

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Botanika
Studijní obor: Geobotanika

Martin Valeček

Autekologie Chimaphila umbellata
Autecology Chimaphila umbellata

Diplomová práce

Školitel: doc. RNDr. Zuzana Münzbergová, Ph.D.

Praha, 2024

Poděkování:

Děkuji své školitelce doc. RNDr. Zuzaně Münzbergové, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a vstřícnost během vypracovávání diplomové práce.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 6. 8. 2024

Podpis:

Obsah

Abstrakt.....	3
Abstract.....	4
1. Úvod.....	5
2. Metodika.....	7
2. 1. Mapování zimozelenu okoličnatého a sběr dat.....	7
2. 2. Gap Light Analysis Mobile App (GLAMA).....	8
2. 3. Analýza půdních vzorků.....	8
2. 3. 1. Elementární analýza CN.....	9
2. 3. 2. Stanovení výměnného fosforu v půdě.....	9
2. 3. 3. Měření pH půdy.....	9
2. 4. Analýza dat.....	9
3. Výsledky.....	12
3.1. Mapování zimozelenu okoličnatého.....	12
3. 1. 1. Vrchbělá.....	12
3. 1. 2. Lípa nad Orlicí.....	13
3. 1. 3. VKP Zimozelen.....	13
3. 1. 4. Les Hříva.....	14
3. 1. 5. Řikonín a Horní Loučky.....	14
3. 1. 6. Loučka.....	17
3. 1. 7. Ludkovice.....	18
3. 1. 8. Březová.....	18
3. 1. 9. Mirochov.....	18
3. 1. 10. Čertova šlápota.....	19
3. 1. 11. Výrovčice.....	20
3. 2. Faktory určující velikost populace <i>Chimaphila umbellata</i>	21
3.3. Druhové složení.....	22

4. Diskuze	33
4. 1. Současnost i historie rozšíření <i>Chimaphila umbellata</i>	33
4. 2. Faktory určující velikost populace <i>Chimaphila umbellata</i>	34
4. 3. Druhové složení	35
5. Závěr	37
6. Použitá literatura	39
7. Přílohy	42
7.1. Seznam GPS souřadnic zimozelenu okoličnatého (<i>Chimaphila umbellata</i>)	42
7.2. Počty „prýtů“ populací zimozelenu od roku 2015	44

Abstrakt

Světlé vzrostlé bory či borové doubravy jsou domovem několika vzácných lesních bylin včetně kriticky ohroženého zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*) z čeledi vřesovcovité (*Ericaceae*). Tato ohrožená lesní bylina má centrum areálu v boreálním pásu Evropy, Asie a Severní Ameriky, kde býval dosti hojný, ale během posledního století došlo k drastickému snížení velikostí a počtů jejich populací. Tento ústup je připisován současné formě obhospodařování lesa, které nepodporuje mírnou disturbanci a odebírání odumřelé organické hmoty např. lesní pastvou nebo sklizní hrabanky. To má za následek neustále se zvyšující množství dusíku v půdě, což značně znevýhodňuje většinu vzácných lesních bylin, které rostou obvykle v půdách s minimálním obsahem dusíku.

Během průzkumu historických lokalit zimozelenu v letech 2022-2023 jsem zaznamenal 46 populací zimozelenu okoličnatého na 11 lokalitách v České republice. Roste nejčastěji v kyselých borech, doubravách či dubohabřinách. Většina populací zimozelenu je v dobrém stavu a nevyžaduje žádný druh managementu. Pro nejvíce zastíněné populace zimozelenu doporučuji probírku listnatých dřevin. V současnosti je asi největším ohrožením zimozelenu okoličnatého v ČR rychlé odumírání borových porostů, ke kterým v posledních letech přispělo dlouhotrvající sucho a výskyt kůrovce.

Ve 46 populacích zimozelenu okoličnatého byly studovány faktory prostředí zahrnující osvětlení, pokryvnost borůvčí a graminoidů, pokryvnost semenáčků listnatých dřevin, půdní dusík, dostupný fosfor v půdě a půdní pH. Výsledky naznačují, že osvětlení, pokryvnost borůvčí s graminoidy a dostupný fosfor má pozitivní vliv na velikost populace i frekvence kvetení zimozelenu, a naopak je negativně ovlivněn semenáčky listnatých dřevin. Je nutné zdůraznit, že to platí jen pro dospělé rostliny zimozelenu, a nikoliv pro mladé jedince zimozelenu.

Dlouhověkost a klonální růst zimozelenu okoličnatého pravděpodobně tlumí některé negativní dopady, které mohou mít za následek vymírání.

Klíčová slova: *Chimaphila umbellata*, les, populace, prýt, faktory prostředí, management

Abstract

Open mature pine or pine oak forests are home to several rare forest herbs, including the critically endangered wintergreen (*Chimaphila umbellata*) from the heather family (*Ericaceae*). This endangered forest herb has its range center in the boreal belt of Europe, Asia and North America, where it used to be quite abundant, but during the last century number and sizes of their populations have been drastically reduced. This retreat is attributed to the current form of forest management, which does not support moderate disturbance and removal of dead organic matter, e.g. by forest grazing or harvest of plant litter. This results in an ever-increasing amount of nitrogen in the soil, which greatly disadvantages most of the rare forest herbs that usually grow in soils with minimal nitrogen content.

During the survey of historical sites of wintergreen in the years 2022-2023, I recorded 46 populations of wintergreen in 11 locations in the Czech Republic. It grows most often in acid pines, oak forests or oak forests. Most wintergreen populations are in good condition and do not require any type of management. For the most shaded wintergreen populations, I recommend the thinning of deciduous trees. At present, probably the biggest threat to wintergreen in the Czech Republic is the rapid death of pine forests, which in recent years has been caused by long-lasting drought and the occurrence of bark beetles.

In 46 wintergreen populations, environmental factors were studied including light availability, cover of bilberries and graminoids, cover of seedlings of deciduous trees, soil nitrogen, available soil phosphorus and soil pH. The results indicate that light availability, bilberry cover with graminoids and available phosphorus have a positive effect on the population size and flowering frequency of wintergreen, and conversely it has a negative effect on the seedlings of deciduous trees. It must be emphasized that this only applies to adult wintergreen plants and not to young wintergreen individuals.

The longevity and clonal growth of wintergreen is likely to buffer some of the negative impacts that can result in extinction.

Key words: *Chimaphila umbellata*, forest, population, sprouting, environmental factors, management

1. Úvod

Vzrostlé bory nebo borové doubravy jsou domovem mnoha vzácných lesních druhů, včetně druhu zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*), který je v červeném seznamu České republiky (Grulich & Chobot, 2017) veden jako kriticky ohrožený (C1). Zimozelen okoličnatý je jedním ze sedmi zástupců podčeledi *Pyroloideae* (Rose et al., 2018) z čeledi *Ericaceae* (Anderberg, 1993), které rostou v České republice. V české literatuře včetně nejnovějšího vydání Klíče ke květeně České republiky (2019) je druh stále řazen do samostatné čeledi *Pyrolaceae*.

Jedná se o stálezelenou bylinu či polokeř dorůstající výšky 10-20 cm, výjimečně až 25 cm. Listy jsou kopinaté až obvejčité, na okrajích ostře pilovité (Hejný, 1990). Listy tvoří zdánlivý přeslen (pseudopřeslen), který se skládá z 3-6 listů (v terénu jsem pozoroval až 7 listů na pseudopřeslen na lokalitě VKP Zimozelen, 7. list byl často malý či zakrnělý), které přetrvávají až 5 let (Grevillius AY & Kirchner, 1925). Květenství tvoří chocholík s 2-4 květy, výjimečně až 6 květů (Eriksson, 2022). Květy produkují nektar a jsou opylovány čmeláky (Knudsen & Olesen, 1993). Plodem je tobolka, která může obsahovat až 7900 prachových semen (Johansson et al., 2014). Zimozelen okoličnatý obvykle vytváří rozsáhlou síť podzemních oddenků, kterými se rozmnožuje klonálně (Zobel & Antos, 1987), a proto může být i jediná populace zimozelenu tvořena pouze jediným genotypem a vytvářet tzv. polykormon.

Centrum areálu druhu se nachází v boreálním pásu Evropy, Asie a Severní Ameriky. V České republice byl ještě v 50. letech minulého století poměrně hojný, což dokazují záznamy zapsané v náleзовé databázi ochrany přírody (NDOP) či na webové stránce pladias.cz. Ale během druhé poloviny 20. století značně vymizel nejen v ČR, ale např. i ve Švédsku (Lundell et al., 2015). Jeho rychlý ústup je připisován zejména razantní změně lesního hospodářství např. konec lesní pastvy a zesílení vlivu člověka na dynamiku lesa (Lundell et al., 2015).

Výskyt zimozelenu u nás je podmíněn řadou podmínek prostředí biotických i abiotických, které můžou být odlišné, než je tomu v centru jeho boreálního areálu např. ve Švédsku. V literatuře, např. (Hejný, 1990; Hrouda, 2002), bývá stanoviště druhu popisováno jako světlé borové lesy nebo borové doubravy rostoucí na písčitých půdách s nízkým obsahem živin, ale dá se předpokládat, že jednotlivé stanoviště zimozelenu v ČR budou mnohem rozmanitější než jak je psáno v dostupné literatuře. To může být dáno např. dlouhověkostí a klonálním rozmnožováním tohoto druhu, který může přežívat i dlouhou dobu v nepříznivých podmínkách (Lundell et al., 2015). Právě proto se v této práci zaměřuji na výzkum biotických i abiotických podmínek prostředí tohoto druhu, bez nich nemůžeme zjistit, které lokality jsou u nás nejvíce ohrožené vyhynutím. Kromě podmínek prostředí je také potřeba znát mezníky životního cyklu zimozelenu např. (Figura et al., 2019; Holen, 2014; Johansson et al., 2017).

Naprostou zásadní pro životní cyklus zimozelenu je mykoheterotrofie v jeho rané fázi vývoje (Leake, 2004), protože zimozelen má malá prachová semena s malým endospermem, který neobsahuje

dostatečné zásoby lipidů a bílkovin (Fürth, 1920). Klíčení a vývoj nově vznikajícího semenáčku zimozelenu probíhá v podzemí, kde se chová jako parazit, a jeho vývoj může trvat až několik let (Hynson et al., 2009; Johansson & Eriksson, 2013). U zimozelenu byla pozorována mykorhiza hlavně s ektomykorhizními houbami např. *Piloderma* (kornatečka), *Cortinarius* (pavučinec), *Tricholoma* (čirůvka) a erikoidní houby rodu *Meliniomyces* (Holen, 2014; Johansson et al., 2017; Tedersoo et al., 2007). Vysoká rozmanitost ektomykorhizních hub má silný pozitivní vliv na klíčení semen zimozelenu, což bylo zjištěno při klíčících pokusech *in situ* (Johansson et al., 2017). Během klíčících pokusů *in situ* byla pozorována také velmi dlouhá klíčivost semen (Hashimoto et al., 2012; Johansson et al., 2017; Johansson & Eriksson, 2013). Příčinu dlouhé klíčivosti semen objasnila nedávná studie (Figura et al., 2019), která se zabývala klíčením semen čeledi „*Pyrolaceae*“ *in vitro*, kde bylo zjištěno, že dlouhá klíčivost semen této čeledi je ovlivněna zejména fyzikální dormancí způsobenou tvrdým osemením (testa).

