ha s nadmořskou výškou 136 m a patří mezi významné kulturní centrum Ústeckého kraje. Znamky osídlení se zde nachází již z mladší doby kamenné (asi 4500 – 3600 let př. n. l.), okolí je tvořeno typicky zemědělskou krajinou (kvalitní zemědělský půdní fond a výhodná geopoloha daná klimatem a reliéfem terénu), s minimálním zastoupením průmyslu, s velkým množstvím malých venkovních sídel.

Dalším větším sídlem v této lokalitě je město Lovosice a na jeho severním okraji přilehlé vesnice Lhotka n. L. a Malé Žernoseky (známé jako vinařská oblast). Město Lovosice využívá své výhodné polohy na břehu řeky Labe a je významným průmyslovým centrem oblasti s převládajícím chemickým průmyslem, jenž má ve městě dlouholetou tradici (bývalé Severočeské chemické závody, dnes Lovochemie a.s. - největší výrobce hnojiv v ČR zabývající se výrobou dusíkatých a vícesložkových hnojiv, a nově i Preol a.s. - produkující biopaliva).

Přírozenou dominantou města je přilehlá čedičová hora tvořená dvěma kužely. Větší z kuželů je samotný vrch Lovoš (570 m. n. m), menší kužel se nazývá Kybička (498 m. n. m) a je tvořen znělcovými horninami. Lokalita je též v zájmu ochrany přírody a krajiny a má statut národní přírodní rezervace, vyhlášené již r. 1948, o celkové výměře 49,9 ha. Vegetačně jsou svahy pokryty z jižní strany travnatými stepními a křovinatými lesostepními porosty. Pro svahy jsou typické rozsáhlé ovocnářské sady včetně několika vinic. Severním směrem na oblast navazuje již na první pohled jiný terén se značným výškovým převýšením. Kaňonovité údolí Labe, táhnoucí se od Hrádku na pravém břehu Labe a Dobrého na levém břehu téměř k Ústí nad Labem, vytváří unikátní přírodní scenérie, právě proto je údolí nazýváno Bránou do Čech (*Porta Bohemica*). Mimo toto údolí jsou významnými lokalitami

taktéž např. *Bílé stráně* (PR vstavačovitých rostlin na teplé opukové stráni), *Boreč* (PR Borečský vrch na rozpukaném znělcovém vrchu s výskytem mikroexhalací teplého vlhkého vzduchu z otvorů v podobě par - tento jev, je pozorovatelný zvláště v zimě), Kalvárie (rulový vrch, nazýván též „Tři kříže“, část prvohorní kry s výskytem vzácné květeny).

4.3 Geomorfologické členění

Geomorfologicky se území zařazuje do Českého středohoří, které je jedním z celků Podkrušnohorské oblasti (zahrnující 5 oblastí: Chebská pánev, Sokolovská pánev, Mostecká pánev, Doupovské hory, České středohoří, které se dále dělí na dva podcelky: Verneřické středohoří a Milešovské středohoří, jež se mohou dále dělit na nižší okrsky).

Georeliéf území je značně rozličný. Terén se vyznačuje značnou výškovou rozdílností na poměrně malé rozloze, dynamicky se mění ve směru jih - sever. Z ploché hornatiny, místy roviny, přechází v členitou vrchovinu s vyšší nadmořskou výškou (Demek et al. 1987). Podoba pohoří je výsledkem třetihorní vulkanické činnosti a následných erozních procesů. Je vytvořena třetihorními vulkanity povrchových a podpovrchových těles. Tato tělesa vznikala primárně v 1. sopečné fázi (oligocenní až svrchnomiocenní), sekundárně v 2. (svrchnomiocenní) fázi. Geologická skladba hornin je 73,6 % čedičových hornin, a 24 % znělců a trachytů (Demek et al. 1987).

Průlomové údolí významného vodního toku Labe (s hloubkou až 400 m) s charakteristickým etapovitým zahlubováním umožnilo vznik geologicky významných povrchových tvarů. Přetíná napříč lokalitu CHKO a tvoří esteticky hodnotnou část krajinného rázu území.

4.4 Klimatické poměry

Podle Quitt (1973) se oblast zařazuje do mírně teplé oblasti (MT). Střed oblasti spadá do vrchovinného, mírně vlhkého pásma. Jihozápad CHKO zastupuje okresek suchý s mírnou zimou až mírně suchý. Severovýchodní část a zbytek území CHKO je pahorkatinný, mírně vlhký obvod. Nevyšší průměrnou roční teplotu má Ústí nad Labem 9 °C, naopak nejnižší je na vrcholu Milešovky 5,1 °C. Pro Litoměřice se uvádí průměrná teplota 8,5 °C. Zajímavostí v území CHKO je roční úhrn srážek. Území, zde ve směru jihozápad – severovýchod tvoří díky členitosti terénu a značnému výškovému rozdílu a expozici (návětrná či závětrná strana) tzv. *srážkový gradient* (400 – 800 mm). Jev je přisuzován *srážkovému stínu*, který vytváří Krušné hory v západní části CHKO. Teplotně a srážkově nejbohatším měsícem je červenec, (nejvyšší úhrn srážek generují prudké deště). Do centrální části proudí vzduch s převládajícími západními větry, největrnější oblast je vrch Milešovky.

4.5 Pedologické poměry

Mezi charakteristické půdní typy studovaného území patří zejména: černoze-mě, smonice, pelosoly, nivní půdy a hnědé půdy s podzoly na terasových uloženi-nách. Černoze-mě vzniklé v prvotních stádiích období postglaciálu pod původními stepmi a lesostepmi jsou dodnes dochované díky kontinuální zemědělské kultivaci. Nosnou složkou černoze-mí jsou primárně spraše, v menší míře jsou zastoupeny tak-též na některých místech zvětralin slínovců či vápnité písky.

Výskyt černoze-mí je vázán na sušší a teplomilné oblasti převážně s plochým, rovina-tým terénem. Smonice spolu s pelosoly jsou svým výskytem fixovány na severočes-kou hnědouhelnou pánev (Chomutovsko), popř. střední Čechy a Moravu. Existence pelosolů, jako velmi těžké půdy, souvisí s výskytem zvětrávajících hornin (jílovce, křídové slínovce). V nížinných oblastech vyplňují oblasti velkých toků tzv. nivní půdy. Akumulační procesy vodních toků (transportní a erozní činnosti) vytváří půdní mocnost a složení nivních půd (Tomášek, 1995).

4.6 Vegetační poměry

Bohatá druhová diverzita flory i fauny je v Českém středohoří připisována specifickým přírodním podmínkám. Ke vzniku kulturní krajiny jistou mírou přispěl i lidský faktor, odlesněním byla získána nová půda pro zemědělské využití (pastva) a následný rozmach druhů vázaných původně na přirozené nelesní biotopy (stepi). Zdejší klima a charakteristický reliéf, tvoří příhodné podmínky pro rostlinná společenstva kavylových stepí s výskytem, všech českých druhů kavylů (*Stipa* sp. div.).

Středohoří je charakteristické četnými lesostepmi, travnatými stepmi, skalními výchozy. Pro okolí Litoměřicka jsou typické tzv. „bílé stráně“ se zástupci vstavačovitých druhů. Celkově je v CHKO zaznamenán výskyt 105 zvláště chráněných druhů rostlin.

Z lesních porostů jsou v současné době nejvíce zastoupeny smrkové typy (24 %) ve 3. – 5. lesním vegetačním stupni, na ekologicky výhodných úživných (bazických) stanovištích středních poloh, na stanovištích nižších poloh pak typy dubové, a smíšené listnaté typy.

Borové a bukové porosty jsou exponovány pouze na písčivcových stanovištích. Zdejší klimatické podmínky vyhovují nejvíce listnatým stromům, např. dub má příhodné prostředí (těžší půdy) pro svůj růst. Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) zaujímá polohy svahů a okolí vodních toků

(http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=flora_fauna&site=CHKO_ceske_str edohori_cz).

5. Metodika

5.1 Terénní sběr a determinace lišejníků

Jedním z vytyčených cílů diplomové práce byl floristický průzkum dané oblasti. Jelikož se jedná o poměrně rozsáhlé území ca 12 x 12 km, byla oblast rozčleněna geografickou čtvercovou sítí. Každý čtverec má rozlohu 1 km². Do jednotlivých čtverců spadají svou polohou vždy 2 vybrané nejvhodnější forofyty *Fraxinus excelsior*. U vybraného stromu byla, vždy zaznamenána jeho *geopoloha* (GPS souřadnicemi), dále *stáří borky* (1 - hladká borka, 2 - středně rozpraskaná borka, 3 - rozpraskaná borka), jež může ovlivnit kolonizační schopnost lišejníků (tzn. rozpraskanější borka více zachycuje vodu), *expozice stromu* (solitér, alej), *zastínění stromu* (ano/ne). Výběr nemůže probíhat nahodile, nýbrž se řídí striktními pravidly, podle metodiky (Asta et al. 2002).

Optimální průměr kmene měl být v rozmezí 20 – 100 cm, forofyty bez mechanického poškození (poškození borky např. pasoucími se zvířaty), bez chemického poškození (rezidua hnojiv, vápna a dalších agrochemikálií), dále sklon stromu menší než 10° od svislice (náklon stromu umožňuje vyšší kolonizaci lišejníky na jedné straně kmenu). Nedodržení těchto parametrů může negativně ovlivnit výsledky a objektivitu práce. Práce v terénu probíhala v období léto/zima 2012.

Před vlastním sběrem lišejníků proběhl prvotní průzkum lokality, byla zjišťována dostupnost jasanů a stanoven předběžný odhad diverzity společenstev lišejníků.



Obr. 4 Snímkování kmenů pomocí mřížky, levá fotografie pohled na jasan u rozcestí nedaleko žst. Radejčín, pravý snímek je pohled na jasan v městském parku v Lovosicích.

5.2 Snímkování lišejníkové vegetace

Snímek lišejníkové vegetace na borce *Fraxinus excelsior* představuje seznam všech druhů a jejich četnost na mřížce, změřeno na všech světových stranách (S, J, Z, V). Pro takovéto snímkování kmenů, byla sestrojena speciální mřížka o 5 polích, kde 1 pole má rozměr 10x10 cm (Obr. 4).

Mřížka byla přichycena ke kmeni ve výšce 100 cm od země, snadno poznatelné druhy v mřížce byly určovány přímo v terénu pomocí botanické lupy s 16x zvětšením, seznam druhů na mřížce byl následně v terénu zaznamenán do archu (Obr. 5) a strom zakreslen do mapy.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO														
1	souřadnice:	50°33'58,57"N 14°03'35,67"E; 50°33'57,87"N 14°03'35,67"E; 50°33'35,43"N 14°03'35,67"E; 50°33'34,99"N 14°03'35,67"E; 50°34'04,18"N 14°07'19,73"E																																																					
2	číslo čtverce	34					34					35				35					36					36																													
3	Číslo dřeviny	67					68					69				70					71					72																													
4	Stáří borky	3					2					2				2					2					3																													
5	Zastíněnost kmene	1					1					1				1					1					0																													
6	Expozice	1					1					3				3					3					1																													
7	Četnost druhů lišejníků na jednotlivých světových stranách dřevin:																																																						
8	Seznam druhů	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr	S	V	J	Z	pr														
9	<i>Amandinea punctata</i>																																																						
10	<i>Candelariella reflexa</i>																																																						
11	<i>Hypogymnia physodes</i>																																																						
12	<i>Lecanora exallens</i>																																																						
13	<i>Lepraria inciana</i>																																																						
14	<i>Parmelia saxatilis</i>																																																						
15	<i>Parmelia sulcata</i>																																																						
16	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>																																																						
17	<i>Physcia adscendens</i>																																																						
18	<i>Physcia tenella</i>																																																						
19	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>																																																						
20	<i>Xanthoria parietina</i>																																																						
21	<i>Xanthoria polycarpa</i>																																																						
22																																																							
23																																																							
24																																																							
25																																																							

Obr. 5 Ukázka zápisu sběru lišejníků do LDV listu podle D. Svobody v programu Microsoft Excel.

Obtížně určitelné druhy byly sbírány v takovém množství a velikosti, aby bylo možné je později identifikovat v laboratoři. Druhy s korovitou stélkou se sbírají i s podkladem, tj. tenká vrstva borky, nebo celá větvička. Určené vzorky se dále uchovávají jednotlivě, na jemném papíru uloženém v sáčku společně se substrátem, a to proto, aby nedocházelo k vzájemné kontaminaci chemických látek (Kocourková, 2013). Všechny nasbírané druhy byly po přesném určení uloženy do herbáře katedry ekologie.

Vzácnější a méně známé druhy jsou zpravidla určovány nejprve pomocí literatury např. (Smith et al. 2009; Wirth, 1995). Pod stereomikroskopem se porovnávají specifické morfologické znaky s literaturou. Poté pomocí standardních mikrochemických testů (Orange et al. 2001) pod odborným dohledem školitele.

Podle práce A. Orange (Orange et al. 2001) podléhá řada lišejníků nespecifickým barevným stélkovým reakcím s následujícími činidly: K = 10% roztok hydroxidu draselného (KOH), C = vodní roztok chlorového vápna (CaCl_2O_2), v praxi se standardně používá dezinfekční přípravek SAVO, I = jodjodkalium, tedy směs jodu a jodidu draselného, KC = aplikace K, po krátkém působení se aplikuje i C, PD = para-fenylendiamin (složení 10g Na_2SO_3 , 1 g para-fenylendiaminu, 0,5 ml detergentu a 100 ml destilované vody).

Ke správné determinaci některých druhů např. *Lepraria incana*, bylo použito instrumentálních technik moderní analytické chemie - metody TLC (tenkovrstvá chromatografie). Nakonec byly všechny determinované druhy seřazeny jako komentovaný seznam. Správnost názvů taxonů byla ověřena podle dostupné nomenklatury (Liška et al. 2010).

5.3 Metoda LDV (Lichen Diversity Value)

Vztah mezi polutanty v ovzduší a lichenoflorou kvantifikuje relativně nová metoda *Lichen diversity value*, navržená poprvé roku 2002 (Asta et al. 2002). Nedlouho po svém vzniku byla použita v podmínkách České republiky (Svoboda, 2003). Metodu je vhodné aplikovat pro geografické celky s vysokým impaktem negativních vlivů, čili v okolí silných zdrojů znečištění ovzduší.

Dovoluje nám sledovat kvalitu „*naturality*“ životního prostředí, a na základě opakované aplikace metody v zájmové lokalitě monitorovat trendy znečištění ovzduší.

Podstatou metody je měření biodiverzity, tedy vyhodnocení četnosti druhů v pěti polích mřížky přiložené ke čtyřem fixním pozicím na kmeni (světovým stranám). Naměřené frekvence vkládáme do matematického algoritmu, výstupem tohoto je škála hodnot LDV se stupnicí od 0 do 60. Avšak D. Svoboda ve své diplomové práci stupnici přeškáloval v rámci svého výzkumu v Českém krasu (Tab. 3).

Zóna	Hodnota LDV	Kvalita prostředí
1.	< 20	Špatná
2.	20 - 40	Narušená
3.	40 - 60	Střední
4.	60 - 80	Relativně dobrá
5.	> 80	Velmi dobrá

Tab. 1 Škála hodnot LDV pro stanovení kvality prostředí v podmínkách České republiky (Svoboda, 2003).

Tato pomyslná stupnice naturality odkazuje na přírodnost prostředí. Rozsah stupnice postihuje „čistotu prostředí“, čím větší hodnot index LDV nabývá, tím lepší „přírodnější“ životní prostředí. Je zřejmé, že hodnota LDV, je závislá na dalších *parametrech* lokality, zejména na přírodních podmínkách (roční srážkový úhrn, klimatické vlivy...).

Hodnota LDV v dané zájmové lokalitě je statistickým odhadem environmentálních podmínek. Pro výpočet hodnoty musíme splnit tato kritéria:

- Součet frekvencí všech epifytických druhů lišejníků na každém zkoumaném kmeni dané dřeviny ve všech fixních pozicích (N, E, S, W).

