

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

Katedra ekologie



**Biomonitoring kvality ovzduší pomocí epifytických  
lišejníků v oblasti Pardubic a okolí**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Tomáš Vencel

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

2024

---

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Vencel

Regionální environmentální správa

Název práce

**Biomonitoring kvality prostředí pomocí lišejníků v oblasti Pardubic a okolí**

Název anglicky

**Biomonitoring of quality of environment with lichens in Pardubice and surrounding area**

---

### Cíle práce

1. Jaká je biodiverzita epifytických lišejníků rostoucích na stromech druhu *Fraxinus excelsior* ve vybraném území?
2. Analyzovat a statisticky zpracovat data získaná z výzkumu v zájmovém území.
3. Jaký vliv má současná kvalita prostředí na diverzitu lišejníků ve vybraném území?

### Metodika

Sběr materiálu epifytických lišejníků ve vybraném území ČR na 100 jedincích jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*).

Zjistit diverzitu lišejníků na daném území.

Provedení analýzy podle metodiky LDV (Lichen Diversity Value).

Na základě zjištěných druhů bude pomocí vhodných statistických a grafických metod vyhodnocen současný stav ovzduší v oblasti, který je porovnán se současnými hodnotami z měřících stanic (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>3</sub>) a hodnotami v minulosti.

---

**Doporučený rozsah práce**

60-80

**Klíčová slova**

Epifytické lišejníky, metoda LDV, kvalita prostředí, *Fraxinus excelsior*, východní Čechy

---

**Doporučené zdroje informací**

- 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.
- Kocourková J. (2017) *Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků*. Ms. [depon in: ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra ekologie.]
- Liška J. (2012) Lichen flora of the Czech Republic. *Preslia* 84: 851–862.
- Nash T. H. (2008) *Lichen Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. 486 pp.
- Orange A., James P. W. et al. (2001) *Microchemical methods for the identification of lichens*. British Lichen Society, London.
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013) *Die Flechten Deutschlands, Band 1. & 2*. Eugen Ulmer KG, Stuttgart. 1244 pp.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2023

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2024

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Biomonitoring kvality ovzduší pomocí epifytických lišejníků v oblasti Pardubic a okolí" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob. Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze, dne 28.03. 2024 \_\_\_\_\_

## **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.

## Abstrakt

Diplomová práce zahrnuje výsledky biomonitoringu epifytických druhů lišejníků, na kmenech stromu jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jenž byl proveden na území města Pardubice a jeho okolí, v kvadrátu 5960 středoevropského síťového mapování. Dle získaných dat z výzkumu, vyhodnocuje kvalitu ovzduší, pomocí bioindikační metody LDV (Lichen Diversity Value). Výsledky tohoto měření vykazují rozmanitost epifytických lišejníků, jenž byla vyhodnocena škálou od 0–120, průměrná hodnota činí 42.

Výsledné hodnoty jsou rovny střední kvalitě prostředí, z čehož můžeme usuzovat dlouhodobý vliv emisí na lichenofloru. Celkově bylo sesbíráno 220 vzorků epifytických lišejníků a určeno 18 druhů. Mezi nejrozšířenější druhy ve studovaném území řadíme: *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *P. nigrans*, *Candelariella efflorescens*. Tyto nejčastěji determinované druhy spadají do skupiny lišejníků nitrofilních, jenž zaznamenávají vysokou rozmanitost v městských oblastech.

## Klíčová slova

Epifytické lišejníky, Metoda LDV, Kvalita prostředí, *Fraxinus excelsior*, Pardubice, Biomonitoring

## Abstract

The thesis includes the results of biomonitoring of epiphytic lichen species on trunks of ash trees (*Fraxinus excelsior*), which was carried out in the territory of the city of Pardubice and its surroundings in the quadrant 5960 of the Central European network mapping. According to the obtained data from the research, I am evaluating the air quality using the bioindication method LDV (Lichen Diversity Value). The results of this measurement show the diversity of epiphytic lichens, which has been evaluated on a scale of 0-120, with an average value of 42.

The resulting values are equal to the mean environmental quality, from which we can infer the long-term effect of emissions on lichen flora. In total, 220 samples of epiphytic lichens were collected and 18 species were identified. The most abundant species in the study area are: *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *P. nigrans*, *Candelariella efflorescens*. These most frequently identified species belong to the group of the nitrophilous lichens, which show high diversity in urban areas.

## Key words

Epiphytic lichens, LDV method, Environmental quality, *Fraxinus excelsior*, Pardubice, Biomonitoring

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíle práce.....	2
Rešeršní část .....	3
3. Biologie lišejníků .....	3
3.1 Epifytické lišejníky .....	4
3.2 Lišejníky jako bioindikátory kvality ovzduší .....	6
3.3 Faktory ovlivňující výskyt epifytických lišejníků .....	7
3.3.1 Vliv vybraných polutantů na lišejníky .....	11
3.3.1.1 Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> ).....	12
3.3.1.2 Oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ) .....	13
3.3.1.3 Pevné částice (PM <sub>x</sub> ).....	14
4. Metodika .....	16
4.1 Charakteristika zájmového území.....	16
4.2 Terénní část.....	19
4.3 Determinace lišejníků .....	21
4.4 Snímkování kmene .....	22
4.5 Metoda LDV (Lichen Diversity Value) .....	23
4.6 Zpracování dat .....	25
4.7 Laboratorní část .....	26
4.8 Analýza dat.....	28
4.8.1 Vliv faktorů prostředí na hodnotu LDV .....	28
4.8.2 Porovnání frekvencí lišejníků na různých světových stranách.....	28
4.8.3 Vliv proměnných na druhové složení získaných lišejníků .....	28
Praktická část práce .....	29
5. Výsledky .....	29
5.1 Zpracování získaných dat v programu ArcGIS Pro .....	29
5.2 Seznam nalezených lišejníků.....	30
5.3 Komentovaný seznam druhů a místa nálezu .....	32
5.4 Ekologická povaha nalezených druhů.....	50
5.5 Vliv faktorů prostředí na druhovou skladbu .....	54
5.6 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGis Pro.....	55
5.6.1 Vliv světových stra na diverzitu lišejníků .....	56
6. Diskuse .....	59
7. Závěr.....	62



8. Seznam použité literatury .....	64
8.1 Odborné publikace.....	64
8.2 Internetové zdroje .....	69
9. Seznam obrázků .....	71
Seznam map.....	73
10. Přílohy .....	73
Seznam tabulek.....	73
Seznam použitých zkratk.....	74

## 1. Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si vybral „Biomonitoring kvality ovzduší pomocí epifytických lišejníků v oblasti Pardubic a okolí“. Jedním z hlavních důvodů volby tohoto tématu, byl pro mě současný stav kvality ovzduší, jak na lokální, tak globální úrovni. Tato práce zkoumá biodiverzitu a rozšíření epifytických lišejníků na vybraném území ČR na 100 jedincích jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*). Stěžejní částí práce je provést analýzu dle metodiky LDV (Lichen Diversity Value).

Na základě zjištěných druhů poté bylo pomocí vhodných statistických a grafických metod vyhodnocen současný stav ovzduší v oblasti, který je porovnán se současnými hodnotami z měřících stanic a hodnotami v minulosti. Hodnocenými polutanty jsou oxid siřičitý (dále SO<sub>2</sub>), oxidy dusíku (dále NO<sub>x</sub>) a prachové částice (dále PM<sub>x</sub>). Právě epifytické lišejníky jsou velmi často využívány jako tzv. bioindikátory, které slouží k sledování a určování kvality ovzduší. Již zmiňovaná lokalita Pardubic a okolí je spjata s průmyslem, proto mě zajímalo, jaký vliv bude mít znečištění v Pardubicích na diverzitu lišejníků.

Vytvořil jsem mapu o 100 čtvercích a využil metody mapových čtverců, abych tak graficky znázornil výslednou biodiverzitu.

Teoretická část práce se zaměřuje na popis epifytických lišejníků, jejich funkci a rozšíření. Představuje také studovanou oblast, vliv vybraných polutantů na lišejníky a podrobný popis metodiky práce a sběru lišejníků.

Praktická část práce se zabývá nalezenými druhy epifytických lišejníků, jejich rozmanitostí a pokryvností. Jsou zde představeny výsledky LDV metody, jenž jsou vyobrazeny na mapovém podkladu, zpracovaném v programu ArcGisPro. Detailnější výčet nalezených druhů je popsán v komentovaném seznamu lišejníků. Výsledky rozšíření druhů pak jsou zobrazeny na mnou vytvořených mapových podkladech. Bude provedena následná analýza, které bude doplněna grafy a dalšími statistickými metodami, které popisují současný stav. Na závěr je detailněji rozebrána ekologická povaha nalezených lišejníků, faktory studovaného prostředí, jednotlivé světové strany a jejich vliv na biodiverzitu lišejníků.

## 2. Cíle práce

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

- Jaká je biodiverzita epifytických lišejníků rostoucích na stromech druhu jasanu ztepilý (*Fraxinus excelsior*) ve vybraném území?
- Analyzovat a statisticky zpracovat data získaná z výzkumu v zájmovém území.
- Jaký vliv má současná kvalita prostředí na diverzitu lišejníků ve vybraném území?

## Rešeršní část

### 3. Biologie lišejníků

Lišejníky jsou v současnosti vnímány jako podpůrná taxonomická kategorie a jsou začleněny do systému hub, avšak jejich zařazení není zcela ustálené. Většina z nich je klasifikována do podtřídy *Lecanoromycetidae* (Horák, 2016). Lišejníky jsou houby, které překonaly svou neschopnost provádět fotosyntézu prostřednictvím symbiotického vztahu s fotosyntetizujícím partnerem, jako jsou řasy nebo sinice. Tento vztah mezi fotobiontem a houbou se postupně vyvíjel z původního parazitického kontaktu a lichenizace se opakovaně odehrála během vývoje nezávisle na sobě. Lišejníky tak nemají jednoznačný společný původ a představují biologickou skupinu, nikoli fylogenetickou. Správným označením pro ně jsou tedy lichenizované houby (Liška, 2012).

Lišejníky mají také velkou roli v jednotlivých ekosystémech, jako například prvotní kolonizace, eroze skal, zadržování vody v daných lokalitách a mnohé další. Vzájemný vztah mezi již zmíněnými skupinami organismů, fotobiontů a mykobiontů se nazývá mutualismus. Faktory, které ovlivňují výběr možných partnerů mutualistického vztahu jsou dosud poměrně málo známé. V extrémních podmínkách je časté, že mykobiont vytvoří symbiózu s rozsáhlým výčtem dostupných fotobiontů. V některých případech se také nachází v jedné stélce vícero rozlišných druhů řas. Příležitostně vytvoří mykobiont dvě rozdílné formy lišejníků s rozlišnou biologii nebo se mykobiont žije saprobioticky na kůře (Divakar et al., 2015).

Většinou je vzhled lišejníku určován mykobiontem. Lišejníky rostou na různých podkladech, což je dělí na epifytické, saxikolní a terikolní. Lichenizovaná houba je připojena ke substrátu rhiziny, které plní pouze funkci přichycení. Lišejník získává vodu a živiny z vzduchu a provádí fotosyntézu pomocí řas. Stélky lišejníků jsou klasifikovány podle jejich morfologie jako korovité, lupenité a keříčkovité (Smith et al., 2009). První zmínky o lišejnících, s charakteristickým růstem jejich spojených symbiontů, sahají více než 415 miliónů let do minulosti, přesněji přelom geologického období ordovik-silur (Honegger et al., 2013).

Lišejníky mají bezpochyby pro lidstvo veliký význam. Věda, jenž se jimi zabývá se nazývá etnolichenologie. Již od historie jsou lišejníky užívány v barvířském průmyslu, jako například barviva pro tkaniny, k výrobě potravin či na výrobu parfémů. O rozsáhlé využití projevuje velký zájem také farmaceutický průmysl (Brodo & Sharnoff, 2001).

### 3.1 Epifytické lišejníky

Termín epifyt má kořeny v řeckém „epi“ a „phyton“, v překladu na rostlině. Epifyt je tak označením pro organismus, který roste nad úrovní půdy. Jsou to cévnaté rostliny, jenž běžně najdeme v tropických deštných lesích, ale jedná se také o houby, lišejníky či bakterie. Mezi růstové formy stélky epifytických lišejníků řadíme keříčkovitou (včetně vláknité), lupenitou a korovitou (Nash, 2008).

Epifytické lišejníky jsou velice významné při biomonitoringu. Slouží jako nástroj pro vědecké sledování změn kvality životního prostředí, pro jeho hodnocení je důležité standardizovat metodiku výzkumu. Při odstranění maximálního množství okolních vlivů, je možné minimalizovat zkreslení konečných výsledků. Substrát u saxikolních nebo terestrických lišejníků je velmi rozdílný, především svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi, tudíž minimalizovat možné zkreslení podmínkami prostředí bývá mnohdy nemožné. U epifytických lišejníků, se tomuto typu zkreslení konečných výsledků snáze předchází. Mnozí odborníci si proto vybírají při biomonitoringu lišejníků jako substrát pouze jeden druh stromu či jeden typ borky (Nimis et al., 2002).

Epifyty byly blíže popsány Barkmanem (Barkman, 1958) jako organismy žijící na rostlině či na jejím mrtvém vnějším povrchu, bez toho, aby získávaly vodu a živiny z dané rostliny.

Lišejníky mohou být také výrazně ovlivněny i recentně působícími faktory, kterými je automobilový provoz a zároveň vliv místních center znečištění. Jak borka stromů, tak i epifytické lišejníky samotné jsou automobilovým provozem ve většině případů ovlivňovány negativně, tudíž profitovat z něj může pouze úzký výčet nitrofilních druhů, a to díky eutrofizaci v okolí silnic (Bates et al., 2001).

Mezi hlavní výčet polutantů v ovzduší, na které jsou epifytické lišejníky nejvíce citlivé, tak patří například  $SO_2$ ,  $NO_x$ ,  $PM_x$  (na tyto polutanty se přímo zaměří v několika bodech praktická část práce). Voda je tak s rozpuštěnými polutanty a prachové depozice na povrchu listů jsou deštěm spláchnuty na větvičky a silnější větve, tím pádem se tak u koncentrace prachu se škodlivinami mohou kumulovat.

Nehledě na to, že voda přijímána lišejníkem není zcela filtrována půdou, ani ovlivněna jejím složením nebo chemickými vlastnostmi hornin. Dále potom polutanty, usazené prachové částice na listech a kmenech či častěji koncentrovány v mlze, aerosolu jsou ve vyšších koncentracích vstřebány lišejníkem. Tělo lišejníku neobsahuje listy, tudíž se expozici toxinů, nemají možnost zbavit shobením části listů. Lišejníky proto mají různorodé růstové formy stélek, dle formy stélky se běžně odvíjí choulostivost na jednotlivé látky. Není tak látek, které by nebyli vstřebávány rozpuštěné ve vodě, a to celým povrchem stélek. Co se týče keříčkovitých typů stélek, tak jsou zpravidla citlivější, jelikož mají rozsáhlejší povrch, který jim umožňuje vstřebávat živiny a jiné látky rozpuštěné ve vodě (Nash, 2008).

Rozlišné druhy lišejníků na mladých větvičkách a kmenech včetně rozdílného pH substrátu, které odráží kvalitu ovzduší jiného časového horizontu. Jednotlivé druhy epifytů na mladých větvích stromů, tak reflektují atmosférické podmínky. Kdežto druhy vyskytující se na kmeni odkazují i na předešlý stav ovzduší a dlouhodobější časový horizont (Seed et al., 2013).

Lišejníky rostoucí epifyticky na borce stromů jsou nazývány kortikolní, zatímco ty preferující mrtvé dřevo jsou lignikolní. Lišejníky rostoucí na listech rostlin jsou označovány jako folikolní (Smith et al., 2009).

### 3.2 Lišejníky jako bioindikátory kvality ovzduší

Z obecného ekologického hlediska znamená pojem bioindikace metodu, díky které se na základě vlastností a chování biologických systémů určuje stav životního prostředí (Anděl, 2011).

Pro lepší porozumění změnám v ovzduší jsou lišejníky pravděpodobně těmi nejvhodnějšími bioindikátory. Hlavním důvodem, proč tomu tak je, je právě jejich již zmíněná zvýšená citlivost vůči znečištění ovzduší a také to, že obsahují fotobionty z řad zelených řas nebo sinic a ty jsou s největší pravděpodobností tím základním faktorem ve vztahu ke kvalitě ovzduší, která podmiňuje jejich rozšíření. Toto ukazuje, že i rozšíření řas na jehlicích či borce stromů mělo mít vztah ke kvalitě ovzduší (Yahr et al., 2006). Typ stélky lišejníků hraje také obrovskou roli, dle Jerana et al. (2007) jsou organismy s keříčkovitým růstem nejcitlivější na znečištění životního prostředí. Fuga et al. (2008) identifikoval epifytické lišejníky s lupenitou stélkou jako citlivé a vhodné pro monitorování znečištění ovzduší, zejména v městských a průmyslových oblastech. Stélky těchto lišejníků jsou schopny akumulovat až desetkrát více znečišťujících látek než cévnaté rostliny (Kubát et al., 2003).

Jakmile dojde ke znečištění ovzduší, tak v návaznosti na to je i biodiverzita daného území ohrožena. Díky kyselým dešťům dochází ke snížení počtu jedinců v prostředí a úbytku pokrývnosti substrátu. Největším podílem ubývá epifytických lišejníků, které rostou na stromech, obzvláště na kmenech. Dále poté znečištěná srážková voda s látkami z imisí (i s těžkými kovy) spadá na listy a stéká po větvičkách a silných větvích až na kmen. Nahromaděné znečišťující látky poté narůstají do míry, která může být pro některé druhy až neúnosná a lišejníky tak odumírají (Kocourková, 2007). Dle výskytu jednotlivých druhů lišejníků, tak můžeme odvodit koncentrace dusíku, oxidů síry a všeobecně kvalitu ovzduší (Asta et al., 2002). Hawksworth a Rose (1970) potvrdili, že odhady, které jsou založeny na epifytické vegetaci jsou výrazně prokazatelnějšími ukazateli úrovně znečištění ovzduší, než je to u kvantitativního chemického měření, jenž jsou prováděny v určitém čase. Když uvážíme nižší rychlost růstu a dlouhověkost lišejníků, tak můžeme předpokládat, že společenstva epifytů reflektují více méně reálný stav daného prostředí.

Jednou z nepočtených výhod použití lišejníků jako bioindikátorů, mohou být i ekonomické důvody. Základní metody bioindikace nevyžadují více než zkušenějšího lichenologa, jenž navštívil danou lokalitu či ji navštěvuje v pravidelných intervalech a pozoruje tak změny vegetace lišejníků. Ve výsledku potom není zcela potřeba nákladných přístrojů a zdoluhavých nákladných analýz (Nimis et al., 2002).

Konečné výsledky průzkumu z Velké Británie Seed et al. (2013), prokázali, že při vhodném výběru indikačních jedinců je možné získat rozsáhlé množství relevantních dat od proškolené široké veřejnosti. Dobrovolníci průzkumu tak byli proškoleni v rozeznání 9 jedinců indikačních druhů a vybaveni jednoduchým klíčem na určení druhů. Kupříkladu indikátor pro depozici suchého prachu lze využít *Phaeophyscia orbicularis*, u které v průběhu studie v Bonnu byly osmotické hodnoty dvakrát vyšší než u nitrofilní *Physcia adscendens*, která právě díky tomu může hůře tolerovat vyšší množství solí (Frahm, 2009).

### 3.3 Faktory ovlivňující výskyt epifytických lišejníků

Hlavními důvody náchylnosti lišejníků na znečištěné prostředí jsou zejména v jejich fyziologii. Lišejníky totiž nejsou kryty kutikulou na rozdíl od vyšších rostlin, polutanty tak mají snazší přístup do buněk, navíc metabolizují v našich podmínkách i během zimy (Asta et al., 2002). Široká paleta jednotlivých druhů lišejníků má odlišnou toleranci vůči různorodým podmínkám, kvalitě ovzduší a koncentracím různých látek (Vilsholm et al., 2009).

Existuje velké množství lišejníků, ale některé jsou konkurenčně silnější a mají tendenci vytvářet na stanovištích dominanty, další se vyskytují velmi vzácně, jejich výskyt nemusí být limitován jen znečištěním ovzduší, jakožto hlavním faktorem (Liška, 1996). Faktorů, jenž ovlivňují výskyt epifytických lišejníků je široká škála. Jako přímé stanovištní faktory můžeme považovat zejména světlo, teplotu, vodu, chemické složení borky stromů, sloučeniny dusíku, kyselost srážek, těžké kovy a polutanty v ovzduší (Barkman, 1958 in Nash, 2008).

Nash (2008) uvádí, že lišejníky také mohou přežít s nižším obsahem vody než 5 %, mají tak specifickou regulaci vody. Ve většině případů snáší lišejníky vysušení dobře, vlhko a sucho se bez problému mohou střídát. V čase, kdy suchu přechází do tzv. metabolického spánku (neboli přeruší látkovou přeměnu). Tak jsou stélky stále dlouho schopné obnovy (Černohorský, 2000).



Na druhé straně velké množství druhů není zcela tolerantní k ponoření do vody či k vyšší vlhkosti po více než několik dní. Epifytické lišejníky potřebují dostatečnou míru světla. Kupříkladu *Xanthoria parietina* v zástínu nemá typické žlutooranžové zbarvení stélek, přesto jsou laloky většinou šedé. Vyšší tolerance k poškození lišejníků, především díky schopnosti množit se fragmentací stélky, je pro ně nepostradatelnou výhodou, jelikož rostou na exponovaných lokalitách, kde jsou vystaveny značnému mechanickému narušování stélky, a to hlavně větrem či odíráním prachovými částicemi (Nash, 2008).

Jednoznačně základním faktorem pro výskyt lišejníků je daný substrát. Přímo u epifytických lišejníků se jedná především o borku stromu a dřevo. Každý jeden druh má své preference druhů stromů, na kterých se nejčastěji vyskytuje. Hraje v tom roli široké spektrum faktorů, například podmínky prostředí, stáří stromu a druh stromu určují pH borky. Právě stromy s nízkým pH a chudou borkou jsou preferenčně osídlovány nitrofilními druhy, kdežto stromy s vysokým poměrem pH a úživnou borkou nitrofilními druhy. Značný úbytek nitrofilních druhů je způsoben zvýšením pH borky, v důsledku zvýšení koncentrace atmosférického dusíku, tento jev můžeme více vidět na stromech s nižším pH borky (Vilsholm et al., 2009).

Pro skupinu epifytických lišejníků má velice zásadní vliv druh dřeviny, na kterém se nachází, topografie daného stromu (sklon, svahovitost terénu, včetně orientace k světové straně), samozřejmě také expozice (solitérní dřevina, v zápoji), umístění společenstva na stromě (Coppins, 1984). Převážně v lesních ekosystémech má vliv na vývoj epifytů, jak kontinuita zápoje stromů, tak i věk a struktura daného lesa. Jednotlivé dřeviny, jsou v různorodé intenzitě vystaveny faktorům prostředí: přímému slunečnímu svitu, vhodné vlhkosti, teplotě (Will–Wolf, 2002). Borka stromu je formována z vrstev, každá nová vrstva se vytváří pod starou, kupříkladu u borovice po zhruba dvou letech (Schulz et al., 1999) Odumřelá vnější vrstva se nazývá borka, která chrání strom před atmosférickými vlivy prostředí. Vnitřní vrstva nese název lýko (floém). Struktura borky je dána věkem stromu. Předmětem zájmu mého 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 zástupce acidofilních skupin lišejníků to znamená velice příznivý substrát pro růst. (Barkman, 1958).

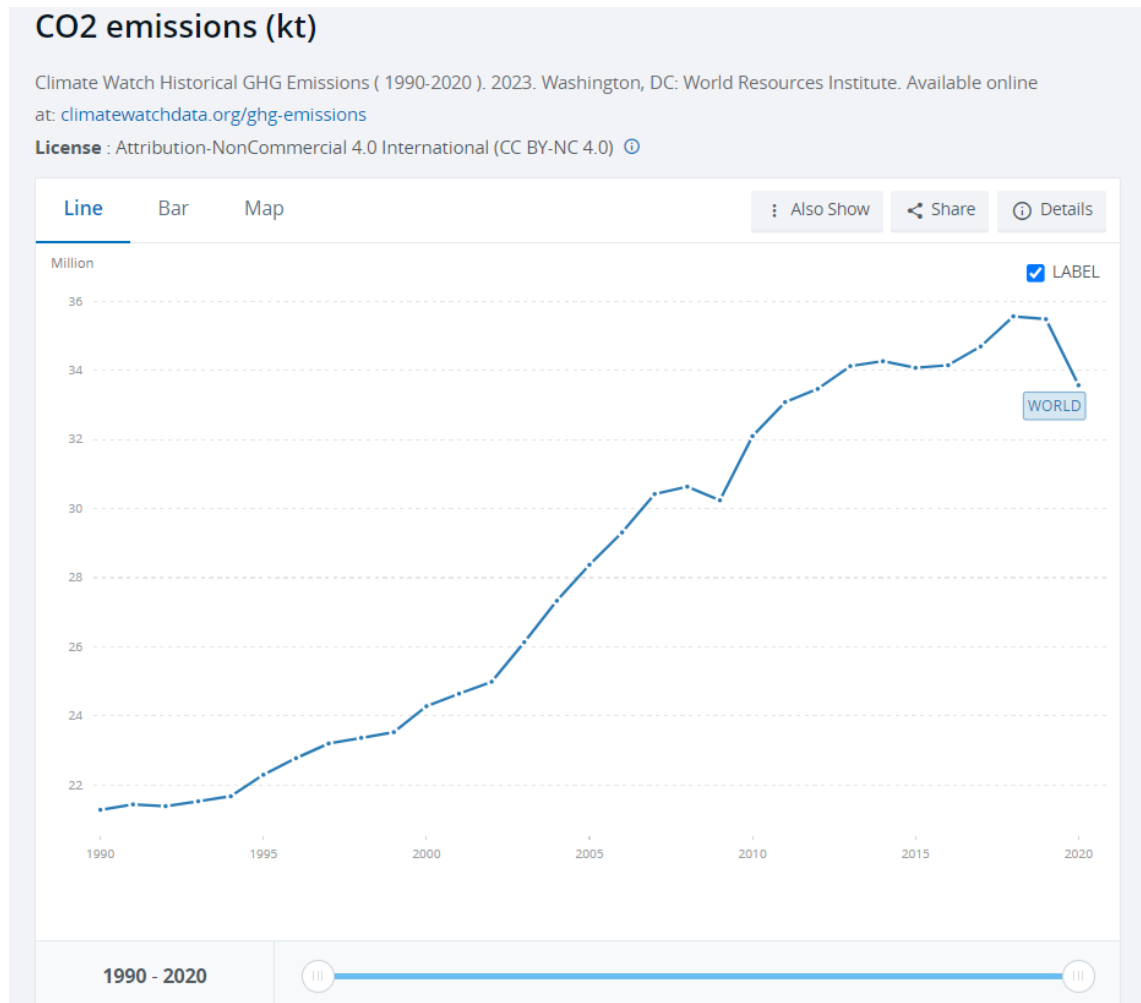
Zpravidla má kůru síťové rozpraskanou, v mládí hladkou s typicky šedo zelenou barvou, starší stromy mají více rozpraskanou, v mládí hladkou s typicky šedo zelenou barvou, starší stromy mají více rozpraskanou borku hnědošedé barvy. Atmosférické sloučeniny zejména síry, dusíku, popřípadě také těžkých kovů, mají výrazný vliv na kyselost neboli pH kůry, také je zde znatelný vliv na výskyt epifytických lišejníků (Barkman, 1958). Toxikanty se shlukují na povrchu kůry. Fyziologickochemický proces akumulace probíhá aktivně ve formě iontové výměny nebo pasivně hromaděním látek na borce. Platí taktéž, že u listnatých dřevin je koncentrace látek vyšší než u jehličnanů (Rasmussen, 1978). Depozice dusíkatých polutantů, produkují vhodnou životní niku pro nitrofilní a neutrofilní druhy, hlavně u rodu *Physcia* a *Phaeophyscia*, či *Xanthoria* (van Dobben et al., 1996). Pro nitrofilní zástupce a jejich distribuci v prostoru, je zásadní podmínkou vysoké pH borky, přičemž vykazují velmi nízkou citlivost na toxické účinky SO<sub>2</sub>. Razantní nárůst nitrofilních a neutrofilních zástupců je umožněn na úkor acidofilních zástupců a zapříčiňuje jejich postupné mizení.