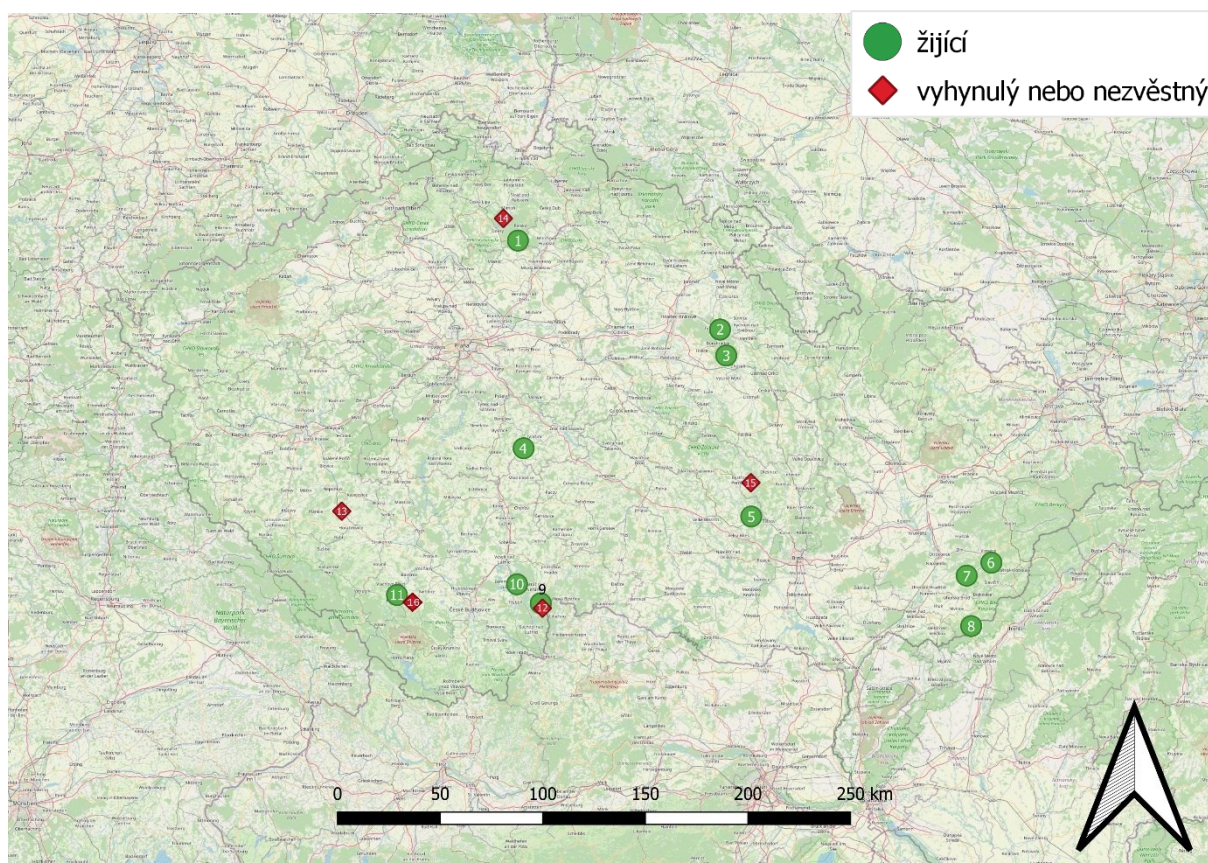
Dospělé rostliny mohou přecházet z mykoheterotrofie na mixotrofii, ale jelikož u většiny dospělých rostlin nebyl nalezen žádný druh mykorhizy (Massicotte et al., 2008), dá se předpokládat, že v dospělosti je zimozelen primárně autotrofní (Hynson et al., 2013; Johansson et al., 2014).

Hlavním cílem této práce bylo zmapovat současný výskyt zimozelenu okoličnatého v České republice, zjistit počet přežívajících populací zimozelenu v ČR, zaznamenat jejich početnost a množství plodných prýtů, shrnout a charakterizovat biotické i abiotické podmínky jednotlivých lokalit zimozelenu okoličnatého, zhodnotit jejich stav a navrhnout opatření v oblasti managementu na podporu zachování současných populací zimozelenu okoličnatého v České republice.

2. Metodika

2. 1. Mapování zimozelenu okoličnatého a sběr dat

K hledání současného výskytu zimozelenu okoličnatého jsem využil data o jeho výskytu zapsaná na webu pladias.cz nebo v Nálezové databázi ochrany přírody (NDOP) v letech 2000-2023. Potenciální místa výskytu druhu byla navštívena během července a srpna 2022 v rámci Národního programu ochrany biodiverzity pro ČSOP Vlašim. Několik dalších populací zimozelenu bylo nalezeno během léta a podzimu 2023. Zimozelen okoličnatý jsem našel na 11 lokalitách v České republice a na 5 doložených lokalitách, u kterých jsem byl schopen nalézt a potvrdit přesné místo dřívějšího výskytu, nebyla nalezena žádná populace zimozelenu (obr. 1). Za samostatnou populaci zimozelenu, jsem považoval, každý „shluk“ prýtů, jehož střed byl vzdálený alespoň 5 metrů od středu jiného „shluku“ prýtů zimozelenu. Z toho důvodu mohou být některé populace, které považuji za samostatné, ve skutečnosti jedinou populací, jelikož je zimozelen schopen vytvořit až 50 m dlouhé oddenky (Antos et al., 2021). K interpretaci aktuálního stavu populací zimozelenu v ČR, jsem použil data, které jsem nasbíral z populací zimozelenu okoličnatého v několika předchozích letech (2022-2023).



Obr. 1 - Mapa současných i vyhynulých nebo neznámých lokalit zimozelenu okoličnatého v ČR po roce 2000, 1 – Vrchbělá, 2 – Lípa nad Orlicí, 3 – VKP Zimozelen, 4 – Les Hříva, 5 – Říkonín a Horní Loučky, 6 – Loučka, 7 – Ludkovice, 8 – Březová, 9 – Mirochov, 10 – Čertova šlápota, 11 – Výrovčice, 12 – hráz rybníka Hejtman, 13 – Pačejev, 14 – Hradčanské stěny, 15 – Lesoňovice, 16 – Mičovice (Kozí kámen)

Během průzkumu byla vegetační a populační data žijících i vyhynulých populací zimozelenu sesbírána formou fytoocenologických snímků 5x5m. Fytoocenologický snímek pro vyhynulé populace zimozelenu byl udělán pouze tehdy, pokud jsem byl schopen dohledat přesné místo původního výskytu populace zimozelenu s přesností na 10 metrů. Byla zaznamenána data o nadmořské výšce, sklonu svahu, pokryvnosti opadu a pokryvnosti všech druhů rostlin mechového, keřového i stromového patra. Názvy rostlin byly sjednoceny podle nového Klíče ke květeně České republiky (Kaplan & Danihelka, 2019). Pokryvnosti druhů jsem zaznamenával v nové Braun-Blanquetově stupnici (Moravec, 1994). Z populačních dat byl zaznamenán počet prýtů, počet kvetoucích a plodných prýtů zimozelenu. V případě keříčkovitého vzrůstu rostliny zimozelenu jsem považoval každou větev za 1 prýt. Ke každému fytoocenologickému snímku byla pomocí mobilu Cubot X50 pořízena hemisférická fotografie k analýze zástinu, odebrán vzorek půdy ze 4 míst kolem středu plochy k analýze CN, P a pH. Ke každé lokalitě zimozelenu, včetně vyhynulých, byl pořízen kontrolní fytoocenologický snímek, který byl vybrán náhodně ve stejném lese jako daná lokalita zimozelenu v okruhu do 100 m od populací zimozelenu. U lokality „Říkonín a Horní Loučky“ byla z důvodu vysoké variability vegetace uděláno celkem 9 kontrolních snímků. Celkem bylo pořízeno 46 fytoocenologických snímků se zimozelenem okoličnatým, 3 snímky vyhynulých populací zimozelenu a 22 snímků kontrolních.

2. 2. Gap Light Analysis Mobile App (GLAMA)

Pořízené hemisférické fotografie byly analyzovány mobilní aplikací Gap Light Analysis Mobile App (GLAMA), která umožňuje výpočet zástinu i z plochých fotografií pořízených mobilním telefonem. Před analýzou hemisférických fotografií je potřeba podle návodu provést kalibraci čočky mobilního telefonu, který byl použit. Po kalibraci se přejde k samotné analýze hemisférických fotografií. Poměr mezi bílými a černými pixely jsem vybral ručně, jelikož při jasné modré obloze poměr pixelů navrhovaný aplikací neodpovídal reálnému zástinu (aplikace hodnotila sytou modrou barvu jako zástin). Pro všechny fotografie byl vybrán stejný poměr (Cut level 150), jelikož byli foceny za identického počasí. Poté co byl určen poměr mezi černými a bílými pixely, jsem získal hodnotu zástinu jako Canopy Cover Index. Hodnotu Canopy Cover Index odečtenou od 100 jsem využil jako proměnnou prostředí osvětlení v další analýze dat.

2. 3. Analýza půdních vzorků

Všechny sesbírané vzorky půdy jsem zbavil větší organické hmoty a skeletu, prošel přes 2mm síto na jemnozem II (velikost půdních částic < 2 mm). Jemnozem II byla využita pro analýzu fosforu v půdě a měření půdní pH. Pro elementární analýzu CN jsem jemnozem II umlel na vibračním mlýnku na jemnozem I (velikost částic < 0,1 mm).

2. 3. 1. Elementární analýza CN

Elementární analýza CN byla odborně provedena v Analytické laboratoři Botanického ústavu AV ČR v Průhonicích podle následujícího postupu. Vzorek jemnozeme I, zhomogenizovaný a umletý na velikost částic < 0,1 mm z jemnozeme II, se vysuší při 60°C a navažuje do cínových nádobek specializovaných pro použitý přístroj a automatickým dávkovačem se aplikuje do spalovací trubice analyzátoru FLASH 2000 Thermo Scientific. Zde se vzorek spálí v proudu čistého kyslíku při teplotě 1000 °C, v přítomnosti Cu a oxidu chromitého jako katalyzátoru. Vzniklé oxidy uhlíku a dusíku jsou vedeny do sušící kolony, kde se oddělí vlhkost. Dále plyny putují přes separační kolonu do tepelně vodivostního detektoru. Pro vyhodnocení signálu se používá software EagerSmart fy Thermo Fisher Scientific. Jako nosný plyn slouží helium.

2. 3. 2. Stanovení výměnného fosforu v půdě

Stanovení výměnného fosforu v půdě byla odborně provedena v Analytické laboratoři Botanického ústavu AV ČR v Průhonicích podle následujícího postupu. Půdní vzorek jemnozeme II se extrahuje roztokem Melich III (v poměru 5g půdy na 50 ml). Po extrakci na rotační třepačce se půdní suspenze filtruje přes hustý filtrační papír a čirý roztok je analyzován. Fosfor se stanovuje spektrofotometricky jako fosfomolybdenová modř vzniklá při reakci fosforečnanů s molybdenanem amonným při použití reakční směsi s kyselinou sírovou, kyselinou askorbovou a vinanem antimonylo-draselným. Intenzita modrého zabarvení je měřena UV-vis spetrometrem Unicam UV-400 při 750 nm.

2. 3. 3. Měření pH půdy

Měření pH půdy jsem provedl v Analytické laboratoři Botanického ústavu AV ČR. Do plastových lahviček jsem odměřil 50 ml převařené destilované vody. Do každé plastové lahvičky jsem nasypal 1 nádobku se vzorkem (cca 5g půdy). Plastové lahvičky s destilovanou vodou a vzorkem půdy jsem umístil na třepačku po dobu 1 hodiny. Poté jsem nechal nádobky hodinu odstát a následně jsem měřil pH půdy pH metrem, který byl předem zkalibrován.

2. 4. Analýza dat

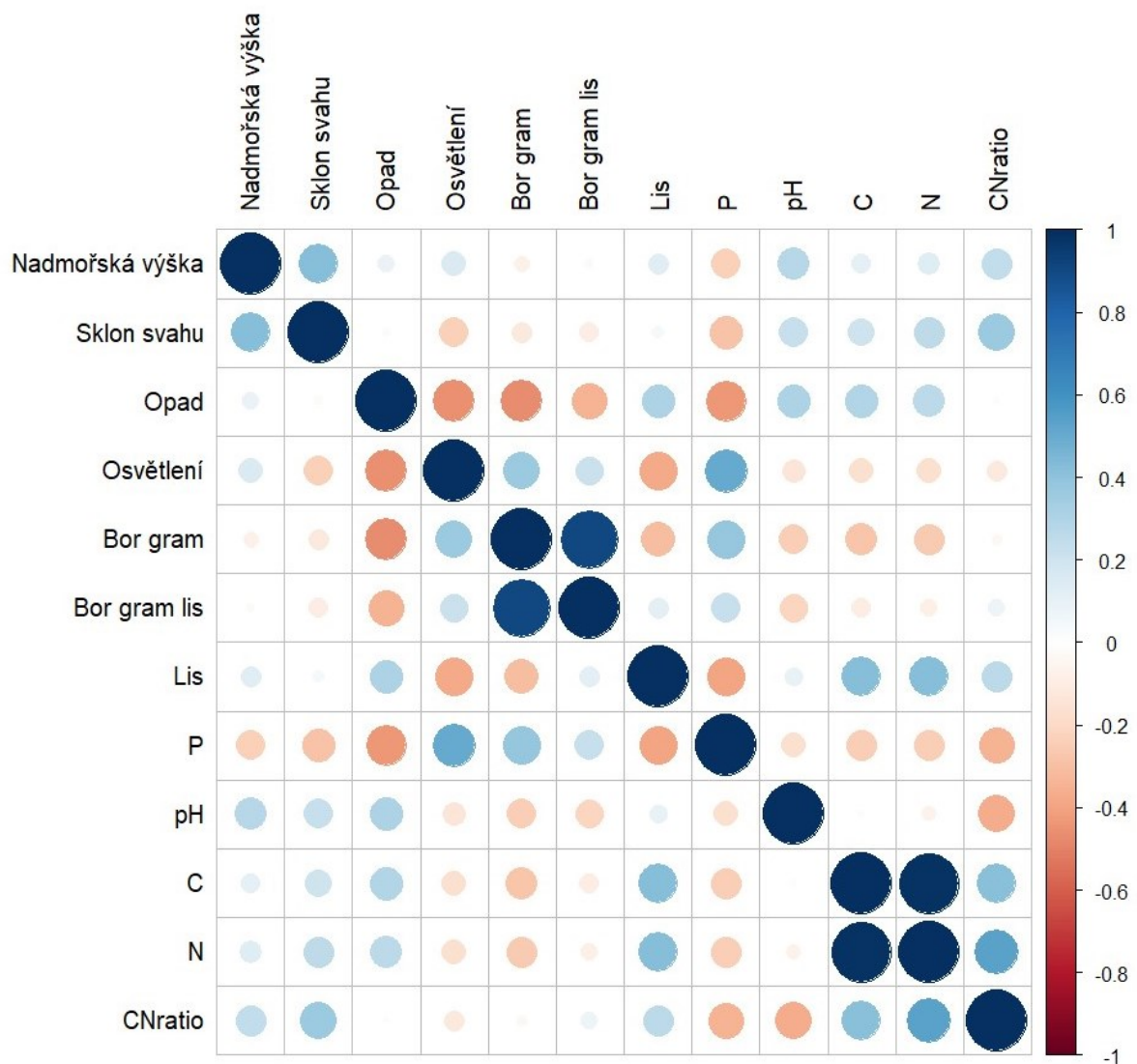
Cílem analýzy je zjistit vztahy mezi zimozelenem okoličnatým a datech o prostředí, které nám pomohou zjistit, ve kterých přírodních podmínkách se u nás zimozelenu daří a využít je v ochraně druhu. Před analýzou vlivu enviromentálních podmínek (nadmořská výška, sklon svahu, opad, osvětlení, pokryvnost borůvčí a graminoidy, pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin, pokryvnost semenáčků listnatých dřevin, P, pH, C, N a CN ratio) na populace zimozelenu a na složení vegetace, byla data o prostředí prozkoumána na kolinearitu mezi všemi podmínkami prostředí.