Pro každou světovou stranu (pozici), jsou souhrny frekvencí (Sums of Frequencies (SF) kalkulovány vzorcem:

$$MSF_{Nj} = (SF_{1Nj} + SF_{2Nj} + SF_{3Nj} + SF_{4Nj} + \dots + SF_{nNj}) / n$$

kde MSF_{Nj} ...udává podíl celkového součtu jednotlivých souhrnů frekvencí SF (pro daný strom 1, 2, ... ,n a světovou stranu N, E...) a počtu stromů v jednotce (n).

Konečná hodnota LDV pro jednotku (území) tedy LDV_j : je součtem jednotlivých MSF

$$LDV_j = MSF_{Nj} + MSF_{Ej} + MSF_{Sj} + MSF_{Wj}$$

Výše uvedený vzorec používá J. Asta a D. Svoboda pro výpočet hodnot LDV v jednotlivých čtvercích. Aby mohla být data použitelná v analýzách programu ArcGIS, musel být výpočet modifikován.

$$i = \sum_1^n F_i N; \sum_1^n F_i E; \sum_1^n F_i S; \sum_1^n F_i W$$

Kde: $\sum_1^n F_i$ Součet frekvencí druhů na mřížce

N, E, S, W...orientace mřížky na jednotlivé světové strany.

Nejprve byl proveden součet LDV na jednotlivých světových stranách pro daný kmen a z těchto dat byla dále provedena interpolace metodou IDW (Inverse distance weighting). Touto interpolací je vypočítávána hodnota v jednotlivých pixelech rastru z hodnot LDV v jednotlivých bodech (kmenech), při čemž hodnota v daném pixelu je nejvíce ovlivňována nejbližšími body. Vstupní data jsou vážena vzdáleností bodu od daného pixelu, pro který je interpolována hodnota LDV. Platí tedy, že váha klesá se vzdáleností od bodu (<http://athena.zcu.cz/kurzy/gish/000/HTML/150/text.htm>).

Původní rastr byl následně reklasifikován prostřednictvím nástroje RECLASS. Cílem reklasifikace bylo nahradit interval hodnot zdrojového rastru novými intervaly podle stupnice hodnot LDV. Škála hodnot, podle které byl rastr reklasifikován byla převzata z práce D. Svobody (viz. Tab. 1).

Pro testování vlivu světových stran na kolonizaci lišejníky jsem použil odmocninovou transformaci dat, poté Bartlettův test homoskedasticity testující rovnost rozptylů v datech a na závěr Friedmanovu neparametrickou anovu pro porovnání více závislých proměnných.

5.4 Úprava dat

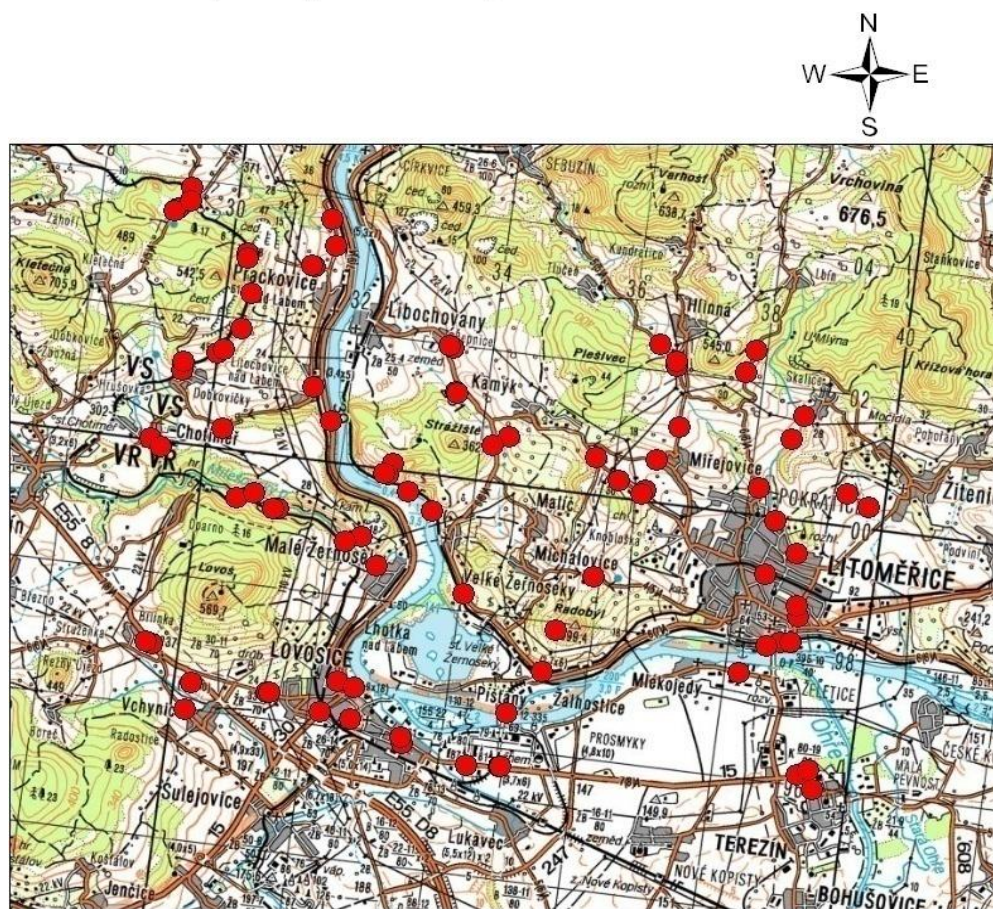
Prvním krokem při zpracovávání získaných dat z terénu je nutnost převodu souřadnic GPS jednotlivých stromů z eliptického souřadnicového systému WGS 84 do běžně používaného systému S-JTSK (Křovákovo zobrazení) pro následnou analýzu v programu ArcGIS. K převodu souřadnic existuje řada sofistikovaných převodníků, volně dostupných na internetu. Program transformuje zadaná data zaznamenaná z běžného GPS zařízení, výsledkem jsou souřadnice X, Y (X – je transformovaná souřadnice S-JTSK pro východ, Y – je transformovaná S-JTSK souřadnice pro sever), které je nutné převést do formátu Křovák NorthEast, a to tak, že se zamění souřadnice severu za východ a naopak a obě souřadnice se vynásobí (-1).

Takto získané souřadnice se uloží do jednoduché tabulky, freeware programu Libre-Office Calc (alternativa k programu Microsoft Excel). Tabulky získaných S-JTSK souřadnic uvádí Tab. 3. Po vytvoření atributové tabulky v programu ArcGIS 10.1, se vytvořila nová bodová vrstva se všemi 100 dřevinami (Obr. 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ID	X	Y						
2	1	-764854,13	-992266,18						
3	2	-764775,48	-991862,62						
4	3	-763662,34	-992001,21						
5	4	-763630,61	-992017,30						
6	5	-762879,69	-992299,64						
7	6	-762441,31	-992418,38						
8	7	-761685,91	-992794,17						
9	8	-761702,52	-992692,87						
10	9	-760736,18	-993116,68						
11	10	-760134,52	-992315,95						
12	11	-760249,41	-993144,74						
13	12	-760241,17	-993142,79						
14	13	-755879	-993273,90						
15	14	-755656,56	-993482,28						
16	15	-756723,38	-991717,74						
17	16	-756729,02	-991718,19						
18	17	-756116,55	-991241,61						
19	18	-756327,4	-991300,71						
20	19	-755977,24	-991257,88						
21	20	-755709,93	-993195,45						
22	21	-755859,04	-990868,00						
23	22	-755876,1	-990698,95						
24	23	-756346,34	-990206,45						
25	24	-755885,28	-989889,43						
26	25	-756187,33	-989402,00						
27	26	-756427,6	-988897,08						
28	27	-755953,32	-988155,99						
29	28	-755768,61	-987798,92						
30	29	-757605,29	-987969,66						
31	30	-757942,39	-988473,58						
32	31	-758097,06	-988942,84						

Tab. 2 Transformované výsledky souřadnic GPS.

Zastoupení jednotlivých *Fraxinus excelsior*



1:70 000

Obr. 6 Bodová mapa všech 100 *Fraxinus excelsior*.

5.5 Analýza proměnných ovlivňující druhové složení

Druhové složení na sledovaných kmenech bylo testováno prostřednictvím ordinačních analýz v programu Canoco for Windows 4.5. Data byla transformována odmocninovou transformací. Druhové složení bylo nejprve analyzováno detrendovanou ordinační analýzou (DCA), aby byla zjištěna celková variabilita v druhových datech a odhadnuta délka gradientů.

Podle délky nejdelšího gradientu (> 4) byla zjištěna unimodální odpověď druhů na gradient prostředí (Ter Braak et Šmilauer, 1998), a proto byla k testování vlivu faktorů prostředí na druhové složení použita kanonická korespondenční analýza (CCA).

Byl zkoumán vliv proměnných na druhové složení. Proměnná Land-use byla jako nominální proměnná rozložena na 3 dummy proměnné Lesy, Zástavba a Orná půda. Pomocí metody Forward selection s postupným výběrem proměnných a Monte Carlo permutačním testem pro 999 permutací byl testován signifikantní vliv proměnných a množství variability v druhových datech vysvětlené jednotlivými proměnnými.

Byl zkoumán výskyt jednotlivých druhů při celkových hodnotách LDV za použití zobecněného lineárního modelu s Poissonovou distribucí zabudovaného v metodě Species Response Curves v CanoDraw for Windows.

6. Výsledky

Seznam všech nalezených druhů z terénního sběru lišejníků je zaznamenán v Tab. 3, spolu se zohledněním typu stélky daného druhu a jeho preference k typu borky. V zájmovém území bylo nalezeno a zjištěno celkem **13 druhů** epifytických lišejníků.

Z celkového počtu 100 stromů je dominujícím druhem *Physcia tenella*, jak dokládá Graf. 5, při četnosti výskytu na borce 57 dřevin *Fraxinus excelsior*, čímž se stává nejrozšířenějším epifytickým druhem v oblasti. Mezi další poměrně často zastoupené druhy lze řadit *Phaeophyscia orbicularis* (na 16 stromech), *Physcia adscendens* (na 15 stromech). Méně četné druhy jsou *Scoliciosporum chlorococcum* (na 10 stromech), *Lepraria cf. incana* (na 8 stromech), *Parmelia saxatilis* (na 5 stromech), *Parmelia sulcata* (na 4 stromech), *Xanthoria parietina* (na 4 stromech), *Hypogymnia physodes* (na 2 stromech), *Amandinea punctata* (na 2 stromech), nejméně zastoupené druhy, nalezené pouze na jednom stromu: *Candelariella reflexa*, *Lecanora expallens* a *Xanthoria polycarpa*.

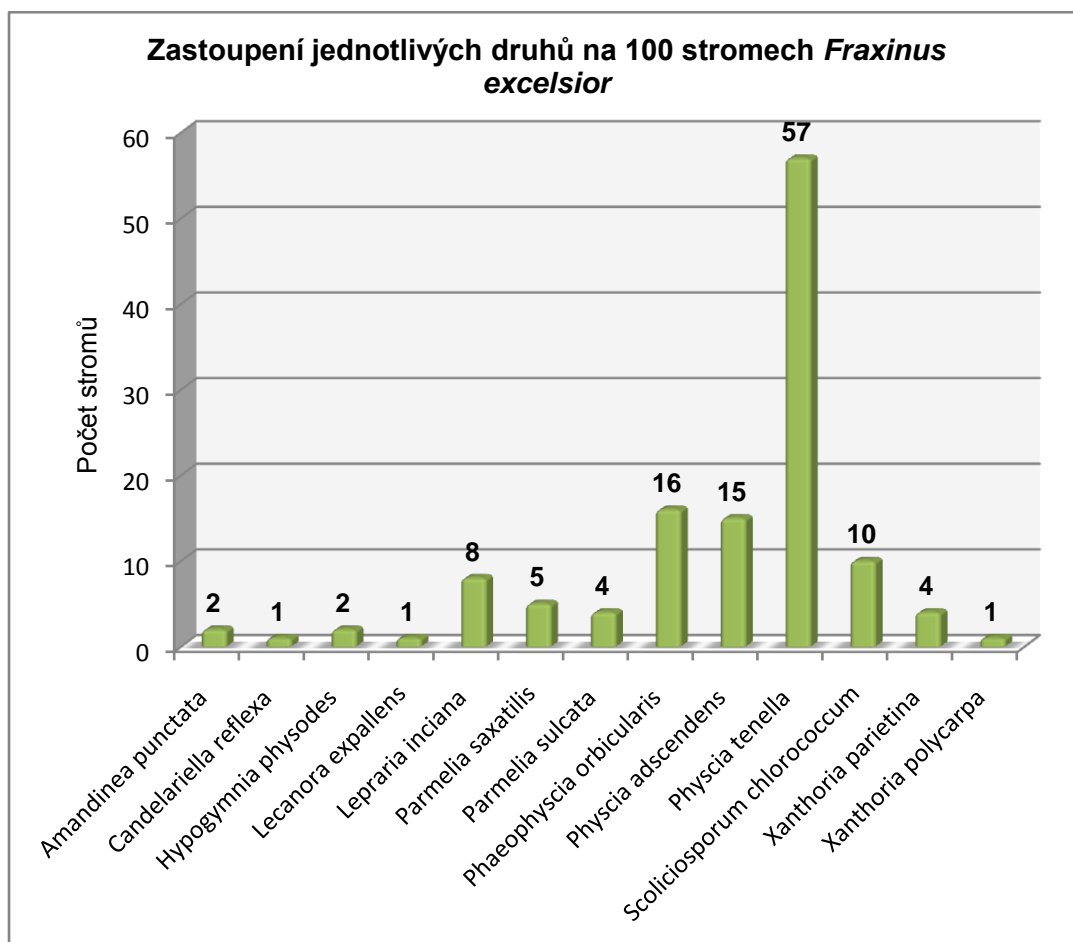
Nalezené druhy, lze dále třídit do několika kategorií:

- Podle ohrožení dle jednotlivých stupňů ohrožení Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010).
- Podle typu stélky druhu (lupenitá, korovitá, keříčkovitá).
- Podle preference substrátu (úživnosti borky).

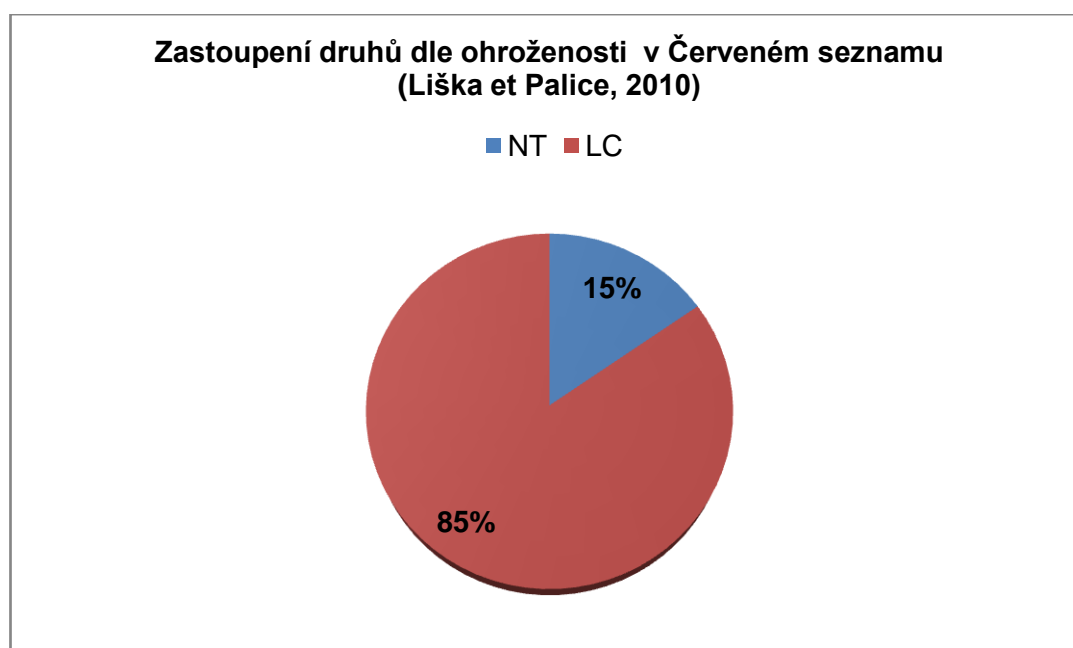
Dle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010) jsou zastoupeny pouze epifytické druhy náležící do dvou kategorií ohrožení: druhy **blízké ohrožení (NT)**: zastupovaly 2 druhy (15%) a **druhy neohrožené (LC)** zastupovalo 11 druhů (85%). Procentuální zastoupení druhů dle ohroženosti ukazuje Graf. 6.