Dle výzkumu Van Dobbena et al. (2001) účinky kombinace plyných látek a stopových prvků na epifytické lišejníky, nám ukázaly jako limitující faktory pro potřebnou pestrost výskytu jednotlivých druhů lišejníků. Mezi hlavní kombinace různorodých faktorů je nejvíce limitující SO<sub>2</sub> a NO<sub>2</sub>.

Dále podle Frahma et al. (2009) nitrofyty nereagují obecně na oxidy dusíku, ale na amoniak (NH<sub>3</sub>), jenž má původ především z automobilové dopravy a živočišné produkce. Kromě toho uvádí také, že amoniak a oxid dusičitý navzájem reagují za vzniku dusičitanu amonného, jenž se nejvíce usazuje jako suchý prach na stélkách lišejníků. Dusičitan amonný jako sůl, tak představuje při nárůstu vlhkosti osmotické problémy pro lišejníky, z čehož vyplývá, že velká část nitrofytických druhů jsou zároveň halofyty. Nitrofyty vzhledem k přizpůsobení na vyšší míru osmotického tlaku, jsou častěji i xerofyty.

Dle sledování Frahma a Stappera z roku 2008 (Frahm, 2009), nitrofyty se ve velké míře ztrácejí s rostoucí nadmořskou výškou, jenž podporuje tezi o korelaci těchto vlastností lišejníků. Při nárůstu výskytu nitrofilních druhů lišejníků, uvádí Frahm i změnu klimatu, kdy se za posledních 30 let zvýšila průměrná teplota, což má za následek zvýšení výparu, proto jsou ve výhodě spíše sucho tolerující jedinci před vlhkomilnými.

Níže na grafu můžeme vidět postupný nárůst emisí CO<sub>2</sub> v globálním měřítku, a to za období 1990–2020. Emise oxidu uhličitého nejsou jediným důvodem nárůstu teploty, nutno však podotknout, že tím největším.



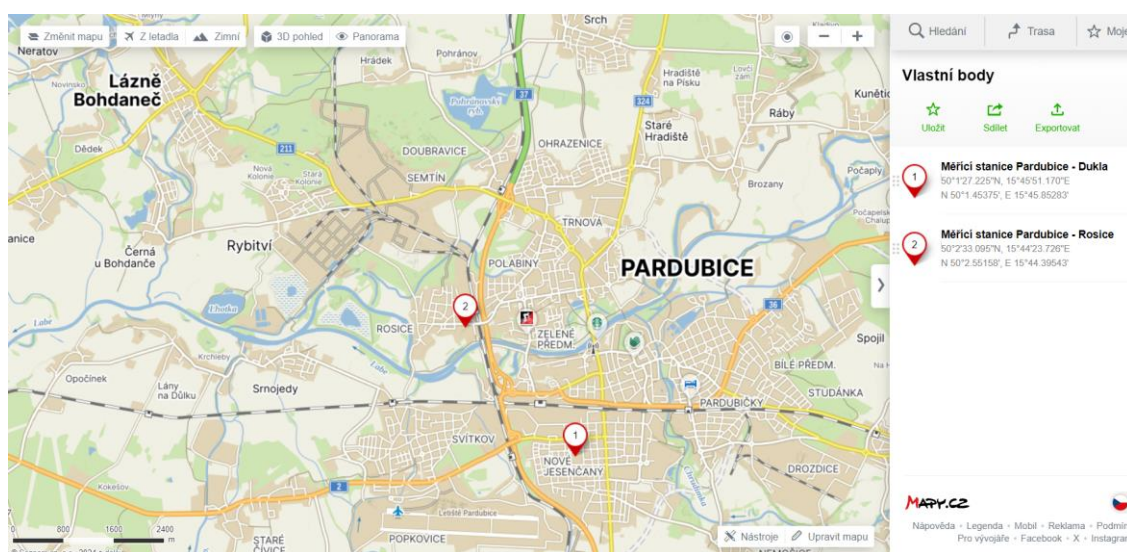
Obr.č.1: Graf: Navýšení emisí CO<sub>2</sub> a s tím spojený nárůst teploty ve světě (The World bank, 2024)

### 3.3.1 Vliv vybraných polutantů na lišejníky

Okolo roku 1800 byl nezávislým pozorováním v Mnichově, Paříži a Anglii objeven postupný ústup lišejníků z urbanizovaných částí. Na samotném začátku 20. století byl efekt měst velice proklamovaným fenoménem a jako jeden z hlavních atributů, byl označen uhelný prach, později zpětně určen jako oxid siřičitý. Postupem času se přidávali další látky, například to byly amoniak, oxidy síry a dusíku, fluor, radionuklidy, alkalické kovy a halogen deriváty. V dnešní době je seznam znečišťujících látek mnohem rozsáhlejší (Nash, 2008 & Nimis et al., 2002).

Když bychom se podívali blíže na seznam znečišťujících látek, tak bychom našli převážně látky antropogenního původu a pro přírodu ne zcela známé, tudíž tyto látky nazýváme jako cizorodé. Emise je děj, při kterém vstupují cizorodé látky emitované zdrojem znečištění, ať už mobilním či stacionárním do životního prostředí. Přenos a přeměna těchto látek v prostředí se nazývá transmise. Ta je zapříčiněna předchozími jevy, kde dochází ke setrvání a kontaktu pozměněných či nepozměněných látek s konečnými živými organismy neboli se jedná o imise (Anděl, 2011). Při vstupu (emise) látky, je doprovázena širokou škálou chemických přeměn v atmosféře, kde látka nezůstává v původním stavu. Jako hlavní přeměnou je tu okyselení, vznikající oxidací a rozpuštěním kyselinotvorných látek ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ).

Data o vybraných polutantech jsem čerpal z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu (dále ČHMÚ). Na Pardubicku se nacházejí dvě měřící stanice. Jedna je umístěna v městské části Pardubice – Dukla a druhá v části Pardubice – Rosice. Data do roku 1996 pochází z měřící stanice Pardubice – Rosice, jelikož se na stanici Pardubice – Dukla, do té doby data neměřili, jedná se o polutanty  $\text{NO}_x$  a  $\text{PM}_x$ . Od roku 1997 jsou již data ucelená a přebíral jsem data ze stanice Pardubice – Dukla, pro její pozici, vzhledem ku vybranému území biomonitoringu.



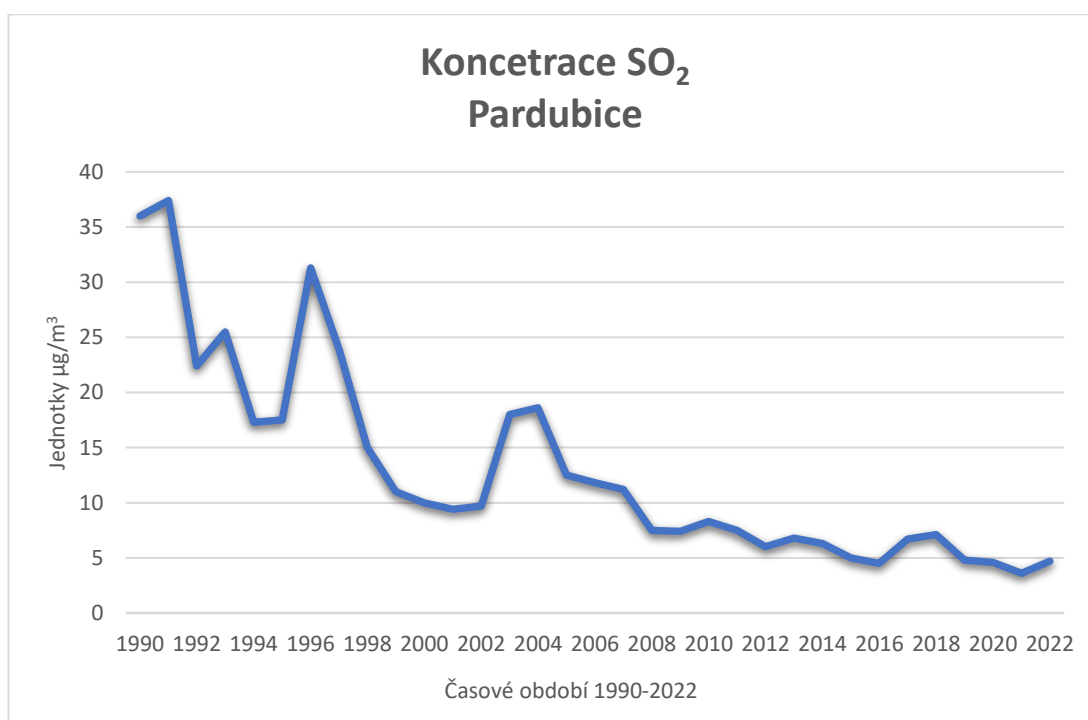
Obr.č. 2: Měřící stanice – kvalita ovzduší (Zdroj: Mapy.cz, 2024)

### 3.3.1.1 Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>)

Oxid siřičitý patří bezesporu mezi základní polutanty znečiřující ovzduší. Zdrojem, ze kterého se dostávají do prostředí, jsou fosilní paliva. Do výčtu těch nejvýznamnějších zdrojů, patří také elektrárny, teplárny, provozy chemického průmyslu (Skácel & Tekáč, 2011).

Přítomnost SO<sub>2</sub> v atmosféře je omezen přibližně na 12 hodin, jeho vyšší rozpustnost, která je vázána na srážky či zachycené ve formě aerosolu nebo vodní páry, což vede k rychlé přeměně na kyselinu sírovou a vzniku kyselých dešťů (Nash, 2008). Lišejník, který byl napaden kontaminovanou vodou, absorbuje takto přeměněné látky, i přesto, že není v danou chvíli metabolicky aktivní (Gries et al., 1997). Podle všeho největší množství vázané síry v lišejníku má původ z atmosféry (Spiro et al., 2002).

Conti a Cecchetti (2001) ve svém výzkumu uvádí, že právě reakce lišejníků na SO<sub>2</sub> jsou markantnější než na ostatní znečiřující látky. Kromě primárního toxického vlivu SO<sub>2</sub> je znatelnější vliv sekundární, což je především okyselování substrátu, jenž ovlivňuje většinu druhů také nepříznivě (Liška, 1996).



Obr.č.3: Graf: Roční průměrné koncentrace SO<sub>2</sub> (chmi.cz, 2023)

Na tomto grafu lze vidět roční průměrné koncentrace SO<sub>2</sub> za časové období 1990-2022. Výběr sledovaných dat není náhodný, jelikož hlavním důvodem stanovení těchto dat, bylo zobrazení úpadku koncentrace SO<sub>2</sub>, který byl způsoben celorepublikovým odsířením na počátku 90. let minulého století. Na grafu můžeme vidět kolísání za celý průběh 90. let 20. století, až přijde razantní zlom, který začíná po roce 1996, kde byla koncentrace SO<sub>2</sub> 31,3 µg/m<sup>3</sup>, nadále se koncentrace snižuje.

V období 2003-2004 můžeme vidět menší návrat koncentrací, jenž byli vidět v období 1994-1995, koncentrace se v těchto obdobích pohybují mezi 17-18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Po roce 2004, ale můžeme vidět postupné snižování koncentrace  $\text{SO}_2$ .

Maximální hodnota koncentrace  $\text{SO}_2$  v zájmovém území nabyla v roce 1991, a to 37,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nejnižší hodnota koncentrace byla naměřena v roce 2021, a to 3,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná hodnota koncentrace  $\text{SO}_2$  za sledované období je 13,27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hlavním zdrojem  $\text{SO}_2$  v Pardubickém kraji je energetika, především elektrárny Opatovice a Chvaletice, eventuálně energetika společnosti Synthesia. Pokles emisí  $\text{SO}_2$  byl hlavně důsledkem snížení emisí z tepelných elektráren. Mezi lety 2001 a 2010 došlo k celkovému snížení emisí ze zhruba 17 000 tun ročně na přibližně 10 000 t/rok.

### 3.3.1.2 Oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ )

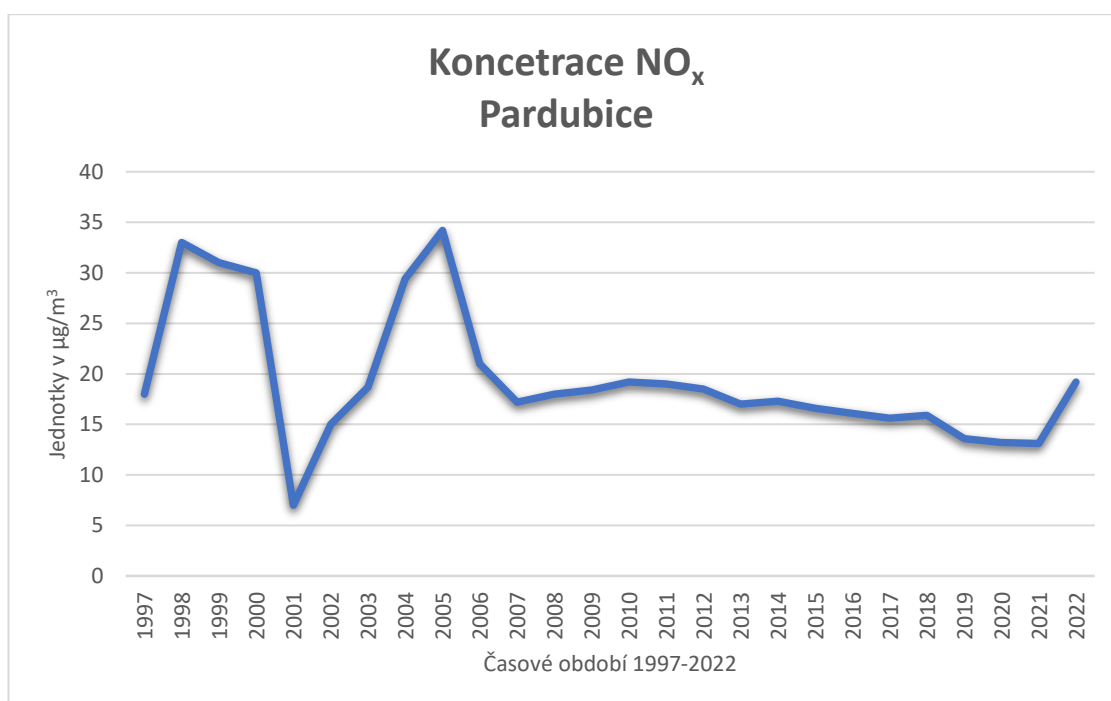
Zdali je lišejník vystaven vyšší depozici či koncentraci dusíku, tak může mít tento polutant negativní vliv na růst některých epifytických lišejníků (Nash, 2008). Lišejníky vstřebávají dusík v některých z jeho forem, které jsou přítomny v atmosféře, což může být například plynný dusík, čpavek, různé plyny dusíku, které jsou kolektivně známé jako  $\text{NO}_x$ . Působení  $\text{NO}_x$  je náročné přesně určit, kvůli kombinaci s  $\text{SO}_2$  či také proto, že jejich depozice obecně podporuje růst nitrofytů. Zástupci, kteří jsou benevolentní k vyšším koncentracím  $\text{SO}_2$  jsou povětšinou benevolentní i k dalším  $\text{NO}_x$  a některé i k  $\text{SO}_2$ , ti jsou obecně z velké části toxitolerantní. Hromadění  $\text{NO}_x$  na větvích stromů pozitivně koreluje s podílem nitrofytů (Davis et al., 2007).

Giordani (2007) stanovuje fytotoxický efekt na lišejníky při průměrných ročních koncentracích, které jsou vyšší nežli 70  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  u  $\text{NO}_x$ , eventuelně vyšších nežli 40  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  u  $\text{NO}_2$ .

Vývoj emisí lze vysvětlit pravděpodobnou výměnou starších vozidel za novější v uvedeném období, což bylo spojeno s poměrně značnou obnovou vozového parku. Novější vozidla musí splňovat přísnější emisní limity podle standardu EURO X (Atorevue, 2005).

V důsledku této obnovy došlo k významnému snížení emisí oxidu dusíku z hodnoty 8137,1 t/rok v roce 2001 na 5850,5 t/rok v roce 2010 v této kategorii vozidel. Je však důležité poznamenat, že celkové emise z této kategorie jsou modelovány, nikoliv přímo měřeny (mj. na základě dat ze Sčítání dopravy, kde došlo ke změně metodiky), a proto uvedená čísla nemusí zcela přesně odrazovat skutečný stav (ČHMÚ, 2012).

Na grafu níže můžeme vidět roční průměrné koncentrace  $\text{NO}_x$  za časové období 1997-2022. Jsou zde zřetelná kolísání hodnot v období 1997-2005, ale poté se koncentrace  $\text{NO}_x$  postupně snižuje. Maximální hodnota koncentrace  $\text{NO}_x$  proběhla v roce 2005, a to  $34,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Minimální koncentrace byla v roce 2001, a to  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Průměrná hodnota koncentrace  $\text{NO}_x$  za sledované období je  $19,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Volba časového období je zvolena jinak než u koncentrací  $\text{SO}_2$ , a to z toho důvodu, že pro dané období nebyla v zájmovém území měřena koncentrace  $\text{NO}_x$ , pouze na pár místech Pardubického kraje, ale ne přímo v Pardubicích.



Obr.č.4: Graf: Roční průměrné koncentrace  $\text{NO}_x$  (chmi.cz, 2023)

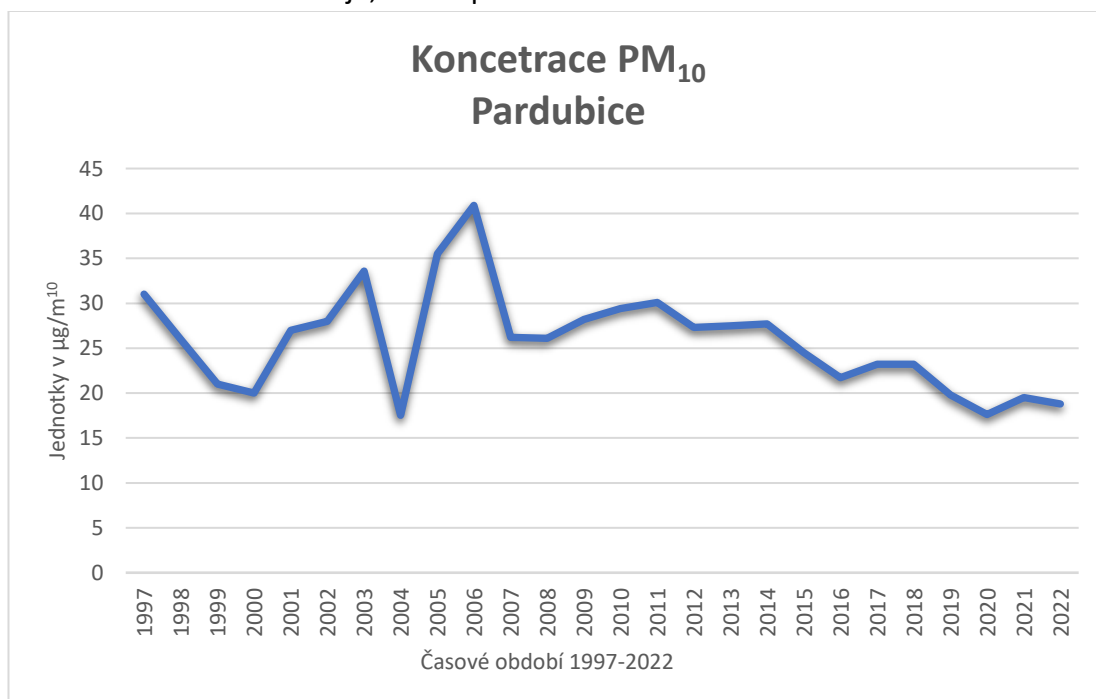
### 3.3.1.3 Pevné částice ( $\text{PM}_x$ )

Polétavý prach či atmosférický aerosol vzniká především působením antropogenní činnosti, ať už se jedná o spalovací motory nebo tavení rud, tak přirozeně vzniká v průběhu sopečných výbuchů a lesních požárů. Dle velikosti částic jsou velmi často děleny  $\text{PM}_1$ ,  $\text{PM}_5$ ,  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{25}$ , kde velikost je uváděna v mikrometrech. Nejvíce se potom sledují přímo částice  $\text{PM}_{10}$ , jenž mají nejmarkantnější vliv na lidské zdraví. Cesta tohoto aerosolu začíná v ovzduší, ze kterého poté putuje do ostatních složek životního prostředí, skrze suché či mokré depozice. Aerosol ovlivňuje organismy zaprášením a jeho toxicitou (IRZ, 2015).

Původ amoniaku je velmi často původem prachu, který dále může být brán za zdroj dusíku ba dokonce i jako zdroj prachu, nadále je značně složité oddělit jejich účinky. Loppi a Pirintsos (2000) uvádějí, že chemická skladba prachu nehraje pro lišejníky roli, výraznější je fyzikální efekt. Nitrofytiční zástupci běžně bývají xerofytické, ačkoliv všechny prachu-odolné lišejníky, jako například *Physcia adscendens* či *Xanthoria parietina*, pak ve vyšší prašnosti odumírají.

Celkovou koncentraci prachu mohl ovlivnit v tomto období také písek a prach transportovaný z oblastí Sahary či stepních oblastí Ukrajiny. V dané době došlo k oběma těmto jevům ve střední Evropě, včetně Pardubického kraje. Dne 24.3.2007 byl na území České republiky zaznamenán prach, pravděpodobně pocházející z Ukrajiny. Tento prach se šířil blízko zemského povrchu a byl následně vymýván deštěm (ČHMÚ, 2008). Bohužel pro stanici Pardubice – Dukla chybí údaje ke dni 24.3.2007. Nutno dodat, že tento výpadek nemá markantní vliv na koncentraci. Saharský prach ovlivnil kvalitu ovzduší v Pardubickém kraji především v období od 29.5. do 2.6.2008. Průběh této epizody byl mnohem méně výrazný než v případě prachu z Ukrajiny, nicméně je stále patrný na zaznamenaných datech (ČHMÚ, 2012).

Na grafu níže je zobrazena roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> na vybraném území Pardubic, za časové období 1997-2022. Můžeme vidět, že hodnoty jsou poměrně vyrovnané, až na období 2000-2007, ale po roce 2007 můžeme sledovat postupné snižování koncentrace PM<sub>10</sub>. Maximální hodnota koncentrace PM<sub>10</sub> za sledované období vyšplhala až na 40,9 µg/m<sup>3</sup> v roce 2006. Minimální hodnota koncentrace byla naměřena roku 2004, a to 17,53 µg/m<sup>3</sup> a 2020 17,6 µg/m<sup>3</sup>. Průměrná hodnota koncentrace PM<sub>10</sub> za sledované období je 26,1 µg/m<sup>3</sup>. Volba časového období je zvolena jinak než u koncentrací SO<sub>2</sub>, a to z toho důvodu, že pro dané období nebyla v zájmovém území měřena koncentrace PM<sub>10</sub>, pouze na pár místech Pardubického kraje, ale ne přímo v Pardubicích.



Obr.č.5: Graf: Roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> (chmi.cz, 2023)



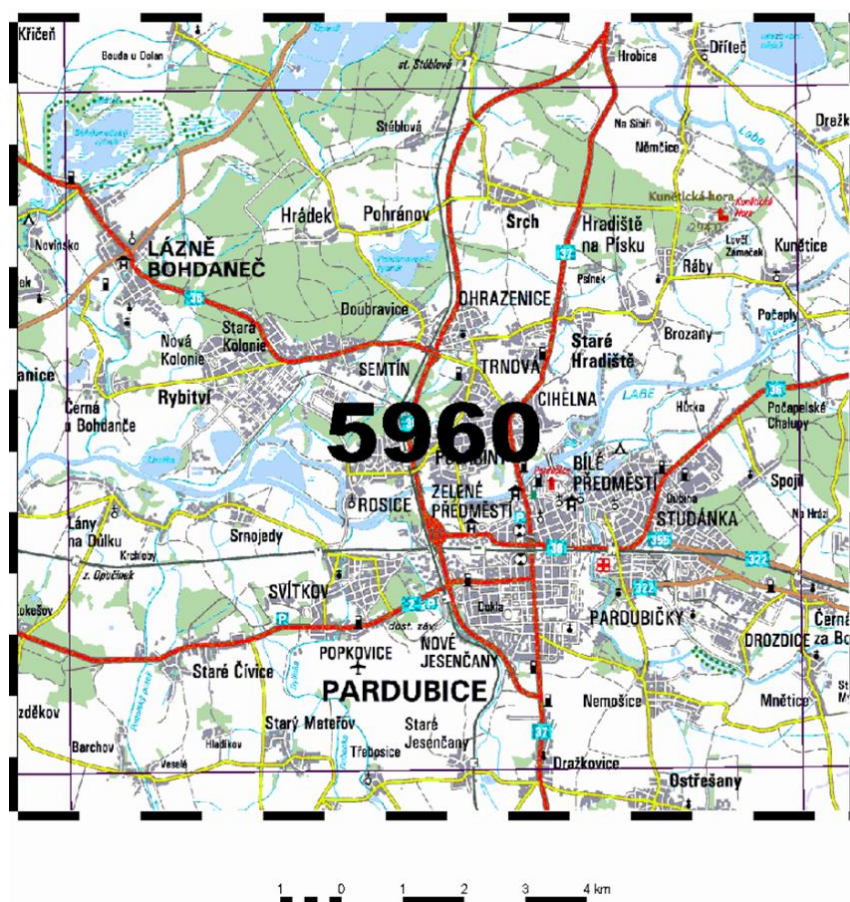
## 4. Metodika

### 4.1 Charakteristika zájmového území

Pardubický okres náleží k oblastem, které nemají příliš rozmanitý povrch a také s poměrně nízkým výškovým rozpětím. Většinová část území je součástí úrodné Polabské nížiny, jen patří z geomorfologického hlediska do celku Východolabské tabule s typickou nižší nadmořskou výškou a výskytem mořských usazenin, kupříkladu pískovce a opuky.

Nejnižší bod 201 m n. m. ležící v místech, kde řeka Labe opouští území okresu (u obce Kojice při hranici s okresem Kolín). Kunětická hora působí v rovinaté krajině Pardubicka, jako dominanta s 295 m n. m. ležící v katastru obce Ráby. Část území na jihozápadě také spadá do oblasti Železných hor. V těchto místech u obce Holotín se nachází nejvyšší bod okresu s nadmořskou výškou 398 m n.m. Severovýchodní okraj spadá pod celek Orlické tabule. Ve srovnání s ostatními okresy v kraji je podnebí tohoto území spíše sušší a teplejší.

Na obr. č. 2 níže, můžeme vidět vyznačený mapový čtverec, jenž vychází ze standardní sítě dle Vrby (2020), pro mapování středoevropské flóry a fauny, jejíž základní pole má velikost 10 × 6 zeměpisných minut, tj. přibližně 12 × 11 km.