Analýza ukázala silnou korelaci mezi C a N (Pearsonův korelační koeficient $> 0,9$). Z důvodu silné korelace mezi C a N (obr. 2) byla proměnná C z analýz vyloučena. U ostatních faktorů prostředí (nadmořská výška, sklon svahu, opad, osvětlení, P, pH, C, N a CN ratio) byl Pearsonův korelační koeficient $< 0,6$. Z obr. 2 je patrné, že pokryvnost borůvčí a graminoidů je silně korelovaná s pokryvností borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin. Tyto 2 vlastnosti prostředí byli použity v zobecněných lineárních modelech GLM, kde jsem testoval vždy jeden jedinou vlastnost prostředí na velikost populace nebo frekvenci kvetení zimozelenu.

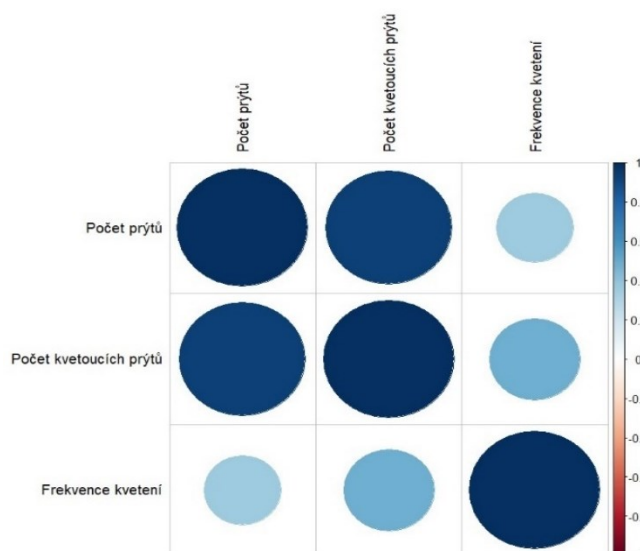
Data o prostředí (osvětlení, pokryvnost borůvčí a graminoidů, pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin, pokryvnost semenáčků listnatých dřevin) a o půdě (CN ratio, P, N a pH) byly použity jako vysvětlující proměnné v zobecněných lineárních modelech (GLM). Velikost populace (počet prýtů) byla použita jako závislá proměnná v GLM s negativním binomickým rozdělením ($\text{link} = \text{log}$; z důvodu nadměrného rozptylu). Frekvence kvetení byla použita jako závislá proměnná v GLM s quasipossionovým rozdělením. Frekvence kvetení je definována jako procento kvetoucích prýtů ze všech prýtů v dané populaci.

Vegetační data bylinného patra populací zimozelenu, vyhynulých populací zimozelenu i kontrolních ploch byla využita v mnohorozměrné analýze, která byla zpracována balíčkem `vegan` verze 2.6-6.1 v programu R. Mezi testované proměnné prostředí jsem zahrnul nadmořskou výšku, sklon svahu, opad, osvětlení, P, pH, N a CN ratio. V první variantě jsem testoval pouze proměnné prostředí na vegetační data, kdy zimozelen okoličnatý byl součástí vegetačních dat. Jelikož se v datech objevují silné dominantní druhy, byla provedena standardizace po druzích (řádcích) metodou `stand`. Mnohorozměrná analýza byla provedena RDA s postupným výběrem proměnných (`forward selection`) pomocí funkce `ordistep`.

Nakonec jsem zkusil otestovat, ve které vegetaci zimozelen nejvíce prosperuje. Zkusil jsem testovat různé charakteristiky populací zimozelenu zahrnující počet prýtů, počet kvetoucích prýtů, frekvenci kvetení a kvete/nekvete. Charakteristiky zimozelenu počet prýtů a počet kvetoucích prýtů jsou silně korelované (Pearsonův korelační koeficient $> 0,93$; obr. 3). Z toho důvodu jsem počet kvetoucích prýtů z testování vyřadil. Poměr nekvetoucích a kvetoucích populací zimozelenu byl 1:2. K mnohorozměrné analýze byla využita pouze data ploch se zimozelenem okoličnatým. Samotný zimozelen nebyl součástí vegetačních dat. Každá charakteristika populace zimozelenu byla testována zvlášť. Všechny analýzy byly provedeny v programu R 4.3.2.



Obr. 2 – Korelační matice všech enviromentálních proměnných – nadmořská výška, sklon svahu, opad, osvětlení, Bor gram = pokryvnost borůvčí a graminoidů, Bor gram lis = pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin, Lis = pokryvnost semenáčků listnatých dřevin, P, pH, C, N a CN ratio



Obr. 3 – Korelační matice 3 charakteristik populací zimozelenu okoličnatého – počet prýtlů, počet kvetoucích prýtlů, frekvence kvetení (procento kvetoucích prýtlů ze všech prýtlů v populaci)

3. Výsledky

3.1. Mapování zimozelenu okoličnatého

Zimozelen okoličnatý nejčastěji roste na písčité půdě, ve smíšeném borové lese s příměsí menších smrků, dubů, habrů anebo bříz, s výjimkou lokalit Březová a Čertova šlápota. V lokalitě Březová se jediná populace zimozelenu čítající 5 prýtů nachází pod mladou borovičkou na hraně svahu a v jeho blízkém okolí roste hodně mladých buků. V další lokalitě Čertova šlápota roste zimozelen roste ve volnějším prostoru mezi borůvkám bez přítomnosti borovic. Nejvíce přežívajících populací bylo zaznamenáno v okolí Řikonína a Horních Louček, celkem 21 populací v roce 2023, což je téměř polovina všech populací, které najdeme v České republice. Všechny populace jsou tvořeny pravděpodobně pouze dospělými jedinci, alespoň jsem nezaznamenal žádnou rostlinu, která by vypadala jako semenáček. Ale je možné, že se semenáček od dospělé rostliny zimozelenu nedá vůbec rozeznat nebo velmi špatně.

Rok 2023 byl doprovázen dostatkem vody na začátku sezóny (od ledna do asi poloviny května), což vedlo k nasazení velkého množství květů zimozelenu. Bohužel, následovalo období velkého sucha (od poloviny května do druhé poloviny srpna) vlivem nedostatku srážek a vysokých denních teplot, což vedlo na většině lokalit k zaschnutí velké části květů a jen malá část prýtů byla schopna vytvořit tobolky.

Z mého pozorování se zdá, že místa s výskytem zimozelenu okoličnatého jsou v současnosti nejvíce ohrožena dlouhotrvajícím suchem, kdy až několik měsíců nezaprší a s tím souvisejícím odumírání borovic vlivem sucha a kůrovce. Zimozelen je totiž závislý na srážkové vodě, jelikož roste převážně na písčitých půdách, které nedokážou zadržet téměř žádnou vodu. Mezi další nebezpečí patří znečištění lokalit vyhozeným odpadem např. Mirochov a některé populace blízko Řikonína.

3. 1. 1. Vrchbělá

Lokalita Vrchbělá se nachází v úzkém pásu vzrostlého borového lesa. Zimozelen zde roste v místě s převahou dubu (*Quercus petraea* agg.) nad borovicí lesní (*Pinus sylvestris*). V roce 2023 zde rostlo 92 prýtů zimozelenu menšího věku společně s hrušticí jednostrannou (*Orthilia secunda*), což je významný úbytek oproti roku 2022, kdy zde rostlo 145 prýtů zimozelenu. Velká část prýtů pravděpodobně odumřela vlivem značného sucha od května do začátku srpna 2023. Mechovému patru dominuje travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*) a v keřovém patru se nachází jalovec (*Juniperus communis*) a bříza (*Betula pendula*). V roce 2023 kvetl i plodil jediný prýt. Management není potřeba.



Obr. 4 – Kvetoucí zimozelen, Vrchbělá, 9. 7. 2023

3. 1. 2. Lípa nad Orlicí

Lokalita Lípa nad Orlicí byla značně zdisturbována divokými prasaty na podzim roku 2021, což vedlo k zničení všech nadzemních částí zimozelenu, ale na jaře 2023 zde opět rostlo 13 dvouletých prýtů zimozelenu a 1 starší prýt, který pravděpodobně přečkal disturbanci a byl úplně schovaný pod mechem. Starší prýt v květnu 2023 nakvétal, ale neplodil. Jedná se o mladý borový les s malou pokryvností bylinného patra. V blízkém okolí rostou hojně další druhy hruštiček např. hruštička menší (*Pyrola minor*) a hruštica jednostranná (*Orthilia secunda*). Management není potřeba.



Obr. 5 – Dvouleté prýty zimozelenu okoličnatého, Lípa nad Orlicí, 29. 5. 2023

3. 1. 3. VKP Zimozelen

VKP Zimozelen se nachází při lesní cestě vedoucí z Plichůvek ve směru na Rousínov. Ve VKP Zimozelen se nachází 8 samostatných populací – 5 velkých populací a 3 mikropopulace, které rostou ve vzrostlém boru s dominancí borůvčí (*Vaccinium myrtillus*) a brusinek (*Vaccinium vitis-idea*). Kromě borůvčí a brusinek zde z bylinného patra najdeme kostřavu ovčí (*Festuca ovina*), metličku křivolakou (*Avenella flexuosa*), černýš luční (*Melampyrum pratense*), ostřici chlupatou (*Carex pilosa*) a vřes obecný (*Calluna vulgaris*). V mechovém patru dominuje travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*), dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) a rokýt cypřišovitý (*Hypnum cupressiforme* agg.). Nachází se zde přes 1500 prýtů zimozelenu okoličnatého, včetně největší populace zimozelenu v ČR s více než 750 prýty. Prýty zimozelenu rostoucí v borůvčí dosahují až 25 cm výšky. Mikropopulace se nacházejí v malých prohlubních, které byli pravděpodobně zanechány po odběru půdy při jiném výzkumu.

V roce 2009 byla lokalita vlivem vykácení sousedního lesa značně osvětlena, a proto byla lokalita zastíněna maskovací sítí ve spolupráci s Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky CHKO Orlické hory a Lesy České republiky. V současné době již lokalita zastíněná není, zimozelenu se zde daří a jako na jedné z mála lokalit zimozelenu v České republice zde každoročně kvetou stovky prýtlů. V blízké budoucnosti může tato lokalita být ohrožena náhlým odumíráním borovic, jelikož jsou silně napadeny jmelím bílým borovicovým (*Viscum album* subsp. *austriaca*). Jelikož jmelí bílé borovicové není schopné uzavírat průduchy (Zuber, 2004), dochází k významnému odčerpávání vody z borovic a v kombinaci se stále častějšími a dlouhotrvajícími suchy, které na lokalitě pozorují, budou postupně odumírat.



Obr. 6 – A) Největší populace zimozelenu čítající přes 750 prýtlů, VKP Zimozelen, 25. 11. 2022; **B)** Velká populace zimozelenu v hustém porostu borůvčí (*Vaccinum myrtillus*) s prýty dorůstající až 25 cm výšky, VKP Zimozelen, 25. 11. 2022

3. 1. 4. Les Hříva

Lokalita se nachází ve vzrostlém boru s příměsí smrku nedaleko obce Veliš. Ve stromovém patře roste borovice lesní (*Pinus sylvestris*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a smrk ztepilý (*Picea abies*). V bylinném patře roste pouze 5 druhů rostlin (včetně zimozelenu). V létě 2023 zde rostlo 95 prýtlů zimozelenu, 5 prýtlů kvetlo a z toho 4 prýty plodily. Stav lokality je vynikající a v současnosti jednotlivé prýty přirůstají až několik centimetrů za rok. Management není potřeba.