Taxon	Ohrožení	Typ stélky	Typ substrátu
<i>Amandinea punctata</i>	LC	korovitý	neutrofilní
<i>Candelariella reflexa</i>	NT	korovitý	nitrofilní
<i>Hypogymnia physodes</i>	LC	lupenitý	acidofilní
<i>Lecanora expallens</i>	LC	korovitý	neutrofilní
<i>Lepraria cf. incana</i>	LC	korovitý	acidofilní
<i>Parmelia saxatilis</i>	LC	lupenitý	neutrofilní
<i>Parmelia sulcata</i>	LC	lupenitý	neutrofilní
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	LC	lupenitý	nitrofilní
<i>Physcia adscendens</i>	LC	lupenitý	nitrofilní
<i>Physcia tenella</i>	LC	lupenitý	nitrofilní
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	LC	korovitý	neutrofilní
<i>Xanthoria parietina</i>	LC	lupenitý	nitrofilní
<i>Xanthoria polycarpa</i>	NT	lupenitý	nitrofilní

Tab. 3 Seznam nalezených druhů



Graf. 5 Zastoupení jednotlivých druhů na 100 stromech jasanu ztepilého.



Graf. 6 Zastoupení druhů dle ohroženosti v Červeném seznamu lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010).

6.1 Ekologické charakteristiky nalezených druhů

Anatomická stavba lišejníků může mít neorganizovanou (homeomerickou), či plně organizovanou (heteromerickou) vrstevnatou stélku. Homeomerické stélky jsou neuspořádané do vrstev (většinou zrnité, rosolovité nebo práškovité). Růstové formy heteromerických stélek rozlišujeme na lišejníky *keříčkovité* (*Pseudevernia*, *Usnea*, ad.), *lupenité* (*Xanthoria*, *Parmelia*, ad.) a *korovité* (*Acarospora*, ad.).

Mezi nalezenými druhy převládají lišejníky s lupenitou stélkou - **8 druhů (62%)**: *Hypogymnia physodes*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*, *Xanthoria polycarpa*.

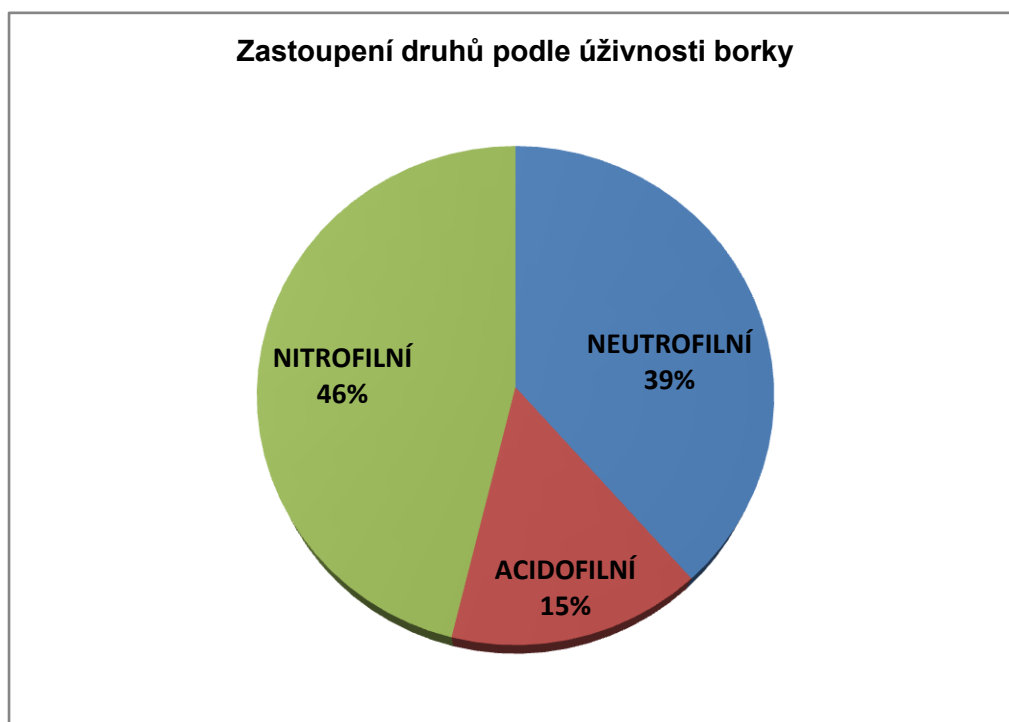
S korovitou stélkou je **5 druhů (38%)**: *Amandinea punctata*, *Candelariella reflexa*, *Lecanora expallens*, *Lepraria incana*, *Scoliciosporum chlorococcum*. Statistické znázornění vyjadřuje Graf. 3.



Graf. 7 Zastoupení druhů podle typu stélky.

Nalezené druhy, se vylíší také podle vztahu k typu borky. Zastoupeny byly druhy nitrofilní, neutrofilní a acidofilní. Ze všech nalezených druhů jsou nejčastěji zastoupené nitrofilní a neutrofilní epifytické lišejníky.

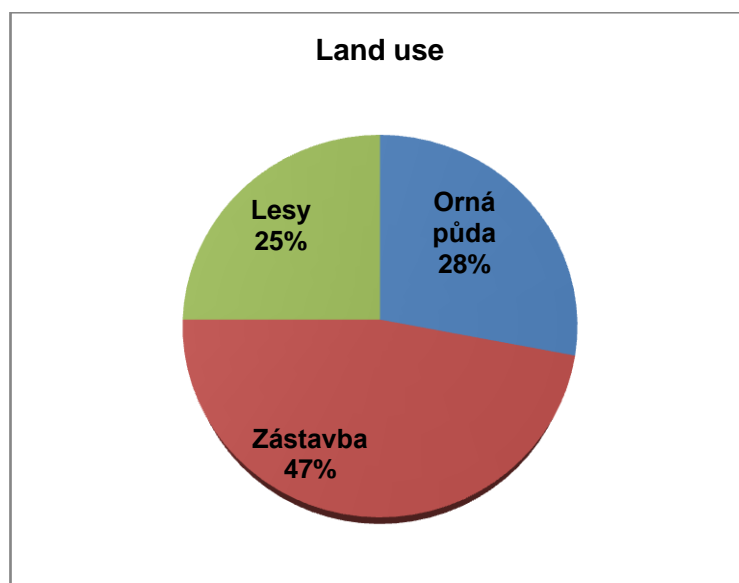
- **Neutrofilní: 5 druhů (39%):** *Amandinea punctata*, *Lecanora expallens*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia sulcata*, *Scoliciosporum chlorococcum*.
- **Nitrofilní: 6 druhů (46%):** *Candelariella reflexa*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Xanthoria parietina*, *Xanthoria polycarpa*.
- **Acidofilní: 2 druhy (15%):** *Hypogymnia physodes*, *Lepraria incana*.



Graf. 8 Zastoupení druhů podle úživnosti borky.

6.2 Vliv proměnných prostředí na druhovou skladbu

Nejprve byla v korelační matici testována vzájemná korelace sledovaných faktorů Borka, Zástin, Expozice, Orná půda, Lesy a Zástavba. Proměnná Expozice významně korelovala s proměnnými Zástin ($r = 0,53$), Lesy ($r = 0,42$) a Zástavba ($r = -0,27$). Tato proměnná byla z dalších analýz pro svou korelaci odstraněna, neboť v podstatě značně souvisí s ostatními proměnnými (větší zástin je na kmenech stromů v souvislém porostu, stromy v zapojeném porostu se vyskytují většinou v lesích, zatímco solitérní stromy hlavně v zástavbě). Procentuální zastoupení jednotlivých proměnných prostředí Land use (viz. Graf. 9) popisuje vztah výskytu jasanů k typu krajiny. Celkem 53% jasanů bylo nalezeno v extravilánu (otevřené krajině), zbylých 47% v intravilánu (zastavěné oblasti).



Graf. 9 Procentuální zastoupení jednotlivých proměnných Land use.

DCA (detrendovaná korespondenční analýza) na všech druzích (viz Tab. 4) ukázala unimodální odpověď druhů na proměnné prostředí (délka nejdelšího gradientu > 4), a proto byla k další analýze odezvy druhů na proměnné prostředí Zástin, Borka, Lesy, Zástavba (zahrnující v sobě i liniové stavby jako železnice nebo silnice) a Orná půda použita CCA s postupným výběrem proměnných (viz Tab. 5). Nejvíce variability vysvětlila proměnná Zástin (16,6%, $p=0,002$) a proměnná Lesy (9,8%, $p=0,015$), celkově bylo vysvětleno 46,3% variability v datech. Vliv ostatních proměnných již

nebyl signifikantní (pro úplnost však byly proměnné Zástavba a Orná půda zobrazeny v ordinačním diagramu, viz Graf. 10).

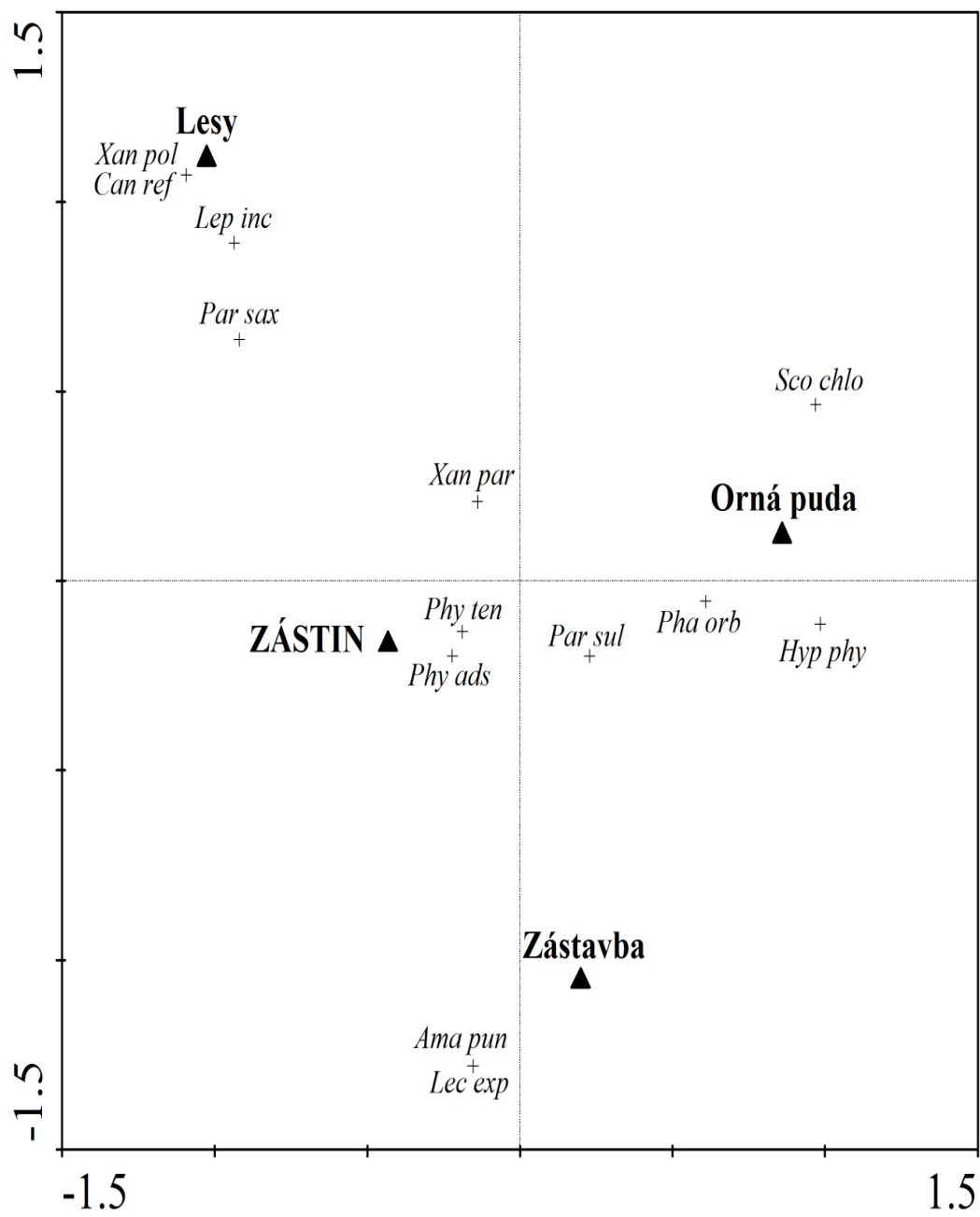
Z ordinačního diagramu (Graf. 10) je patrné, že druhy *X. polycarpa*, *Candelariella reflexa*, *Lepraria incana* a *Parmelia saxatilis* vykazují silný vztah k proměnné prostředí Lesy. Zástin preferují i druhy *Amandinea punctata* a *Lecanora expallens*, avšak silnou pozitivní korelaci vykazují i k proměnné Zástavba. S faktorem Orná půda kladně korelují druhy *Scoliciosporum chlorococcum*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Hypogymnia physodes*. Tři posledně jmenované navíc naznačují souvislost s proměnnou prostředí Zástin. Tyto druhy jsem nacházel zpravidla na solitérních jasaněch v intavilánu i extravilánu. *Xanthoria parietina* dle ordinačního diagramu (Graf. 10) nevykazuje jasné preference k některé z testovaných proměnných prostředí.

Tab. 4 - DCA

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	0.879	0.449	0.212	0.095	3.531
Lengths of gradient	4.670	4.269	2.576	1.984	
Cumulative percentage variance of species data	24.9	37.6	43.6	46.3	
Sum of all eigenvalues					3.531

Tab. 5 - CCA

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues	0.191	0.083	0.015	0.801	3.531
Species-environment correlations	0.559	0.336	0.192	0.000	
Cumulative percentage variance of species data	5.4	7.8	8.2	30.9	
of species-environment relation	65.9	94.7	100.0	0.0	
Sum of all eigenvalues					3.531
Sum of all canonical eigenvalues					0.290



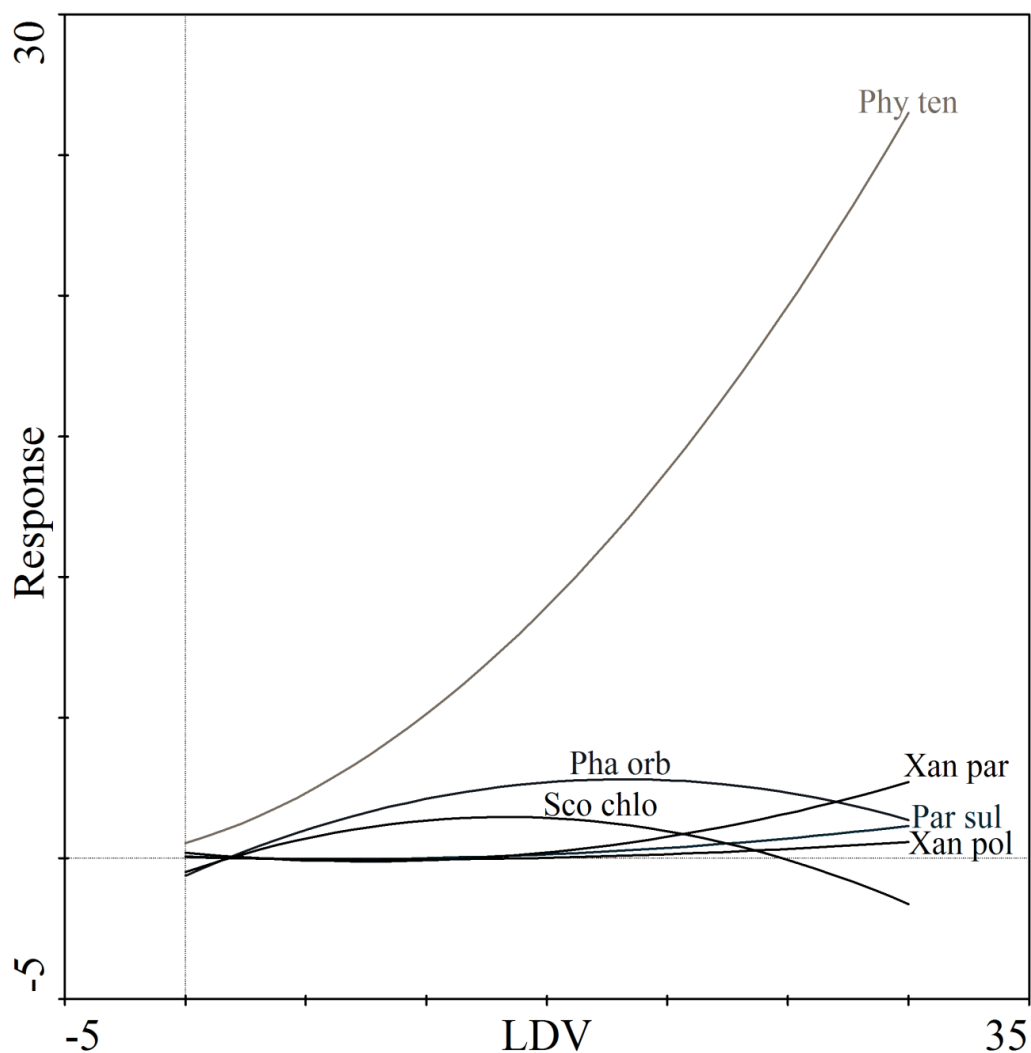
Graf. 10 Ordinační diagram CCA (kanonická korespondenční analýza).