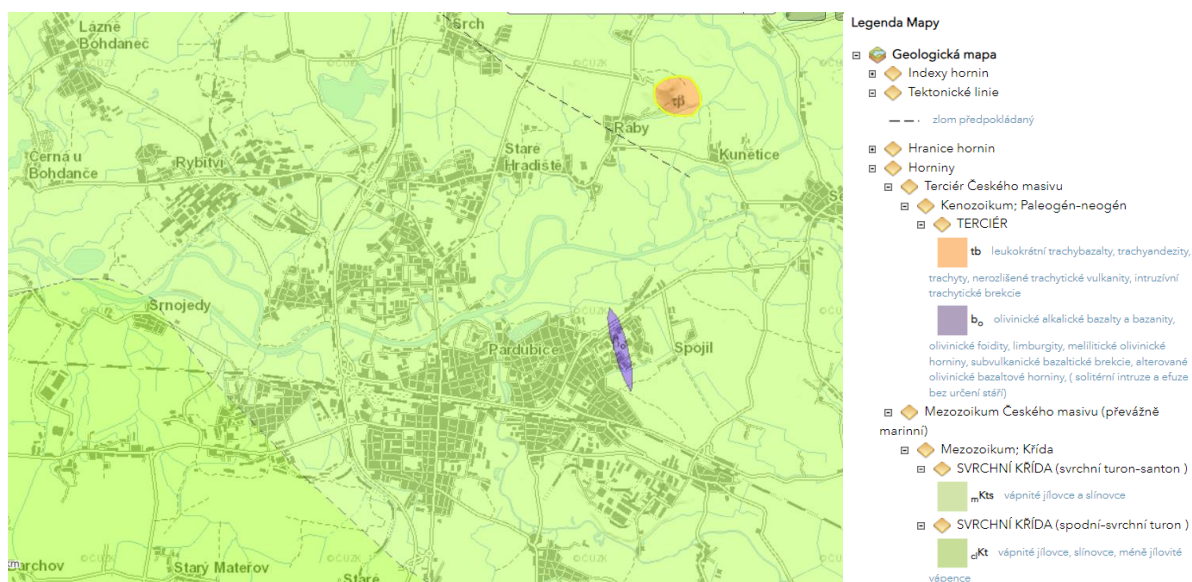


Obr. č.6: Mapový čtverec 5960, oblast Pardubicka a okolí (Vrba, 2020)

Nejvýznačnějším vodním tokem okresu je řeka Labe s levostrannými přítoky, jedná se o řeku Chrudimku (vlévá se do Labe na území Pardubic) a Loučnou (do Labe ústí poblíž Sezemic).

K zemědělské půdě náleží 59,3 % území okresu (521,7 km<sup>2</sup>), z toho jde nejčastěji o ornou půdu (422 km<sup>2</sup>). Trvalé travní porosty se rozkládají na 69,5 km<sup>2</sup>. Co se týče nezemědělských půd, tak jsou nejvíce tvořeny lesními pozemky, jež pokrývají čtvrtinu rozlohy okresu. Souvislý lesní porost je převážně na severovýchodním okraji a dále v jihozápadní a západní části okresu. Převládající dřevinou Pardubicka je dub (ČSÚ, 2022).

Z geologického hlediska je oblast pokryta písčitymi, jílovitými a vápnitými usazeninami křídového moře, jež utváří část České křídové tabule (Cílek in Šarič & Štěpánek, 1999). Na obr. č. 3 můžeme vidět barevné rozlišení, jež znázorňuje jednotlivé geologické poklady vybraného území. Nejvíce si můžeme povšimnout světle zelené barvy, která zastupuje vápenité jílovce a slínovce, s označením (mKts), z období Mezozoika. V levém dolním rohu, v oblasti Srnojedy a Satarého Máteřova se rozkládají také vápenité jílovce, slínovce, ale již méně jílovité vápence. V oblasti Pardubice – Dubina, tak vidíme fialově značené území, jež se skládá z olivinických alkalických bazaltů a bazanitů. V pravém horním rohu, který nám pouze malou částí pokrývá studované území, se rozkládá podloží složené z leukokrátních trachybazaltů, nerozlišené trachytické vulkanity. Není proto náhoda, že se poblíž nachází nejvyšší bod sledovaného území, a to je Kunětická hora s 307 m n. m., jež je vulkanického původu.



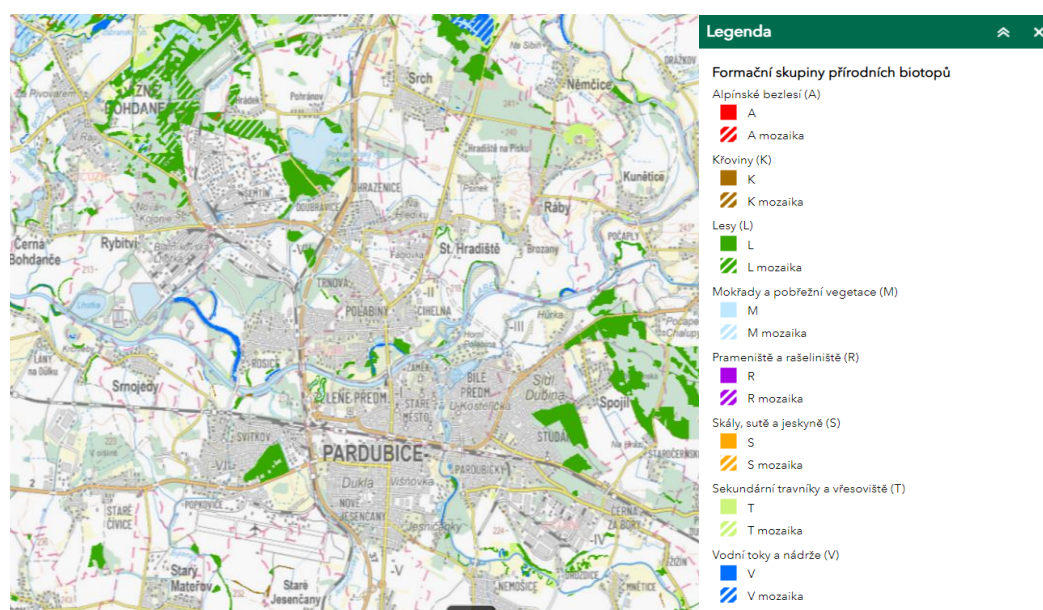
Obr. č.7: Geologická mapa zájmového území 1:500 000 (zdroj: Česká geologická služba; geologické-mapy, Bokr, 2024)

U fytogeografického členění a biotických prvků Pardubicka, které náleží do fytogeografického okresu Východní Polabí a fytogeografické oblasti České termofytikum.

Jedná se o oblasti mírného pásma opadavých listnatých lesů palearktické oblasti.

Pro nadmořské výšky sledovaného území je charakteristický pahorkatinný vegetační stupeň, což odpovídá druhému vegetačnímu stupni bukodubovému. Klima spadá do teplé oblasti T2 a průměrná roční teplota je 8,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje od 550 do 600 mm (Skalický, 1988).

Na následujícím obrázku jsou vyobrazeny jednotlivé biotopy, rozkládající se ve vybraném území. Poměrně rozsáhlá mozaika biotopů, s ohledem na lokaci. Můžeme zde vidět nejvíce lesní biotopy, přesněji lesy L7.2, jenž se rozkládají na severozápadní a východní straně vybraného území. Okolo Pohránovského rybníka můžeme nalézt rozsáhlé mokřady a pobřežní vegetaci, s označením M1.1 a M1.3. U Bohdanečských rybníků, kterých se území dotýká pouze okrajově, se rozkládají rozsáhlé křoviny, s označením K1. Častým biotopem jsou také sekundární trávníky a vřesoviště, s označením T1.1. Na Pardubicku a jeho okolí nelze vynechat vodní toky a nádrže, které jsou v této oblasti četné. Označení nesou V1F a V1G.

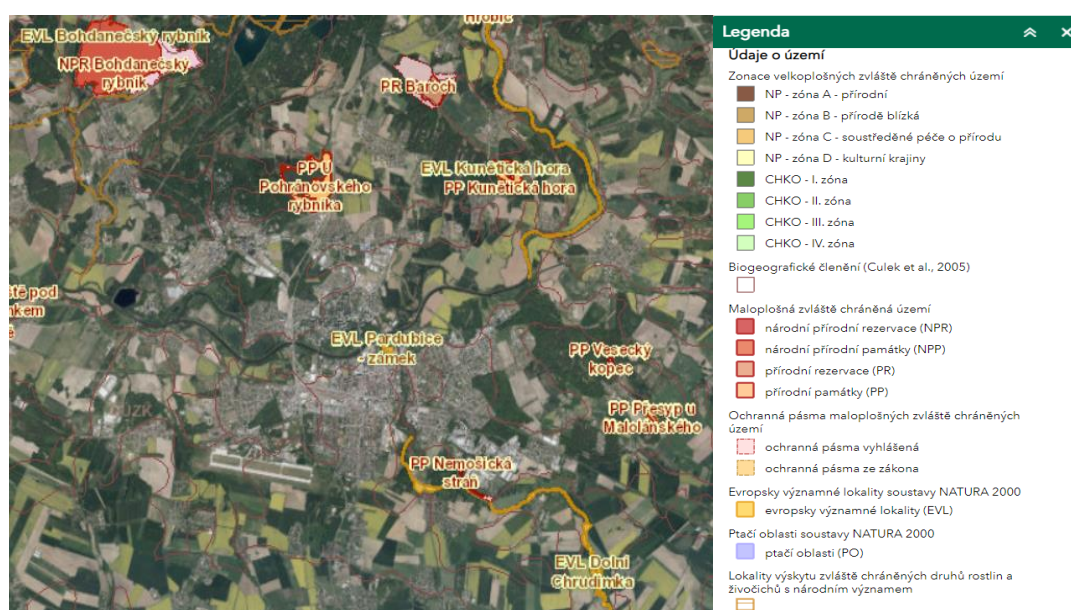


Obr. č. 8: Vyznačené biotopy ve vybraném území (zdroj: aopkcr.maps.arcgis.com, 2024)



Co se týče chráněných oblastí, tak na Pardubicku a jeho okolí se nachází široká škála lokalit. Rozlohou nejrozsáhlejší je dozajista NPR Bohdanečský rybník, s rozlohou 247,77 ha, který je zároveň i Evropsky významnou lokalitou (dále EVL) a měří 251,3 ha. Důvodem vyhlášení je ochrana druhů, jako například kuňka ohnivá (*Bombina bombina*), lesák rumělkový (*Cucujus cinnaberinus*), modrásek bahenní (*Maculinea nausithous*) a vážka jasnoskrvná (*Leucorrhinia pectoralis*) (AOPKČR, 2024).

Jako dalším maloplošným zvláště chráněným územím, je PP U Pohránovského rybníka, s rozlohou 64,97 ha, jenž je také EVL. Těsně nad ním, tak se nám rozkládá PR Baroch, s 31,40 ha. Táhlým územím je PP Nemošická stráň, která má rozlohu 5,84 ha. Na východní straně mapy můžeme najít PP Vesecký kopec, s rozlohou 0,69 ha a PP Přesyp u Malolánského, jenž pouze okrajově spadá do vybraného území, s rozlohou 2.56 ha. Když bychom se vrátili zpět k EVL, tak se nám na území rozkládají další 4, a to EVL Kunětická hora, s rozlohou 26,94 ha. EVL Pardubice – zámek, s rozlohou 3,75 ha. EVL Dolní Chrudimka, jenž se vybraného území dotýká pouze z části a má rozlohu 65,58 ha. A nakonec EVL Orlice a Labe, s rozlohou 2683,18 ha.



Obr. č. 9: Vyznačené chráněné oblasti v zájmovém území (zdroj: aopkcr.maps.arcgis.com, 2024)

## 4.2 Terénní část

Terénní sběr lišejníků probíhal od měsíce srpna 2022 do ledna roku 2023. Sběr byl zaměřen na sto vybraných stromech druhu *Fraxinus excelsior*. Vymezené území s rozlohou přibližně 12 × 11 km bylo rozděleno na 100 čtverců, jenž tvořili čtvercovou síť, kde každý jeden čtverec měl velikost 1km<sup>2</sup>. V každém čtverci byl vybrán vždy jeden nejvhodnější forofyt *Fraxinus excelsior*, jelikož ve většině případů jsem narazil pouze na jeden nebo i na více, ale nevhodných k analýze, tak či onak, dle zadání vychází na 100 čtverců, 100 jedinců *Fraxinus excelsior*.

Výběr stromů a terénní sběr lišejníků probíhal dle vybrané metodiky (Asta et al., 2016). U daného zástupce byla vždy zaznamenána jeho geopolooha (GPS souřadnicemi). Průměr kmene musel být mezi 20–100 cm. U jednotlivých stromů byl zaznamenán popis dané lokality nálezů. Dle jednotlivých čtverců, jenž jsou zaznamenány na mapě č. 1, je možné sledovat i charakter okolí a o možná specifika ohrožení diverzity daných druhů. Další specifika k jednotlivým druhům, jsou zaznamenány na obr. č. 7. Vybrané forofyty musí být bez mechanického poškození (rezidua hnojiv, vápna a dalších agrochemikálií), posléze sklon stromu menší než 10° od svislice neboli náklonu stromu, který umožňuje vyšší kolonizaci lišejníků na jedné straně kmenu (Asta et al., 2002). Při nedodržení těchto parametrů může negativně ovlivnit výsledky a také objektivitu této práce.

Všeobecně je platné to, že obsah vody stoupá spolu s věkem stromů, což přímo souvisí s rozpraskaností borky a na starších stromech je běžně příznivější klima pro kolonizaci lišejníků v dané oblasti (Vincent, 1986).

Na obrázku níže je vyobrazen zápis v programu Microsoft excel, v průběhu sběru dat.

Druh dřeviny	Čtverec	Bod	Datum	Nadm.v.	GPS
<i>Fraxinus excelsior</i>	A1	1	14.01.2024	270 m n.m.	15,6667704°V 50,0892950°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A2	2	14.01.2024	253 m n.m.	15,6786470°V 50,0885184°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A3	3	14.01.2024	253 m n.m.	15,6949158°V 50,0909110°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A4	4	14.01.2024	252 m n.m.	15,7195705°V 50,0892320°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A5	5	14.01.2024	261 m n.m.	15,7321070°V 50,0943497°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A6	6	14.01.2024	244 m n.m.	15,6734874°V 50,0784952°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A7	7	14.01.2024	247 m n.m.	15,6769208°V 50,0776974°S
Neodpovídající lokalit	A8	8			
<i>Fraxinus excelsior</i>	A9	9	14.01.2024	255 m n.m.	15,7141744°V 50,0842041°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A10	10	25.11.2022	206 m n.m.	15,7390903°V 50,0844357°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A11	11	25.11.2022	209 m n.m.	15,6750571°V 50,0686166°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A12	12	17.10.2022	211 m n.m.	15,6809682°V 50,0681092°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A13	13	21.11.2022	201 m n.m.	15,6954082°V 50,0681415°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A14	14	21.11.2022	210 m n.m.	15,7201311°V 50,0744004°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A15	15	21.11.2022	208 m n.m.	15,7344313°V 50,0711568°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A16	16	21.11.2022	204 m n.m.	15,6704141°V 50,0583538°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A17	17	21.11.2022	212 m n.m.	15,6862968°V 50,0617525°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A18	18	21.11.2022	219 m n.m.	15,7018971°V 50,0645382°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A19	19	20.10.2022	207 m n.m.	15,7247097°V 50,0659391°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A20	20	20.10.2022	213 m n.m.	15,7439432°V 50,0674221°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A21	21	20.10.2022	203 m n.m.	15,6715927°V 50,0480600°S
Neodpovídající lokalit	A22	22			
<i>Fraxinus excelsior</i>	A23	23	20.10.2022	205 m n.m.	15,7120018°V 50,0480824°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A24	24	10.10.2022	211 m n.m.	15,7320366°V 50,0490638°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A25	25	10.10.2022	209 m n.m.	15,7394778°V 50,0500151°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B1	26	17.10.2022	215 m n.m.	15,7540910°V 50,0956119°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B2	27	17.10.2022	161 m n.m.	15,7692017°V 50,0920639°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B3	28	14.01.2024	250 m n.m.	15,7836575°V 50,0930518°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B4	29	14.01.2024	252 m n.m.	15,8062366°V 50,0998506°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B5	30	17.10.2022	247 m n.m.	15,8157924°V 50,0958721°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B6	31	17.10.2022	208 m n.m.	15,7499296°V 50,0816479°S
Neodpovídající lokalit	B7	32			

Obr. č. 10: Zápis z monitoringu v programu Microsoft excel

Taxon	Čtverec	Počet nálezů	Stupeň ohrožení	Typ stélky	Typ substrátu	Světové strany + počty druhů				
						S	J	V	Z	
<i>Amandinea punctata</i>	A1,13,25 B24 C4 D8,18	7	LC-neohrožený	korovitá	neutrofilní		4		3	
<i>Bacidia rubella</i>	A1 B1C2 D3,18	5	VU-zranitelný	korovitá	acidofilní			2	3	
<i>Candelariella efflorescens</i>	A1,2,3,10,11,13,16,21	24	NT-blízký ohrožení	korovitá	nitrofilní		10	6	8	
	23,25									
	B2,12,15,18,19,23,24,25									
	C6,17 D15,18,22,23									
<i>Fuscidea pussila</i>	B5,D10	2	LC-neohrožený	korovitá	acidofilní	2				
<i>Hypogymnia physodes</i>	D2,10,14,17,20	5	LC-neohrožený	lupenitá	acidofilní	2	1	2	1	
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	A6	1	C3 - ohrožený	korovitá	acidofilní			1		
<i>Lecanora expalens</i>	B21,24	2	LC-neohrožený	korovitá	neutrofilní	1		1		
<i>Lepraria incana</i>	A5,6	13	LC-neohrožený	korovitá	acidofilní		3	2	5	3
	B6,16,24,25									
	C14									
	D7,10,12,23,24,25									
<i>Parmelia sulcata</i>	A7 D17,19,20,23	5	LC-neohrožený	lupenitá	neutrofilní	2		3		
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	A6,11,14,19,23,24,25	27	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní		3	5	8	11
	B4,6,9,15,18,20,21,25									
	C5,6,9,11,13									
	D1,4,9,17,18,22,24									

Obr. č. 11: Zápis z monitoringu a popis potřebných informací

### 4.3 Determinace lišejníků

Determinace lišejníků probíhala přímo v terénu za pomoci biologické kapesní lupy s patnáctinásobným zvětšením a dále v laboratoři či na místech, kde bylo potřebné vybavení, jedná se o stereomikroskop a mikroskop se zvětšením minimálně sto násobným.

Dle práce A. Orange et al., (2001) podléhá řada lišejníků nespecifickým stélkovým reakcím, které byly detekovány za pomoci následujících chemických činidel: (10 % roztok hydroxidu draselného (KOH), C- vodní roztok chlorového vápna (CaCl<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), dezinfekční přípravek SAVO, I- jodjodkalium -> směs jodu a jodidu draselného, KC – aplikace K a po krátkém působení i C, , parafenyldiamin ve složení 10g Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 1 g parafenyldiaminu; 0,5 ml detergentu a 100 ml destilované vody nebo UV zářením pomocí UV boxu. Příprava preparátu pro mikroskopování a posléze zjišťování mikroskopických znaků probíhala pomocí řezu. Samozřejmě existují i další možnosti určování, a to klasicky z literatury, pomocí specifických morfologických znaků.

Názvy jednotlivých lišejníků byly poté sjednoceny dle seznamu a červeného seznamu lišejníků ČR Liška et al., (2010) a Malíček et al., (2023). Herbářové položky budou uloženy v příručním herbáři na FŽP ČZU, katedry ekologie.

#### 4.4 Snímkování kmene

Snímkování kmene a na něm vyskytující se lišejníkové vegetace na borce *Fraxinus excelsior* představuje ucelený seznam všech druhů a jejich četnosti na mřížce, měření probíhalo ze všech světových stran (S, J, V, Z). Pro toto snímkování kmenů, byla zhotovena speciální mřížka o pěti polích, kde jedno pole má rozměr 10 × 10 cm (Obr. 12,13).

Přichycení mřížky probíhalo ve výšce 100 cm od země, jednotlivé druhy v mřížce byly determinovány přímo v terénu, pomocí botanické lupy s patnáctinásobným zvětšením, seznam druhů na mřížce byl následně v terénu zapsán do zápisníku a poté převeden do elektronické formy a strom zakreslen do mapy.



Obr. č.: 12, 13: Snímkování kmene, metoda LDV (zdroj: vlastní)

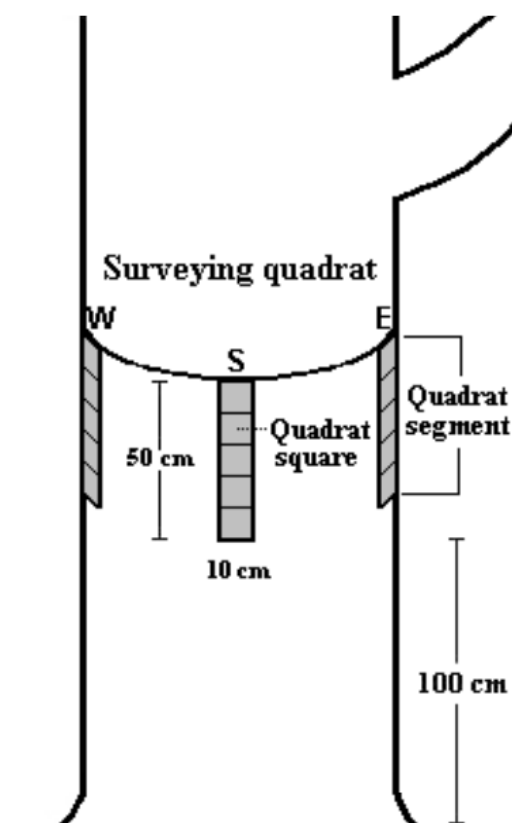
Jednotlivé vzorky byly sesbírány v takovém množství a velikosti, aby bylo možné je později identifikovat v laboratoři. Druhy s korovitou stélkou byly kolektovány i s podkladem, tj. tenká vrstva borky, u několika případů i celá větvička. Posléze určené vzorky se dále uchovávají jednotlivě, na jemném papíru, který je uložen v sáčku společně se substrátem, a to proto, aby nedošlo ke vzájemné kontaminaci chemických látek (Kocourková, 2021). U ne zcela známých či na první pohled jasných druhů, byly odebrány vzorky pro pozdější determinaci pod stereomikroskopem v laboratoři fakulty nebo pomocí standartních mikrochemických testů, dle Orange et al., (2001) pod odborným dohledem školitele.



## 4.5 Metoda LDV (Lichen Diversity Value)

Vzájemný vztah mezi polutanty v ovzduší a lichenoflorou, kvantifikuje metoda Lichen diversity value, která byla navržena poprvé roku 2002 (Asta et al., 2002), jenž se dočkala aktualizace, která vyšla roku 2016 (Asta et al., 2016). V relativně krátkém časovém horizontu po vydání první verze, z roku 2002, byla tato metoda použita také v podmínkách ČR (Svoboda, 2002). Tuto metodu, lze aplikovat pro geografické celky s vysokým impaktem negativních vlivů neboli v prostředí výrazných zdrojů znečištění ovzduší.

Umožňuje nám sledovat kvalitu životního prostředí a na základě opakované aplikace metody v zájmovém území, monitorovat trendy znečištění ovzduší. Jádrem této metody je měření biodiverzity, tudíž vyhodnocení četnosti druhů v pěti polích mřížky, přidělané ke čtyřem fixním pozicím (světovým stranám) na kmeni stromu.



Obr.č. 14.: Ukázkové snímkování ze všech světových stran (zdroj: Asta et al., 2016)

Následně tyto naměřené frekvence vkládáme do matematického algoritmu, výsledkem je škála hodnot LDV se stupnicí od 0–60. Nicméně D. Svoboda ve své studii tuto stupnici přeškoloval v rámci svého výzkumu v Českém krasu (viz tab.1).



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.č. 1.: Škála hodnot LDV pro stanovení kvality prostředí v podmínkách České republiky (Svoboda, 2002).

Tato pomyslná stupnice, odkazuje na určitou naturalitu prostředí. Výše zobrazený rozsah stupnice udává kvalitu životního prostředí v dané lokalitě. Čím vyšších hodnot index LDV nabývá, tím lepší a vyšší kvalita prostředí. Samozřejmě, že hodnota LDV je závislá na dalších parametrech lokality, a to především na přírodních podmínkách, například roční srážkový úhrn, klimatické vlivy apod.

Hodnota LDV v určité zájmové lokalitě je statistickým odhadem environmentálních podmínek. Pro daný výpočet hodnoty musíme splnit následující kritéria: Jedná se o součet frekvencí všech epifytických zástupců lišejníků, na každém jednom zkoumaném kmeni dané dřeviny ve všech fixních pozicích (N, S, E, W). Pro každou světovou stranu, jsou kalkulovány souhrny frekvencí (Sums of Frequencies (SF)). Jedná se o SFiE (východ), SFiS (jih), SFiN (sever) a SFiW (západ).

Výsledná hodnota LDV pro každý jeden strom je součtem sum frekvencí pro jednotlivé světové strany:  $SF = SFiE + SFiS + SFiN + SFiW$

Poté byl proveden výpočet aritmetického průměru součtů frekvencí jednotlivých světových stran pro danou mapovací jednotku j:

$$MSFNj = (SF1Nj + SF2Nj + SF4Nj + \dots + SFnNj) / n$$

Kde:

MSFNj: průměrná suma frekvencí lišejníků na dané světové straně v mapovací jednotce j

SF: součet frekvencí lišejníků na dané mřížce

N, E, S, W: sever, východ, jih, západ

n: počet mřížek s danou expozicí v jednotce j

Hodnota LDV pro daný mapovací čtverec j je součtem průměrných jednotlivých světových stran:  $LDVj = (MSFNj + MSFEj + MSFSj + MSFWj)$

Na konci je potřeba vypočíst už pouze výslednou hodnotu indexu lišejníkové diverzity pro jednotlivé stromy  $\bar{i}$  (viz dále).

### Výpočet LDV:

Výpočet hodnoty indexu lišejníkové diverzity LDV pro strom  $i$  byl proveden podle vzorce:

$$i = S1n FiN + S1n FiE + S1n FiS + S1n FiW$$

S1n Fi: součet frekvencí lišejníkových druhů na mřížce

N: směrem na sever;

E: směrem na východ;

S: směrem na jih;

W: směrem na západ

Podle Svobody (2002), originální metodika počítá také index LDV pro zájmové území, čtverec jako součet průměrů naměřených hodnot ze světových stran, 23 měřených stromů, ale v našem případě nehodnotíme lokalitu jako plochu, nýbrž jednotlivé stromy, takže tento krok vynecháme.

## **4.6 Zpracování dat**

Jako jedna z prvních fází zpracování a úpravy získaných dat z terénu, je převod souřadnic GPS daných nalezených stromů z eliptického souřadnicového systému WGS 84 do běžně používaného systému S-JTSK (Křovákovo zobrazení) pro následnou analýzu v programu ArcGIS Pro. K potřebnému převodu souřadnic existuje řada převodníků, které jsou také volně dostupné na internetu. Daný program transformuje data zaznamenaná z běžného GPS zařízení a kýženým výsledkem jsou souřadnice X, Y (X – je transformovaná souřadnice S-JTSK pro východ, Y – transformovaná S-JTSK souřadnice pro sever), jenž je potřeba převést do formátu Křovák NorthEast. Proveďte se to tak, že se zamění souřadnice severu za východ a naopak, poté se obě souřadnice vynásobí (-1).

Dále se takto získané souřadnice S-JTSK uloží do jednoduché tabulky, například v mém případě, v programu Microsoft Excel. Po vytvoření atributové tabulky v programu ArcGIS Pro, se vytvoří zcela nová bodová vrstva se všemi sty dřevinami. Možné je také přímo v programu ArcGIS Pro upravit aritmetickou tabulku s daty a převést GPS hodnoty, dle vašeho preferovaného souřadnicového systému.