Obr. 7 – Les Hříva, 25. 8. 2022

3. 1. 5. Řikonín a Horní Loučky

V okolí asi 5 km od železniční stanice Řikonín se nachází 20 populací zimozelenu v blízkém okolí obcí Kuřimské Jestřábí, Řikonín, Horní Loučky, Jilmoví a Skryje. I přesto, že velká část populací

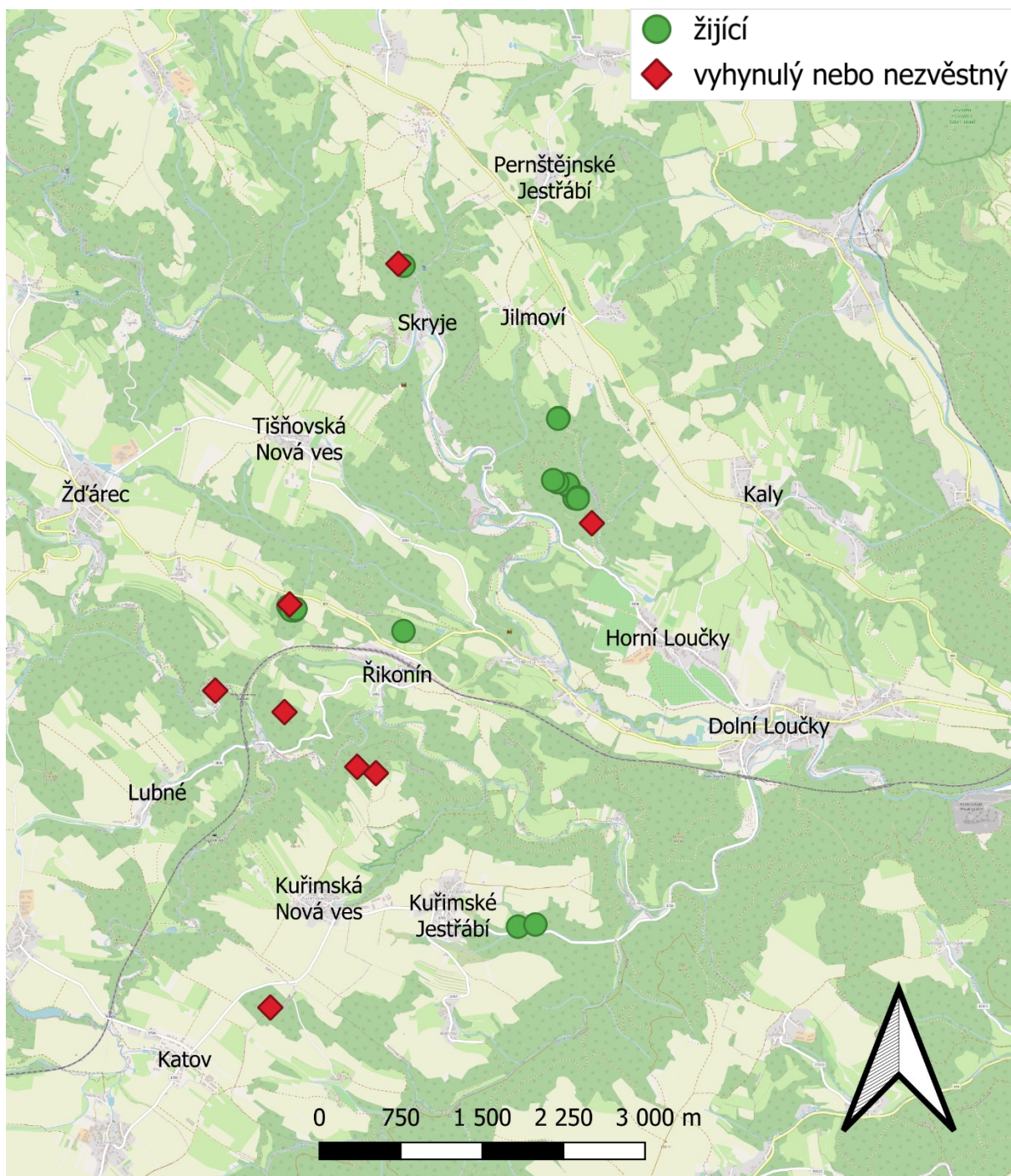
objevených při mapování Natura 2000 v letech 2002-2003 Filipem Lysákem již vyhynula anebo jsou nezvěstné, stále se jedná o lokalitu s největším rozšířením zimozelenu v České republice (obr. 3).

Východně od obce Kuřimské Jestřábí se nacházejí 2 malé populace zimozelenu. Nacházejí se na prudších svazích kolem potoka ve zbytcích lesního porostu, který je v současnosti ohrožen dalším odumírání borovic vlivem častého dlouhotrvajícího sucha, kůrovce a následné těžby uschlých a napadených borovic. Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) zde již má velmi malé zastoupení ve stromovém patře, spíše převažuje smrk ztepilý (*Picea abies*), bříza (*Betula pendula*) a dub zimní (*Quercus petraea* agg.). Mechovému patru dominuje ploník ztenčený (*Polytrichum formosum*), travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*) a rokyt cypřišovitý (*Hypnum cuppresiforme* agg.). V létě 2022 vlivem dlouhotrvajícího sucha došlo k redukci větší populace zimozelenu na 8 prýtlů z původně 20 prýtlů, které jsem zaznamenal na podzim roku 2021. V roce 2023 obě populace zimozelenu měli po 7 prýtech. V těchto lesích kromě zimozelenu roste kociánek dvoudomý (*Antennaria dioica*) a hruštica jednostranná (*Orthilia secunda*).

V okolí železniční stanice Řikonín se nachází 6 populací zimozelenu rostoucí ve vzrostlém boru s příměsí převážně habrů (*Carpinus betulus*). 1 populace zimozelenu se nachází cca 300 metrů severně od železniční stanice Řikonín. Tato populace roste v borovém lese s příměsí listnatých dřevin keřového patra a s dominancí mechu travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*), několik metrů od mladého porostu smrkového lesa. V roce 2023 populace měla 44 prýtlů, které byly značně větvené a okousané, ale nejevili žádné známky kvetení. Zbýlých 5 populací roste asi 1 km západně od železniční stanice Řikonín ve vzrostlém borovém lese s příměsí převážně habrů (*Carpinus betulus*) a dubů (*Quercus petraea* agg.). V jedné populaci zimozelenu opakovaně zaznamenávám disturbance způsobenou vysokou zvěří. V současnou chvíli jsou všechny populace zimozelenu v okolí Řikonína v dobrém stavu, ale z okolního prostředí sem proniká znečištění od velkého množství vyhozeného odpadu z vedlejší části lesa a louky, tato skutečnost může všechny zdejší populace ohrozit a vést k jejich vyhynutí.



Obr. 8 – A) Populace zimozelenu s častou disturbancí způsobenou vysokou zvěří, Řikonín – populace 3, 3. 8. 2023; **B)** Populace zimozelenu v mladém porostu habru (*Carpinus betulus*), Řikonín – populace 7, 3. 8. 2023



Obr. 9 – Mapa současných i vyhynulých anebo nezvěstných populací zimozelenu okoličnatého v okolí Říkonína po roce 2000

V lesích nad Horními Loučkami se nachází 10 populací zimozelenu ve vzrostlém boru s příměsí dubů a smrčků. Bylinné patro je chudé, roste zde jen velmi málo druhů, ale jedná se většinou o ochranný významné druhy např. hruštička zelenokvětá (*Pyrola chlorantha*), hruštica jednostranná (*Orthilia secunda*) a kociánek dvoudomý (*Antennaria dioica*). Předpokládal bych, že v oblasti kolem Horních Louček se můžou postupně objevovat další populace zimozelenu okoličnatého, jelikož několik populací zimozelenu se objevilo na místech, kde jsem při první návštěvě, kterou jsem učinil již v roce 2021, zaznamenal negativní výskyt, ale následující rok se objevilo několik desítek prýtů zimozelenu.

Z toho usuzuji, že zimozelen zde může přežívat ve vegetační dormanci pod zemí a za vhodných podmínek znovu vytvoří nadzemní části.

Jižně od obce Jilmoví s nachází 2 populace zimozelenu. V roce 2022 obě populace dohromady čítali 145 prýtlů, ale v roce 2023 jejich počet klesl na 83 prýtlů a dá se předpokládat, že zimozelen bude v následujících letech postupně ubývat, jelikož lokalita je značně zarostlá semenáčky habru (*Carpinus betulus*) a ostružiníkem (*Rubus* spp.) v bylinném i keřovém patře, vyskytují se zde invazní druhy např. netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*) a starčkovec jestřábníkolistý (*Erechtites hieraciifolius*) i druh silně expanzivní třtina rákosovitá (*Calamagrostis epigejos*).

Poslední populace zimozelenu se nachází severně od obce Skryje, kde ve velkém zástínu přežívá 14 prýtlů zimozelenu okoličnatého. I přes malý počet prýtlů zimozelenu a vysoký zástín, je tato populace zatím stabilní, jelikož se velikost populace od jara roku 2020 nezměnila. Zde doporučuji probírku dřevin keřového a stromového patra listnatých dřevin z důvodu vysokého zástínu, ale nadměrný výřez dřevin může způsobit okamžitý zánik populace, jelikož tato populace je plně přizpůsobená životu ve stínu.

V posledních 20 letech byl zimozelen okoličnatý zaznamenán i v okolí obce Katov, na vrchu Červenice u Kuřimské Nové vsi, v zákrutu řeky Libochovky u obce Lubné a jihozápadně od obce Řikonín (obr. 3). Tyto populace vyhynuly pravděpodobně vlivem zarůstání náletovými dřevinami anebo postupnou degradací zdejších borových porostů vlivem sucha a kůrovce.

3. 1. 6. Loučka

Mikrolokalita Loučka se nachází ve vzrostlém boru v blízkosti menšího smrčku. Ve stromovém patře je kromě borovice lesní (*Pinus sylvestris*), bříza (*Betula pendula*) a smrč (*Picea abies*). Tato lokalita vypadá obdobně jako jiné lokality zimozelenu včetně zástínu a druhového složení. Několik metrů od populace zimozelenu, která čítá pouze 6 prýtlů, se nachází kociánek dvoudomý (*Antennaria dioica*).



Obr. 10 – A) Lokalita Loučka, 5. 8. 2023; **B)** Zimozelen okoličnatý a hruštica jednostranná, Ludkovice, 18. 8. 2022

3. 1. 7. Ludkovice

23 prýtů zimozelenu okoličnatého společně s hrušticí jednostrannou (*Orthilia secunda*) se nachází v lese Sýkoří nedaleko Ludkovic. 19 volně roztroušených prýtů zimozelenu se nachází na ploše 15x15m. Zbylé 4 prýty se nacházejí na druhé straně cesty vedle malého lůmku. Předpokládám, že se pravděpodobně jedná o zbytky původně mnohem větší populace.

Stromové patro je tvořeno hlavně duby a borovicemi. V bylinném patře nalezneme více než 20 druhů rostlin, a to včetně druhů silně nitrofilních např. vlašovičník větší (*Chelidonium majus*) nebo kakost smrdutý (*Geranium robertianum*). Jelikož se zde již začínají vyskytovat i druhy nitrofilní, dá se předpokládat, že v dalších letech zde zimozelen postupně ubývat. K zachování nebo alespoň zlepšení podmínek prostředí pro zimozelen okoličnatý, bych zde doporučil odhrabat spadané dubové listí, které tvoří až 10 cm silnou vrstvu opadu.

3. 1. 8. Březová

Mikrolokalita Březová se nachází v Bílých Karpatech nedaleko Slovenských hranic. V létě 2023 bylo zaznamenáno 5 prýtů zimozelenu pod mladou borovičkou (*Pinus sylvestris*) na hraně svahu v porostu mechu ploníku ztenčeného (*Polytrichum formosum*), jinak převažují mladé buky (*Fagus sylvatica*), přítomno je i několik malých smrčků (*Picea abies*). Lokalita je poměrně těžko přístupná (musí se projít velmi hustým mladým porostem buku).



Obr. 11 – Zimozelen okoličnatý pod mladou borovičkou, Březová, 18. 8. 2022

3. 1. 9. Mirochov

V lesích u Mirochova se vyskytuje již poslední mikrolokalita, která nejspíše brzy vyhyne, jelikož v roce 2023 jsem zaznamenal poslední prýt. Na ostatních mikrolokalitách zimozelen vyhynul někdy kolem roku 2018. Tato jediná mikrolokalita se nachází asi 10 m od silnice z Mirochova do Chlumu u Třeboně. Jedná se o místo s vysokým zástínem, které pravděpodobně je příliš velké na to, aby zde zimozelen přežil. K tomu se přidává, také vysoké znečištění odpadem, které je patrné v celém lese, obzvláště v blízkém okolí silnice.