6.3 Vztah frekvence jednotlivých druhů k celkové hodnotě LDV

Dále byl v CanoDraw pomocí metody Species response curves zkoumán výskyt jednotlivých druhů na škále získaných hodnot LDV pomocí zobecněného lineárního modelu (viz. Graf. 11).

Signifikantní nárůst nebo pokles frekvence druhů na gradientu představovaném hodnotou LDV ($p < 0,05$) byl nalezen u druhů: *Physcia tenella*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa* a *Parmelia sulcata*. Graf. 11 je možno interpretovat jako vztah jednotlivých druhů lišejníků k celkové frekvenci druhů, která je dána jednak tolerancí druhů k znečištění ovzduší, jednak jejich konkurenceschopností.

Frekvence druhu *Physcia tenella* stoupala téměř lineárně s hodnotou LDV. Vztah druhů jako *Phaeophyscia orbicularis* a *Scoliciosporum chlorococcum* je nelineární, vykazuje nejednoznačný trend (druhy se při určité frekvenci objevují, dosáhnou svého maxima, a zase mizí). Lineární trend stoupající s hodnotou LDV, avšak velmi pozvolný vykazuje trojice druhů (*Xanthoria parietina*, *X. polycarpa*, *Parmelia sulcata*). Objevují se v zásadě až při hodnotě nad 15, jež je pro předchozí naopak maximum.



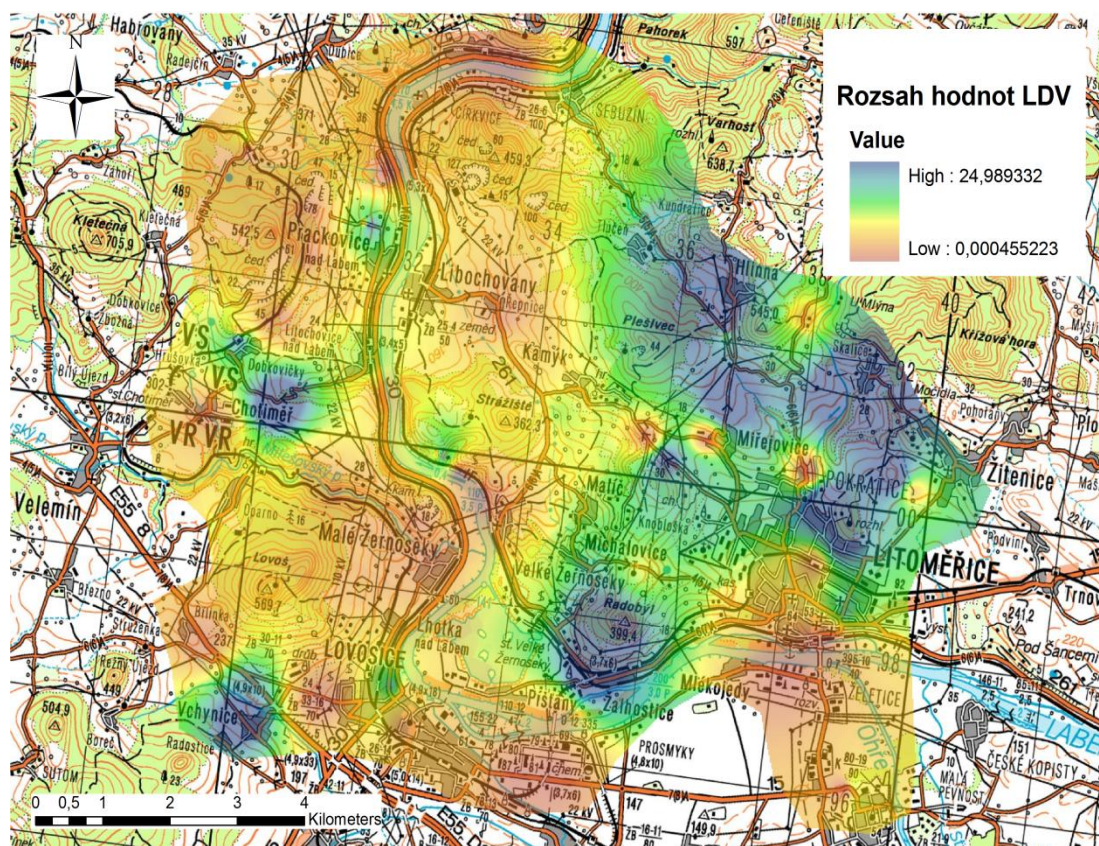
Graf. 11 Zobecněný lineární model.

6.4 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGIS

Výsledné hodnoty LDV, byly dále použity ke konstrukci rastru nad studovaným územím (Obr. 7) v programu ArcGIS 10.1. K tvorbě povrchu je z metod interpolace nabízených v prostorově analytických nástrojích programu nejvhodnější metoda IDW (Inverse Distance Weighting) česky překládaná jako metoda vážené inverzní vzdálenosti. Metoda interpoluje hodnoty bodů ve vektorovém formátu do povrchu ve formátu rastru. Předpokladem použití této techniky je, že každý pixel rastru je nejví-

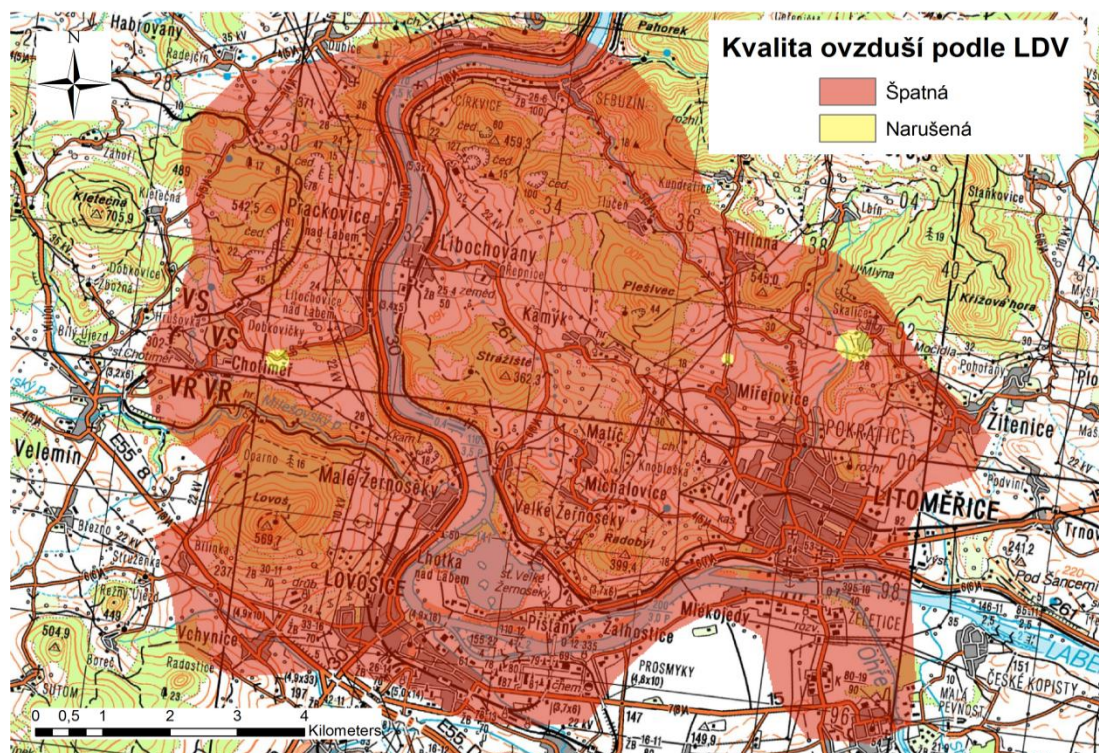
ce ovlivněn hodnotami bodů ve svém okolí, což je v případě LDV dobře aplikovatelné, protože atmosférické znečištění působící v krajinném prostoru je silně závislé na výskytu zdrojů znečištění a jeho pohybu v atmosféře podle převládajícího směru vzdušného proudění a tvaru reliéfu a lze očekávat prostorové korelace hodnot LDV. Vstupní data jsou vážena vzdáleností bodu od ostatních. Platí tedy, že váha klesá se vzdáleností od bodu.

Škála zjištěné lišejníkové rozmanitosti se pohybuje v intervalu (0 – 25), přičemž maximální hodnota je 25 (pouze na 1 km2), průměrná hodnota pak 5,8. Nejvyšší hodnoty byly detekovány v zalesněné oblasti v severovýchodní části území nad Litoměřicemi, zejména v oblasti okolo Žalhostic, Velkých Žernosek, dále ke Kamýku; na jihozápadě na jižním svahu Lovoše a přilehlém Opárenském údolí; na západě dále v okolí Chotiměře; směrem na sever již jen v okolí Dobkoviček a Prackovic nad Labem. Naopak nejmenší hodnota byla zaznamenána v okolí velkých sídel Lovosic a Litoměřic.

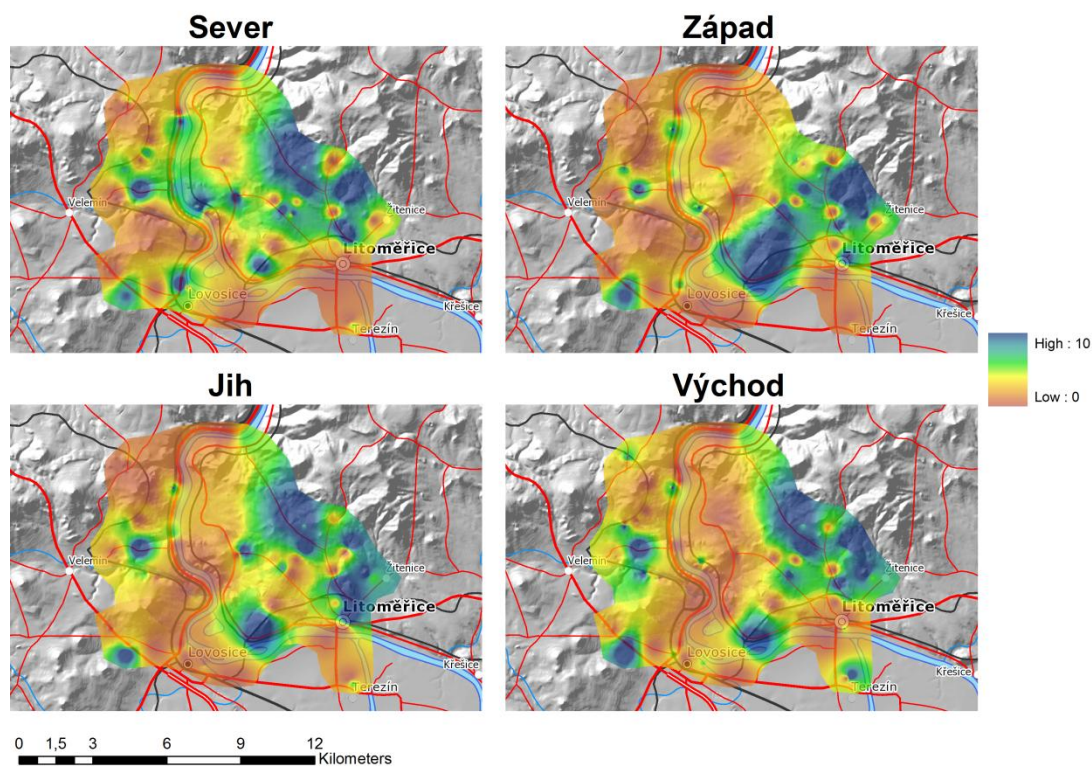


Obr. 7 Interpolovaný rast nad studovaným územím.

Reklasifikovaný rastr (Obr. 8) obsahuje pouze 2 zóny kvality ovzduší (1 – špatná, 2 – narušená). Zóna špatné kvality (LDV = 0 – 20). Hodnoty (0 až 20), byly naměřeny na 97 stromech. Nulovou frekvenci výskytu lišejníku jsem zaregistroval celkem v 17 měřeních, značná část oblasti je lišejníkovou pouští. Druhá zóna představující narušenou kvalitu ovzduší, tvoří osamocené entity v území, hodnoty vyšší jak 20 (LDV = 20 – 40), jsem zaznamenal pouze na 3 kmenech.



Obr. 8 Reklasifikovaný rastr.



Obr. 9 Interpolované rastry LDV podle jednotlivých světových stran.

Další analýza v ArcGIS (Obr. 9), sleduje rozdíly ve frekvencích na jednotlivých světových stranách. Parciální součet hodnot LDV pro každou stranu je převeden na stupnici (0 - 10). Pro lepší vizualizaci rastrového obrázku byla krom podkladové mapy CENIA_accr (mapa obcí, komunikací ad.), přidána mapa osvitů terénu. Rozdíly mezi jednotlivými světovými stranami nebyly podle Friedmanovy anovy signifikantní ($p > 0,05$).

Na severních stranách kmenů se objevuje zdánlivě nejvyšší hodnota LDV jako celku. Oproti tomu západní a jižní strany vykazují hodnoty o poznání nižší.

7. Diskuze

Zprvu je nutné poznamenat, že nebyla nalezena žádná relevantní studie vhodná k porovnání determinovaných vzorků s historickými údaji v území. Určité vodítko poskytuje studie B. Wagnera (Wagner, 2008), který se zaměřil pouze na epifyty samotného města Litoměřice a jeho nejbližšího okolí. Shrnutím výsledků floristického průzkumu a výsledných hodnot LDV vypadá biodiverzita epifytických lišejníků ve vymezeném území jako velmi nízká. Z celkem 13 nalezených druhů jsou pouze 2 acidofilní, 5 neutrofilních a 6 nitrofilních. Z pohledu vzácnosti se jedná o zcela běžné druhy pro ČR, 11 z nich patří do kategorie neohrožených druhů, zbývající 2 druhy jsou blízké ohrožení. Z větší části se jedná o druhy s lupenitou stélkou. Výčet druhů nemusí být samozřejmě konečný, připustíme-li možné přehlédnutí mikrolíšejníků pozorovatelem. Samotná metoda LDV, není schopna postihnout veškerou možnou lichenofloru. Jelikož klade požadavky jak na výběr dřeviny, tak i samotné měření diverzity mřížkou, probíhá odběr vzorků zhruba ve 100 cm výšky kmene od země. Některé druhy mohou kolonizovat nižší či vyšší partie kmene. Příkladem může být *Lepraria incana*, která ráda osidluje báze kmenů. Při hodnocení počtu druhů je též nutné vzít v úvahu, že lokalita byla dlouhou dobu pod trvalou imisní zátěží, jež se silně projevilo na stavu lišejníkové vegetace.