## 4.7 Laboratorní část

Determinace vzorků probíhala převážně v laboratoři, prostřednictvím stereomikroskopu, mikroskopu a sbírky knižních či internetových určovacích klíčů. Kategorie ohrožení korespondují s Červeným seznamem lišejníků České republiky (Liška & Palice 2010). Barevné reakce stélek lišejníků, odhalující přítomnost sekundárních metabolitů, byly prováděny s použitím následujících reakčních činidel (Orange et al. 2010):

- K test: 10% roztok hydroxidu draselného ve vodě [K],
- C test: roztok chlornanu sodného (chlorové vápno) nebo SAVO [C],
- PD test: roztok para-fenylendiaminu v 60-90 % etanolu [PD].
- I test: jodjodkalium, tedy směs jodu a jodidu draselného (Lugolův roztok)

Fluorescence pod UV světlem byla využívána při determinaci *Lepraria incana* a *Lecanora expallens*, kde pozitivní reakce se projevovala modrobílým a žlutým zbarvením. UV světlo o dlouhých vlnových délkách, obvykle s vlnovou délkou 365 nm, se využívá ve specifických chemických analýzách. Pod UV lampou každá látka projevuje specifické zbarvení, zejména pigmenty, xanthony, depsidy a depsidony reagují barevně (Orange et al. 2010). Pro tuto reakci se používá zařízení nazývané UV box nebo ruční UV lampa (viz obr. 15). Při práci s lampou je nutné zajistit tmu, ale díky rozdílné reakci několika druhů lišejníků pod UV světlem může UV lampa být užitečným nástrojem i při terénní práci. Pro laboratorní použití slouží UV box, který poskytuje kontrolované prostředí a umožňuje práci v téměř úplné tmě.



Obr. 15: UV box se zářením o dvou vlnových délkách a s osvětlením. Krátká vlnová délka 254 nm, dlouhá vlnová délka 366 nm. Je určen pro přímé vkládání lišejníků pro UV reakci i pro vyhodnocení chromatografické desky. (Foto J. Kocourková, 2021)

Chromatografie na tenké vrstvě (TLC) se využívá například k rozlišení lišejníků s práškovitou stélkou, například rodu *Lepraria*. V procesu TLC je vzorek stélky louhován v acetonu, poté byl extrakt nanesen na startovací linii skleněné desky pokryté silikagelem. Na deskách bylo umístěno více vzorků včetně standardů, které byly ponořeny do solventních roztoků A a C v chromatografických vanách. Po dosažení určité vzdálenosti od "startovní čáry" byly desky vyjmuty, osušeny a provedena identifikace jednotlivých stop (sekundárních metabolitů). K identifikaci se využívalo UV světlo, postřiku desek destilovanou vodou a 10 % roztokem kyseliny sírové, následovaným sušením a zahříváním. Bohužel při determinaci lišejníků jsem nakonec nebyla využita, jelikož byl nedostatek vzorků pro celkové TLC. Postup analýzy byl podrobně popsán v pracích Kocourková (2021), Orange et al. (2010). Determinace lišejníků probíhala v učebně Z019 na FŽP, kde jsem využíval jak stereomikroskop foto níže, tak mikroskop.



Obr.č. 16: Determinace lišejníků v laboratoři (zdroj: vlastní)

## **4.8 Analýza dat**

### **4.8.1 Vliv faktorů prostředí na hodnotu LDV**

Získaná data s hodnotami LDV byla upravena odmocninovou transformací za účelem stabilizace rozptylu dat pro následné užití v statistických analýzách. Rozdělení hodnot LDV bylo testováno Kolmogorov – Smirnovovým testem na shodu dat s normálním rozdělením, což je podmínkou pro užití parametrických testů.

Na základě vzájemných korelací vypočítaných v korelační matici, byly vybírány proměnné pro potřebné analýzy. Ty, které byly silně korelované z nadcházejících analýz se vypustily a ponechaly se pouze proměnné nesoucí nejvíce informací. Analyzované vlivy faktorů prostředí na hodnotu LDV, byly prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA) v programu Microsoft Excel a ArcGis Pro.

### **4.8.2 Porovnání frekvencí lišejníků na různých světových stranách**

Bylo velice zajímavé zkoumat, zda se frekvence lišejníků poměrně liší na jednotlivých světových stranách. Data ale nesplňovala kritéria pro použití parametrických metod (shoda dat s normálním rozdělením), a tudíž bylo přikročeno k neparametrickým metodám. Daný rozptyl dat byl stabilizován odmocninovou transformací a testován Levenovým testem homogenit rozptylů. Data byla testována neparametrickou Friedmanovou anlyzou rozptylu pro porovnání více závislých proměnných. Zpracováno v programu Microsoft Excel a ArcGis Pro.

### **4.8.3 Vliv proměnných na druhové složení získaných lišejníků**

Jednotlivé druhové zastoupení dat bylo analyzováno v programu ArcGis Pro. V redundantní analýze použity stejné proměnné prostředí, jako to bylo u analýzy variance testující dopad faktorů na hodnotu LDV. Proměnná, jenž nese název Land-use byla převedena na proměnné zástavba, lesy, orná půda, vodní plochy, louky a průmyslové zóny, jednotlivé složky se poté dělí do nižších sfér. Výsledné porovnání a zhodnocení dopadu prostředí a vyobrazení na jednotlivých grafech je součástí kapitoly 5.5 Vliv faktorů prostředí na druhovou skladbu. Konečné grafy byly vykresleny v programu Microsoft Excel a AcrGis Pro.

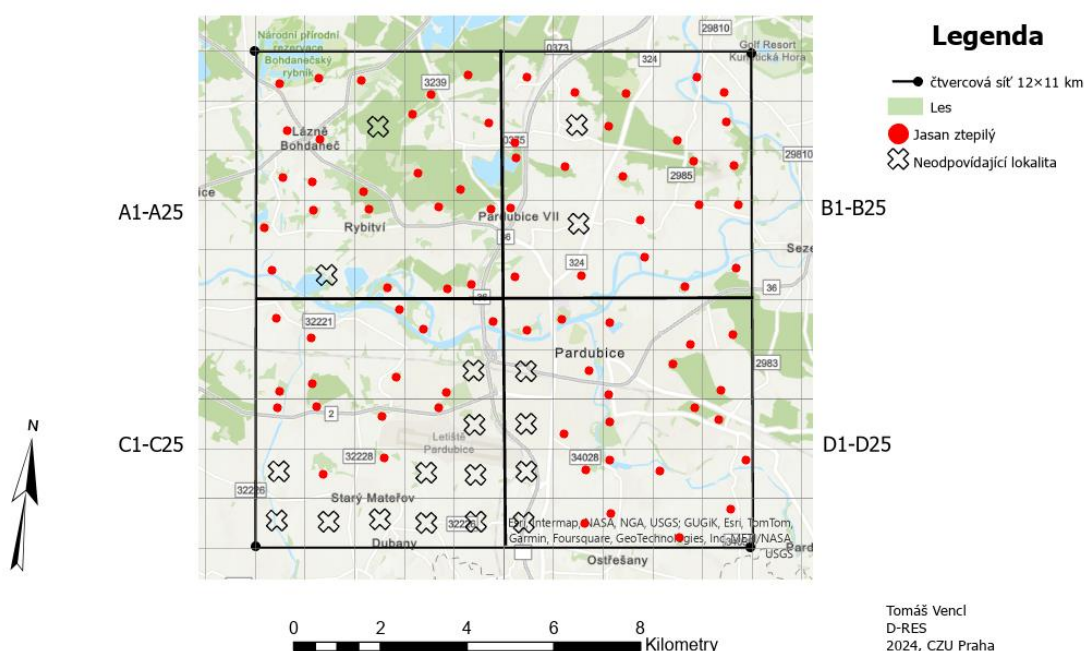
## Praktická část práce

### 5. Výsledky

#### 5.1 Zpracování získaných dat v programu ArcGIS Pro

Vybrané zájmové území o rozměrech přibližně 12 × 11 km, což odpovídá 10 × 6 zeměpisných minut. Rozměry odpovídají standartní síti pro mapování středoevropské fauny a flóry, dle Vrba (2020). Mapa byla rozdělena na 100 čtverců, přičemž každý jeden z nich měří 1km<sup>2</sup>. Za pomoci metody čtverců, jsem vytvořil mapu, která zachycuje a vyznačuje nalezené druhy forofytu *Fraxinus excelsior*, nalezené druhy jsou označeny červenou tečkou, kdežto čtverce, kde se nepodařilo nalézt ani jeden druh, nebo nebylo možné odběr na daném místě provést (druhy/místo nevyhovovalo metodám LDV pro sběr dat). Ve většině případů, kde odběr nebylo možné provést, tak se jednalo o pole, na které zrovna vyšel čtverec (viz mapa níže). V jednom případě se dokonce jednalo o vojenský prostor, kde ne zcela sdíleli mou potřebu odebírat potřebná data. Při výzkumu bylo označeno 82 stromů druhu jasan ztepilý a 12 lokalit bylo neodpovídajících.

Pardubice a okolí- čtvercová síť 12 × 11 km



Mapa č.1: Čtvercová síť zájmového území Pardubic a okolí, 12 × 11 km (zdroj: vlastní; ArcGis Pro, 2024)

## 5.2 Seznam nalezených lišejníků

Ucelený seznam nalezených epifytických lišejníků, které byly nalezeny v oblasti Pardubicka a okolí, je uveden v tabulce č. 2, kde je také možné dohledat počty k jednotlivým světovým stranám, jenž slouží k výpočtu metody LDV. Celkový počet nalezených druhů je 18, z toho 220 vzorků. Pomocí zápisků z terénního sběru epifytických lišejníků, o místě sběru a jeho charakteristice, jenž jsem porovnal s ekologickou povahou nalezených lišejníků (viz kapitola 5.3 Ekologická povaha lišejníků). Tyto specifika jsou velice důležitá, pro ucelenější popis a výsledky tohoto biomonitoringu.

Sběr probíhal od léta 2022, po přelom roku 2023/2024.



Obr.č.17: Graf: Celková četnost nalezených druhů epifytických lišejníků

Tabulka č. 2 zobrazuje detailní zápis ze sběru a determinace epifytických lišejníků. Stupeň ohrožení se řídí dle červeného seznamu (Liška & Palice, 2010). U aktualizovaného červeného seznamu z roku 2023 (Malíček et al, 2023) spadají veškeré nalezené druhy do kategorie bez označení, což se rovná druhům, které zůstávají relativně hojné.

Taxon	Čtverec	Počet nálezů	Stupeň ohrožení	Typ stélky	Typ substrátu	Světové strany + počty druhů			
						S	J	V	Z
<i>Amandinea punctata</i>	A1,13,25 B24 C4 D8,18	7	LC-neohrožený	korovitá	neutrofilní		4		3
<i>Bacidia rubella</i>	A1 B1C2 D3,18	5	VU-zranitelný	korovitá	acidofilní			2	3
<i>Candelariella efflorescens</i>	A1,2,3,10,11,13,16,21 23,25 B2,12,15,18,19,23,24,25 C6,17 D15,18,22,23	24	NT-blízký ohrožení	korovitá	nitrofilní		10	6	8
<i>Fuscidea pussila</i>	B5,D10	2	LC-neohrožený	korovitá	acidofilní	2			
<i>Hypogymnia physodes</i>	D2,10,14,17,20	5	LC-neohrožený	lupenitá	acidofilní	2	1	2	1
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	A6	1	LC-neohrožený	korovitá	acidofilní			1	
<i>Lecanora expalens</i>	B21,24	2	LC-neohrožený	korovitá	neutrofilní	1		1	
<i>Lepraria incana</i>	A5,6 B6,16,24,25 C14 D7,10,12,23,24,25	13	LC-neohrožený	korovitá	acidofilní	3	2	5	3
<i>Parmelia sulcata</i>	A7 D17,19,20,23	5	LC-neohrožený	lupenitá	neutrofilní	2		3	
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	A6,11,14,19,23,24,25 B4,6,9,15,18,20,21,25 C5,6,9,11,13 D1,4,9,17,18,22,24	27	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní	3	5	8	11
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	A1,2,3,4,5,6,7,9,10, 11,12,13,14,15,16,17,18,1 23,24,25 B1,2,3,4,5,6,8,9,10,12, 13,14,18,16,19,20,21,22, 23,24,25 C1,3,5,6,8,9,13,14,17 D1,3,4,5,8,9,10,17,22 23,24	64	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní	21	14	17	12
<i>Physcia adscendens</i>	A1,3,5,10,11,18,19,20,21 23,24,25 B2,3,5,6,9,11,12,13,14 15,16,18,19,20,21,23,24,2 5 C1,7,8,9,11,14 D3,4,15,18,23,24	42	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní	11	8	17	6
<i>Physcia stellaris</i>	C17,18	2	VU-zranitelný	lupenitá	nitrofilní			1	1
<i>Physcia tenella</i>	A7,12,21,C11	4	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní		1	2	1
<i>Scoliosporum chlorococcum</i>	A1,D18	2	LC-neohrožený	korovitá	neutrofilní	2			
<i>Xanthoria candelaria</i>	A25	1	LC-neohrožený	keříčkovitá	nitrofilní		1		
<i>Xanthoria parietina</i>	A3,15,18 B6,11,16,21,22,23,24,25 D22	12	LC-neohrožený	lupenitá	nitrofilní	1	2	4	5
<i>Xanthoria polycarpa</i>	A1 C8	2	NT-blízký ohrožení	lupenitá	nitrofilní	1		1	

Tab.č.2: Seznam nalezených epifytických lišejníků a sledovaná kritéria



### 5.3 Komentovaný seznam druhů a místa nálezu

K jednotlivým nalezeným druhům epifytických lišejníků byl přidán popis se stupněm ohrožení, obrázek a mapa, na které je znázorněn výskyt daného druhu. Popis jednotlivých druhů byl čerpán z webu Dalib.cz, jenž je pod záštitou Botanického ústavu AV ČR, v. v. i. (2024) a vlastních zápisků ze sběru, jedná se o popis lokalit.

***Amandinea punctata*** (Hoffm.) Coppins & Scheid.

LC

Lišejník Buelie tečkovaná patří v současné době mezi nejhojnější a široce rozšířené lišejníky v České republice. Jedná se o typický nitrofilní druh, který se vyskytuje na různých typech substrátů. Nejčastěji je zaznamenáván jako epifyt na osamělých dřevinách v urbanizovaných a zemědělských oblastech a ve světlých lesích, kde preferuje větve stromů.

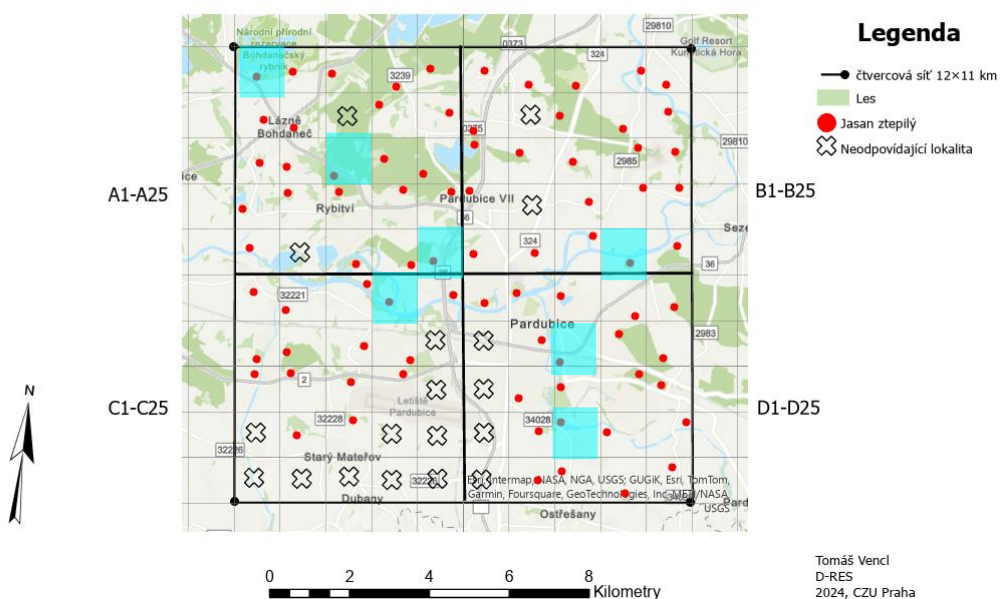
Nálezy se shodují s obecným popisem výskytu, jelikož, dle jednotlivých čtverců je vidět, že se lokality skládaly z lesních, zemědělských a urbanistických biotopů. Na borce stromu jsem našel pouze na jižní a západní světové straně. Valná většina nálezů byla nedaleko silnic a cest.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A1,13,25; B24; C4; D8,18.



Obr.č. 18: *Amandinea punctata* (Foto: F. Bouda, 2020)

Pardubice a okolí- čtvercová síť 12 × 11 km



Obr. č. 19: Místa nálezů *Amandinea punctata*

V České republice se jedná o roztroušeně se vyskytující, lokálně častý lišejník, jehož optimální prostředí nalezneme v prosvětlených listnatých lesích s bohatou druhovou skladbou dřevin. V optimálních podmínkách může patřit mezi dominantní druhy na úživnější kůře některých listnatých stromů, zejména jasanů, jilmů a všech našich druhů javorů. V oblastech s vápencovým podložím je možné jej nalézt i na mladších listnatých stromech s přirozeně kyselou borkou.

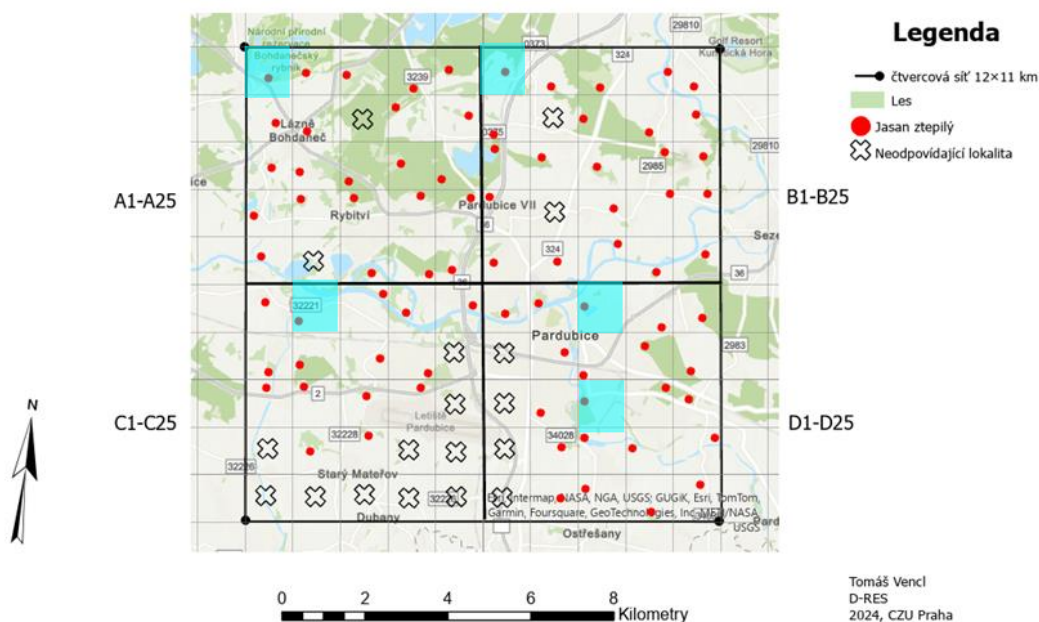
Výskyt při sběru byl specifický, jelikož se jednalo o lesní biotopy a údolní nivy řeky Labe a Chrudimky. Na borce jasanu ztepilého byl nalezen pouze na východní a západní straně kmene.

Místa nálezu dle jednotlivých čtverců: A1; B1; C2; D3,18.



Obr. č. 20: *Bacidia rubella* (Foto: J. Malíček, 2011)

### Pardubice a okolí- čtvercová síť 12 × 11 km



Obr. č. 21: Místa nálezu *Bacidia rubella*

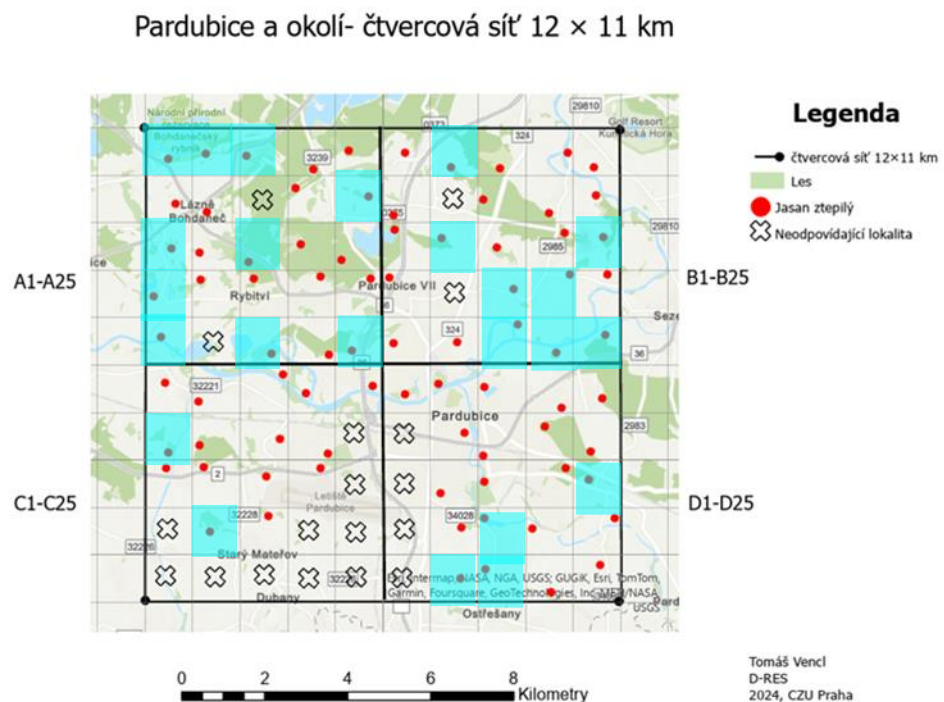
Jedná se o epifytický druh lišejníku, který vytváří žluté sorediózní stélky, a jehož spolehlivá identifikace je možná pomocí počtu výtrusů ve vřecích, které obsahují 12 až 32 askospór. Pravděpodobně se však jedná o běžný lišejník, který preferuje růst především na světlé kůře listnatých stromů, a to jak v lesním prostředí, tak i v otevřené krajině.

Z vlastního sběru vyplývá, že tento druh lišejníku se velice dobře adaptuje na rozdílné biotopy. Můžeme ho vidět v lesních biotopech, zemědělských a urbanistických oblastech. Pokrýval nejvíce jižní, západní a východní stranu kmene.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A1,2,3,10,11,13,16, 21,23,25; B2,12,15,18,19,23,24,25; C6,17; D15,18,22,23.



Obr.č. 22: *Candelariella efflorescens* (Foto: F. Bouda, 2020)



Obr. č. 23: Místa nálezů *Candelariella efflorescens*



Skromný epifytický druh hnědenky, který se vyznačuje malou zelenavou sorediozní stélkou, ohraničenou tmavou prvostélkou (prothallelem) obsahující kyselinu divarikatovou. Hnědenka maličká obvykle roste na kyselých borkách, vzácně také na dřevě, jak listnatých, tak jehličnatých stromů (nejčastěji buk a smrk) v různých typech lesů od nížin po hory. Často se objevuje jako pionýrský lišejník na větvích a mladých kmenech, čímž částečně nahrazuje *Ropalospora viridis*. V České republice byla tato hnědenka poprvé zaznamenána relativně nedávno v Novohradských horách, Šumavě a Českém Švýcarsku (Malíček & Palice 2013).

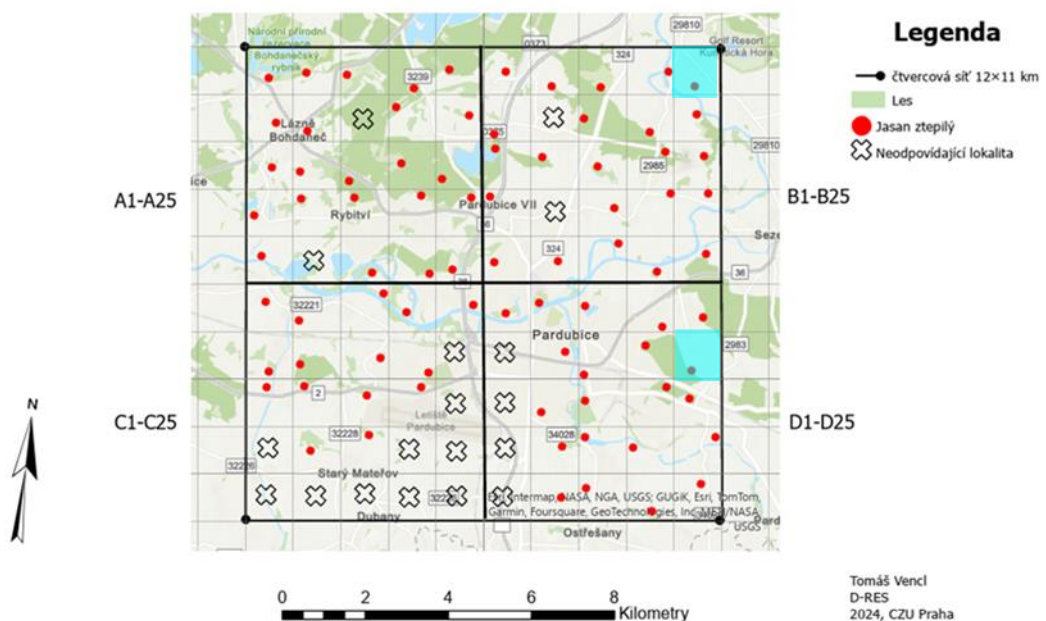
Z vlastního sběru je vidět, že výskyt nebyl zdaleka tak častý a mapě se vyskytuje spíše na okrajích studované oblasti, převážně u lesních biotopů a mimo urbanistické oblasti. Oba nálezy se nacházely na severní straně kmene.

Místa nálezu dle jednotlivých čtverců: B5; D10.



Obr.č. 24: *Fuscidea pussila* (Foto: J. Machač, 2021)

Pardubice a okolí- čtvercová síť 12 × 11 km



Obr. č. 25: Místa nálezu *Fuscidea pussila*

Terčovka bublinatá patří mezi nejhojnější makrolišejníky na území České republiky. Její charakteristickým znakem jsou rtovité sorály na koncích laloků, avšak tvoření těchto struktur není vždy pravidelné. Jedná se o eurymní acidofilní druh s holarktickým rozšířením, schopný růst na široké škále stanovišť. Vyhýbá se pouze velmi silně znečištěným, eutrofizovaným nebo příliš okyseleným lokalitám.

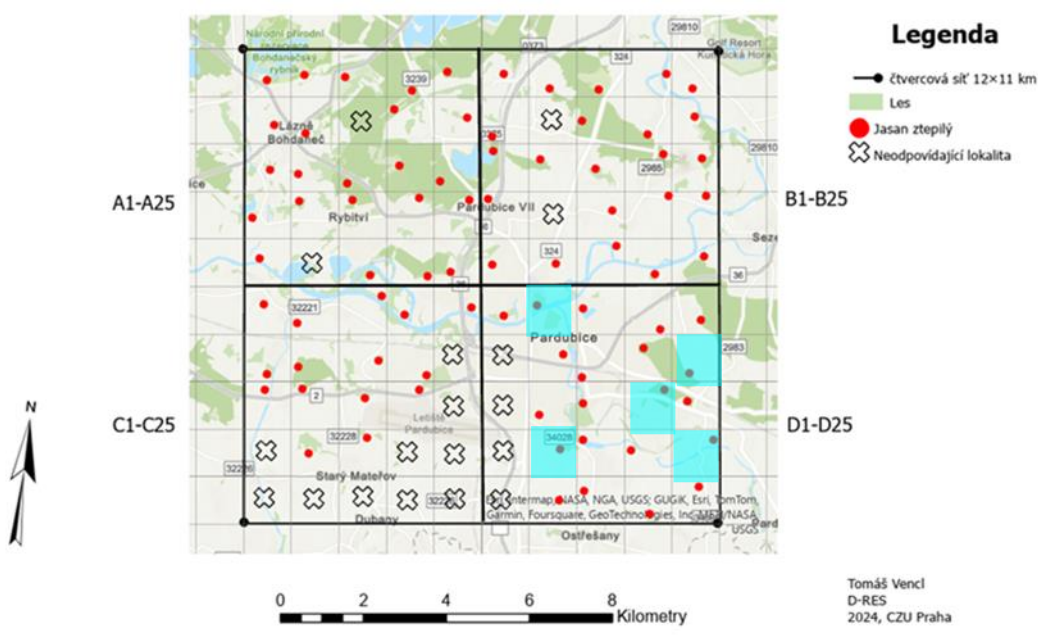
U tohoto druhu byl při sběru překvapivě nízký výskyt. Obsadil několik lokalit na jihovýchodní části studované oblasti. Jednalo se o nivní a lesní biotopy. Na kmeni se vyskytoval na všech světových stranách.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: D2,10,14,17,20.