Obr. 12 – Poslední prýt zimozelenu na lokalitě Mirochov, 25. 3. 2023

Zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*) se zde nachází společně s hrušticí jednostrannou (*Orthilia secunda*). Ve stromovém patře převažuje smrk nad borovicí. Vzhledem k dlouhodobému úbytku zimozelenu v lesích u Mirochova, je pravděpodobně pro záchranu této lokality již příliš pozdě.

3. 1. 10. Čertova šlápota

Čertova šlápota je jediná lokalita zimozelenu bez borovice lesní (*Pinus sylvestris*), ve stromovém patře se nachází dub (*Quercus petraeae* agg.) a v keřovém smrk (*Picea abies*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), buk lesní (*Fagus sylvatica*) a dub červený (*Quercus rubra*). Zimozelen se zde nachází blízko cesty, v takovém okénku, kam borůvčí nezasahuje. Prýty zimozelenu jsou mohutné až 15 cm výšky, v létě roku 2023 zde rostlo 61 prýtů, 14 prýtů kvetlo a 12 z nich úspěšně plodilo. Zástin je nízký vlivem chybějících vzrostlých stromů. Na této lokalitě je zajímavé, že zde dominuje v mechovém patru měřík příbuzný (*Plagiomnium affine*), což u žádné jiné lokality u nás není. Lokalita je ve výborném stavu a populace zimozelenu mírně roste. Management není potřeba.



Obr. 13 – Zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*) v malém okénku borůvčí (*Vaccinum myrtillus*), Čertova šlápota, 25. 8. 2022

3. 1. 11. Výrovčice

Na vrchu Výrovčice jsem zaznamenal 8 populací zimozelenu okoličnatého. Všechny populace zimozelenu se nachází většinou v porostu borůvčí (*Vaccinum myrtillus*) ve vzrostlém boru, v místech s nižším zástínem a vysokou pokryvností mechu – zejména travník Schreberův (*Pleurozium schreberi*). V roce 2023 byly známy 4 větší populace a 3 mikropopulace, všechny populace kvetly, ale pouze některé úspěšně plodily. Prýty zimozelenu jsou obvykle mohutné, i přes 15 cm výšky a často hodně větvené. Dá se předpokládat, že na vrchu Výrovčice existují další populace zimozelenu okoličnatého, které nebyly nalezeny. Stav všech nalezených populací na vrchu Výrovčice je dobrý až vynikající. Management není potřeba.



Obr. 14 – Plodné prýty zimozelenu, Výrovčice – populace 2, 22. 8. 2023

3. 2. Faktory určující velikost populace *Chimaphila umbellata*

Velikost populace se pohybovala od 1 do 500 prýtlů ve 46 populacích zimozelenu (obr. 15A). Velikost populace se průkazně zvětšovala s rostoucím osvětlením (tab. 1, obr. 15B), pokryvností borůvčí a graminoidů (tab. 1, obr. 15C), pokryvností okolních druhů rostlin zahrnující semenáčky listnatých dřevin (tab. 1, obr. 15D), dostupným fosforem (tab. 1, obr. 15E) a pH (tab. 1, obr. 15F). Nebyl nalezen žádný vztah mezi velikostí populace zimozelenu a pokryvností druhů rostlin zahrnující borůvčí, graminoidy i semenáčky listnatých dřevin, N nebo CN ratio (tab. 1).

32 z 46 populací měli alespoň 1 kvetoucí prýtl. Počet kvetoucích prýtlů se pohyboval od 1 do 190 prýtlů (obr. 16A). Frekvence kvetení se v kvetoucích populacích pohybovala mezi 1,95% a 57,14% (obr. 16B). Frekvence kvetení zimozelenu (zahrnutý i nekvetoucí populace) se prokazatelně zvyšovala se světlem (tab. 2, obr. 16C), pokryvností borůvčí a graminoidů (tab. 2, obr. 16D), pokryvností semenáčků listnatých dřevin (tab. 2, obr. 16E) a dostupným fosforem byl nalezen pozitivní vztah (tab. 2, obr. 16F). Nebyl nalezen žádný vztah mezi frekvencí kvetení a pokryvností borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin, pH, N nebo CN ratio (tab. 2). V případě zahrnutí pouze kvetoucích populací vyšel signifikantní vztah pouze se světlem a dostupným fosforem v půdě (tab. 3).

Tab. 1 - Efekt enviromentálních podmínek prostředí na velikost populace zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*). Výsledky jsou založeny na GLM s negativním binomickým rozdělením.

		Pr(> z)	Vztah
Velikost populace	~ osvětlení	0,001	pozitivní
	~ Pokryvnost borůvčí a graminoidů	0,011	pozitivní
	~ Pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin	0,196	
	~ Pokryvnost semenáčků listnatých dřevin	0,026	negativní
	~ P	0,002	pozitivní
	~ pH	< 0,001	negativní
	~ N	0,317	
	~ CN ratio	0,475	

Tab. 2 - Efekt enviromentálních podmínek prostředí na frekvenci kvetení (zahrnutý nekvetoucí populace) zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*). Výsledky jsou založeny na GLM s quasipoisson rozdělením.

		Pr(> t)	Vztah
Frekvence kvetení^A	~ Osvětlení	0,003	pozitivní
	~ Pokryvnost borůvčí a graminoidů	0,016	pozitivní
	~ Pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin	0,137	
	~ Pokryvnost semenáčků listnatých dřevin	0,020	negativní
	~ P	0,004	pozitivní
	~ pH	0,066	
	~ N	0,234	
	~ CN ratio	0,722	

^A Zahrnuje všechny populace (včetně nekvetoucích)

Tab. 3 - Efekt enviromentálních podmínek prostředí na frekvenci kvetení (pouze kvetoucí populace) zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*). Výsledky jsou založeny na GLM s quasipoisson rozdělením.

		Pr(> t)	Vztah
Frekvence kvetení^B	~ Osvětlení	0,048	pozitivní
	~ Pokryvnost borůvčí a graminoidů	0,064	
	~ Pokryvnost borůvčí, graminoidů a semenáčků listnatých dřevin	0,165	
	~ Pokryvnost semenáčků listnatých dřevin	0,154	
	~ P	0,040	pozitivní
	~ pH	0,527	
	~ N	0,076	
	~ CN ratio	0,511	

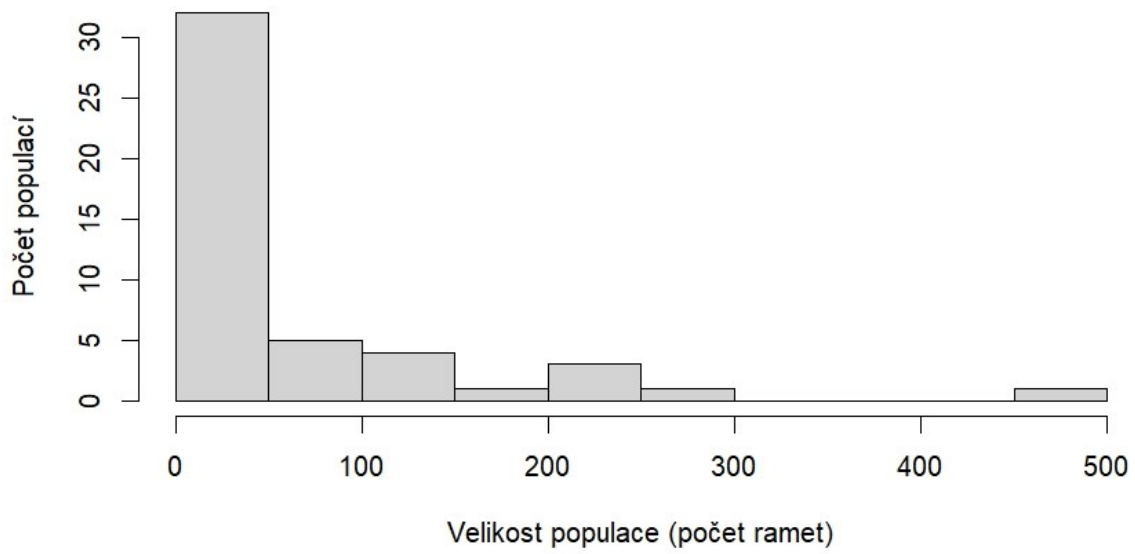
^B Zahrnuje pouze kvetoucí populace

3.3. Druhové složení

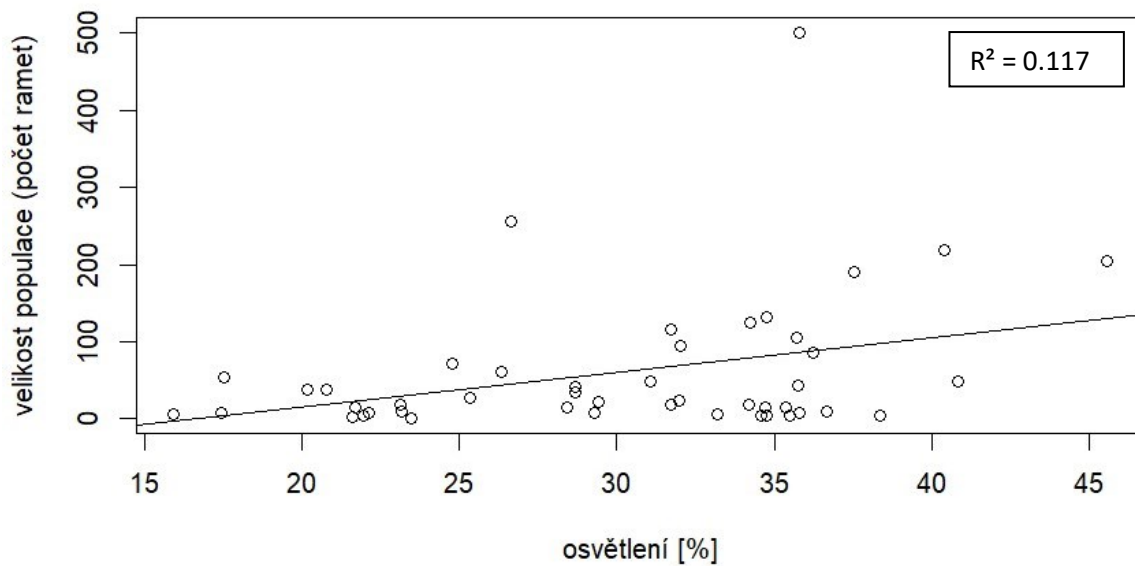
V první mnohorozměrné analýze pomocí RDA, která zahrnovala pouze bylinné patro, vyšli signifikantní 4 proměnné vysvětlující druhové složení na lokalitách: nadmořská výška, sklon svahu, osvětlení a pH (obr. 17). Pravá část obrázku ukazuje vegetaci kyselého boru, kde je vidět i zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*) a levá část ukazuje vegetaci doubravy či dubohabřiny. Procenta vysvětlené variability jednotlivých os viz. obr. 17.

V dalších mnohorozměrných analýzách jsem testoval, v jakém vegetačním složení se zimozelenu nejvíce daří. Testoval jsem postupně 3 charakteristiky populací zimozelenu. Všechny charakteristiky vyšli signifikantně a zobrazují se v kyselém boru s minimem druhů (obr. 18). Vysvětlená variabilita počtu prýtlů 4,1 % (obr. 18A). Vysvětlená variabilita frekvence kvetení 4,8 % (obr. 18B). Vysvětlená variabilita kvete/nekvete 5,8 % (obr. 18C).