7.1 Zhodnocení výsledků metody LDV

Celkové hodnoty LDV získané ze všech kmenů jsou velmi nízké. Z interpolované rastrové mapy (Obr. 4) a získaných hodnot lišejníkové rozmanitosti, lze vyhodnotit následující závěry: studovaná oblast je zhruba v polovině protnuta rychlostní komunikací I/30, kopírující pravé koryto vodního toku Labe, silnice tvoří spojnici mezi sídly Lovosice a krajským městem Ústí nad Labem. V okolí celé trasy komunikace lze vysledovat sníženou hodnotu LDV a tudíž zvýšenou automobilovou dopravu je nutné považovat za signifikantní faktor ovlivňující hodnotu frekvence výskytu lišejníků.

Z logického hlediska tvoří zplodiny z dopravy negativní aspekt také v okolí dalších významných sídel tj. Litoměřice a jejich přilehlého okolí. V případě Lovosic se jedná o kombinaci působení více faktorů, znečištění z dopravy, ale zejména zvýšené emise z chemických provozů. Okolí těchto zdrojů kolonizují pouze silně toxitolerantní druhy, případně nejsou stromy lišejníky vůbec kolonizovány. Znatelně lepší situace je hlavně na severovýchodě území, které se vzdaluje všem výše uvedeným zdrojům znečištění. Podstatné kritérium mající vliv na biodiverzitu je geomorfologie území. Významné terénní útvary, např. vrcholy s NPR Lovoš, PP Radobýl, PR Kalvárie vytváří přirozenou překážku pro šíření polutantů. Terénní deprese, svahy, údolí vytváří relativně vhodné podmínky pro kolonizaci a šíření náročnějších druhů. Tato místa jsou zpravidla maloplošná chráněná území či Evropsky významné lokality soustavy Natura 2000.

7.2 Citlivost lišejníků

V kontextu pokryvnosti jednotlivých kmenů a druhové skladby usuzují na právě probíhající rekolonizaci epifyty. Dvojice druhů *P. tenella* a *P. adscendens* mají schopnost kolonizovat borku většiny druhů dřevin. Velmi mladé stélky například u terčníků ukazují na teprve nedávnou kolonizaci kmene. Probíhající rekolonizaci dřevin zaznamenal i B. Wagner, který uvádí až 7 druhů nalezených na jednom stromu. Domnívám se že, kolonizace těchto druhů je podpořena zvýšenou eutrofizací kmenů, a současně snižováním podílu sloučenin síry v ovzduší. Mnoha lišejníkům tento jev může vyhovovat. Po dlouhodobé imisní zátěži dochází k pomalému zotavování citlivějších druhů. Procesu rekolonizace v území nasvědčuje existence typických rysů (fází) tohoto jevu, popsanych např. v práci Syrovátkové (2009). Typickým znakem je šíření invazního toxitolerantního acidofilního druhu *Lecanora conizaeoides*, později lupenitých lišejníků. V zájmovém území jsem *L. conizaeoides*, nacházel pouze jako saxikolní druh (na kamenech, skalních útvarech). V iniciální fázi se šíří nové druhy z refugii a okolí. Refugium může být pro mnoho druhů (např. *Hypogymnia physodes* či *Physcia tenella*) samotný kmen jasanu ztepilého nebo jiné dřeviny s méně kyselou borkou. Větší význam má však šíření z okolí a z mikrolokalit chráněných před významným spadem imisí v dobách vysokého znečištění ovzduší. Druhá fáze znamená

kumulaci lišejníků, v posledním kroku nárůst nových lišejníků klesá a pokryvnost stagnuje, dochází k nasycení kapacity prostředí (Syrůvková, 2009).

Podstatný je posun od zaniklých druhů (kyselomilných) k druhům převážně neutrofilním a nitrofilním. Rychlosti rekolonizačního procesu, lze nejlépe sledovat právě na různých typech keřů. Bohatý společný výskyt několika nitrofilních druhů lišejníků např. na bezu černém je typickým důkazem. Mladé stélky lišejníků se na keřích začaly vyvíjet až tak 10 – 15 let po odsíření (Kocourková, úst. sděl.). Inventarizaci epifytů v území pomocí metody LDV by bylo vhodné v budoucnu zopakovat. Doporučuje se po 5 či více letech (Asta et al. 2002).

Celkovou lišejníkovou rozmanitost (LDV) v rámci území hodnotím jako podprůměrnou např. v porovnání se shodnými studii z oblasti Křivoklátské vrchoviny (Kadoun, 2012) a na vymezeném území Praha - západ (Lipowski, 2012). V druhovém složení jsou výsledky velmi podobné. Obě studie uvádí totožně 14 determinovaných druhů. Totožná je i dominance nitrofilních, toxitolerních druhů. Výraznou změnou těchto prací oproti mým dosaženým výsledkům je výrazně vyšší hodnota LDV. Kadoun uvádí škálu hodnot od 2 do 63 a území Křivoklátska je reklasifikované do 4 zón od velmi špatné po relativně dobrou kvalitu prostředí. Druhá práce v oblasti Prahy - západ je rozčleněn do třech zón od velmi špatné po střední. Lepší kvalita ovzduší navzdory blízkosti metropole Prahy je pravděpodobně zapříčiněna vyšší přírodností (zalesněné pásy) daných lokalit a nižší intenzitou imisí z chemického a jiného průmyslu v okolí.

7.3 Vliv světových stran na kolonizaci lišejníků

Posouzena byla míra vlivu jednotlivých světových stran na možnost kolonizovat kmen. Pro porovnání jsem vložil všechny 4 rastrové výstupy do jednoho layoutu (výkresu) vedle sebe (Obr. 9). Rozdíly mezi světovými stranami se nepodařilo signifikantně otestovat, jsou však na pohled vcelku patrné. Ukazuje se, že severní strany kmenů mají nepatrně vyšší hodnoty LDV, než jižní, východní a západní strany. Lepší kolonizační podmínky jsou pravděpodobně dány tím, že velké zdroje znečištění jsou umístěny na jihu území, taktéž klima a směr větru působí pozitivně na severní straně. Enklávy lesních porostů mohou poskytovat útočiště před účinky znečištění. Nejhorší

podmínky panují na západních stranách kmenů. Opticky se zdá, že je zde největší podíl území s nízkou hodnotou LDV. Na každém z rastrů je patrný jistý vliv velkých měst (Lovosice, Litoměřice) na hodnoty frekvencí snímků.

7.4 Vztah druhů a LDV

Zobecněný lineární model (viz. Graf. 11) je nutné chápat pouze, jako určitou statistickou simulaci dat. Model ukazuje pohyb frekvence jednotlivých druhů podél gradientu vzrůstající celkové frekvence všech druhů (LDV). Frekvence jednotlivých druhů je bezesporu ovlivněna jednak tolerancí druhu k atmosférickému znečištění, jednak konkurenceschopností druhu. Pokud by byl zachycen celý rozsah hodnot LDV, bylo by z grafu patrné, při jakých hodnotách LDV dosahují jednotlivé druhy svého maxima. Na zkoumaném intervalu (0 – 35) gradientu LDV lze druhy teoreticky rozložit do 3 skupin. První skupinu reprezentuje pouze *P. tenella* a její lineární růst na celém omezeném úseku. Do druhé skupiny patří druhy *Phaeophyscia orbicularis* a *Scoliciosporum chlorococcum*, které dosáhnou svého maximálního výskytu při hodnotách 10 – 20 LDV. A třetí shluk druhů *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa* a *Parmelia sulcata* charakterizuje pozvolně stoupající patrně lineární trend.

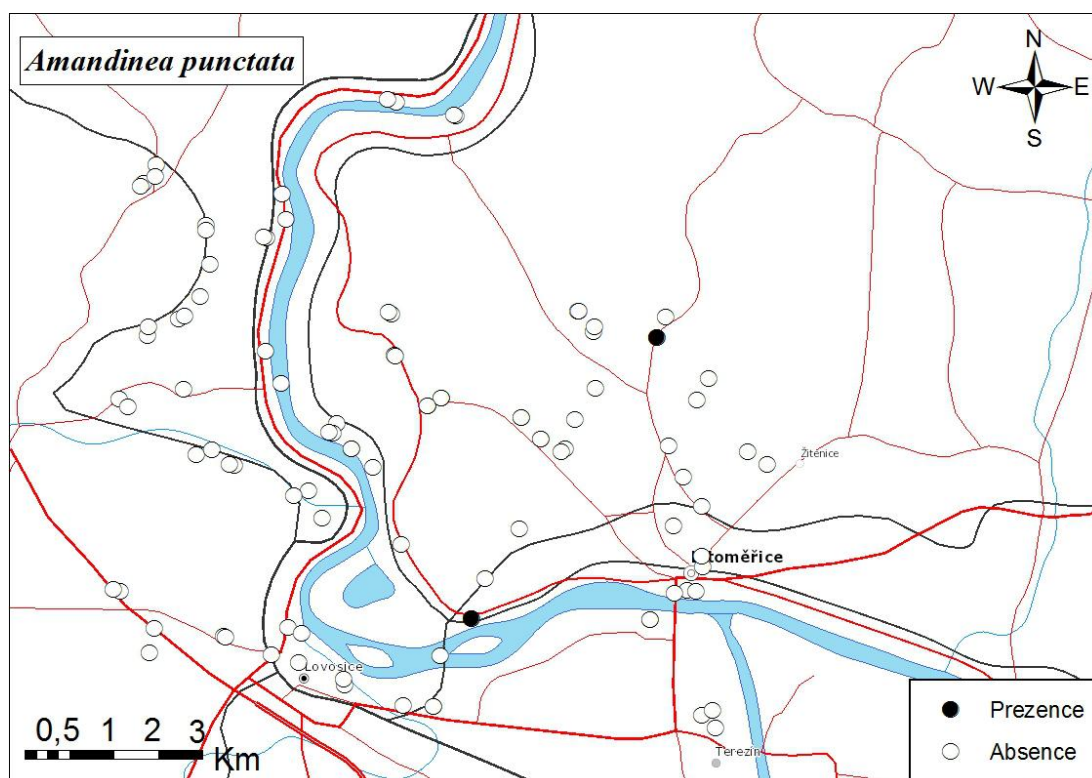
7.5 Vztah druhů a proměnných prostředí

Vztah nalezených druhů a proměnných prostředí postihuje výše popsany ordinační diagram CCA (viz. Graf. 10). V rozporu je silná korelace nejfrekventovanějších druhů *Physcia tenella* a *P. adscendens* s proměnnou Zástin, jelikož oba druhy jsou světlo milné. Samotný faktor Zástin je značně zavádějící, protože je tato dvoustavová proměnná (ano/ne), tedy zastíněn či nezastíněn značně závislá na subjektivním rozhodnutí pozorovatele. Také zástin způsobený korunami stromů je relativní, neboť se mění během ročních období. Víceméně je tento faktor obsažen již v proměnné Expozice. Určitou možností je proměnnou Zástin rozložit na třístavový faktor a to: 1 – koruna celá zakrývá kmen a zcela vylučuje kolonizaci lišejníky, 2 – parciální zástin kmene korunou, umožní částečnou kolonizaci a poslední 3 – koruna na kolonizaci nemá žádný vliv.

7.6 Komentovaný seznam nalezených druhů epifytických lišejníků

V této podkapitole je uveden seznam všech nalezených druhů včetně autor-
ských zkratk, ověřených podle nejnovější citované literatury (Liška et Palice, 2010)
a v závorce i český ekvivalent. U každého druhu, je mapa rozšíření a krátký kome-
ntář doplněný převážně vlastními fotografiemi druhů z místa nálezu.

Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins et Scheid.
(buelie tečkovaná)



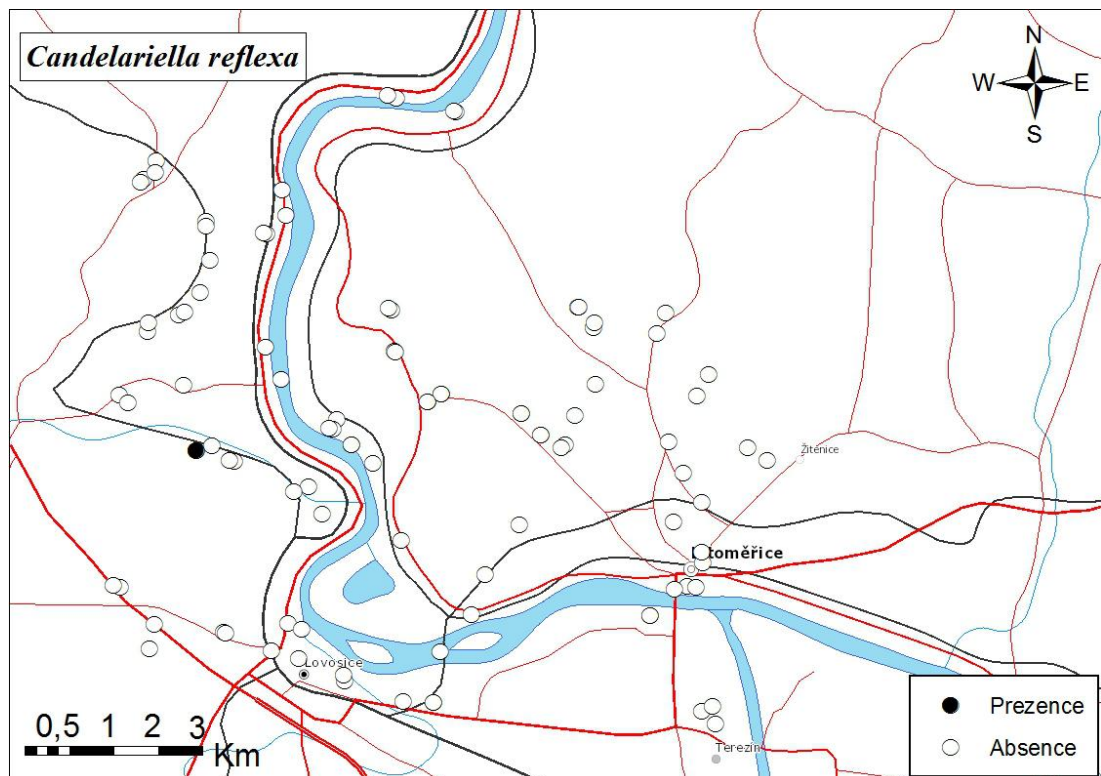
Obr. 10 Mapa rozšíření *Amandinea punctata*.

Výskyt tohoto lišejníku v oblasti je zcela ojedinělý, nalezen pouze na 2 kmenech
jasanu ztepilého, v prvním případě na solitéru v obci Žalhostice, nedaleko železniční
tratě, druhý cca 100 m před obcí Mentourov. Lišejník s korovitou, zrnitě bradavkovi-
tou stélkou, světle hnědým povrchem, je velmi odolným toxitolerním epifytem,
kolonizující různé substráty, odolávající koncentracím SO₂ až do 130 g/m³. Vzhle-
dem ke své toleranci je oprávněně považována za dobrý indikátor kvality ovzduší.



Obr. 11 *Amandinea punctata* (převzato: http://www.britishlichens.co.uk/species/Amandinea_punctata_small.jpg).

Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau.
(svíčníček ohrnutý)



Obr. 12 Mapa rozšíření *Candelariella reflexa*.