Obr.č. 26: *Hypogymnia physodes* (Foto: F. Bouda, 2015)

Pardubice a okolí- čtvercová síť 12 × 11 km



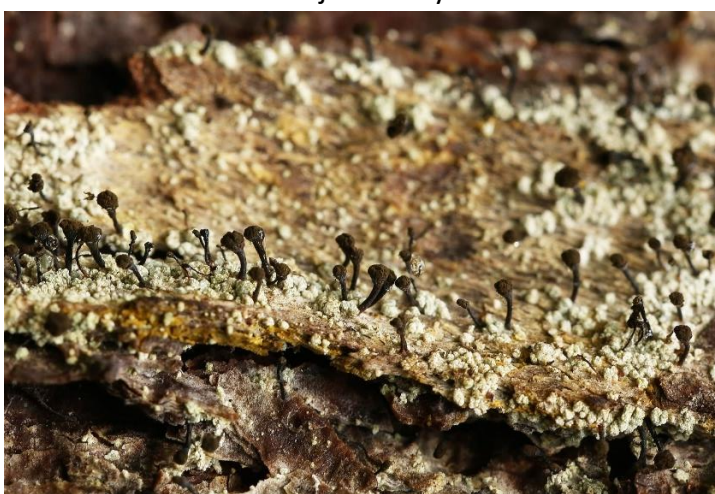
Obr. č. 27: Místa nálezů *Hypogymnia physodes*



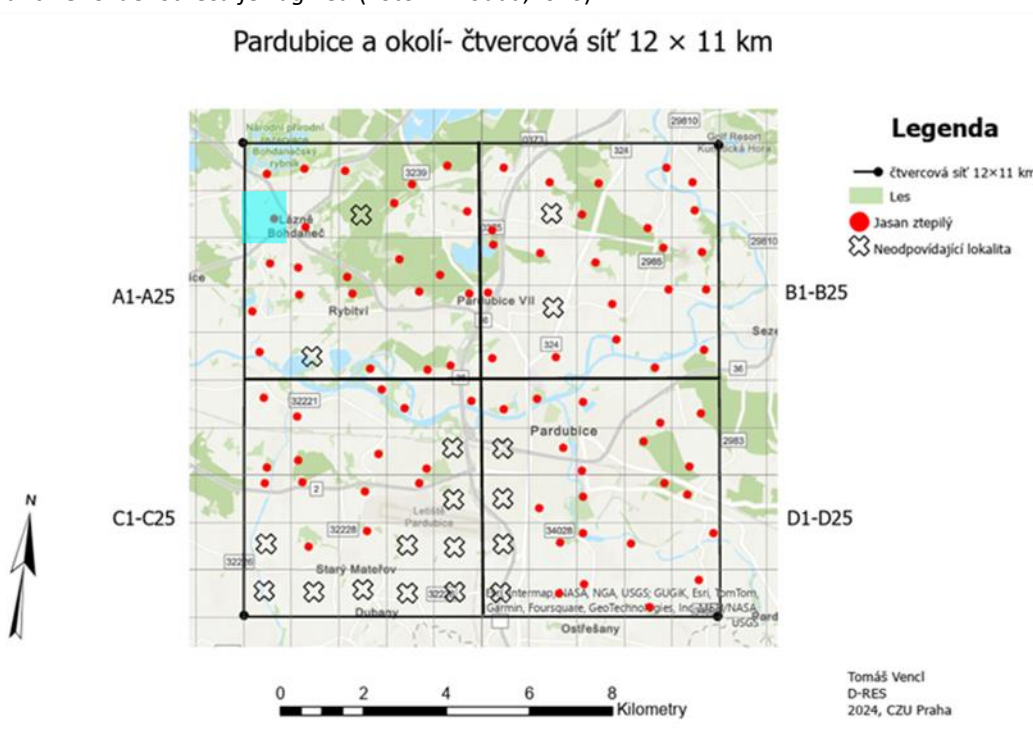
Nejběžnější český zástupce rodu se vyznačuje šedou stélkou, místy s lokálními rezavými odstíny. Tento druh se vyskytuje na kyselých borkách jehličnatých i listnatých stromů, a dále i na odumřelém dřevě. Je běžný v různých typech lesů, včetně mladších hospodářských porostů, ale nalézá se i na starších solitérech, v alejích a parcích. Tento druh je tolerantní vůči znečištění ovzduší a acidifikaci půdy, což mu umožňuje přežít i v oblastech ovlivněných emisemi oxidů síry.

Výskyt tohoto druhu byl při biomonitoringu studované oblasti minimální. I přes zvýšenou toleranci na znečištěné ovzduší. Nález byl v parku, poblíž polní cesty, nehledě na vyšší míru prašnosti, před kterou byl poměrně kryt, jelikož se nacházel na východní straně kmene.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A6.



Obr.č.28: *Chaenotheca ferruginea* (Foto: F. Bouda,2020)



Obr. č. 29: Místa nálezů *Chaenotheca ferruginea*

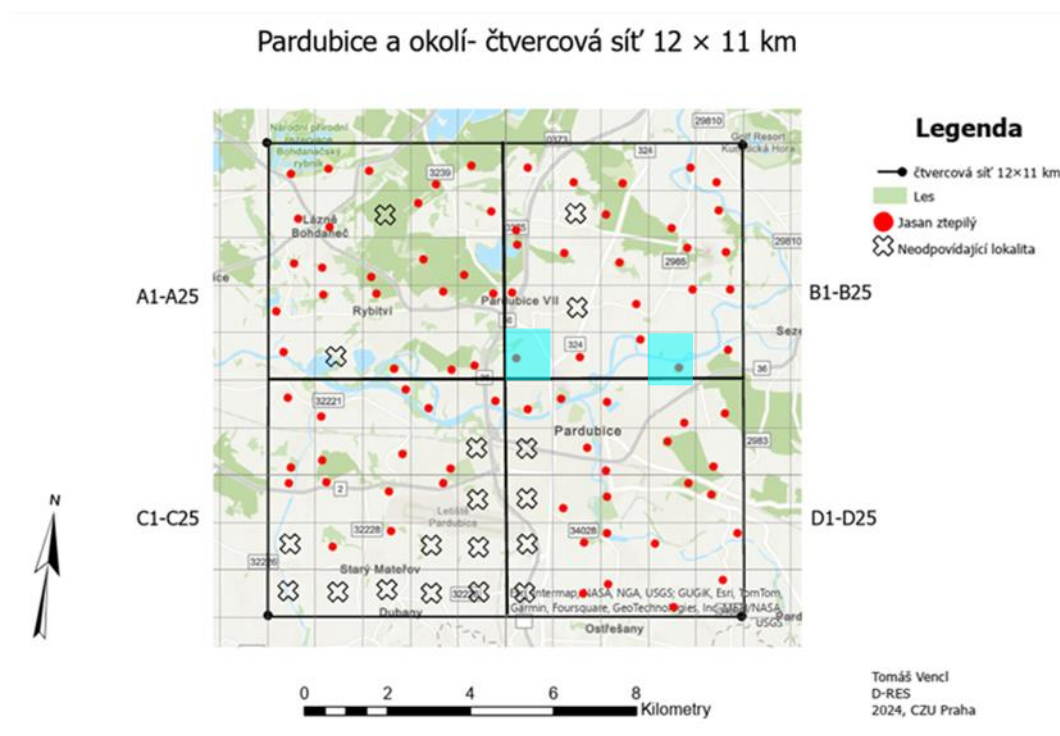
Jedná se o běžného zástupce sorediózních a obvykle sterilních lišejníků, který je často nalezen v lesích i na izolovaných listnatých stromech. Zejména se hojně vyskytuje na javorech, klenech a dubech. Také se objevuje na dřevě, převážně na tvrdých pahýlech jehličnatých stromů, přičemž tyto formy mohou být morfologicky často odlišné. Tento druh je rozšířený v mírném pásu severní polokoule, ale existují i záznamy o jeho výskytu na jižní polokouli.

Rozšíření tohoto lišejníku je také poměrně nízké. Nalezen byl v oblastech říční nivy a hospodářského lesa. Kmen pokrýval ze severní a východní světové strany.

Místa nálezu dle čtverců: B21,24.



Obr. č. 30: *Lecanora expalens* (Foto: F. Bouda, 2020)



Obr. č. 31: Místa nálezu *Lecanora expalens*

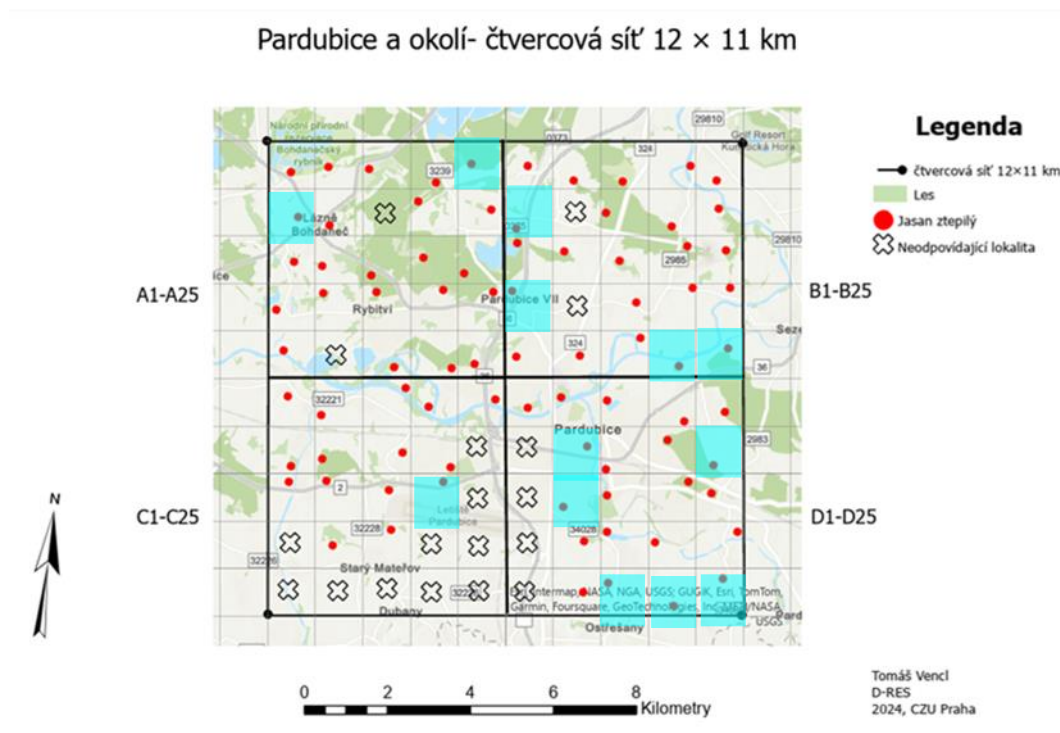
Jde o relativně běžně rozšířenou acidofilní prášenku, která je v terénu těžko rozeznatelná od druhu *L. elobata*. Vyniká svou poměrně širokou ekologickou amplitudou, neboť se vyskytuje jako epifyt, saxikol a lignikol. Na epifytických pozicích ji lze nalézt na různých druzích dřevin, v různých typech lesů, a i na nelesních stanovištích. Projevuje vysokou toleranci vůči kyselým srážkám.

Tento druh již přinesl širší zastoupení. Osidloval lesní, zemědělské, urbanistické, tak i nivní oblasti. Kmen pokrýl ze všech světových stran, nejvíce potom stranu východní.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A5,6; B6,16,24,25; C14; D7,10,12,23,24,25.



Obr.č. 32: *Lepraria incana* (Foto: P.L. Nimis, 2001)



Obr. č. 33: Místa nálezů *Lepraria incana*



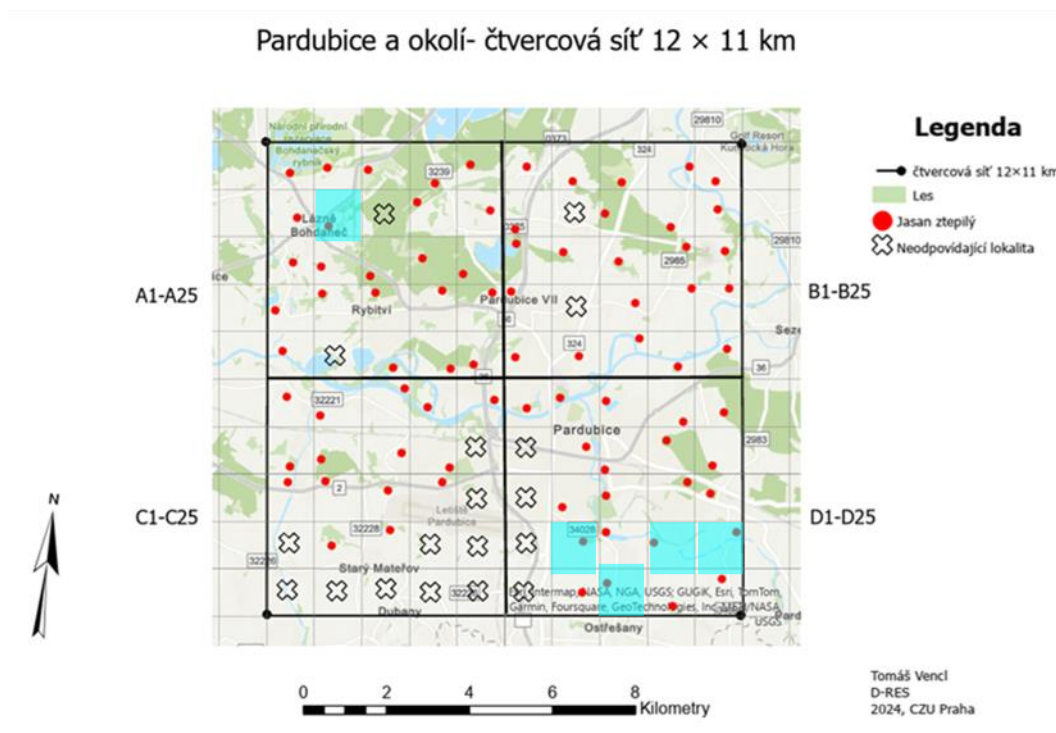
Zde máme nejběžnějšího epifytického zástupce rodu *Parmelia*, a zároveň jednoho z nejhojnějších lupenitých lišejníků v České republice. Tento druh je široce rozšířen od mírného po subpolární pás obou polokoulí a na všech kontinentech. Často se vyskytuje na kůře listnatých dřevin, ale nacházíme ho i na jehličnatých stromech a občas i na dřevě a skalách, především pod stromy. Jeho rozšíření zahrnuje nížiny a hory po celém území České republiky. Je relativně odolný vůči znečištění ovzduší a lze ho nalézt i ve městech.

I přes zvýšenou rezistenci k urbanistickým oblastem, tak z vlastního sběru vyplývá, že ve studované lokalitě, se spíše vyskytuje v periferních částech měst a poblíž nivy řeky Chrudimky. Obléhal pouze severní a východní stranu kmene.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A7; D17,19,20,23.



Obr.č. 34: *Parmelia sulcata* (Foto: J. Malíček, 2020)



Obr. č. 35: Místa nálezů *Parmelia sulcata*

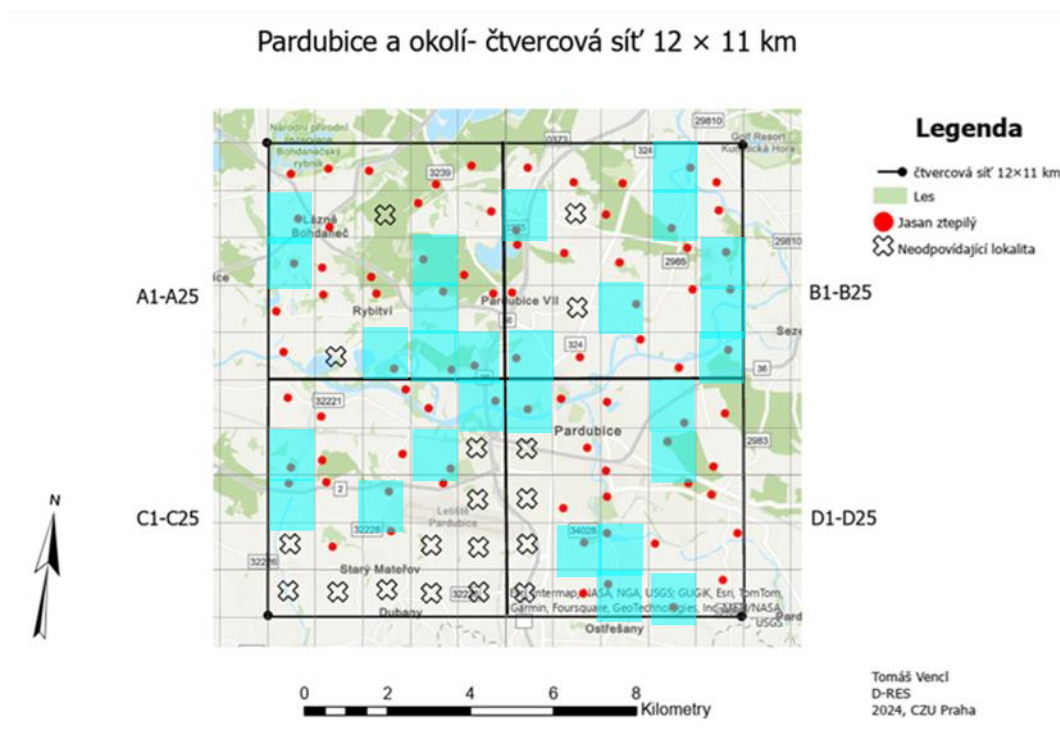
Jedná se o nejmenšího zástupce rodu, který je charakteristický drobnými lalůčky s izidiemi na okrajích. Tento druh lze nalézt na kůře listnatých stromů i na skalních substrátech. Obecně upřednostňuje úživná a osvětlená stanoviště a je často běžný v nitrofilních společenstvech. Na skalních substrátech se typicky vyskytuje na přirozených i antropogenních vápnatých podkladech.

Velice rozšířený druh, jenž se povětšinou vyskytoval po boku příbuzné *Phaeophyscia orbicularis*. Obývá lesní, urbanistické, zemědělské oblasti a problém není i lokality v blízkosti silnic a cest. Byla nalezena na všech světových stranách kmene, nejvíce na straně západní.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A6,11,14,19,23,24,25; B4,6,9,15,18,20,21,25; C5,6,9,11,13; D1,4,9,17,18,22,24.



Obr. č. 36: *Phaeophyscia nigricans* (Foto: J.Haine, 2011)



Obr. č. 37: Místa nálezů *Phaeophyscia nigricans*

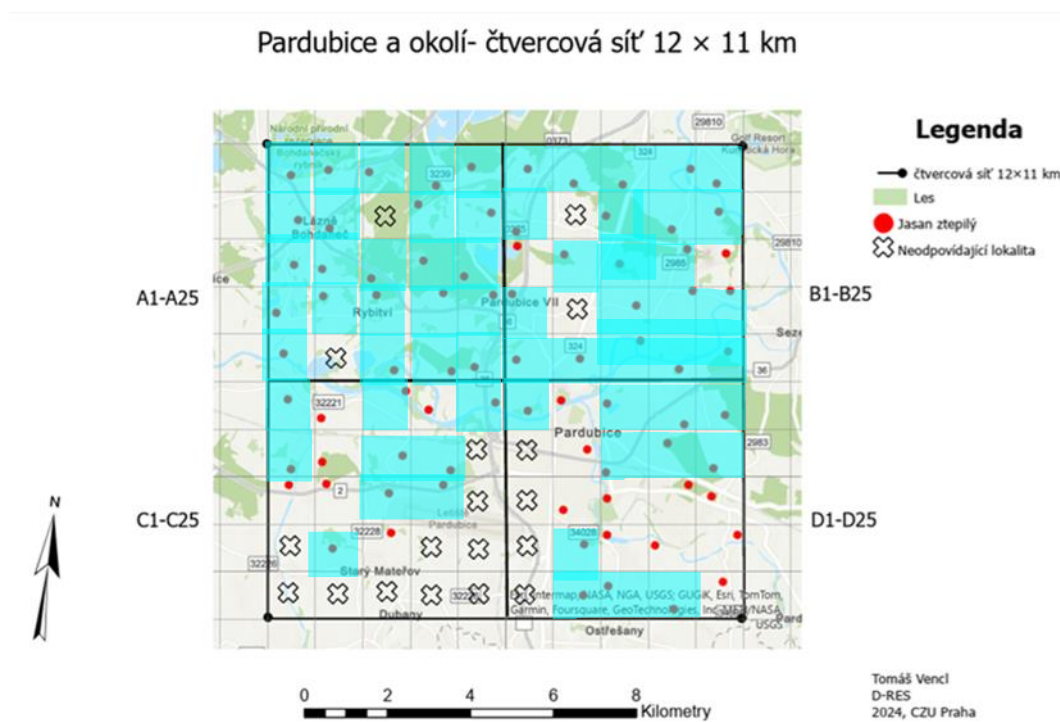
Terčovník kruhovitý je nejhojnějším zástupcem rodu *Parmelia*, charakterizovaným okrouhlými sorály na povrchu laloků. Patří mezi typické zástupce epifytických nitrofilních společenstev a často se vyskytuje na prašných místech, podél silnic nebo ve městech.

Při prvním pohledu na mapu výskytu, si můžeme povšimnout, že se jedná o nejvíce rozšířený druh. Nalezen byl ve všech již zmíněných biotopech, tudíž rezistence tohoto druhu je velice obširná a žádný faktor prostředí, jemuž je vystaven v dané oblasti, mu nedělá sebemenší problém. Kmen osidloval ze všech světových stran.

Místa nálezu dle jednotlivých čtverců: A1,2,3,4,5,6,7,9,10,11, 12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,23,24,25; B1,2,3,4,5,6,8,9,10,12,13,14,16, 18,19,20,21,22,23,24,25; C1,3,5,6,8,9,13,14,17; D1,3,4,5,8,9,10,17,22,23,24.



Obr.č. 38: *Phaeophyscia orbicularis* (Foto: F. Bouda, 2021)



Obr. č. 39: Místa nálezu *Phaeophyscia orbicularis*



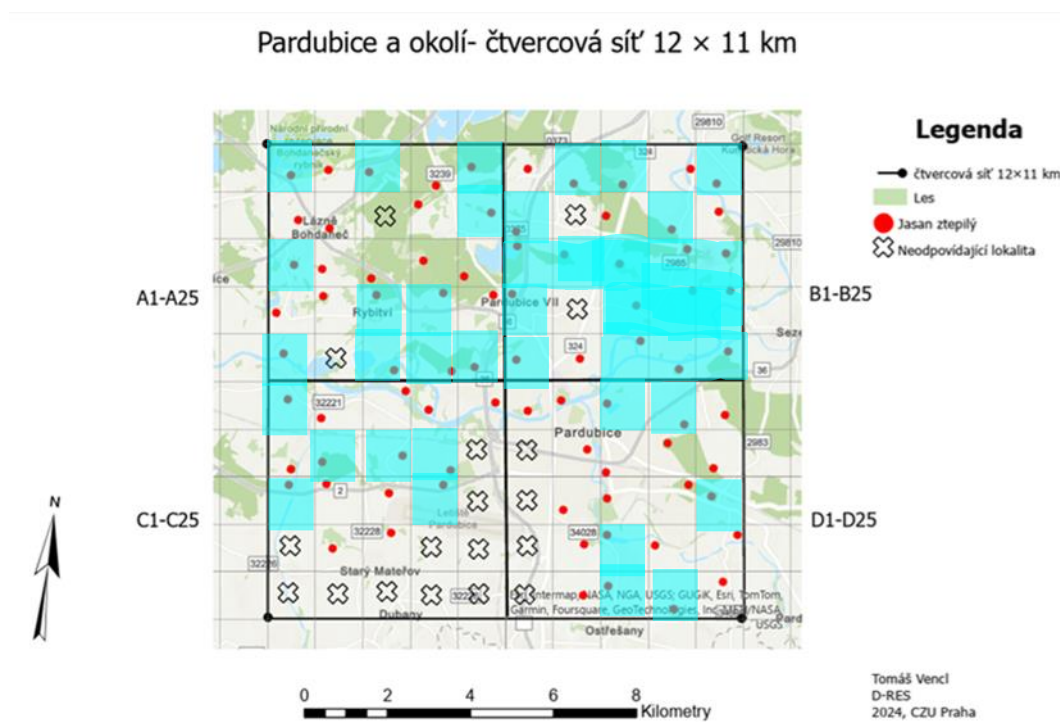
Terčovník odstávavý patří mezi jedny z nejhojnějších lišejníků v současné době na našem území. Tento druh je typicky přítomen v nitrofilních epifytických společenstvech, kde často sdílí prostor s druhem *Xanthoria parietina*. Je světlomilný, což znamená, že preferuje otevřenou krajinu, a není mu cizí ani intenzivně zemědělsky využívané prostředí.

Druhý nejvíce rozšířený druh. Opět se jedná o velice odolný druh a urbanistické prostředí zvládá velice dobře. Výskyt byl ve všech biotopech a pokrýval všechny světové strany kmene.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A1,3,5,10,11,18,19,20,21,23,24,25; B2,3,5,6,9,11,12,13,14,15,16,18,19,20,21,23,24,25; C1,7,8,9,11,14; D3,4,15,18,23,24



Obr.č. 40: *Physcia adscendens* (Foto: J. Kocourková, 2016)



Obr. č. 41: Místa nálezů *Physcia adscendens*

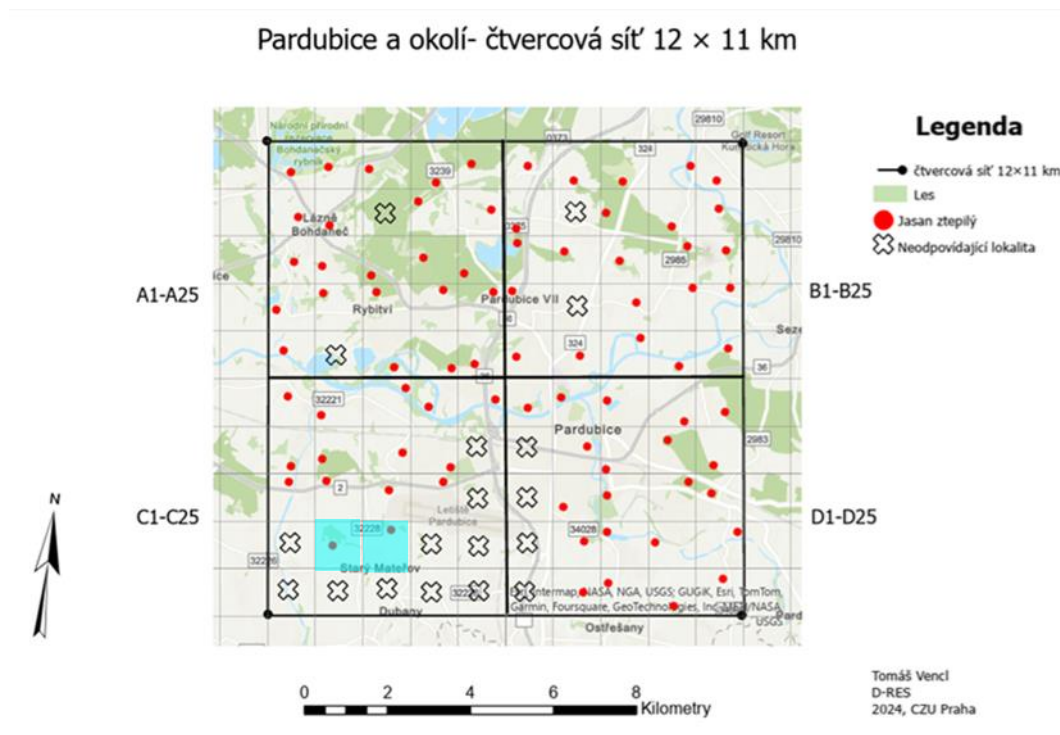
Terčovník hvězdovitý je epifytický lišejník, který se váže na listnaté dřeviny, přičemž preferuje vyšší pH borky. Je světlomilný a obvykle se nachází na větvích. Tento druh je tolerantní vůči eutrofizaci a často se vyskytuje společně s dalšími nitrofilními druhy lišejníků. V Evropě i v České republice patří mezi běžné druhy a lze ho nalézt od nížin do horských oblastí.