A)

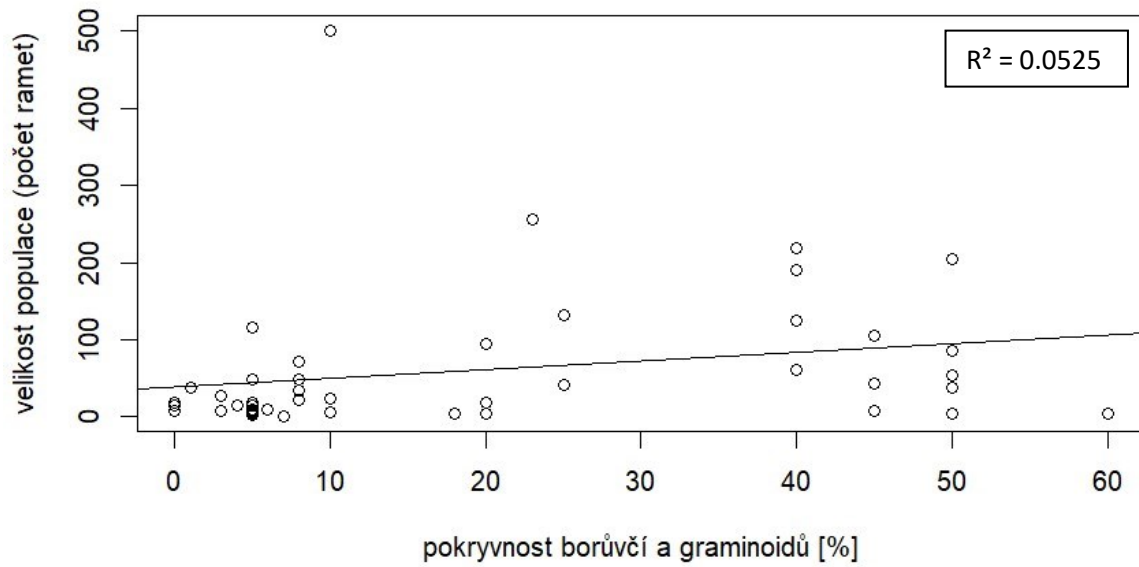


B)

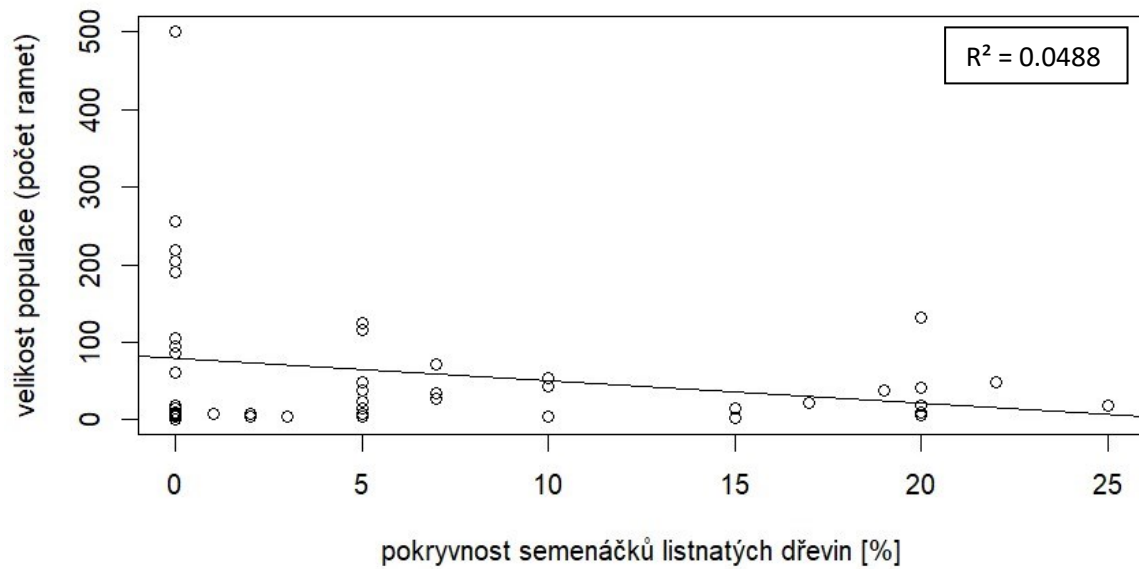


Obr. 15 – A) Distribuce velikosti populací (počet ramet); **B)** Závislost velikosti populace zimozelenu okoličnatého na osvětlení

C)

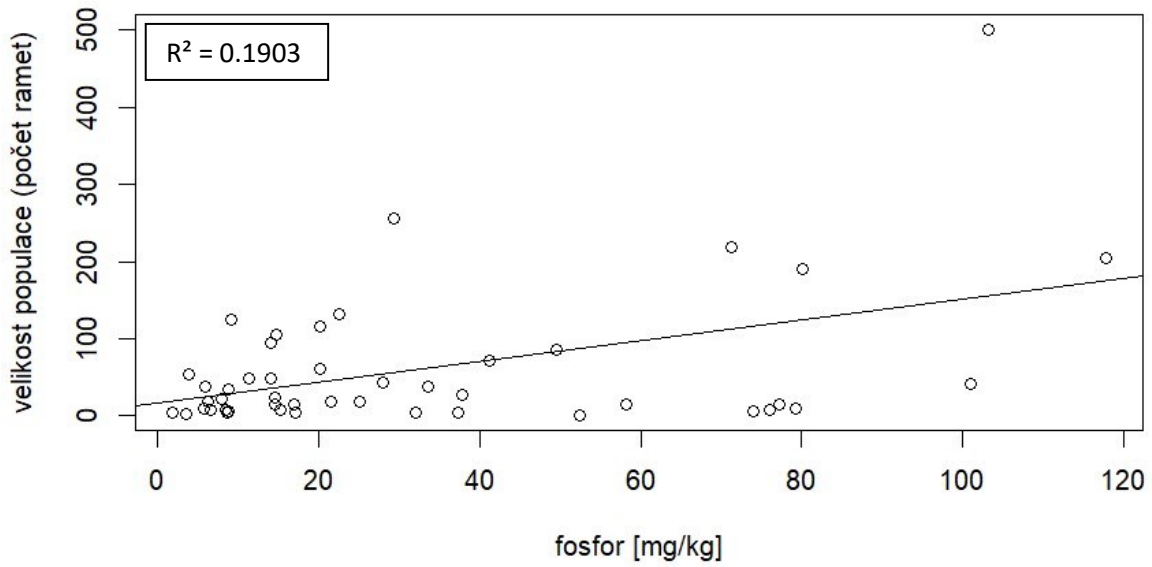


D)

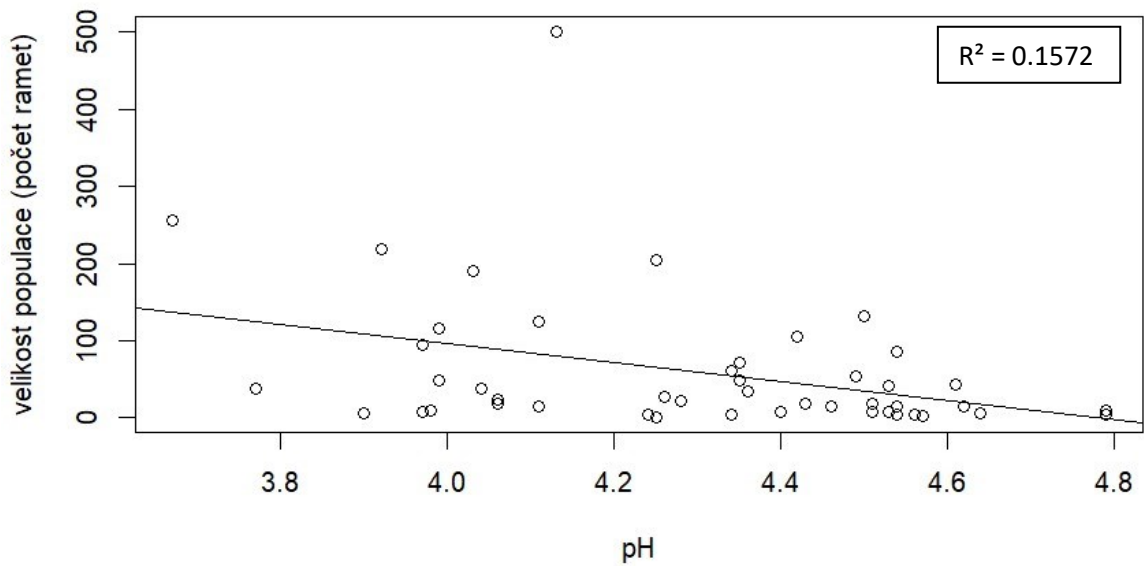


Obr. 15 – C) Závislost velikosti populace zimozelenu okoličnatého na pokryvnosti borůvčí (*Vaccinium myrtillus*) a graminoidů; **D)** Závislost velikosti populace zimozelenu okoličnatého na pokryvnosti semenáčků listnatých dřevin

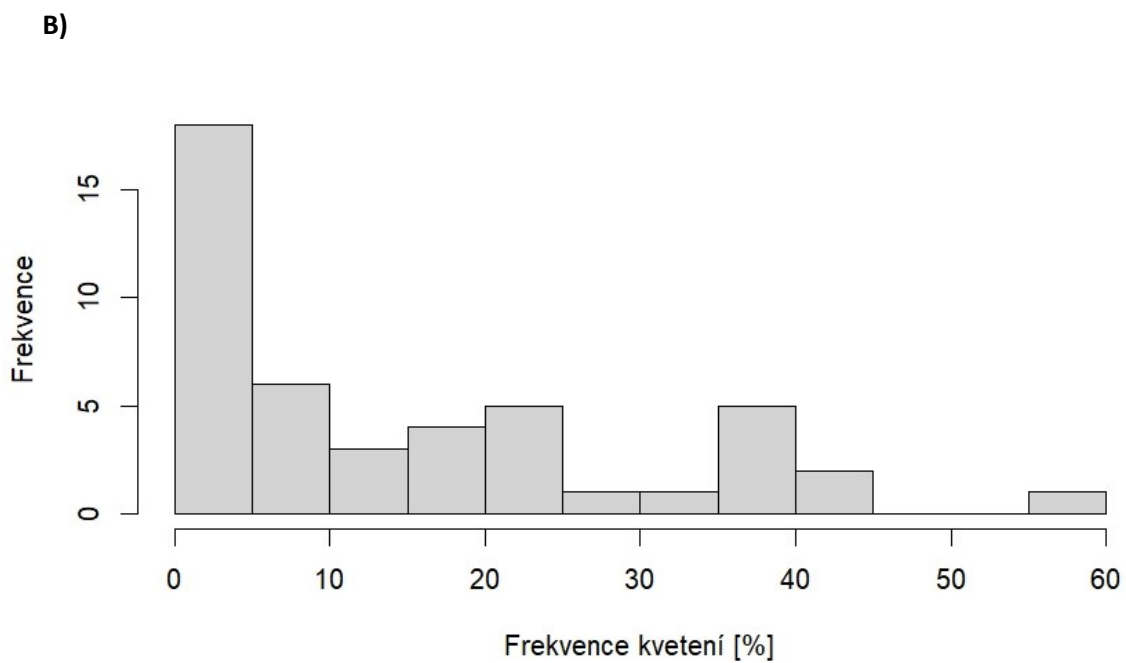
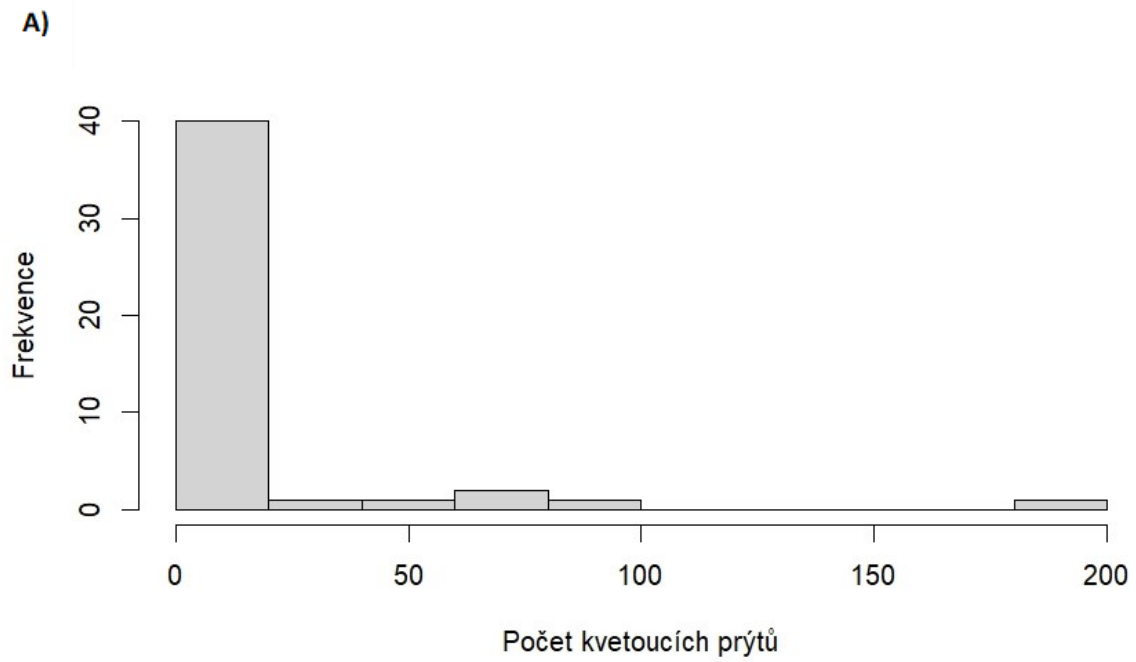
E)



F)