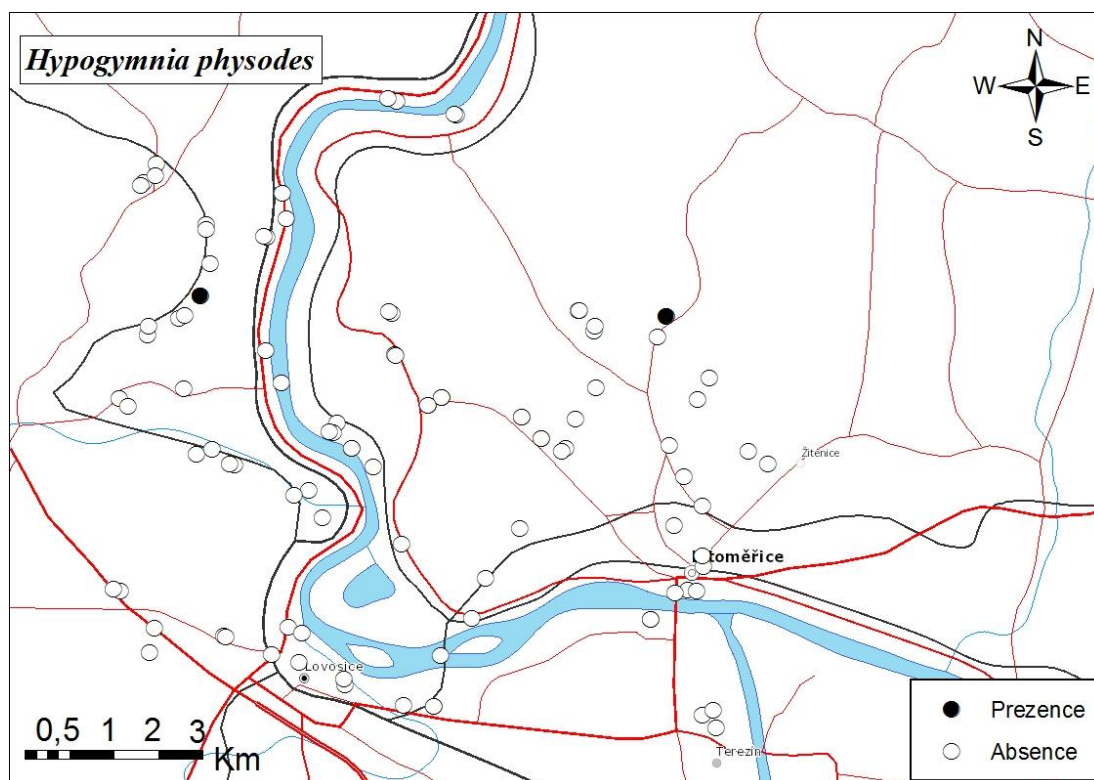
Svícníček ohnutý je korovitý, tenký práškovitý lišejník světle až tmavě žlutě zbarvený. Tolerancí k ovzduší patří mezi nitrofilní druh. V území byl nalezen pouze jednou v Opárenském údolí, a to ve společenství s *Lepraria incana*.



Obr. 13 *Candelariella reflexa* na borce jasanu ztepilého v Opárenském údolí (foto: autor)

***Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.**
(terčovka bublinatá)

Terčovka bublinatá se většinou vyskytuje i v imisně zasažených oblastech. Při sběru lišejníků byla často pozorována na větvích a kmenech různých dřevin, zpravidla ve vyšších partiích kmene. Na podzim, lze nalézt i volně na zemi např. v Opárenském údolí. Na jasanech se příliš nevyskytuje, objevena byla pouze ve 2 případech, v prvním případě s vyvinutou stélkou ve společenstvu s *Parmelia sulcata* v obci Mentourov, zhruba 5 km severovýchodně od Litoměřic. Další terčovka se nacházela na solitérním jasanu podél železniční tratě (Lovosice - Teplice v Čechách), v blízkosti nedostavěného úseku dálnice D8 (tato liniová stavba prochází částí CHKO České stře-dohoří).

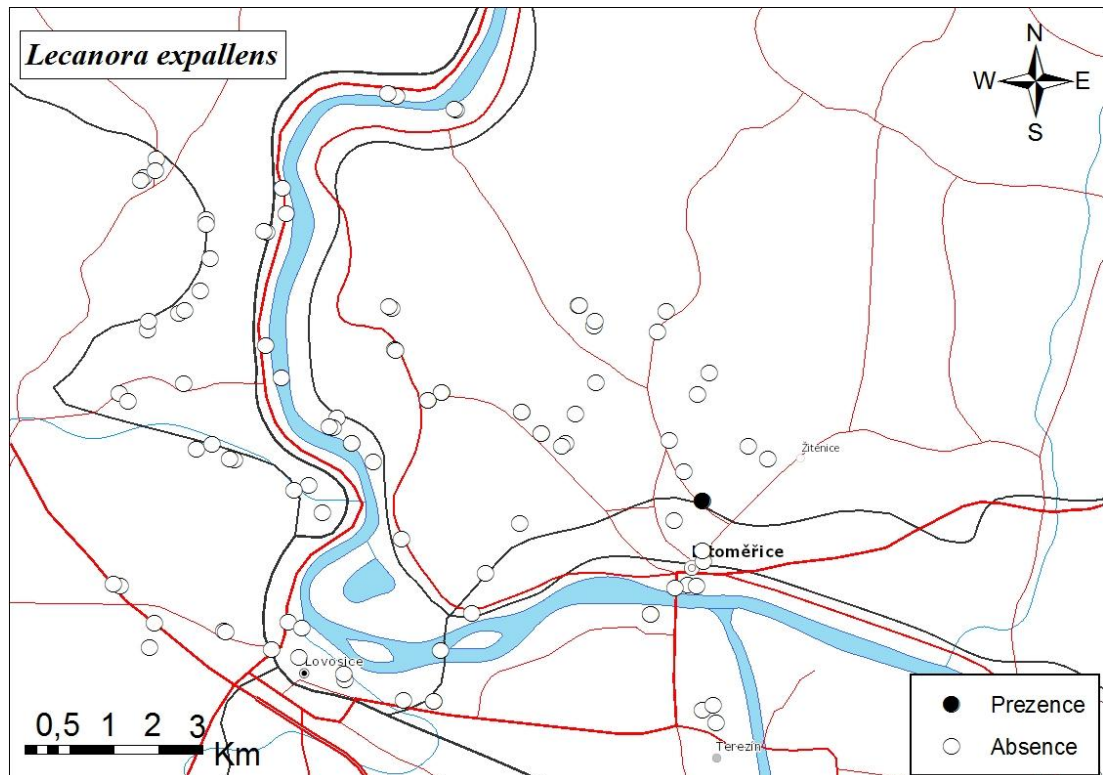


Obr. 14 Mapa rozšíření *Hypogymnia physodes*.



Obr. 15 *Hypogymnia physodes* (foto: autor).

***Lecanora expallens* Ach.**
(misnička vybledající)



Obr. 16 Mapa rozšíření *Lecanora expallens*.

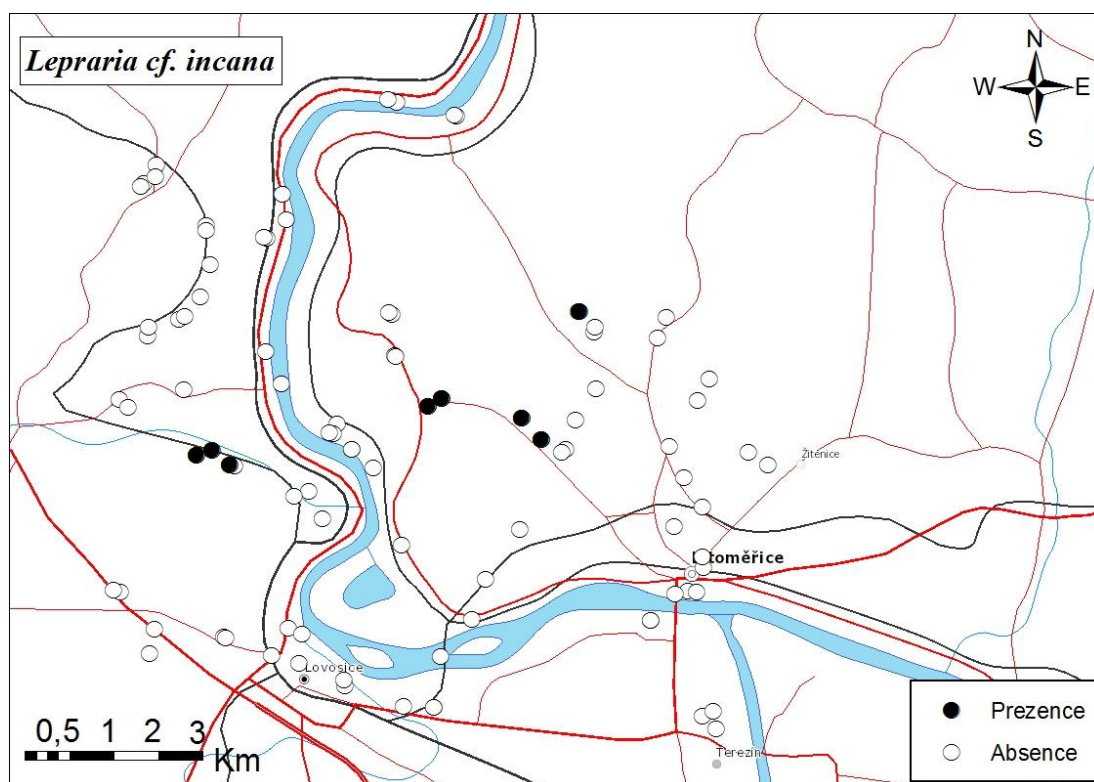
Lecanora expallens je jedním z nejvzácnějších druhů ve studovaném území. Určena byla v laboratoři fakulty pomocí barevných stélkových reakcí. Správnost určení revidovala doc. Jana Kocourková.



Obr. 17 *Lecanora expallens* (převzato: http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/lichens/cities/hamburg/6437_lecanora_expallens_2.jpg).

Lepraria cf. incana (L.) Ach.
(otrus ošedivělý)

Prášanky jsou lišejníky s trvale sorediózní stélkou a nesnášenlivostí vertikálních srážek (hydrofóbní), nejvíce jim vyhovují stinná stanoviště. Patří mezi acidofilní druhy. Nejvyšší počet nálezů (na 7 kmenech) byl zaznamenán v Opárenském údolí. Údolí se nachází pod severním svahem vrchu Lovoše, po celé délce zhruba 5 km od Malých Žernosek po Velemín se zařezává do krajiny podél údolní nivy Milešovského potoka. Mezi zbytky přirozených olšin je velmi rozšířený jasan ztepilý. *Lepraria incana* je zde dominantním epifytem a to nejen na jasanech. Pokryvnost kmenů je vysoká ze všech světových stran. Dřeviny jsou kolonizovány zpravidla od báze kmene do výšky zhruba 150 cm.



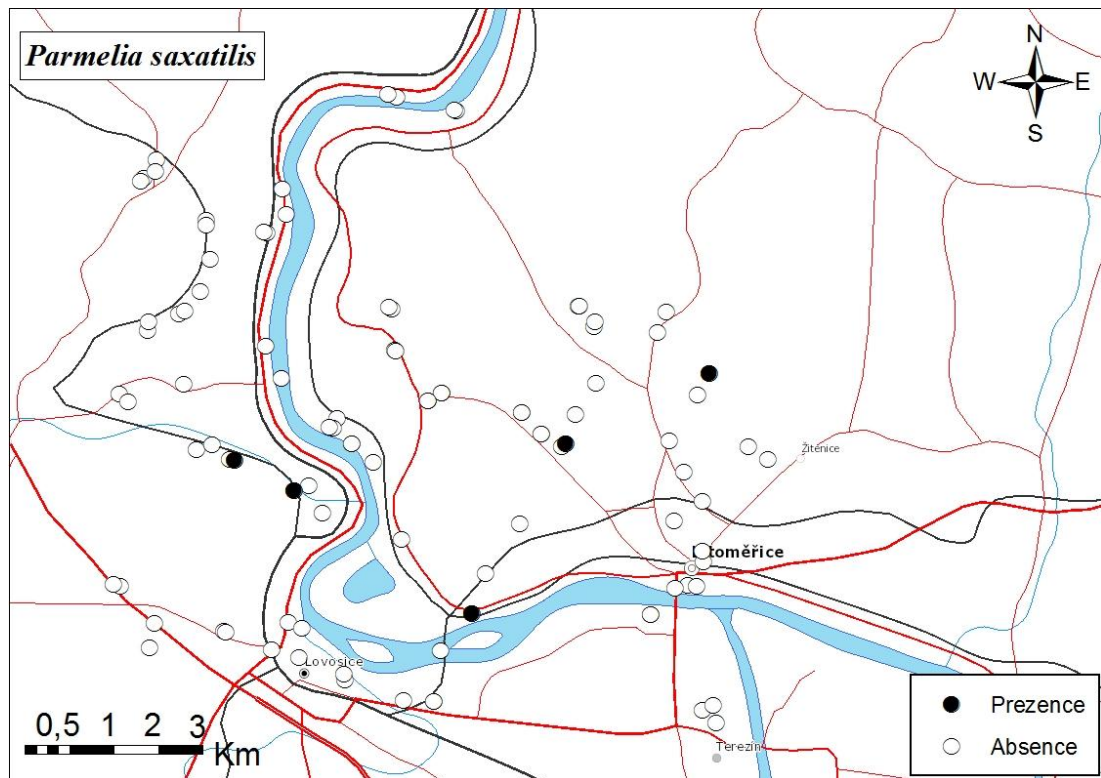
Obr. 18 Mapa rozšíření *Lepraria cf. incana*.



Obr. 19 *Lepraria cf. incana* na bázi kmene jasanu ztepilého v Opárenském údolí (foto: autor).

Parmelia saxatilis (L.) Ach.
(terčovka skalní)

Obr. 20 Mapa rozšíření *Parmelia saxatilis*.

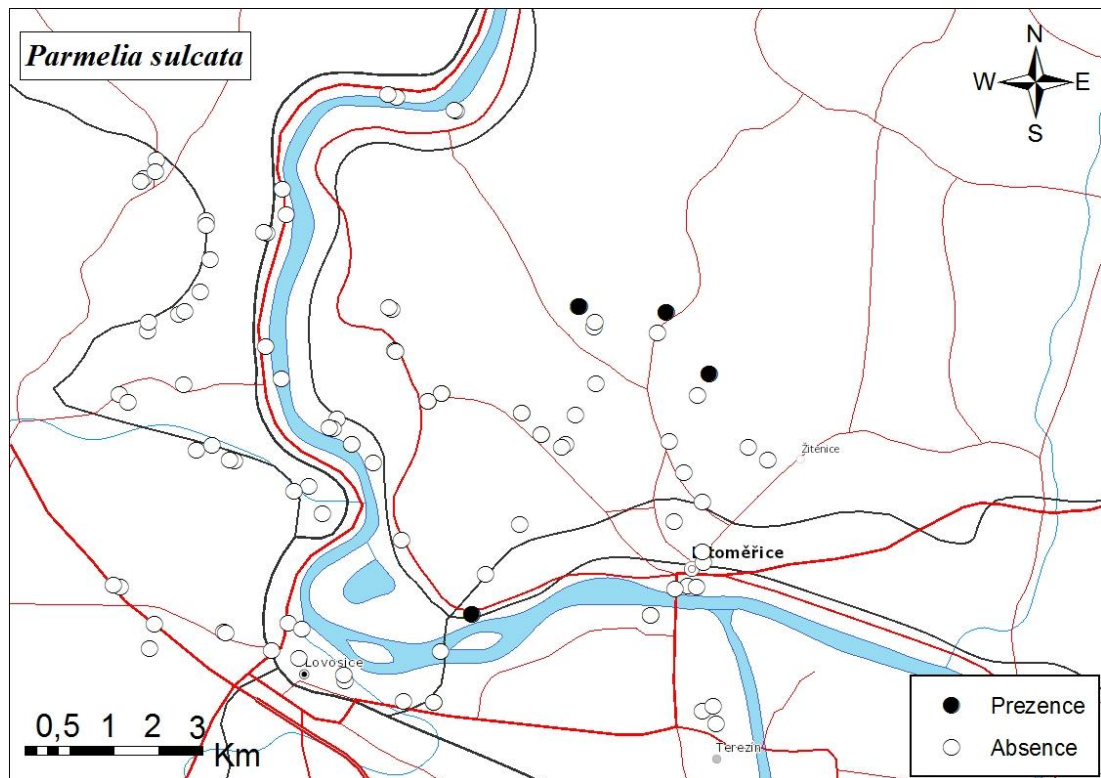




Obr. 21 *Parmelia saxatilis* (foto: autor).

Při prvotním pohledu lze snadno zaměnit za terčovku brázditou (*Parmelia sulcata*), oba druhy rostou často společně, rozlišit oba jedince od sebe je možno při pohledu lupou, v případě terčovky skalní podle stélky, jež má na povrchu bradavičnaté až válcovité výrůstky – izidie (sloužící k vegetativnímu rozmnožování), terčovka brázditá je nemá. Typickým stanovištěm terčovky jsou slunné expozice kmenů mnoha dřevin a křovin. Na kůře jasanů byla pozorována sporadicky v místech s vyšším LDV.