Tento druh měl navzdory očekávání minimální výskyt. Byl nalezen na pomezí lesních porostů a polí. Osidloval pouze východní a západní světovou stranu kmene.

Místa nálezu dle jednotlivých čtverců: C17,18.



Obr.č. 42: *Physcia stellaris* (Foto: J. Kocourková, 2015)



Obr. č. 43: Místa nálezu *Physcia stellaris*

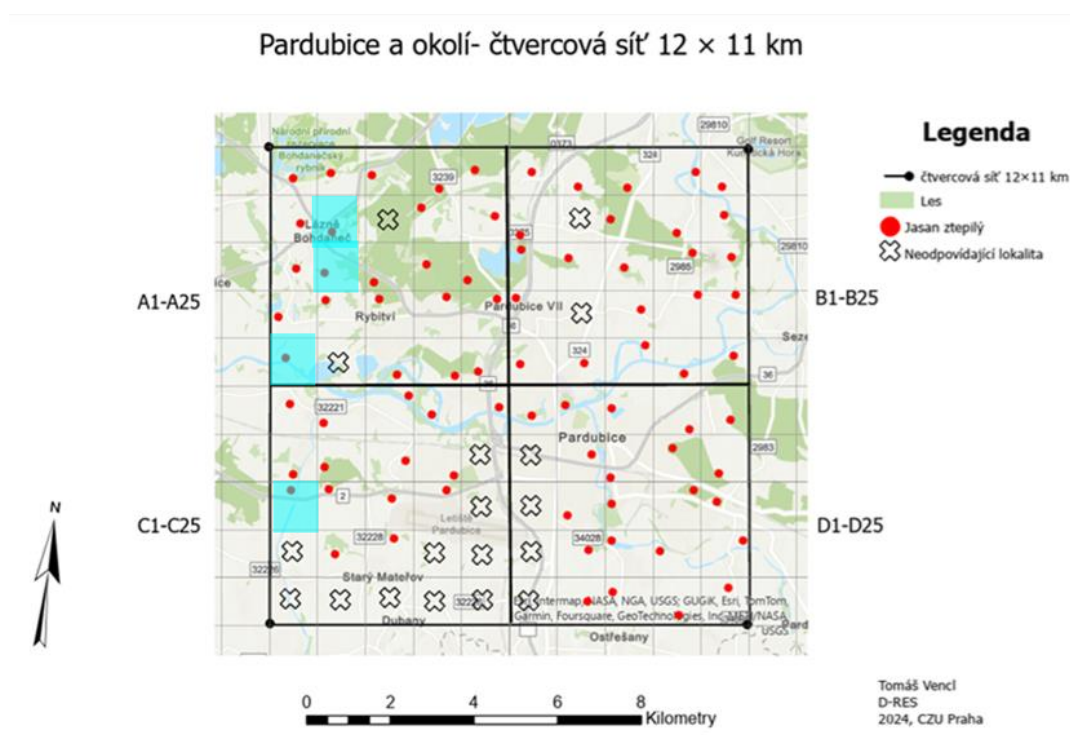
Lišejník podobný druhu *P. adscendens*, liší se rtovitými sorály. Častěji se vyskytuje jako epifyt, jak ve volné krajině, tak v lesích. Obecně je nitrofilní a toleruje vysokou prašnost a silnou eutrofizaci. Je velmi běžný a široce rozšířený druh v Evropě i v ČR, kde se vyskytuje od nížin do horských poloh a patří mezi nejhojnější lišejníky.

I přes fakt, že tento druh je celorepublikově velice rozšířený, tak ve studované oblasti byl jeho výskyt nízký. Avšak byl nalezen v lesních, nivních, zemědělských a urbanistických oblastech. Hojný byl alespoň na světových stranách, byl nalezen na jižní, východní a západní světové straně.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A7,12,21; C11.



Obr.č. 44: *Physcia tenella* (Foto: F. Bouda, 2020)



Obr. č. 45: Místa nálezů *Physcia tenella*



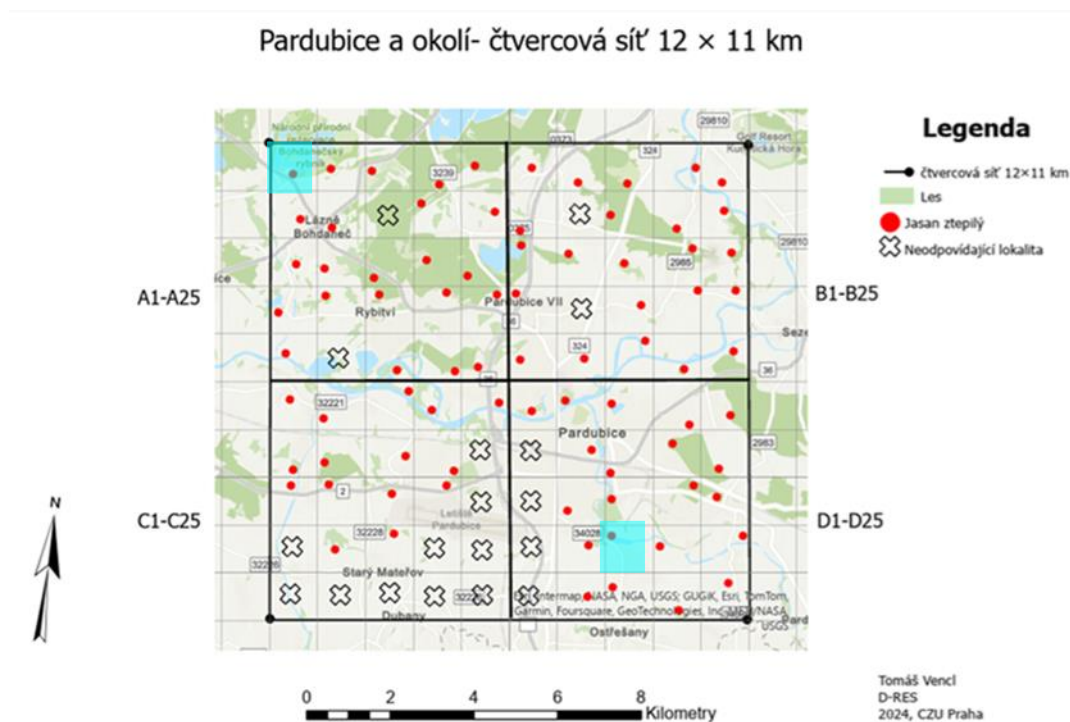
Jedná se o rozšířený druh s holarktickým rozšířením a ekologicky se vyskytuje na různých substrátech, především na kůře bukových stromů, dřevě a občas i na křemičitých skalách. Je schopný snášet znečištění ovzduší.

Tento druh se na území studované lokality vyskytuje velice zřídka. Při sběru byly nalezeny pouze dvě položky. U obou nálezů se jednalo především o lesní biotop, spíše hospodářského charakteru. Pokrýval pouze severní stranu kmene.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A1; D18.



Obr.č. 46: *Scoliciosporum chlorococcum* (Foto: L. Stridvall, 2006)



Obr. č. 47: Místa nálezů *Scoliciosporum chlorococcum*

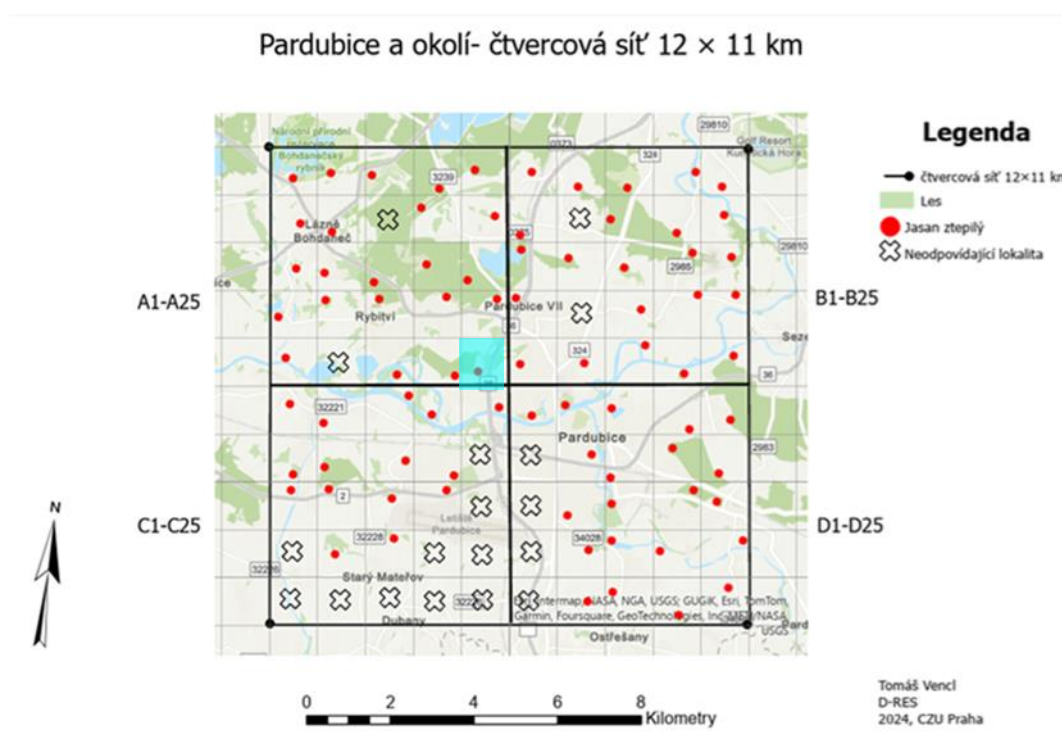
Terčník žlutý, který tvoří keříčkovité stélky s blastídiemi nebo sorediemi na okrajích rozvětvených stélkových úkrojků, se označuje jako terčník rovný. Narozdíl od podobného druhu terčníku mnohoplodého (*Xanthoria polycarpa*), tvoří plodnice pouze zřídka a převažujícím způsobem se rozmnožuje vegetativně. Tento druh je místně běžný v nitrofilních společenstvech na kůře kmenů a větvíček různých listnatých dřevin. Občas bývá nalezen i v nitrofilních společenstvech na skalách a kamenech.

Velice ojedinělý výskyt tohoto lišejníku, a to pouze v jednom čtverci. Nalezen byl v lesním biotopu na kraji lesa. Na kmeni osidloval pouze jižní světovou stranu.

Místa nálezů dle čtverce: A25.



Obr.č. 48: *Xanthoria candelaria* (Foto: J. Malíček, 2023)



Obr. č. 49: Místa nálezů *Xanthoria candelaria*

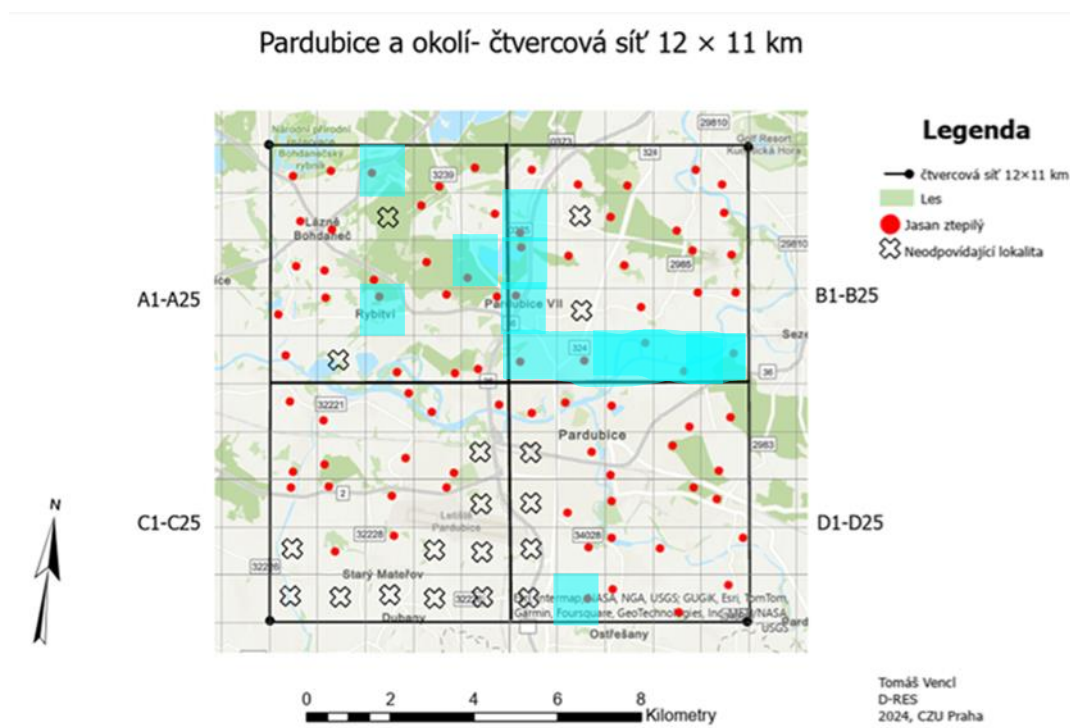


Výrazným žlutým terčníkem, který tvoří radiální lupenité stélky s hojnými plodnicemi, je nyní jeden z nejhojnějších lišejníků v České republice. Jeho výskyt je zaznamenán na různorodých substrátech, avšak nejčastěji se vyskytuje na kmenech a větvích listnatých stromů v prostředích s hojnými nitrofilními lišejníky. Je preferován na světlých stanovištích od nížin až po hory. Často vytváří dominantní složku lišejníkových společenstev v zemědělské krajině, podél silnic a na dalších prašných plochách. Poměrně hojně se vyskytující druh lišejníku. Velice často ve dvojici s druhem *physcia adscendens*. Obsadil veškeré biotopy a střed města, kde byl velice často nalezen u silnic a cest. Světové strany kmene pokrýl všechny, nejvíce východní a západní světovou stranu.

Místa nálezu dle jednotlivých čtverců: A3,15,18; B6,11,16,21,22,23,24,25; D22.



Obr.č. 50: *Xanthoria parietina* (Foto: vlastní, 2023)



Obr. č. 51: Místa nálezu *Xanthoria parietina*

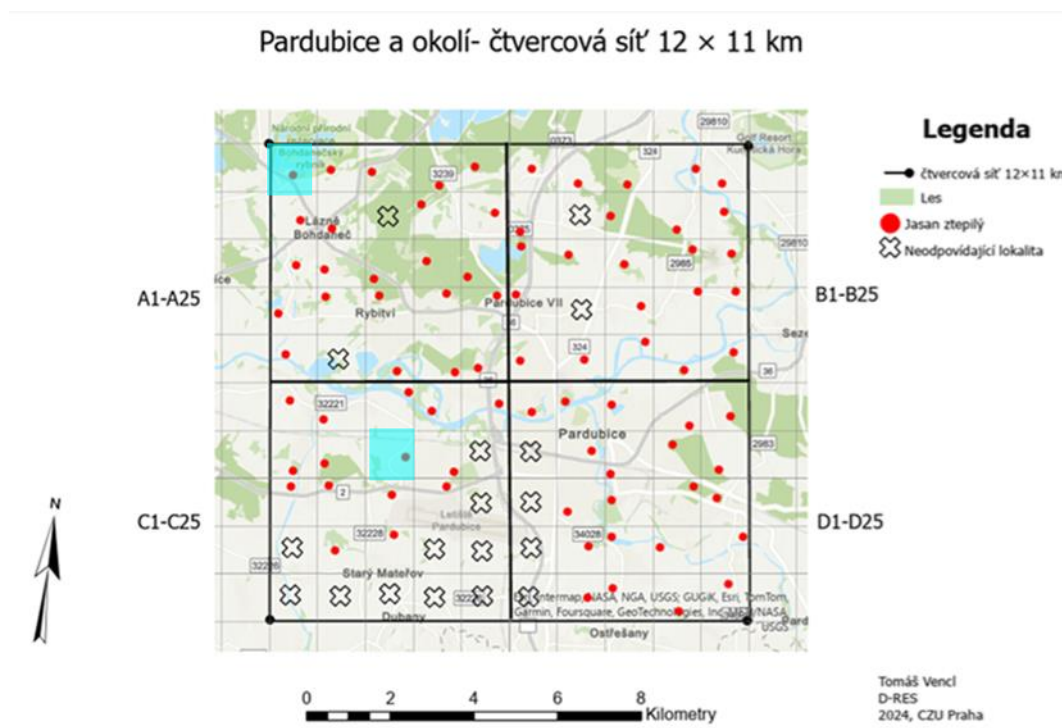
Malý žlutý terčník, jehož stélka bývá hustě poseta plodnicemi. Na rozdíl od podobného terčníku lesklého (*Xanthoria candelaria*) nenacházíme vegetativní diaspóry. Oblíbeným stanovištěm jsou kůry listnatých stromů, především tenké větvičky. Tento druh vyžaduje osvětlená a živiny bohatá společenstva. Je charakteristickým zástupcem nitrofilních lišejníků a běžným druhem v zemědělské krajině.

Výskyt tohoto druhu lišejníku ve studované oblasti je velice nízký. Převážně se jedná o lesní biotopy, poblíž polí a zemědělských oblastí. Kmen pokrýl pouze ze severní a východní světové strany.

Místa nálezů dle jednotlivých čtverců: A1; C8.



Obr.č. 52: *Xanthoria polycarpa* (Foto: F. Bouda, 2019)

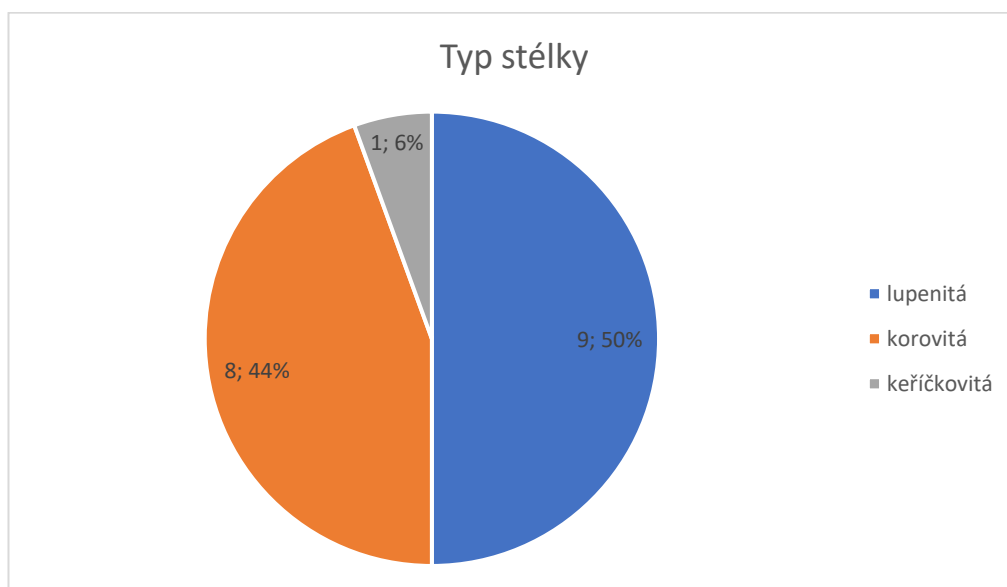


Obr. č. 53: Místa nálezů *Xanthoria polycarpa*

## 5.4 Ekologická povaha nalezených druhů

Z celkového počtu nalezených vzorků epifytických lišejníků, jsem dle tab. č.5, rozdělil do tří základních skupin lišejníků, dle typu jejich stélky. Výsledný graf tak vypovídá poměrně lehko předpověditelné rozdělení, s ohledem na lokality jejich sběru. Vesměs se jednalo o urbanistické prostředí, s řadou industriálních zón, které výrazně ovlivňují nejen výslednou diverzitu druhů, ale také typ stélky.

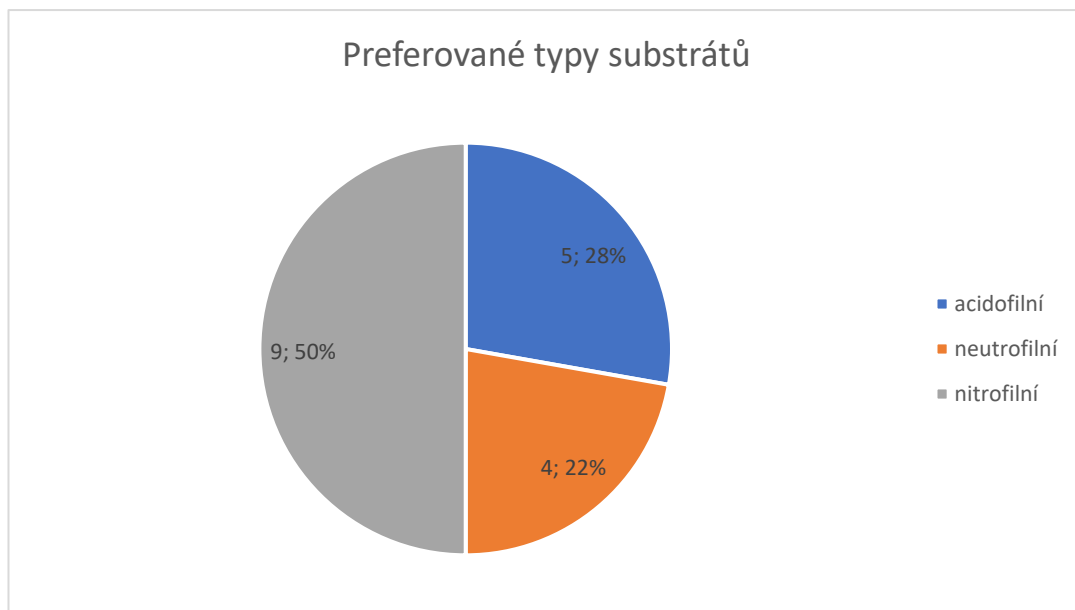
Na grafu níže můžeme vidět, že 50 % druhů mělo lupenitou stélku a 44 % korovitou, což s ohledem na jejich ekologickou valenci a odolnost, vůči horší kvalitě ovzduší, odpovídá výslednému procentuálnímu rozdělení. Pravdou stále zůstává, že lupenité nitrofilní druhy měly větší diverzitu u silnic a prašnost jim nedělala takový problém, na rozdíl od zbylých typů stélek. Ostatně i korovitým lišejníkům nedělá problém horší stav ovzduší, ale u silnic byly nalezeny minimálně. Spíše se jednalo o lesní a polní stanoviště. Přesněji se jednalo o druhy. Jenž se nacházeli na ekotonu mezi polem a lesem. U keříčkovité stélky je výskyt minimální, na obr.č. 54 můžeme vidět, že byl nalezen pouze jeden druh, což odpovídá 6 %, z celkově nalezených druhů. Nalezištěm byla NPR Bohdanečský rybník, kde se jednalo o lokalitu s vyšší kvalitou ovzduší a prostředí, což mělo příznivý dopad na diverzitu těchto druhů, jenž jsou náchylnější na kvalitu ovzduší. Lupenitý typ stélky měly tyto druhy epifytických lišejníků: *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *P. tenella*, *Xanthoria parietina*. *X. polycarpa*. Mezi korovité řadíme následující druhy: *Amandinea punctata*, *Bacidia rubella*, *Chaenotheca ferruginea*, *Lecanora expalens*, *Lepraria incana*, *Fuscidea pussila*, *Scoliciosporum chlorococcum*. Nakonec poslední druh s keříčkovitým typem stélky: *Xanthoria candelaria*.



Obr.č. 54: Graf: Zastoupení jednotlivých typů stélek nalezených druhů

Na následujícím grafu můžeme vidět grafické rozdělení, dle preferovaného typu substrátu. Jelikož byly lišejníky sbírány pouze na stromu druhu Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jedná se o dřevinu s méně kyselou, subneutrální borkou o pH 5,5, pro zástupce acidofilních skupin lišejníků to znamená velice příznivý substrát pro růst (Barkman., 1958) viz kapitola č. 2.

Jak můžeme vidět na obr. č. 55, tak 50 % zastoupení s 9 druhy, mají nitrofilní druhy lišejníků. Mezi tyto druhy řadíme následující: *Candelariella efflorescens*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *P. tenella*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *X. polycarpa*. Toto výsledné zastoupení není překvapivé, jelikož velká řada druhů byly nalezeny u silnic a v urbanistickém prostředí, s vyšším obsahem polutantu oxidu dusíku NO<sub>x</sub>, jenž je převážně způsoben koncentrovanější dopravou. V závěsu jsou druhy, které preferují acidofilní typ substrátu, pro něž je borka *Fraxinus excelsior* velice příznivá, což odpovídá i konečnému procentuálnímu zastoupení 28 % s 5 druhy. K této skupině řadíme následující nalezené druhy: *Bacidia rubella*, *Hypogymnia physodes*, *Chaenotheca ferruginea*, *Lepraria incana*, *Fuscidea pussila*. Pro diverzitu neutrofilních druhů je borka stromu *Fraxinus excelsior*, také poměrně kladná, jejichž procentuální zastoupení se rovná 22 % s 4 druhy. Do této odnože řadíme následující druhy: *Amandinea punctata*, *Lecanora expalens*, *Parmelia sulcata*, *Scoliciosporum chlorococcum*.



Obr.č. 55: Graf: Zastoupení jednotlivých preferencí typů substrátů u nalezných druhů epifytických lišejníků

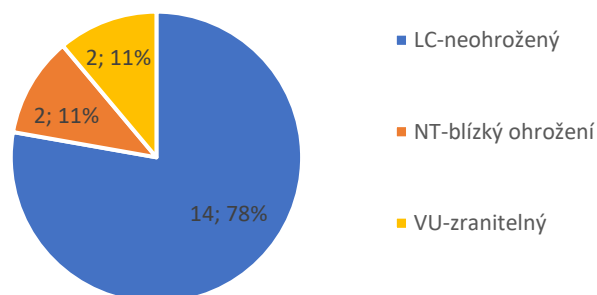
Na grafu níže můžeme vidět grafické znázornění zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků, dle jejich stupně ohrožení. Grafy byly zpracovány dle červeného seznamu (Malíček et.al, 2023), řada druhů z novější verze nebyla přesně označena, ale druhy, které nejsou označené, tak jsou běžně se vyskytující. Čerpal jsem také z té staší (Liška & Palice,2010), jelikož u některých druhů nebyla zcela obnovena data nebo spíše všechny spadají pod kategorii bez označení, tudíž běžně se vyskytující druhy.

Největšího percentálního zastoupení dosáhly druhy s označení LC – neohrožený, jenž se rovná 78 % s 14 druhy, jedná se o druhy následující: *Amandinea punctata*, *Hypogymnia physodes*, *Chaenotheca ferruginea*, *Lecanora expalens*, *Lepraria incana*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*, *Fuscidea pussila*, *Scoliosporum chlorococcum*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*. Opět můžeme sledovat velké ovlivnění prostředím, které je převážně urbanistického charakteru. Na několika lokalitách byly nalezeny druhy se stupněm ohrožení NT – blízký ohrožení, jenž tvoří 11 % s 2, z celkového počtu nalezených druhů, do kterých spadají následující zástupci: *Candelariella efflorescens*, *Xanthoria polycarpa*. Skupina se stupněm ohrožení VU – zranitelný, které má stejné zastoupení jako skupina předešlá, tudíž 11 % s 2 druhy, a to *Bacidia rubella* a *Physcia stellaris*. Poslední v řadě je skupina se stupněm ohrožení.