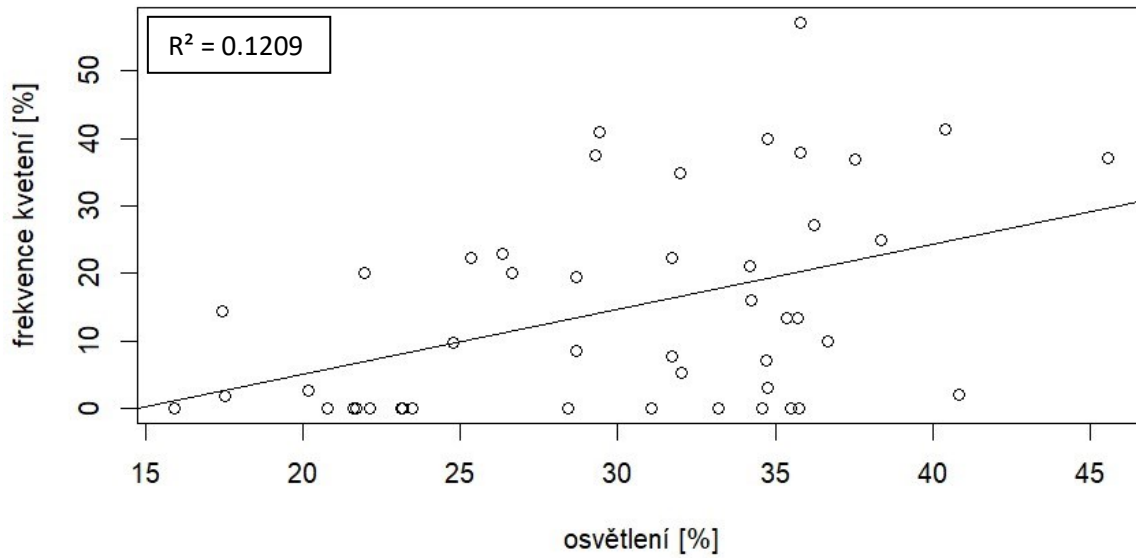


Obr. 15 – E) Závislost velikosti populace zimozelenu okoličnatého na dostupném fosforu; **F)** Závislost velikosti populace zimozelenu okoličnatého na pH

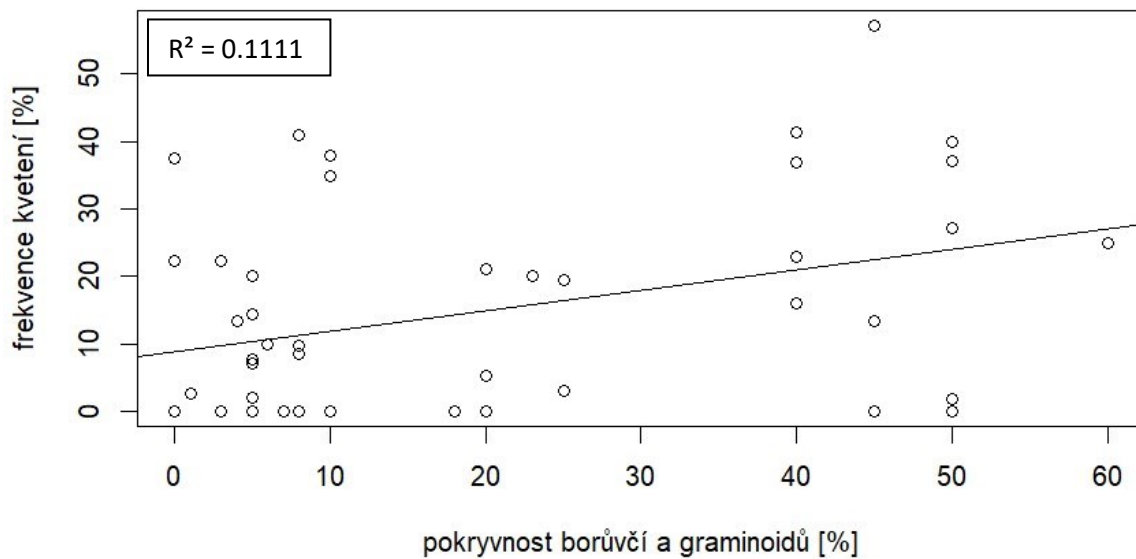


Obr. 16 – A) Distribuce kvetoucích prýtů v populacích zimozelenu; **B)** Frekvence kvetení ve všech populacích zimozelenu

C)

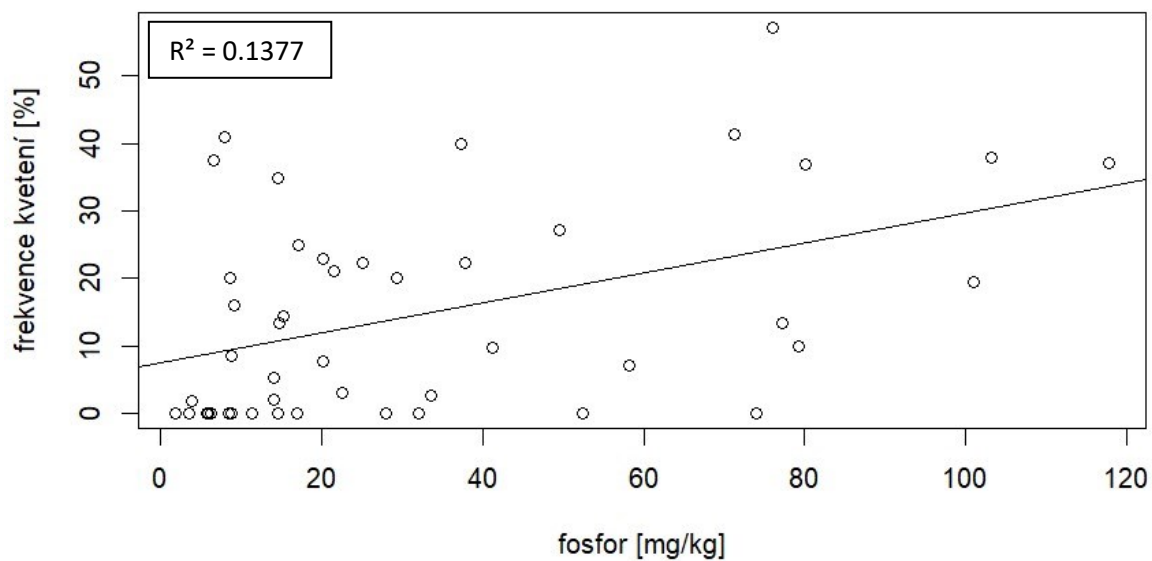


D)

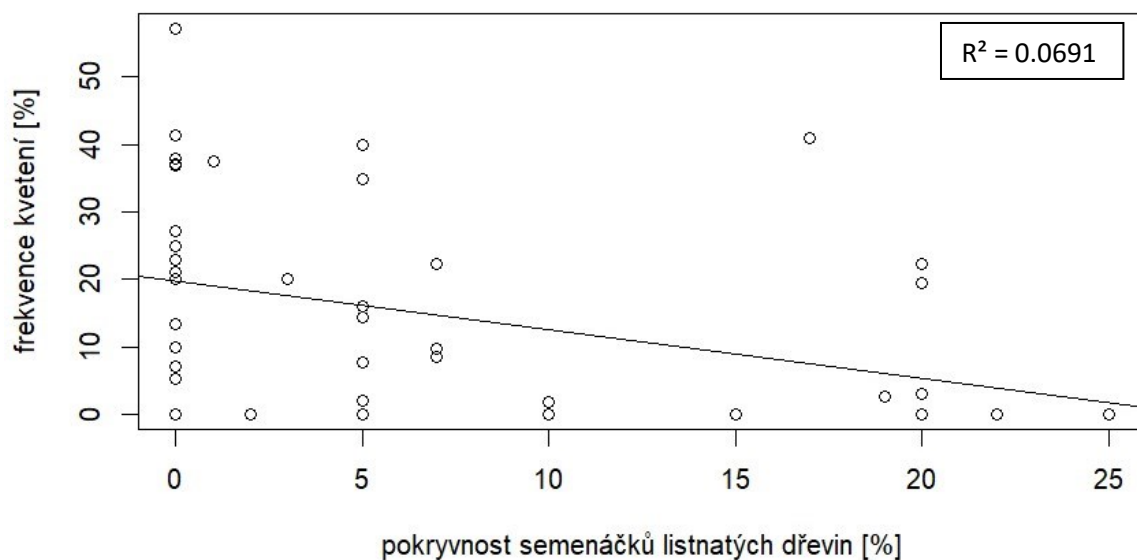


Obr. 16 – C) Závislost frekvence kvetení zimozelenu okoličnatého na osvětlení; **D)** Závislost frekvence kvetení zimozelenu okoličnatého na pokryvnosti borůvčí (*Vaccinum myrtillus*) a graminoidů

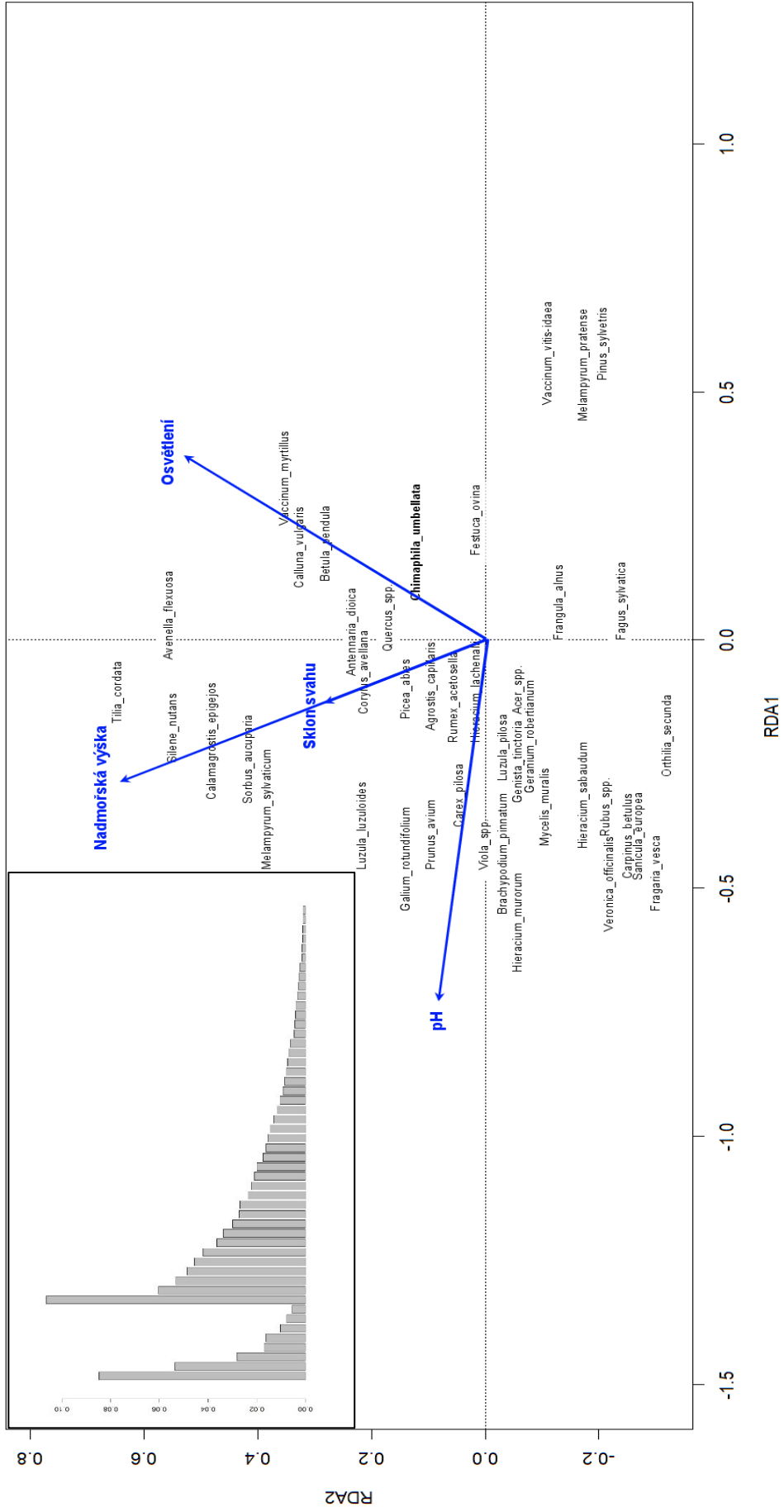
E)