Parmelia sulcata Taylor.
(terčovka brázditá)



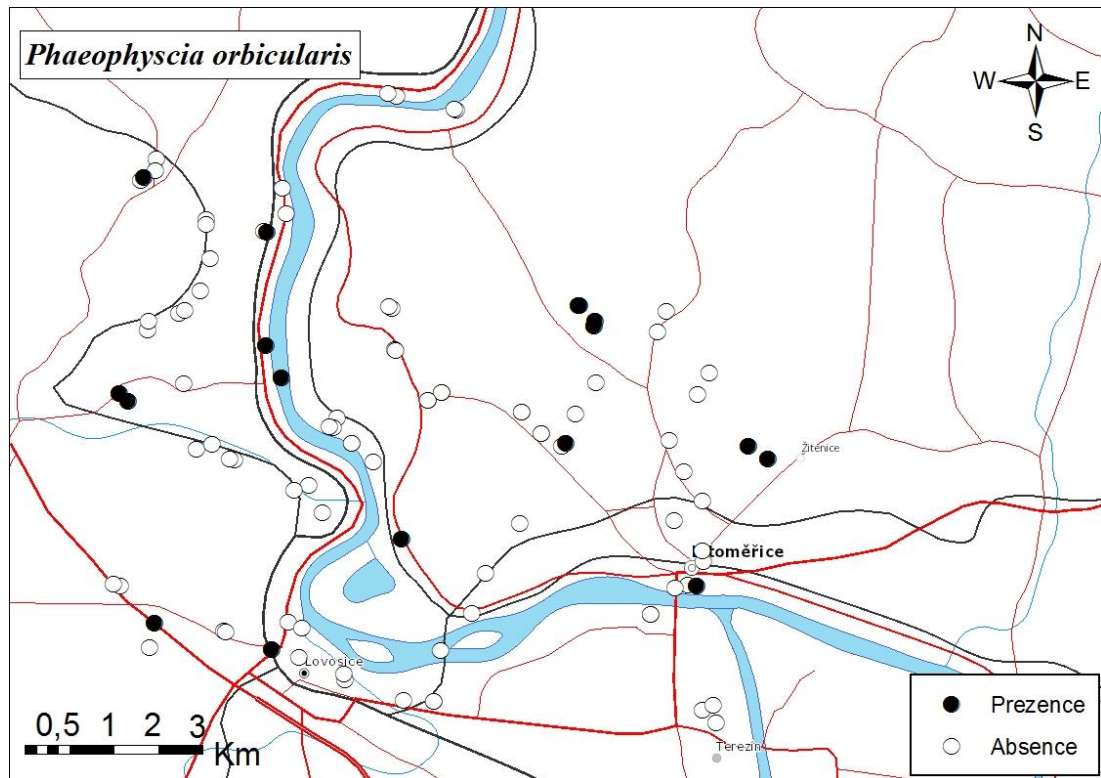
Obr. 22 Mapa rozšíření *Parmelia sulcata*.



Obr. 23 *Parmelia sulcata* na olši lepkavé (*Alnus glutinosa*). (foto: autor).

Méně hojný epifytický lišejník, oproti předchozí terčovce skalní (na 5 kmenech) nalezena na 4 kmenech. Stélka terčovky je typická brázdičkami se sorály.

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg.
(terčovník tmavý)



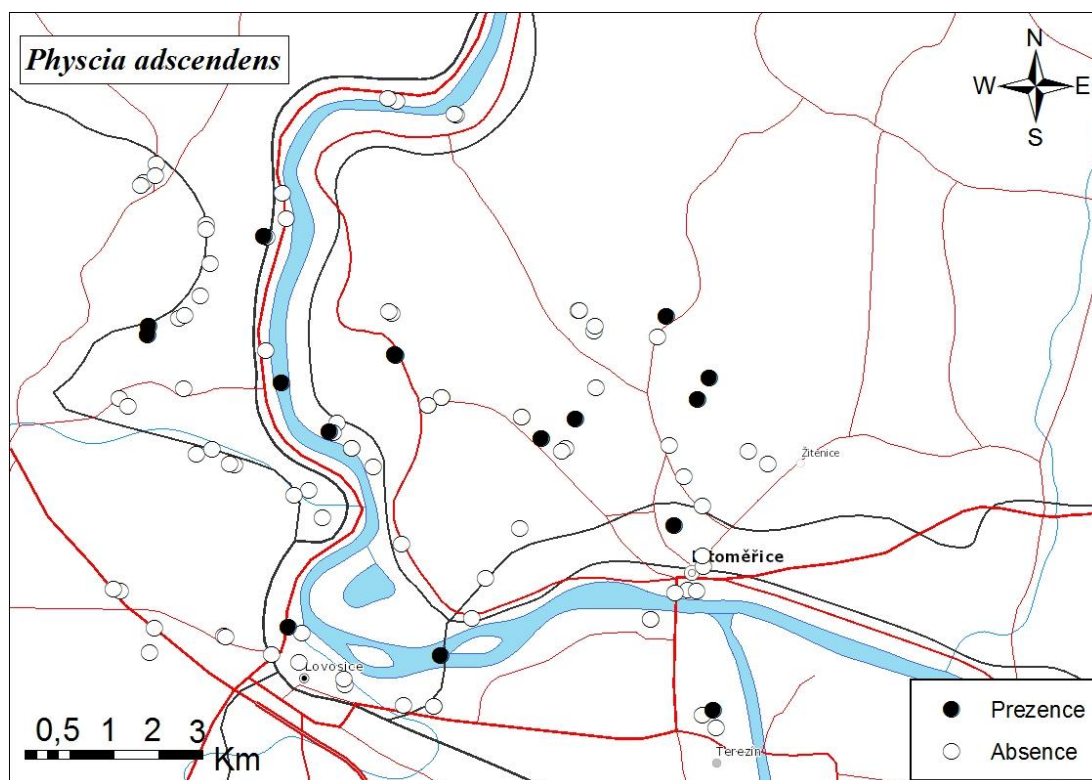
Obr. 24 Mapa rozšíření *Phaeophyscia orbicularis*.



Obr. 25 *Phaeophyscia orbicularis* na borce jasanu v Litoměřicích (foto: autor).

Velmi hojný, lupenitý, nitrofilní druh (na 16 kmenech). Kolonizuje slunná místa kmenů a větvičky křovin. Často ve společenství s *P. tenella* a *P. adscendens*.

Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier.
(terčovník odstávavý)



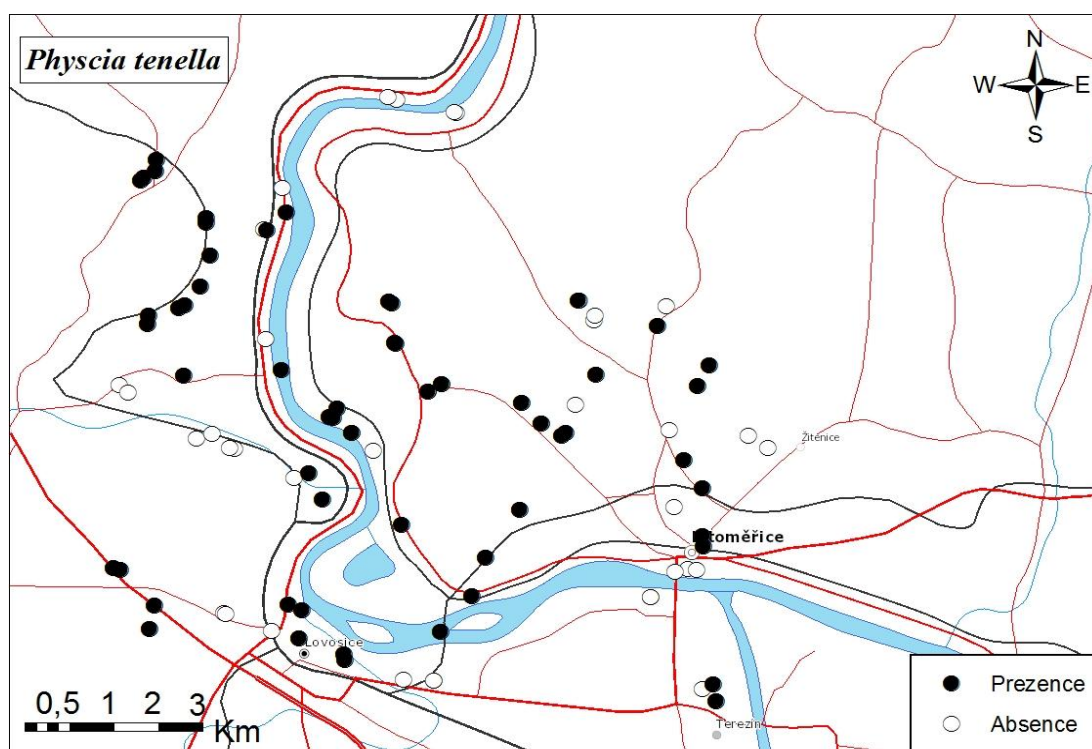
Obr. 26 Mapa rozšíření *Physcia adscendens*.



Obr. 27 *Physcia adscendens* (foto: autor).

Velmi hojný lišejník (na 15 kmenech). Typické jsou pro něj sorály pod přilbičkami na koncích laloků stélky. Kolonizuje kmeny stromů s úživnou borkou a opadané větve.

Physcia tenella (Scop.) DC.
(terčovník tenounký)



Obr. 28 Mapa rozšíření *Physcia tenella*.

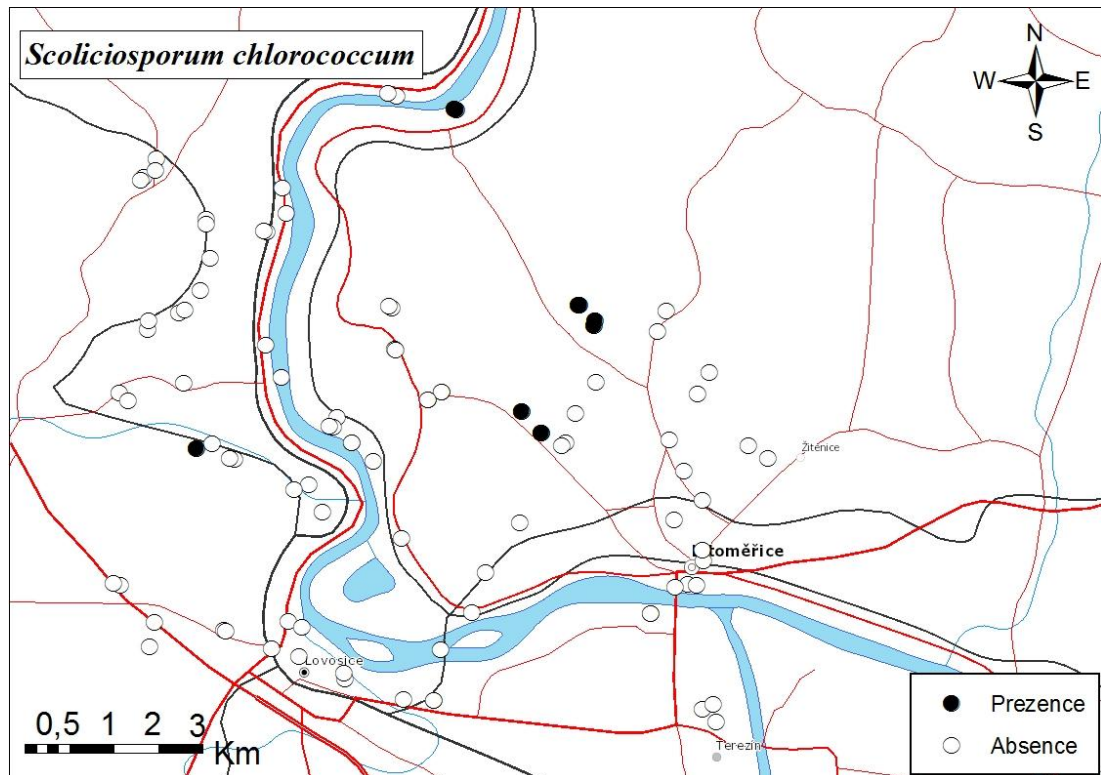
Je dominantním druhem lišejníku, na kmenech, kůře nebo větvičkách soliterních listnatých stromů v městských oblastech i v extravilánu. Na kmenech roste zpravidla spolu s *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis* a druhy rodu *Xanthoria*. Tyto druhy považujeme za indikátory přítomnosti zvýšených koncentrací dusíku v ovzduší, a to v důsledku jejich zvýšené toxitolerance. Jejich přítomnost, ukazuje na rychlé šíření v oblastech se značně zhoršenou kvalitou ovzduší. V zájmové oblasti patří *P. tenella* společně s *P. adscendens* mezi nejrozšířenější druhy s nejvyšší pokryvností. V Litoměřicích a širším okolí zaznamenal Wagner několik lokalit v letech 1970 až 2000 s výskytem tohoto druhu, společně s *Hypogymnia physodes*, *Amandinea punctata*, *Physcia tenella*.

Z 31 zjištěných druhů v roce 2008 uvádí Wagner nejvyšší počet lokalit u 3 nitrofilních druhů (*Physcia dubia*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*), na více než 20 lokalitách byla zaznamenány také *Lecanora hagenii*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* (Wagner, 2008). Při vlastním průzkumu bylo na jednotlivých kmelech *Fraxinus excelsior* zaznamenáno rovnoměrné rozložení tohoto druhu v celé oblasti.



Obr. 29 *Physcia tenella* (foto: autor).

Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda.
(misnička řasová)



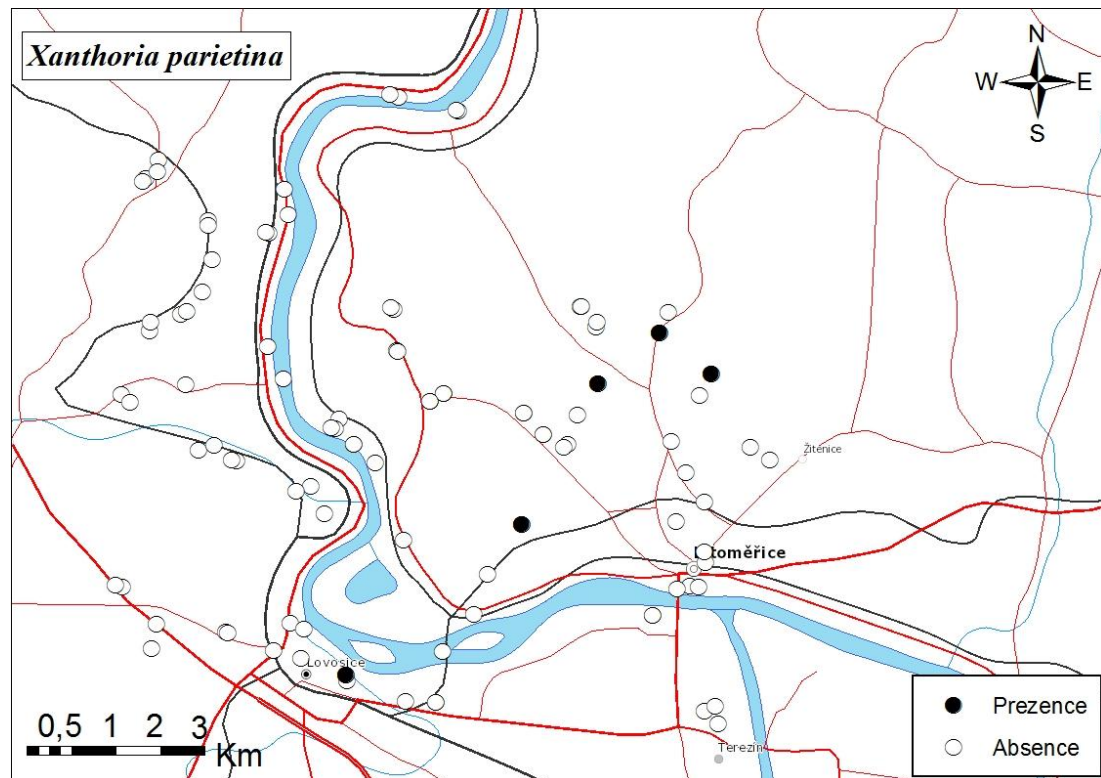
Obr. 30 Mapa rozšíření *Scoliciosporum chlorococcum*.