Na grafech níže můžeme vidět porovnání dvou verzí červeného seznamu z let 2010 a 2023. Přinesli různé obměny. U červeného seznamu z roku 2010 máme kategorie:

- EX: vyhynulý taxon (Extinct)
- EW: taxon vyhynulý v přírodě (Extinct in the Wild)
- CR: kriticky ohrožený taxon (Critically Endangered)
- EN: ohrožený taxon (Endangered)
- VU: zranitelný taxon (Vulnerable)
- NT: téměř ohrožený taxon (Near Threatened)
- LC: málo dotčený taxon (Least Concern)
- DD: o taxonu chybí údaje (Data Deficient)
- NE: nevyhodnocený taxon (Not Evaluated)

### Stupeň ohrožení dle červeného seznamu z roku 2010

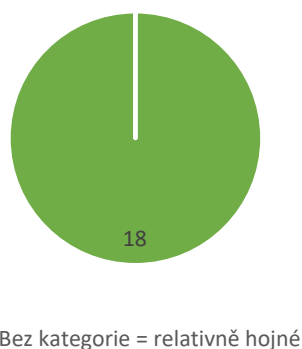


Obr.č.56: Graf: Zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků dle stupně ohrožení

U aktualizovaného seznamu došlo k menší obměně u kategorií. Druhy, jenž byly nalezené při sběru, tak dle tohoto červeného seznamu spadají do kategorie bez označení, tudíž relativně se vyskytující druhy. Kategorie u tohoto seznamu jsou následující:

- A = druh bez recentních údajů.
- C1 = kriticky ohrožený druh.
- C2 = silně ohrožený druh.
- C3 = ohrožený druh.
- DD = nedostatek údajů.
- NE = nehodnoceno.
- Bez kategorie zůstávají druhy (relativně) hojně.

### Stupeň ohrožení dle červeného seznamu z roku 2023



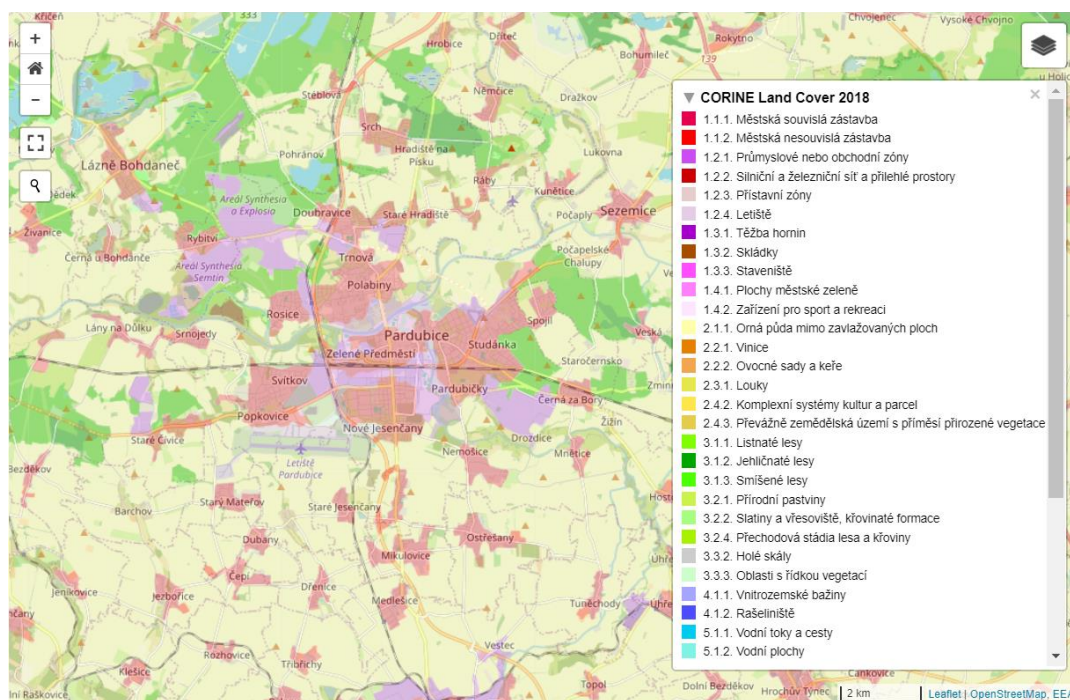
Obr.č.57: Graf: Zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků dle stupně ohrožení



## 5.5 Vliv faktorů prostředí na druhovou skladbu

Na mapě níže jsou vyobrazeny složky, jež pokrývají povrch studované oblasti. Každá část má svá specifika a určitým způsobem ovlivňují druhovou diverzitu epifytických lišejníků. Nejvyšší hodnoty LDV se dočkaly lokality s lesními a lučními biotopy. Pozadu nebyla ale ani urbanizovaná část studovaného území, tudíž běžná městská zástavba, městské parky a nivy řeky Labe a Chrudimky. U těchto lokalit byly velice běžné nitrofilní druhy, jelikož šlo o oblasti s vyšší koncentrací  $\text{NO}_x$  a acidofilní. Úzce s tím také souvisí typ stélky, jelikož i přes stále narůstající biodiverzitu lišejníků a vyšší adaptaci na prostředí, tak stále převládají lupenité a korovité stélky, jak již bylo ukázáno v jednotlivých grafech. Kdežto keříčkovité stélky tvořily naprosté minimum při biomonitoringu všech lokalit, jelikož tento typ stélky je nejcitlivější na kvalitu prostředí a ovzduší.

Nutno říci, že epifytické lišejníky jsou čím dál tím více rezistentnější na proměnlivé klima, úhrn srážek a urbanistické oblasti. S rozvíjejícím se trendem zelených střech a ambiciózním přístupem ke zlepšení klimatu v městských částech. Můžeme si toho také povšimnout na mapě níže, kde zastoupení městské zeleně se postupně rozšiřuje. Predikce vývoje biodiverzity epifytických lišejníků je z dnešního pohledu poměrně složité, tudíž doufejme, že zelená města nejsou utopií, jelikož suburbia na okraji měst vytváří veliký nátlak na kvalitu půdního fondu, a s tím spojené zastavování protipovodňových ploch.



Obr.č. 58: Jednotlivé podkladové vrstvy prostředí (Cenia.cz, 2024)

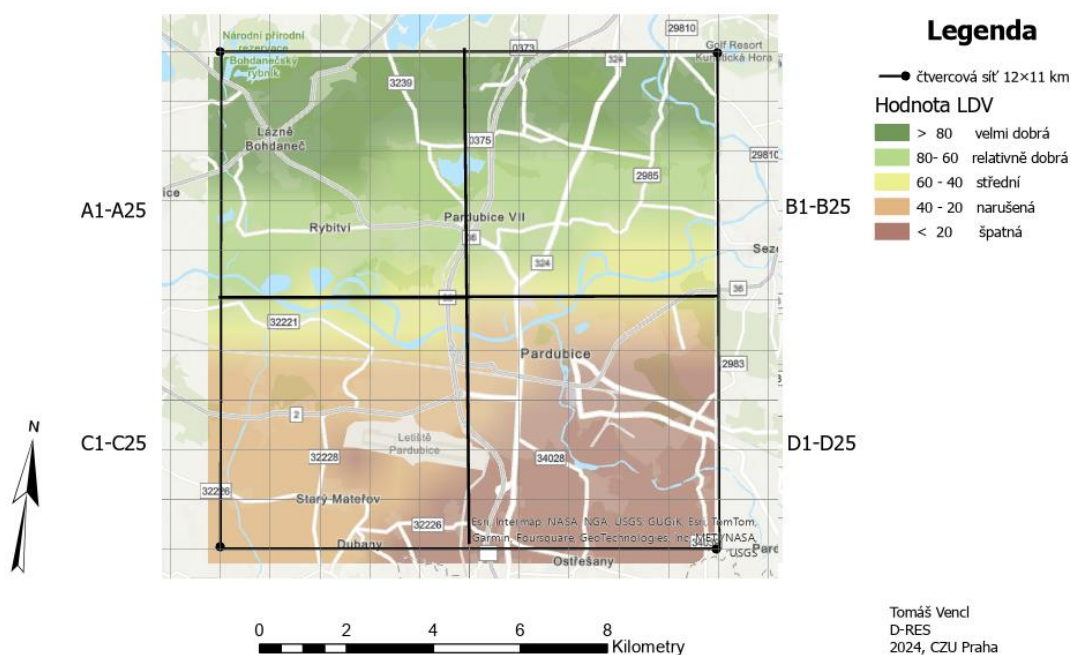
## 5.6 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGis Pro

Výsledné hodnoty LDV, byly zpracovány v programu ArcGis Pro, kde se postupně vykreslily pomocí rastru (obr. 49), dle příslušné škály, která určuje kvalitu prostředí (viz tab.1). Při vytváření podkladů, byla využita funkce IDW (Inverse Distance Weighting), neboli metoda vážené inverzní vzdálenosti. Tato metoda má za úkol interpolovat jednotlivé hodnoty bodů, jenž jsou v původním vektorovém formátu, do povrchu ve formátu rastru. Hlavní myšlenkou této techniky je, že každý z bodů má vliv na své bezprostřední okolí. Body, které vstupují do měření jsou váženy vzdáleností bodu od ostatních, tudíž váha klesá s danou vzdáleností od bodu.

Stupnice zjištěné lišejníkové rozmanitosti se pohybuje v rozmezí (0–120), kde maximální naměřená hodnota je 75, jenž se nachází v severní části studovaného území, kde je široké zastoupení lesních biotopů. Průměrná naměřená hodnota se pohybovala okolo čísla 42 a nejnižší hodnota se rovnala číslu 2, na této lokalitě šlo o řadu nevhodných území či zemědělských biotopů s větší rozestupem nalezených epifytů. Poblíž se nachází také rychlostní silnice a průmyslové zóny, rozkládající se na jihovýchodní straně studovaného území. Jediná výjimka a nárůst diverzity, byl při nivě řeky Chrudimky na periférii města.

Biodiverzita epifytických lišejníků odráží kvalitu prostředí ve studovaném území. Barevná škála, kterou vidíme na mapě níže, tak přehledně reprezentuje obrovský posun, ve zlepšování technologií a přírodě blízkého managementu ve vztahu k životnímu prostředí, a to jak na lokální, tak republikové úrovni. Z měření ale také vyplývá, že řada druhů epifytických lišejníků se velice dobře adaptuje na urbanistické prostředí, především pak nitrofilní druhy.

Výsledné hodnoty metody LDV



Mapa č. 2: Výsledné hodnoty LDV (zdroj: vlastní, ArcGis Pro, 2024)

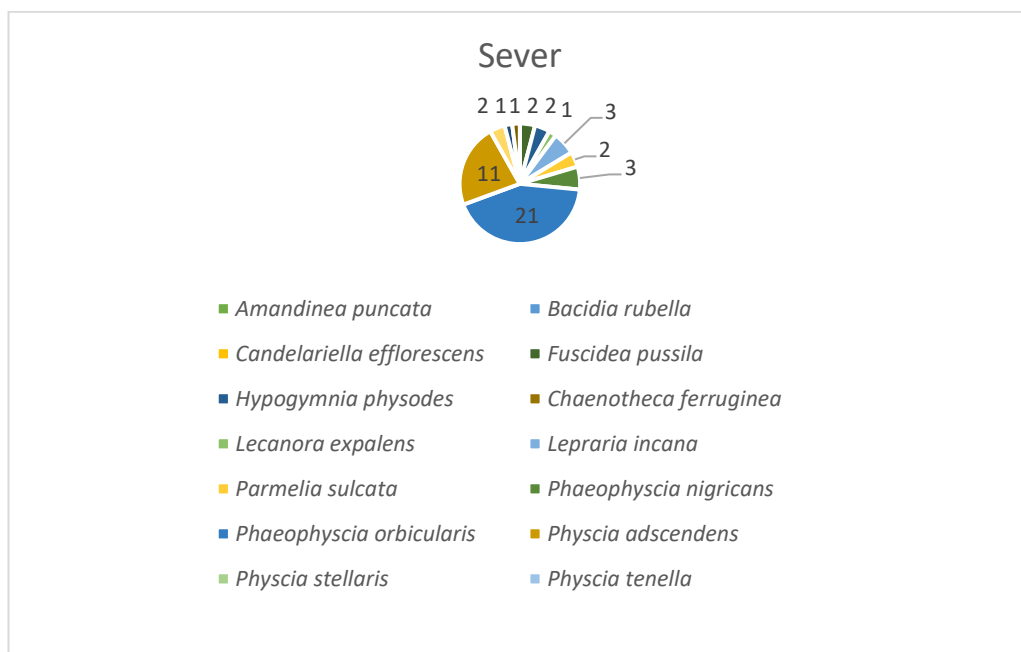


### 5.6.1 Vliv světových stran na diverzitu lišejníků

Světové strany hrají velikou roli pro lišejníky při kolonizaci kmene. Níže je porovnání jednotlivých světových stran a zastoupení jednotlivých druhů na každé z nich. Nejvíce obsazenou světovou stranou je strana východní. U ostatních světových stran již není rozdíl tak signifikantní. Nejvyšších hodnot LDV pak byla severovýchodní část studované oblasti.

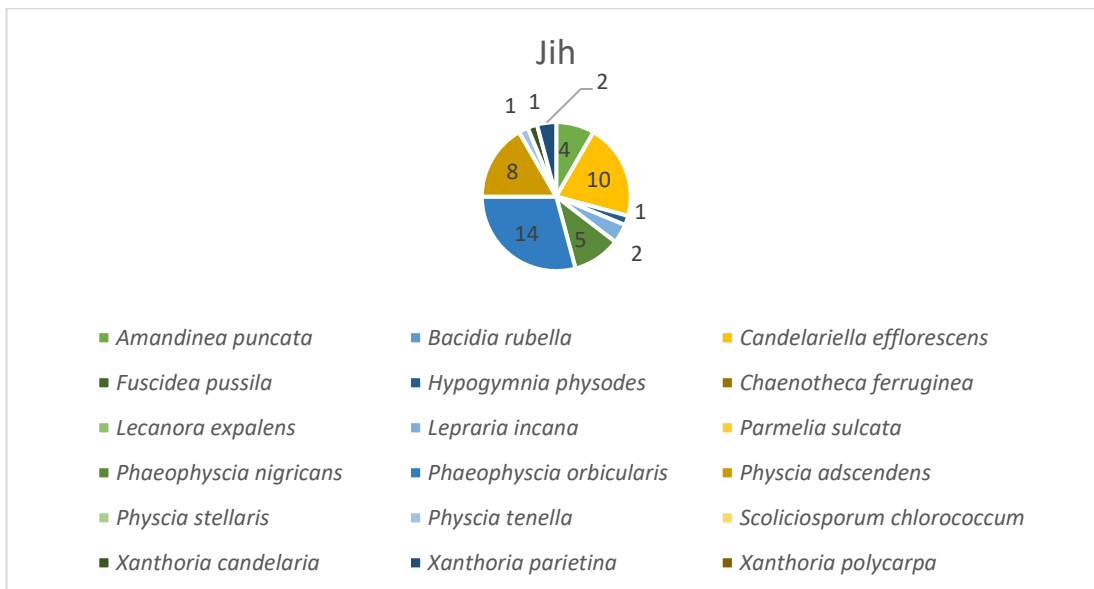
Na následujících grafech můžeme vidět zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků na světových stranách. Hodnoty, které vypovídají pokrytí světových stran, tak slouží pro výpočet výsledné hodnoty LDV (viz kapitola 4.4). Na každé světové straně je diverzita rozdílná, každý druh potřebuje jinou dávku slunečního svitu a zástínu.

U obr.č.59 můžeme vidět počty nalezených epifytických lišejníků a jejich zastoupení na severní straně kmene jasanu ztepilého. Nejvíce tak severní strana kmene vyhovovala druhům *Phaeophyscia orbicularis* a *Physcia adscendens*.



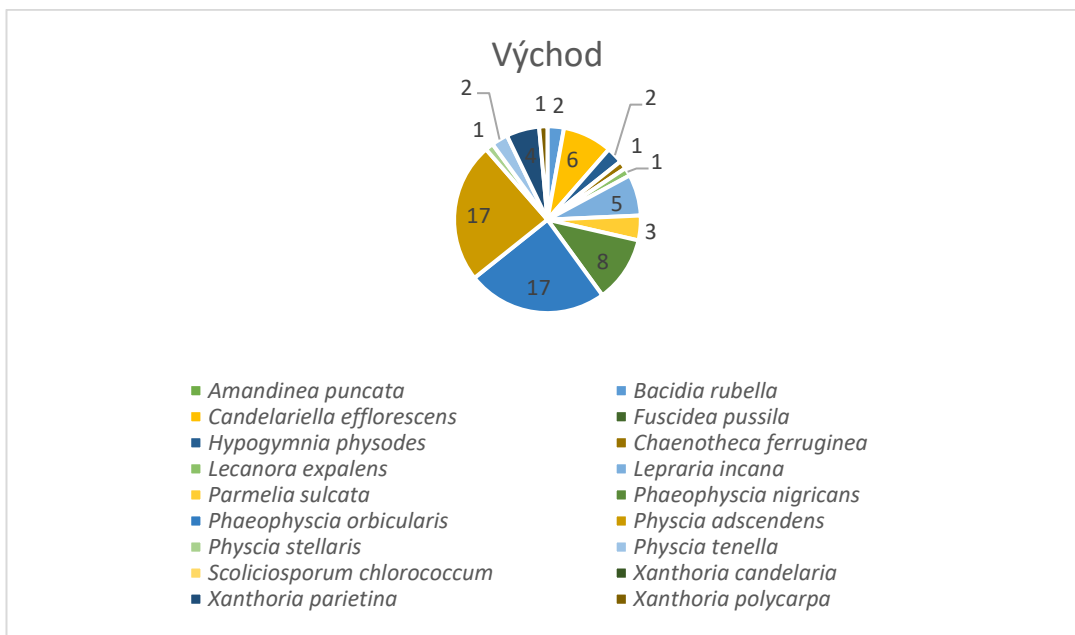
Obr.č. 59: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na severní světové straně

Na jižní světové straně máme nejmenší pokryvnost lišejníků. Opět se jedná o velice oblíbenou stranu nitrofilních druhů, tentokrát se přidává také *Candelariella efflorescens*, která zaznamenává na této straně nejvyšší diverzitu, o něco menší má na západní straně. Jinak opět zde kralují *Phaeophyscia orbicularis* a *Physcia adscendens*.



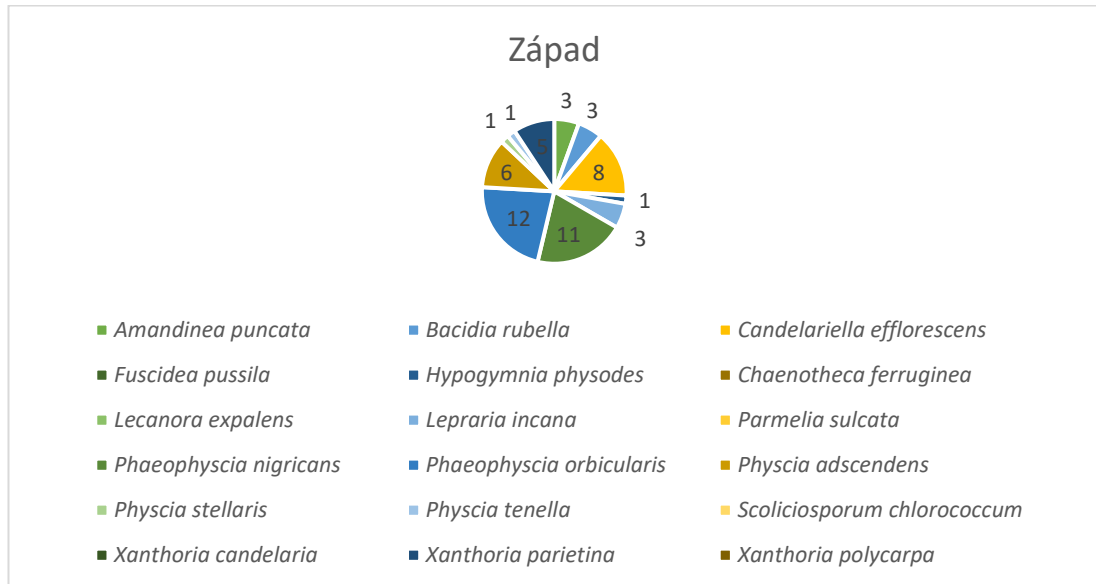
Obr.č. 60: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na jižní světové straně

Východní světová strana je, jak již bylo zmíněno, nejpočetněji kolonizovanou stranou kmene. Tuto stranu obývají opět velice často nitrofilní druhy, k předchozím třem se přidal také velice hojný druh ve studovaném území, a to *Phaeophyscia nigricans*.



Obr.č. 61: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na východní světové straně

Poslední světovou stranou je strana západní, která je druhou nejvíce osídlenou stranou kmene. I přes dominantní nitrofilní druhy se zde vyskytují poměrně hojně druhy korovitě. Jedná se především o druhy *Fuscidea pussila* a *Amandinea punctata*.



Obr.č. 62: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na západní světové straně

Nutno však říci, že jednotlivé světové strany byly poměrně vyrovnaně osídlovány, a to i přes nepřízeň okolního prostředí, které nejednou zamávalo s biodiverzitou lišejníků. Velikou roli hrálo také roční období, jelikož při sběr jsem měl možnost pozorovat proměnlivé rozšíření a osídlování kmene jasanu a jeho jednotlivých světových stran. Bylo by velice zajímavé porovnat každé roční období zvlášť, ale to možná až při dalším výzkumu.

## 6. Diskuse

Studované území prožilo za pozorované období od počátku 90. let po současnost, rozsáhlé změny, jak v managementu ochrany životního prostředí, tak s mírným nárůstem kvality prostředí jako takového. Od plošného odsíření, změnu vozového parku a přechodu na „zelenější“ alternativy paliv, po zodpovědnější chování občanů a rozsáhlejší osvěty, jež vychovává budoucí ekologicky smýšlející občany.

Výsledky měřících stanic, jež poskytli potřebná data o polutantech, které svojí přítomností v ovzduší, mají rozsáhlý vliv na biodiverzitu epifytických lišejníků. Sledované v tomto výzkumu byly polutanty  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  a  $\text{PM}_x$ . Výsledné grafy tak zachycují jejich postupný vývoj a zastoupení v ovzduší. Sledovaný časový úsek byl od roku 1990 do roku 2022. Data z roku 2023 nejsou do této doby k dispozici na webových stránkách ČHMÚ. Začátek měření je do jisté míry účelově nastaven na počátek 90. let, jelikož v tomto období docházelo k celoplošnému odsířování na celém území ČR. Pro výstupy tohoto výzkumu je toto období velice důležité, jelikož poukazuje na fakt, že tento proces byl úspěšný a došlo ke zlepšení kvality životního prostředí.

U polutantu  $\text{NO}_x$  docházelo k různým výkyvům jeho koncentrace v ovzduší, které mělo na svědomí vícero faktorů. Ať už se jednalo o obměnu vozového parku či stále nedořešené dopravní komplikace, které do dnes nejsou ideální, jelikož docházelo k výstavbě obchvatů, které měli ulehčit centru města od neustálých dopravních kolon. Do jisté míry to pozitivně ovlivnilo koncentraci  $\text{NO}_x$  v ovzduší, ale jedná se o pouhé spekulace, jelikož není dodnes validní podklad, který by o těchto jevech v daném období, ať už je to obrovský pokles koncentrace v roce 2001 nebo naopak skokový nárůst v roce 2006. Po konzultaci s pracovníky ČHMÚ, kteří obsluhují měřící stanice, jsem se bohužel nedočkal jednoznačné odpovědi. Jediným pojednáním bylo ze zdroje (Autorevue, 2005), kde byla popsána obměna vozového parku a její vliv na koncentrace  $\text{NO}_x$  v ovzduší, je tak nejvíce validním argumentem pro snížení koncentrace v roce 2001.

Prachové částice  $PM_x$  mají až na pár výkyvů poměrně stabilní koncentraci a až na ojedinělé faktory, které koncentraci navýšili, tak v současné době je blízko normy. Větší změny v koncentraci se udály v roce 2004, kdy došlo ke snížení, a naopak v roce 2006 ke skokovému navýšení koncentrace, od té doby se křivka koncentrace snižovala a ustálila. Opět je tu prostor pro spekulace, jelikož ke snížení mohlo dojít z důvodu vyšších srážek, ale bohužel nejsou dostatečně validní zdroje, které by toto tvrzení a možnou korelaci potvrdil. Kdyžto v období navýšení se jednalo o písečnou bouři ze Saharské bouře a východní větry z Ukrajiny (ČHMÚ, 2008). Do hry vstupuje také faktor, že v řádu hodin chybí data z měření, ale koncentrace se natolik navýšila, že tento faktor je prakticky neznatelný. U prachových částic  $PM_x$  jsou nejvíce znatelné právě částice velikosti  $PM_{10}$ , proto se tento výzkum zaměřoval nejvíce na ně.

Výsledky biomonitoringu jsou jenom důkazem kvalitnějšího životního prostředí. I přes nepřízeň rozsáhlejší druhové diverzity, tak tento výzkum postavil základní kámen pro budoucí výzkumy v této oblasti. Co se týče nepříznivých oblastí při sběru, tak převážně se jednalo o lokality, kde se žádný zástupce druhu jasan ztepilý nevyskytoval nebo daný strom neměl potřebné proporce pro zařazení do výzkumu. Oblast pardubického letiště byla obzvláště problematická, jelikož na okraji se nacházel poměrně zajímavý lesní biotop, kde bylo několik zástupců jasanu, ale pouze po chvíli průzkumu oblasti jsem byl vyveden z oblasti, tudíž jsem možných pár sběrů navíc musel vynechat. Krom této lokality byl zbytek výzkumu bez problému a vše jsem měl přístup.

V mnoha případech nebylo zcela možné dodržet metodiku LDV pro odběr epifytických lišejníků, jelikož to dané podmínky nedovolovaly. Tak či onak, výsledky metodiky LDV přinesly zajímavé poznatky o rozšíření druhů a jejich preference na jednotlivé světové strany. Velikým překvapením pro mě bylo poměrně rozsáhlé rozšíření v městských částech a obecně vcelku nehostinných lokalitách studované oblasti. Ekologická nika epifytických lišejníků se neustále rozšiřuje a jejich adaptace na nepříznivé prostředí či klimatické změny, je čím dál tím rozsáhlejší.

Skladba prostředí hraje obrovskou roli pro rozšíření lišejníků a na výsledné čtvercové mapě lze vidět, že oblasti s ornou půdou, kde se predikované zastoupení jasanů vyplnilo a bohužel nepřinesli větší druhovou bohatost.

Je třeba poznamenat, že samotná u metody LDV, není zcela možné postihnout veškerou možnou lichenofloru. Důvodů proč tomu tak je, je hned několik. Biomonitoring probíhal výhradně u druhů stromu jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), jenž svým pH borky ovlivňuje do jisté míry preference lišejníků. Už při měření diverzity mřížkou (obr.č. 12,13), jenž probíhá ve 100 cm výšky kmene od země, což značně selektuje možnou paletu druhů, jelikož každý druh více kolonizuje rozdílné partie kmene stromu.