Obr. 31 *Scoliciosporum chlorococcum* (převzato:
<http://www.stridvall.se/lichens/gallery/Scoliciosporum/NIKA7127>).

Korovitý, neutrofilní druh.

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.
(terčovník zední)



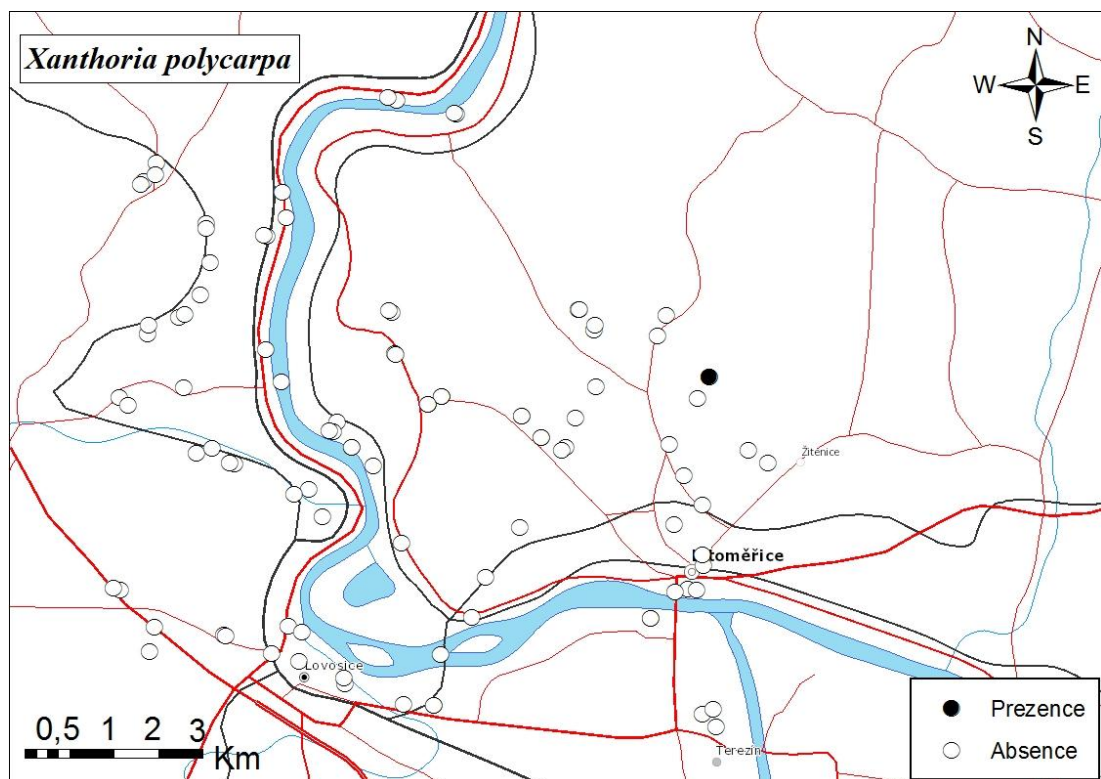
Obr. 32 Mapa rozšíření *Xanthoria parietina*.

Nápadně žlutý lišejník s lupenitou stélkou. Velmi rozšířený indikátor dusíku v ovzduší. Výskyt pravidelně ve společenství s *P. tenella*, nejčastěji na solitérních jasaněch podél komunikací. Na ostatních dřevinách, zvláště pak na křovinách dosahují stélky řádů jednotek centimetrů.



Obr. 33 Levá fotografie *Xanthoria parietina* na borce *F. excelsior*. Pravá fotografie typický výskyt *X. parietina* ve společenství s *P. tenella* na bezu černém (*Sambucus nigra*).

Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber.
(terčovník mnohoplodý)



Obr. 34 Mapa rozšíření *Xanthoria polycarpa*.



Obr. 35 *Xanthoria polycarpa* (převzato: <http://www.britishlichens.co.uk>).

Terčovník mnohoplodý se od terčovníku zedního odlišuje zejména, tím že stélka je téměř bez laloků, apotecia jsou nahloučena k sobě. V území se vyskytuje velmi vzácně, nalezen byl pouze na 1 kmeni. Nitrofilní druh.

8. Závěr

Základními cíli této diplomové práce bylo zmapovat stav kvality ovzduší v oblasti Litoměřicka a okolí pomocí moderní bioindikační metody LDV. Jak ukazují výsledky floristického průzkumu území, respektive škála hodnot lišejníkové diverzity, je oblast druhově velmi chudá. Zřetelný vliv více jak 100 let trvajících znečišťování průmyslovými zplodinami zdecimoval společenství velké většiny senzitivních organismů. Ačkoliv trendem poslední doby je viditelný nárůst nitrofilních společenstev, jak dokazuje tato studie.

V oblasti bylo determinováno celkem 13 epifytických druhů lišejníků, z toho 46% je nitrofilních. V zalesněných pásmech bývají jasaný v zápoji lesního porostu výhodnou nikou pro epifyty. Typickým úkazem se stává kmen kolonizovaný velmi mladými stélkami zejména druhu *Physcia tenella* v řádu 1- 5 milimetrů. Výsledná skladba je ovšem omezena samotnými požadavky na výběr dřevin (omezení jsou dána striktní metodikou) a faktem, že solitérní jasaný rostou zpravidla při okrajích rušných komunikací a podél cest, tedy bohatými zdroji dusíku z automobilové dopravy nebo dusíkatých sloučenin v podobě reziduí z hnojení.

Problémem se ukazuje být i dostatek a zejména rozmístění jasanů v prostoru. V terénu bývá celkem obtížné nalézt 2 jasaný spadající do vymezeného čtverce. Překážkou bývají rozličné přírodní jevy tj. údolí, vodní toky, údolní nivy aj. V mé práci se proto nepodařilo dodržet spojitost čtverců jako jednoho navazujícího celku. Území navíc rozděluje zářezové říční údolí vodního toku Labe, na východní a západní část.

9. Literatura

- Ahmadjian V.** (1993): *The Lichen Symbiosis*. New York: John Wiley. 250 pp.
- Anděl P.** (2011): *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. 1. vyd. Evernia s.r.o., Liberec. 265 s.
- Asta J. et al.** (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. – In: Nimis P. L., Scheidegger C. & Wolseley P. A. (eds.), *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Kluwer Academic, Dordrecht, 273–279 pp.
- Bakrman J. J.** (1958): *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Van Gorcum and Company. N. V., Assen, 628 pp.
- Begon M. et al.** (1990): *Ecology: individuals, populations and communities*. 2nd edition, Blackwell Scientific Publications. 844 pp.
- Beranová K, Franěk B, Hamerský R, et al.** (1999): *Plán péče CHKO ČESKÉ STŘEDOHOŘÍ*. Litoměřice. 192 s.
- Bruno P. Kremer.** (1995): *Stromy*. Nakladatelství IKAR Praha, spol. s.r.o. 287 pp.
- Coppins, B. J.** (1984): Epiphytes of birch. *The Royal Society of Edinburgh, Proceedings, Section B (Biological Sciences), Volume 85 (Parts 1/2): 115 - 128.*
- Demek J. et al.,** (1987): *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR*. Academia, Praha. 584 s.
- Dobrowolska D., Hein S., Oosterbaan A., Skovsgaard J - P., et al.** (2013): *Ecology and growth European ash (Fraxinus excelsior L.)*.
- Gries C, Sanz M - J, Romagni J. G., et al.** (1997): The uptake of gaseous sulphur dioxide by non-gelatinous lichens. *New Phytologist*, 135, 595–602.

Hawksworth, D. L. (1971): Lichens as a litmus for air pollution: a historical review. *International Journal of Environmental Studies*, 1, 281–296.

Hawksworth, D. L. et F. Rose. (1970): Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227. 145-148.

Kadoun J. (2012): Monitoring vybraných epifytických lišejníků v nejvýchodnější části Křivoklátské vrchoviny. Diplomová práce. ČZU v Praze, FŽP, Katedra ekologie. 81 s.

Klumpp A, et al. (2004): *Urban Air Pollution, bioindication and environmental awareness.* Cuvillier Verlag, Göttingen, 392 pp.

Kocourková J. (2013): Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků. ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra ekologie, 2013. 40 s.

Le Blanc et al. (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. – *can. J. Bot.*, 48: 148-149.

Lipowski P. (2012): Monitoring epifytických lišejníků ve vymezeném území Praha - západ. Diplomová práce. ČZU v Praze, FŽP, Katedra ekologie. 88 s.

Liška J, Palice Z. (2010): Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1). *Příroda*, 29: 3–66.

Markert B., Oehlmann J., Roth M., (1997): General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals. In: Subramanian K. S., Iyengar, G. V. (eds.). *Environmental Biomonitoring - Exposure Assessment and Specimen Banking.* ACS Symposium Series, vol. 654, American Chemical Society, Washington DC, pp. 18 - 29.

Nash T. H. (2008): *Lichen Biology.* Cambridge: Cambridge University Press. 486 pp.

Nylander, W. (1866): Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 13, 364-372.

Orange A, James P. W. et al. (2001): *Microchemical methods for the identification of lichens.* British Lichen Society. London.

Paleček J, Linhart I, Horák J. (1996): Toxikologie a bezpečnost práce v chemii. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 189 s.

Quitt E. (1973): Klimatické oblasti Československa. ČSAV, Brno. 197 s.

Rasmussen L. (1978): Element content of epiphytic *Hypnum cupressiforme* related to element content of the bark of different species of phorophytes. *Lindbergia* 4: 209 – 218.

Schulz H, Popp P, Huhn G, Stärk H – J, Schüürmann G. (1999): Biomonitoring of airborne inorganic and organic pollutants by means of pine tree barks. I. Temporal and spatial variations. *The Science of the Total Environment* 232: 49 – 58.

Skácel F, Tekáč V. (2011): Trendy vývoje kvality ovzduší severozápadních Čech 1990 - 2008. *PALIVA* 3, 28 - 36.

Smith et al. (2009): *The Lichens of Great Britain and Ireland*. Cambridge University Press. 1046 pp.

Spiro B, Morrisson J and Purvis, O. W. (2002): Sulphur isotopes in lichens as indicators of sources. In *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Nato Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, ed. P. L. Nimis, C. Scheidegger and, P. A. Wolseley, pp. 311–315. Dordrecht: Kluwer Academic.

Svoboda D. (2003): Lišejníky Českého krasu: Diversita lišejníků v údolí řeky Beřounky v CHKO. Bioindikace znečištění v centrální části Krasu. Diplomová práce. PřF UK v Praze, Praha. 147 s.

Svoboda D. et Peksa O. (2008): Epifytická lichenoflóra stromů podél silnic v Labských pískovcích v severních Čechách. *Příroda*, Praha, 26: 131–140.

Syrovátková L. (2009): Návrat epifytických lišejníků na území Doupovských hor po snížení znečištění ovzduší. Diplomová práce. PřF UK v Praze, Katedra botanika. 64 s.

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

Tomášek M. (1995): Atlas půd České republiky. Vydal Český geologický ústav, Praha. 36 s.

van Dobben, H. F. (1996): Decline of epiphytic lichens in an agricultural area in the Netherlands (1900-1988). – *Nova Hedwigia*, 62/3-4: 477-485.

Wagner B., (2008): Epifytické lišejníky města Litoměřice. *Severočeskou Přírodou.*, Litoměřice, 39: 125-133, 2008.

Will - Wolf, S., Essen, P. A., Neitlich, P. (2002): Monitoring biodiversity and ecosystem function: forests. In: P. L. Nimis, C. Scheidegger and P. A. Wolseley (eds). *Monitoring with lichens - monitoring lichens*, 203 - 222. NATO Science Series, IV, vol. 7. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers.

Wirth, V. (1995): Flechtenflora: Bestimmung und Ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. Ed. E. Ulmer, Stuttgart. 661 pp.

Internetové zdroje:

<http://www.ceskestredohori.ochranaprirody.cz> [on-line 4-2013].

<http://astro.mff.cuni.cz> [on-line 2-2013].

<http://athena.zcu.cz> [on-line 4-2013].

<http://geoportal.gov.cz> [on-line 1-2013].

<http://old.ochranaprirody.cz/ceskestredohori> [on-line 10-2012].

<http://www.biologie.uni-hamburg.de> [on-line 4-2013].

<http://www.britishlichens.co.uk> [on-line 4-2013].

<http://www.cittadella.cz> [on-line 4-2013].

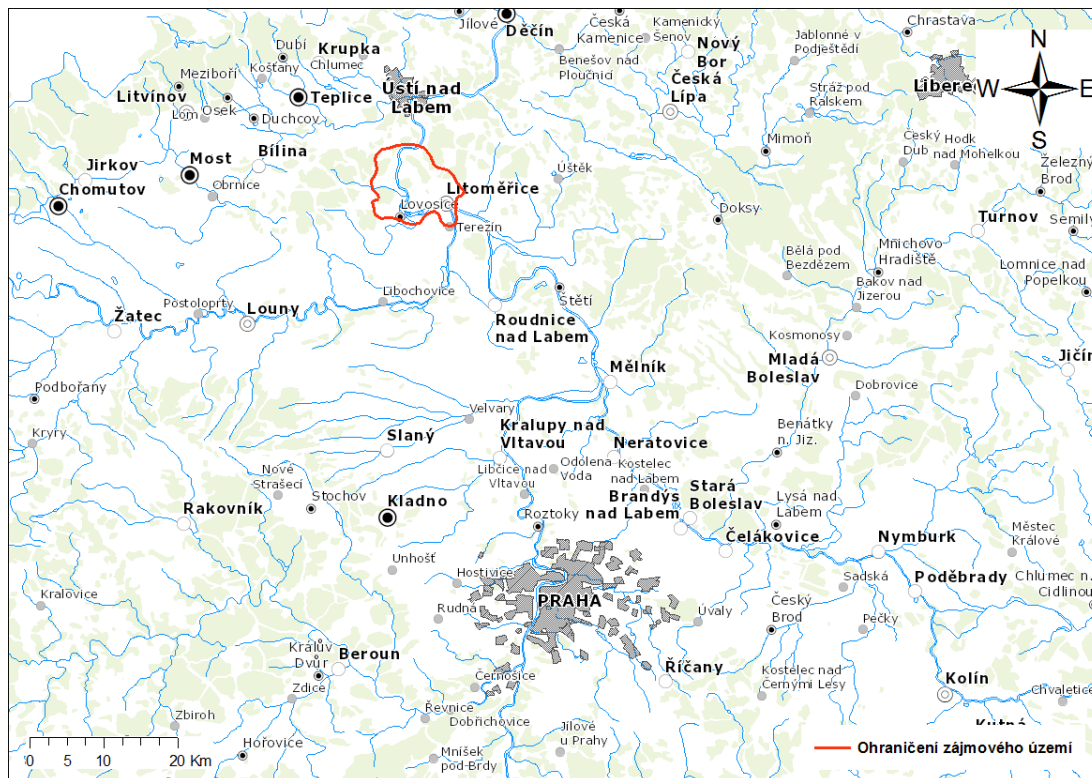
<http://www.chmi.cz> [on-line 1-2013].

<http://www.stridvall.se> [on-line 3-2013].

http://www.valbro.unifreiburg.de/pdf/stsm_ash2.pdf. [on-line 2-2013].

http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf. [on-line 10-2012].

10. Přílohy



Obr. 36 Studované území v širším kontextu České republiky.



Obr. 37 Různé pohledy z pravého břehu toku Labe od „Tří křížů“, na nevšední krajinu s hlubokým zářezem říčního údolí do Českého středohoří nazývaným *Porta Bohemica* (Brána Čech). Břehy Labe zde lemují skalnaté svahy a strmé skalní stěny. (foto: autor)



Obr. 38 Panoramatický snímek krajiny Českého středohoří, pohled od vesnice Dubice, v pozadí s novostavbou dálnice D8 (foto: autor).



Obr. 39 Pohled na město Litoměřice a zemědělskou krajinu z úpatí vrchu Radobýl (foto: autor).