Užití metody mapových čtverců při mapovací studii nebylo náhodné. Pro validní výzkum a možné budoucí užití se vycházelo ze standartní sítě pro mapování střeoevropské fauny a flóry, dle Vrba (2020). Při biomonitoringu nedošlo k situaci, kde by se daný studovaný strom nacházel přesně na hranici svého čtverce, tudíž při tvorbě mapy nezešli větší nepříjemnosti. Podrobné a ucelené zápisy z biomonitoringu jsou součástí příloh. Veškeré mapové podklady vlastní tvorby jsou z programu ArcGis Pro, jenž přináší velice příjemné uživatelské prostředí, které přináší možnosti tvorby grafů přímo z mapovací studie, což je dle mého názoru velice prospěšné a ušetří to spoustu práce a v kombinaci s Microsoft Excel tvoří ideální duo při zpracování dat z výzkumu. V záloze byl také program Rstudio, jenž jsem pro možnost tvorby grafických podkladů v programu ArcGis Pro vynechal. Už i pro ucelenou vizualizaci dat, které je možné dosáhnout i programem Microsoft Excel.

## 7. Závěr

Hlavními cíli této diplomové práce bylo zjistit biodiverzitu epifytických lišejníků rostoucích na stromech druhu jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), ve vybraném území města Pardubic a okolí. Analyzovat a statisticky zpracovat data získaná z výzkumu v zájmovém území a zjistit, jaký vliv má současná kvalita prostředí na diverzitu lišejníků ve vybraném území.

Pro biomonitoring byla vytvořena mapa o 100 čtvercích, o rozloze 12 × 11 km, kde každý čtverec měřil 1 km<sup>2</sup>. Celkově bylo zaměřeno 82 stromů druhu jasan ztepilý a 12 neodpovídajících lokalit. Výsledná biodiverzita epifytických lišejníků rostoucích na borce stromu jasanu ztepilý byla zpracována bioindikační metodou LDV (Lichen Diversity Value). Dle Asta et al., (2016), byla metoda vypočtena, z počtu nasbíraných lišejníků, ze všech světových stran. Výsledek biomonitoringu je poměrně příznivý a z této studie vyplývá, že kvalita prostředí se pohybuje lehce nad střední hodnotou. U kolonizace jednotlivých světových stran, dopadla nejlépe východní strana kmene. U ostatních světových stran, již není rozdíl tak signifikantní. Nejvyšších hodnot LDV pak byla severovýchodní část studované oblasti, kde jsou nejvíce zastoupeny lužní lesy. V této oblasti bylo také nalezeno nejvíce druhů. Naopak nejnižší hodnota LDV byla naměřena na jihovýchodní straně studované oblasti, kde se nacházejí průmyslové zóny a pole.

Z výzkumu také vyplývá, že polovina nalezených lišejníků preferuje nitrofilní podklad a díky urbanizované oblasti s vyšší koncentrací NO<sub>x</sub> se není čemu divit, že jsou tyto druhy tak hojné. Při determinaci lišejníků bylo zjištěno, že většinu nálezů tvořily lišejníky s lupenitou a korovitou stélkou, pouze jeden měl keříčkovitou stélku, jenž je velice citlivá na kvalitu prostředí. Na území se vyskytují neohrožené a přirozeně se vyskytující druhy lišejníků. Celkově bylo nasbíráno 220 vzorků lišejníku a určeno 18 druhů.

Data získaná z výzkumu byla analyzována a statisticky zpracována. U vybraných polutantů  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  a  $\text{PM}_x$ , se ve sledovaném období, v letech 1990–2022, postupně jejich koncentrace v ovzduší snižovala. Až na pár výkyvů, jenž byly okomentovány v diskusi, tak koncentrace je několik let stálá.

Co se týče nejrozsáhlejších zdrojů vybraných polutantů, tak u  $\text{SO}_2$  jsou to nejvíce průmyslové zóny, u  $\text{NO}_x$  se jedná o automobilovou dopravu a u  $\text{PM}_x$  jsou to nejčastěji pole, jenž se rozkládají nejvíce na jižní straně studované oblasti, podrobněji jsou zdroje popsány v kapitole 6. Diskuse. Statistika byla třeba při zpracování dat z terénního sběru a pro porovnání a vyznačení výsledných hodnot. Současná kvalita prostředí na Pardubicku, má poměrně příznivý vliv na biodiverzitu epifytických lišejníků.



## 8. Seznam použité literatury

### 8.1 Odborné publikace

Anděl P. (2011): kotoxikologie, 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.

Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P. L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Van Haluwyn C. Wirth V. (2016): *European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress*. The British Lichen Society, London.

Barkman J. J. (1958): *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Van Gorcum and Co., Assen.

Bates J. W. (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(14): 25–68.

BRODO I. M. (2001): *Lichens of North America*. – Yale University Press, New Haven & London. 795 pp.

Cílek V. *Archeologické rozhledy*. In: Šarič R., Štěpánek P. (1999) *České megality*. Průvodce. 51, č. 2 s. 425. ISBN:80-238-3303-0.

Conti, M.E. , Cecchetti, G. (2001). *Biological Monitoring: Lichens as Bioindicators of Air Pollution Assessment—A Review*. *Environmental Pollution*, 114, 471–492.

Coppins, B. J., (1984). Epiphytes of birch. The Royal Society of Edinburgh, Proceedings, Section B (Biological Sciences), Volume 85 (Parts 1/2): 115–128.

Divakar, P., Crespo A., Kraichak E., Leavitt S., Singh, Schmitt G., I., Lumbsch T. (2017). Using a temporal phylogenetic method to harmonize family – and genus-level classification in the largest clade of lichen-forming fungi. *Fungal Diversity*. 84. 10. 1007/s13225-017–0379-z.

Frahm. 2009. A preliminary study of the infraspecific taxa of *Hypnum cupressiforme* in Europe. *Archive for Bryology*. 40: 1–10.

Fuga A., Saiki M., Marcelli MP., Saldiva PH. (2008): Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. - *Environmental pollution* 151: 334–340.

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.

Gries C, Sanz M–J, Romagni J. G., et al. (1997). The uptake of gaseous sulphurdioxide by non-gelatinous lichens. *New Phytologist* 135: 595–602.

HAWKSWORTH, D., ROSE, F. Qualitative Scale for estimating Sulphur Dioxide Air Pollution in England and Wales using Epiphytic Lichens. *Nature* 227: 145–148 (1970).

Honegger, R., Edwards, D., Axe, L. (2013). The earliest records of internally stratified cyanobacterial and algal lichens from the Lower Devonian of the Welsh Borderland. *N. Phytol.* 197, 264–275. doi: 10.1111/nph.12009.

Horák J. (2016): Organismy vázané na mrtvé dřevo IV. Houby a další skupiny. – Lesnická práce 4: 38–39.

Jeran Z., Mrak T., Jačimović R., Simončič P. (2007): Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. *Environmental pollution* 146: 324–331.

Kocourková J. (2007): Bioindikace prostředí lišejníky – Sborník odborného semináře. Monitoring stavu životního prostředí v lomových prostorech, Brno, pp. 51–55.

Kocourková J. (2017): Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků. Ms. [depon in: ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra ekologie.]

Kocourková J., (2021). Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků. ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra ekologie, 2021.

Kubát K., Kalina T., Kováč J., Kubátová D., Prach K., Urban Z. (2003): Botanika. Scientia, Praha. 232 s.

Liška J. (1996): Rozšíření vybraných epifytických lišejníků v České republice ve vztahu ke kvalitě ovzduší a dalším faktorům. – *Příroda*, Praha 5: 7–21.

Liška J. (2012): Pohled na lichenofloru České republiky. – *Živa* 4: 162–165.

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

Loppi S, Bonini I. Lichens and mosses as biomonitors of trace elements in areas with thermal springs and fumarole activity (Mt. Amiata, central Italy). *Chemosphere*. 2000;41(9):1333-1336. doi:10.1016/s0045-6535(00)00026-6.

Nash III T. H. [ed.] (2008): *Lichen Biology (Second Edition)*. – Cambridge University, Cambridge.

Nimis P. L., Scheidegger C. & Wolseley P. A. [eds] (2002): *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. – Kluwer Academic, Dordrecht.

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

Orange A., James P. W. & White F. J. (2010): *Microchemical methods for the identification of lichens*. 2nd ed. – The British Lichen Society, London.

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.

Seed, K. D., D. W. Lazinski, S. B. Calderwood, A. Camilli. 2013. “A bacteriophage encodes its own CRISPR/Cas adaptive response to evade host innate immunity.” *Nature* 494 (7438): 489–491. doi:10.1038/nature11927.

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

SKALICKÝ, V. (1988): Regionálně fytogeografické členění, s. 103-121. In: HEJNÝ, S.; SLAVÍK, B. (eds.) et al. *Květena České socialistické republiky* 1. Vydání 1. Praha: Academia. 557 s., 1 skl. mapa.

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.

Smith C. W, Aptroot A., Coppins B. J., Fletcher A., Gilbert O. L., James P. W. & Wolseley P. A. [eds] (2009): The Lichens of Great Britain and Ireland. – British Lichen Society, London.

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. (2002): Les lichens bioindicateurs: détection de la pollution atmosphérique sur le campus universitaire de Grenoble. Comparaison de trois méthodes de bioindication. 65 pp. Laboratoire des écosystèmes et changements environnementaux, Université Joseph Fourier, Grenoble. Rapport de stage ERASMUS.

VAN DOBBEN H. F. et DE BAKKER 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.

Vilsholm Larsen, R., Witzner Hansen, D., Alapetite, A., Holdgaard, N., Simonsen, C., (2009). Location-based solutions in the experience center. *Nordisk Museologi*, (1), 44-52.

Will – Wolf, S., Essen, P. A., Neitlich, P. (2002). Monitoring biodiversity and ecosystem fiction: 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.

VINCENT J. P. (1986) Evolution dans le temps et dans l'espace d'un écosystème urbain et de sa flore lichénique. *Peltigera canina* (L.) Willd. Face à la pollution de l'air. Thèse Doctorat, Université Toulouse. 412 pp.

Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013) Die Flechten Deutschlands, Band 1. & 2. Eugen Ulmer KG, Stuttgart. 1244 pp.

YAHR R. (2006): Geographic variation in algal partners of *Cladonia subtenuis* (Cladoniaceae) highlights the dynamic nature of a lichen symbiosis. - *New Phytologist* 171: 847-860.

## 8.2 Internetové zdroje

AOPK ČR (©2024): Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, mapy biotopů (online) [cit. 03.03. 2024], dostupné z <<https://www.nature.cz/>>.

Atlas českých lišejníků. Online. 2024. Dostupné z: <https://dalib.cz/>. [cit. 2024-03-05].  
*Atlas českých lišejníků*. Online. 2024. Dostupné z: <https://dalib.cz/>.

Autorevue (2005): Emisní limity ©2005 [cit. dne 03.10. 2024] Dostupné z: [http://www.autorevue.cz/emisni-limity-nekteri-jsou-si-rovnejsi\\_2](http://www.autorevue.cz/emisni-limity-nekteri-jsou-si-rovnejsi_2)

CENIA. Online. 2024. Dostupné z: <https://landcover.cenia.cz/narodni-vrstva-krajinneho-pokryvu/>. [cit. 2024-03-05].

ČHMÚ (2008), Český hydrometeorologický ústav: Galerie zajímavých družicových snímků [online]. ©2012 [cit. dne 03.03. 2024] - dostupné z: [http://old.chmi.cz/meteo/sat/galerie/gal\\_2007/gal\\_2007.html](http://old.chmi.cz/meteo/sat/galerie/gal_2007/gal_2007.html)

ČHMÚ (2012): Český hydrometeorologický ústav: Emisní bilance [online]. ©2012 [cit. dne 03.03. 2024] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/10embil/10embil.html>



Český statistický úřad. Online. 2020. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xe/lesnictvi-v-pardubickem-kraji-v-roce-2022>. [cit. 2024-03-05].

Červený seznam lišejníků ČR dle DaLiBora pro rok 2023. – <https://dalib.cz/data/redlist> [cit. 03.03. 2024].

Botanický ústav ČR. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.ibot.cas.cz/cs/>. [cit. 2024-03-05].

Davis, Robert C and Weisburd, David L. and Hamilton, Edwin John, Preventing Repeat Incidents of Family Violence: A Randomized Field Test of a Second Responder Program in Redlands, CA (August20,2007). Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2633003>

Geoportál ČÚZK. Online. 2010. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(pdbnjczsaidrfg2sdzhs2jjs\)\)/Default.aspx?head\\_tab=sekce-05-gp&mode=TextMeta&text=data\\_uvod&menu=50&news=yes](https://geoportal.cuzk.cz/(S(pdbnjczsaidrfg2sdzhs2jjs))/Default.aspx?head_tab=sekce-05-gp&mode=TextMeta&text=data_uvod&menu=50&news=yes). [cit. 2024-03-12].

IRZ. Online. 2015. Dostupné z: <https://www.irz.cz/aktuality/problematika-ohlasovani-poletaveho-prachu-pm10>. [cit. 2024-03-05].

Mapy.cz. Online. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4124000&y=50.0883000&z=11>. [cit. 2024-03-05].

VRBA, Vladimír. Biblioteka. Online. 2020. Dostupné z: [http://www.biblioteka.cz/pages/lokality/mapovapole\\_mapasitecr.aspx](http://www.biblioteka.cz/pages/lokality/mapovapole_mapasitecr.aspx). [cit. 2024-03-05].

## 9. Seznam obrázků

Obr.č.1: Graf: Navýšení emisí CO<sub>2</sub> a s tím spojený nárůst teploty ve světě (The World bank, 2024)

Obr.č. 2: Měřicí stanice – kvalita ovzduší (Zdroj: Mapy.cz, 2024)

Obr.č.3: Graf: Roční průměrné koncentrace SO<sub>2</sub> (chmi.cz, 2023)

Obr.č.4: Graf: Roční průměrné koncentrace NO<sub>x</sub> (chmi.cz, 2023)

Obr.č.5: Graf: Roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> (chmi.cz, 2023)

Obr. č.6: Mapový čtverec 5960, oblast Pardubicka a okolí (Vrba, 2020)

Obr. č.7: Geologická mapa zájmového území 1:500 000 (zdroj: Česká geologická služba; geologické-mapy, Bokr, 2024)

Obr. č. 8: Vyznačené biotopy ve vybraném území (zdroj: aopkcr.maps.arcgis.com, 2024)

Obr. č. 9: Vyznačené chráněné oblasti v zájmovém území (zdroj: aopkcr.maps.arcgis.com, 2024)

Obr. č. 10: Zápis z monitoringu v programu Microsoft excel

Obr. č. 11: Zápis z monitoringu a popis potřebných informací

Obr. č. 12: Snímkování kmene, metoda LDV (zdroj: vlastní)

Obr. č. 13: Snímkování kmene, metoda LDV (zdroj: vlastní)

Obr.č. 14: Ukázkové snímkování ze všech světových stran (zdroj: Asta et al., 2016)

Obr. 15: UV box se zářením o dvou vlnových délkách a s osvětlením. Krátká vlnová délka 254 nm, dlouhá vlnová délka 366 nm. Je určen pro přímé vkládání lišejníků pro UV reakci i pro vyhodnocení chromatografické desky. (Foto J. Kocourková, 2021)

Obr.č. 16: Determinace lišejníků v laboratoři (zdroj: vlastní)

Obr.č. 17: Graf: Celková četnost nalezených druhů epifytických lišejníků

Obr.č. 18: *Amandinea punctata* (Foto: F. Bouda, 2020)

Obr. č. 19: Místa nálezů *Amandinea punctata*

Obr.č. 20: *Bacidia rubella* (Foto: J. Malíček, 2011)

Obr. č. 21: Místa nálezů *Bacidia rubella*

- Obr.č. 22: *Candelariella efflorescens* (Foto: F. Bouda, 2020)  
Obr. č. 23: Místa nálezu *Candelariella efflorescens*  
Obr.č. 24: *Fuscidea pussila* (Foto: J.Machač, 2021)  
Obr. č. 25: Místa nálezu *Fuscidea pussila*  
Obr.č. 26: *Hypogymnia physodes* (Foto: F. Bouda, 2015)  
Obr. č. 27: Místa nálezu *Hypogymnia physodes*  
Obr.č.28: *Chaenotheca ferruginea* (Foto: F. Bouda,2020)  
Obr. č. 29: Místa nálezu *Chaenotheca ferruginea*  
Obr.č. 30: *Lecanora expalens* (Foto: F. Bouda,2020)  
Obr. č. 31: Místa nálezu *Lecanora expalens*  
Obr.č. 32: *Lepraria incana* (Foto: P.L. Nimis, 2001)  
Obr. č. 33: Místa nálezu *Lepraria incana*  
Obr.č. 34: *Parmelia sulcata* (Foto: J. Malíček, 2020)  
Obr. č. 35: Místa nálezu *Parmelia sulcata*  
Obr. č. 36: *Phaeophyscia nigricans* (Foto: J.Haine, 2011)  
Obr. č. 37: Místa nálezu *Phaeophyscia nigricans*  
Obr.č. 38: *Phaeophyscia orbicularis* (Foto: F. Bouda, 2021)  
Obr. č. 39: Místa nálezu *Phaeophyscia orbicularis*  
Obr.č. 40: *Physcia adscendens* (Foto: J. Kocourková, 2016)  
Obr. č. 41: Místa nálezu *Physcia adscendens*  
Obr.č. 42: *Physcia stellaris* (Foto: J. Kocourková, 2015)  
Obr. č. 43: Místa nálezu *Physcia stellaris*  
Obr.č. 44: *Physcia tenella* (Foto: F. Bouda, 2020)  
Obr. č.45: Místa nálezu *Physcia tenella*  
Obr.č. 46: *Scoliciosporum chlorococcum* (Foto: L. Stridvall, 2006)  
Obr. č.47: Místa nálezu *Scoliciosporum chlorococcum*  
Obr.č. 48: *Xanthoria candelaria* (Foto: J. Malíček, 2023)  
Obr. č.49: Místa nálezu *Xanthoria candelaria*  
Obr.č. 50: *Xanthoria parietina* (Foto: vlastní, 2023)  
Obr. č.51: Místa nálezu *Xanthoria parietina*

Obr.č. 52: *Xanthoria polycarpa* (Foto: F. Bouda, 2019)

Obr. č.53: Místa nálezu *Xanthoria polycarpa*

Obr.č. 54: Graf: Zastoupení jednotlivých typů stélek nalezených druhů

Obr.č. 55: Graf: Zastoupení jednotlivých preferencí typů substrátů u nalezných druhů epifytických lišejníků

Obr.č.56: Graf: Zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků dle stupně ohrožení

Obr.č.57: Graf: Zastoupení jednotlivých druhů epifytických lišejníků dle stupně ohrožení

Obr.č. 58: Jednotlivé podkladové vrstvy prostředí (Cenia.cz, 2024)

Obr.č. 59: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na severní světové straně

Obr.č. 60: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na jižní světové straně

Obr.č. 61: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na východní světové straně

Obr.č. 62: Graf: Diverzita epifytických lišejníků na západní světové straně

## **Seznam map**

Mapa č.1: Čtvercová síť zájmového území Pardubic a okolí, 12 × 11 km (zdroj: vlastní; ArcGIS Pro, 2024)

Mapa č. 2: Výsledné hodnoty LDV (zdroj: vlastní, ArcGis Pro, 2024)

## **10. Přílohy**

### **Seznam tabulek**

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

Tab.č.2: Seznam nalezených epifytických lišejníků a sledovaná kritéria

## Seznam použitých zkratek

AOPKČR – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

EVL – Evropsky významná lokalita

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČSÚ – Český statistický úřad

IRZ – Integrovaný registr znečišťování

NPR – Národní přírodní rezervace

NPP – Národní přírodní památka

NO<sub>x</sub> – Oxidy dusíku

PM<sub>x</sub> – Prachové částice

PP – Přírodní památka

PR – Přírodní rezervace

LDV – Lichen Diversity Value

SO<sub>2</sub> – Oxid siřičitý

## Zápisy z biomonitoringu:

Druh dřeviny	Čtverec	Bod	Datum	Nadm.v.	GPS
<i>Fraxinus excelsior</i>	A1	1	14.01.2024	270 m n.m.	15,6667704°V 50,0892950°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A2	2	14.01.2024	253 m n.m.	15,6786470°V 50,0885184°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A3	3	14.01.2024	253 m n.m.	15,6949158°V 50,0909110°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A4	4	14.01.2024	252 m n.m.	15,7195705°V 50,0892320°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A5	5	14.01.2024	261 m n.m.	15,7321070°V 50,0943497°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A6	6	14.01.2024	244 m n.m.	15,6734874°V 50,0784952°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A7	7	14.01.2024	247 m n.m.	15,6769208°V 50,0776974°S
Neodpovídající lokalita	A8	8			
<i>Fraxinus excelsior</i>	A9	9	14.01.2024	255 m n.m.	15,7141744°V 50,0842041°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A10	10	25.11.2022	206 m n.m.	15,7390903°V 50,0844357°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A11	11	25.11.2022	209 m n.m.	15,6750571°V 50,0686166°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A12	12	17.10.2022	211 m n.m.	15,6809682°V 50,0681092°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A13	13	21.11.2022	201 m n.m.	15,6954082°V 50,0681415°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A14	14	21.11.2022	210 m n.m.	15,7201311°V 50,0744004°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A15	15	21.11.2022	208 m n.m.	15,7344313°V 50,0711568°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A16	16	21.11.2022	204 m n.m.	15,6704141°V 50,0583538°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A17	17	21.11.2022	212 m n.m.	15,6862968°V 50,0617525°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A18	18	21.11.2022	219 m n.m.	15,7018971°V 50,0645382°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A19	19	20.10.2022	207 m n.m.	15,7247097°V 50,0659391°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A20	20	20.10.2022	213 m n.m.	15,7439432°V 50,0674221°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A21	21	20.10.2022	203 m n.m.	15,6715927°V 50,0480600°S
Neodpovídající lokalita	A22	22			
<i>Fraxinus excelsior</i>	A23	23	20.10.2022	205 m n.m.	15,7120018°V 50,0480824°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A24	24	10.10.2022	211 m n.m.	15,7320366°V 50,0490638°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	A25	25	10.10.2022	209 m n.m.	15,7394778°V 50,0500151°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B1	26	17.10.2022	215 m n.m.	15,7540910°V 50,0956119°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B2	27	17.10.2022	161 m n.m.	15,7692017°V 50,0920639°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B3	28	14.01.2024	250 m n.m.	15,7836575°V 50,0930518°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B4	29	14.01.2024	252 m n.m.	15,8062366°V 50,0998506°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B5	30	17.10.2022	247 m n.m.	15,8157924°V 50,0958721°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B6	31	17.10.2022	208 m n.m.	15,7499296°V 50,0816479°S
Neodpovídající lokalita	B7	32			
<i>Fraxinus excelsior</i>	B8	33	17.10.2022	111 m n.m.	15,7779001°V 50,0876602°S



<i>Fraxinus excelsior</i>	B9	34	26.11.2022	203 m n.m.	15,8032139°V 50,0857353°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B10	35	26.11.2022	173 m n.m.	15,8202654°V 50,0899355°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B11	36	26.11.2022	114 m n.m.	15,7508003°V 50,0779718°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B12	37	17.10.2022	205 m n.m.	15,7682389°V 50,0770182°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B13	38	05.10.2022	216 m n.m.	15,7850116°V 50,0766146°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B14	39	02.09.2023	219 m n.m.	15,8083360°V 50,0823842°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B15	40	02.09.2023	225 m n.m.	15,8246430°V 50,0814563°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B16	41	02.09.2023	214 m n.m.	15,7500182°V 50,0700632°S
Neodpovídající lokalita	B17	42			
<i>Fraxinus excelsior</i>	B18	43	05.10.2022	215 m n.m.	15,7932385°V 50,0666202°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B19	44	19.10.2022	221 m n.m.	15,8122687°V 50,0731469°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B20	45	19.10.2022	196 m n.m.	15,8241625°V 50,0749003°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B21	46	19.10.2022	219 m n.m.	15,7873506°V 50,0720851°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B22	47	19.10.2022	206 m n.m.	15,7764193°V 50,0561545°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B23	48	20.10.2022	201 m n.m.	15,7947527°V 50,0604579°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B24	49	20.10.2022	208 m n.m.	15,8101129°V 50,0554759°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	B25	50	10.10.2022	210 m n.m.	15,8265776°V 50,0597519°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C1	51	24.11.2022	199 m n.m.	15,6759860°V 50,0386196°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C2	52	24.11.2022	203 m n.m.	15,6897913°V 50,0352303°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C3	53	24.11.2022	209 m n.m.	15,7169804°V 50,0430032°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C4	54	04.11.2022	211 m n.m.	15,7253791°V 50,0391843°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C5	55	04.11.2022	201 m n.m.	15,7481300°V 50,0428710°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C6	56	04.11.2022	186 m n.m.	15,6825705°V 50,0224659°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C7	57	04.11.2022	191 m n.m.	15,6916151°V 50,0252206°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C8	58	04.11.2022	193 m n.m.	15,7190431°V 50,0289139°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C9	59	23.10.2022	197 m n.m.	15,7371220°V 50,0264460°S
Neodpovídající lokalita	C10	60			
<i>Fraxinus excelsior</i>	C11	61	23.10.2022	213 m n.m.	15,6816936°V 50,0191374°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C12	62	23.10.2022	209 m n.m.	15,6922531°V 50,0208020°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C13	63	23.10.2022	207 m n.m.	15,7144537°V 50,0203478°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C14	64	23.10.2022	203 m n.m.	15,7337728°V 50,0232896°S
Neodpovídající lokalita	C15	65			
Neodpovídající lokalita	C16	66			

<i>Fraxinus excelsior</i>	C17	67	04.10.2022	151 m n.m.	15,6976467°V 50,0069708°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	C18	68	04.10.2022	205 m n.m.	15,7181268°V 50,0116962°S
Neodpovídající lokalita	C19	69			
Neodpovídající lokalita	C20	70			
Neodpovídající lokalita	C21	71			
Neodpovídající lokalita	C22	72			
Neodpovídající lokalita	C23	73			
Neodpovídající lokalita	C24	74			
Neodpovídající lokalita	C25	75			
<i>Fraxinus excelsior</i>	D1	76	01.11.2022	235 m n.m.	15,7600105°V 50,0414913°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D2	77	01.11.2022	238 m n.m.	15,7712236°V 50,0457340°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D3	78	01.11.2022	243 m n.m.	15,7883465°V 50,0443919°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D4	79	21.10.2022	236 m n.m.	15,8131671°V 50,0439983°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D5	80	06.11.2022	245 m n.m.	15,8282614°V 50,0455135°S
Neodpovídající lokalita	D6	81	06.11.2022	250 m n.m.	
<i>Fraxinus excelsior</i>	D7	82	06.11.2022	258 m n.m.	15,7843245°V 50,0336999°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D8	83	06.11.2022	251 m n.m.	15,7889100°V 50,0301880°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D9	84	06.11.2022	263 m n.m.	15,8091857°V 50,0381400°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D10	85	06.11.2022	257 m n.m.	15,8262323°V 50,0341307°S
Neodpovídající lokalita	D11	86			
<i>Fraxinus excelsior</i>	D12	87	19.10.2022	262 m n.m.	15,7772120°V 50,0204762°S
Neodpovídající lokalita	D13	88	19.10.2022	265 m n.m.	15,7917700°V 50,0248533°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D14	89	19.10.2022	240 m n.m.	15,8187042°V 50,0292092°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D15	90	19.10.2022	242 m n.m.	15,8275784°V 50,0278348°S
Neodpovídající lokalita	D16	91			
<i>Fraxinus excelsior</i>	D17	92	19.10.2022	234 m n.m.	15,7856946°V 50,0141245°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D18	93	19.10.2022	237 m n.m.	15,7916993°V 50,0171207°S
Neodpovídající lokalita	D19	94	19.10.2022	232 m n.m.	15,8093438°V 50,0159370°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D20	95	28.08.2022	218 m n.m.	15,8365031°V 50,0200648°S
Neodpovídající lokalita	D21	96			
<i>Fraxinus excelsior</i>	D22	97	28.08.2022	197 m n.m.	15,7855460°V 50,0027636°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D23	98	28.08.2022	190 m n.m.	15,7958418°V 50,0058475°S
<i>Fraxinus excelsior</i>	D24	99	28.08.2022	205 m n.m.	15,8177153°V 50,0010028°S
Neodpovídající lokalita	D25	100	28.08.2022	206 m n.m.	15,8348208°V 50,0088293°S