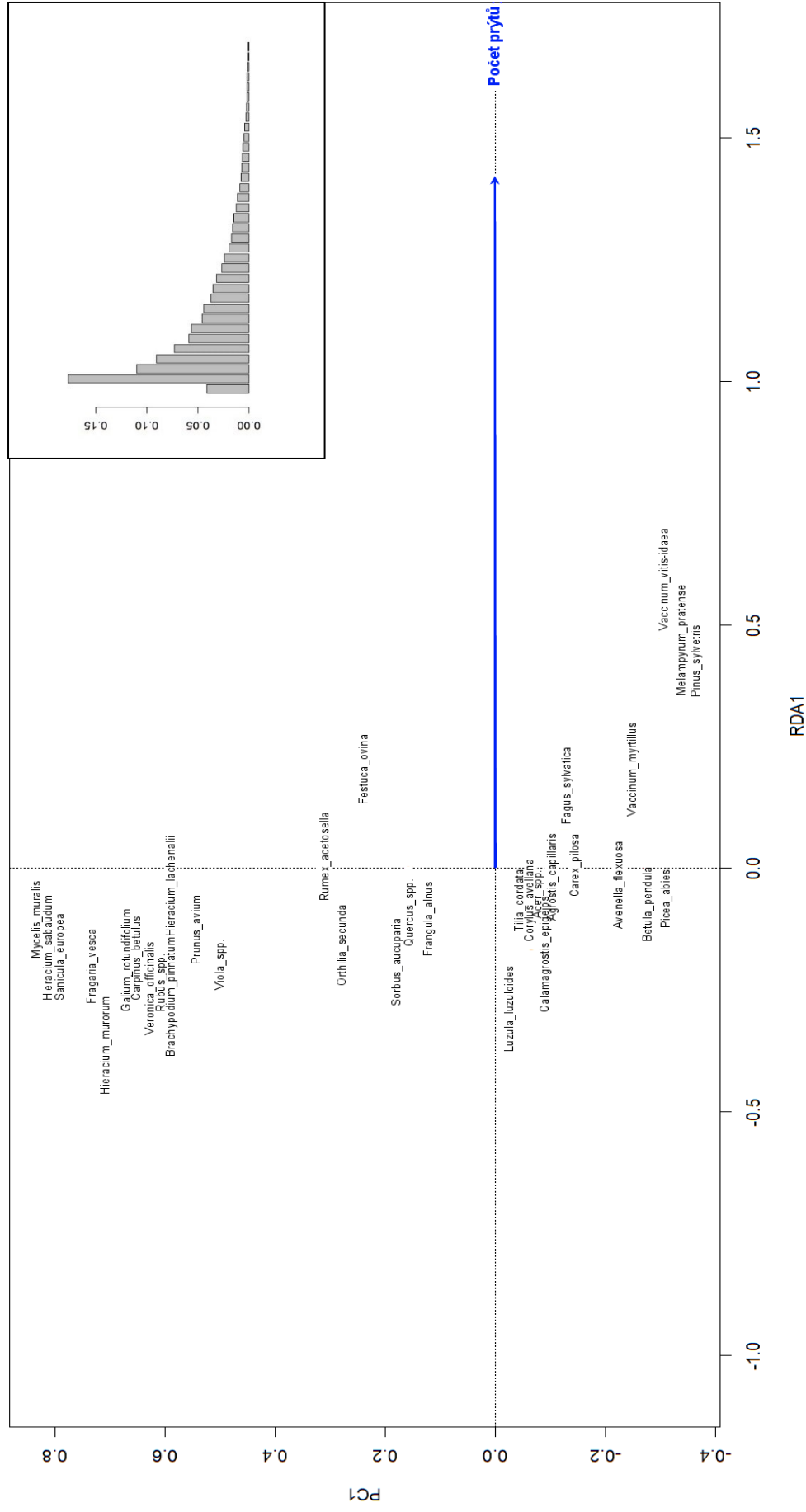
F)



Obr. 16 – E) Závislost frekvence kvetení zimozelenu okoličnatého na pokryvnosti semenáčků listnatých dřevin; **F)** Závislost frekvence kvetení zimozelenu okoličnatého na dostupném fosforu

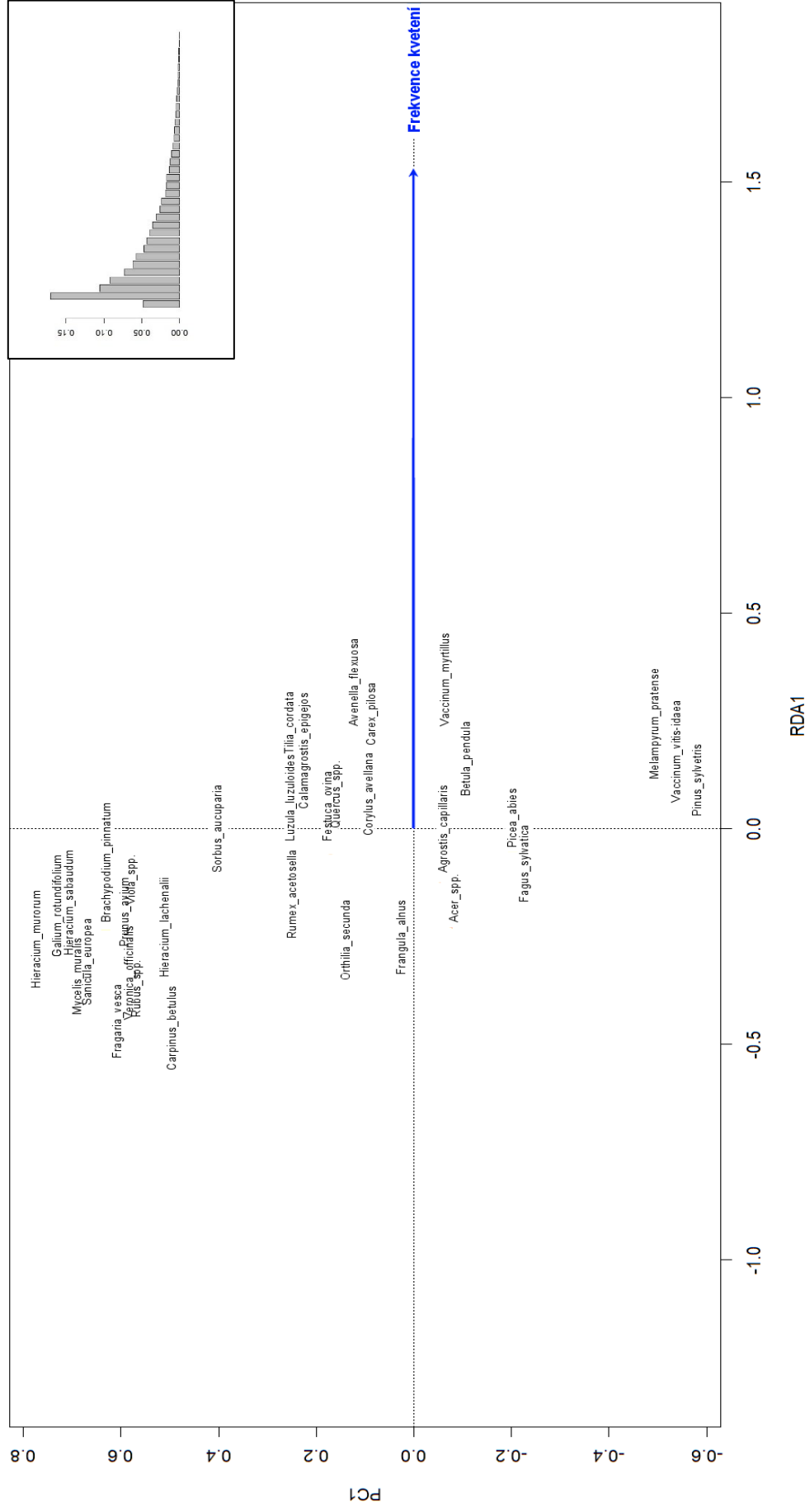


A)



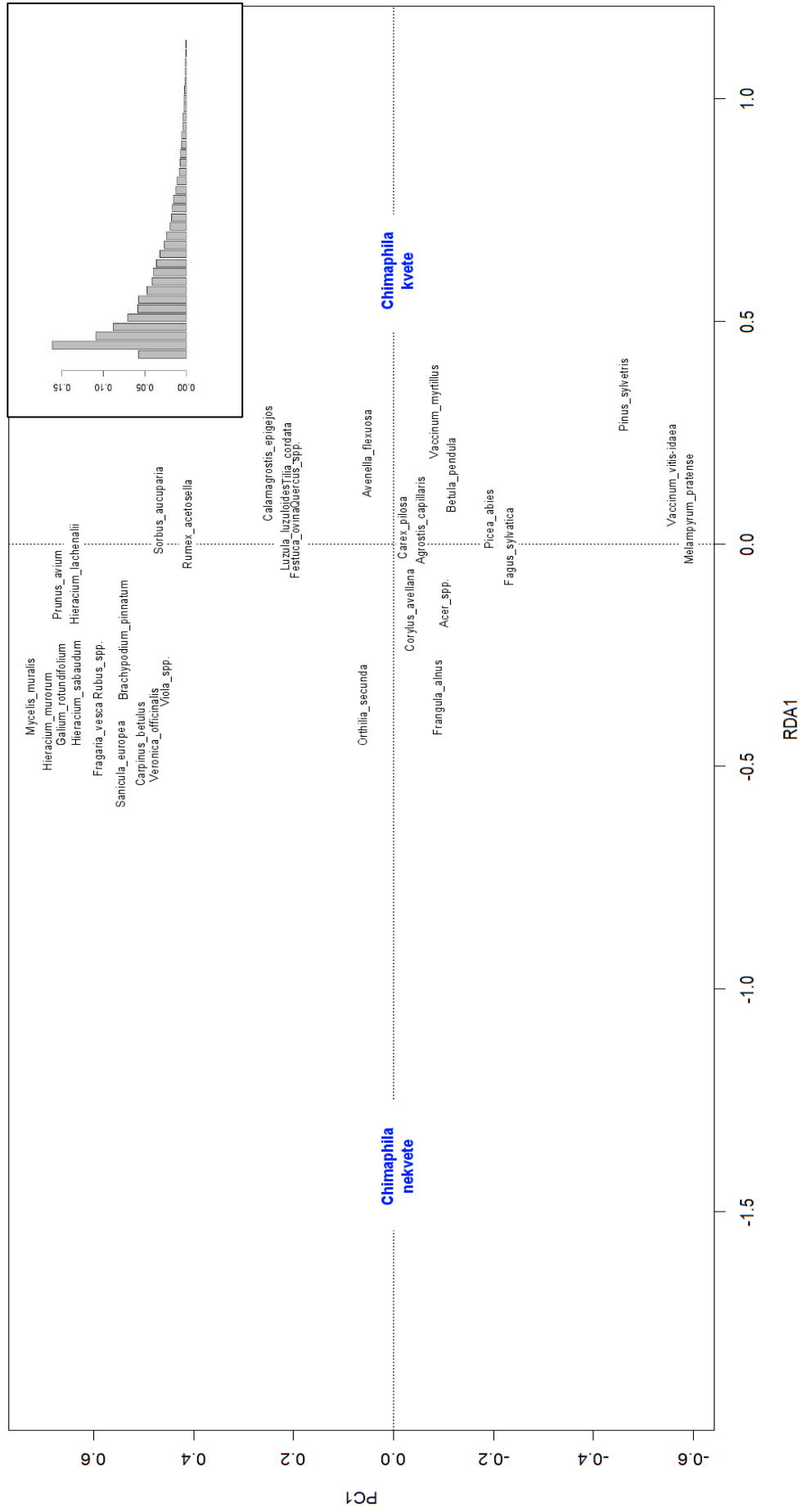
Obr. 18 – A) RDA – počet prýtů, v pravém horním rohu: Proporce variability vysvětlená jednotlivými osami; 1. osa vysvětluje 4,1 % variability

B)



Obr. 18 – B) RDA – frekvence kvetení; v pravém horním rohu: Proporce variability vysvětlené jednotlivými osami; 1. osa vysvětluje 4,8 % variability

c)



Obr. 18 – C) RDA – kvete/nekvete; v pravém horním rohu: Proporce variability vysvětlen jednotlivými osami; 1. osa vysvětluje 5,8 % variability

4. Diskuze

4. 1. Současnost i historie rozšíření *Chimaphila umbellata*

V České republice jsem našel 11 lokalit, kde se zimozelen okoličnatý stále vyskytuje, což je pouze malé procento původních lokalit zimozelenu okoličnatého u nás. Všechny současně známé populace pravděpodobně vznikly již před několika desítkami let a jsou pravděpodobně tvořeny pouze dospělými rostlinami. Alespoň nic nenaznačuje, že by se tam vyskytovaly i semenáčky zimozelenu.

Jednotlivé lokality zimozelenu okoličnatého (*Chimaphilla umbellata*) se vegetačně od sebe značně odlišují. Značná odlišnost jednotlivých lokalit zimozelenu mezi sebou, dlouhověkost zimozelenu a jeho vysokou toleranci i k nevhodným podmínkám prostředí znesnadňuje interpretaci získaných dat. Odlišnost jednotlivých lokalit zimozelenu může naznačovat, že se jedná o tzv. zbytkové populace, které klesají v rychlosti v růstu, ale stále zůstávají v krajině (Eriksson, 1996, 2000). Jako zbytkové populace označujeme populace, které klesají, ale jejich rychlost poklesu je tak pomalá, že populace mohou být stále přítomny i několik desetiletí po významné změně v obhospodařování např. ukončení pastvy (Johansson et al., 2011). Výsledkem je, že současné rozšíření rostlinných druhů odráží spíše historickou než současnou konfiguraci krajiny (Helm et al., 2006; Lindborg & Eriksson, 2004).

Současná distribuce okoličnatého zimozelenu souvisí pravděpodobně s konfigurací krajiny před 50-100 lety, kdy došlo k drastickému snížení počtu a velikostí populací zimozelenu. Tehdy došlo k významné změně v hospodaření evropských lesů a opuštění některých historických lesních managementů jako je lesní pastva domácích zvířat, sklizeň hrabanky jako stelivo pro zvířata, kosení trávy či výmladkové hospodaření lesa (Kirby & Watkins, 1998; Szabó & Hédli, 2013), které mělo za následek snížení diverzity různých skupin druhů, včetně motýlů, brouků a také rostlin (Hédli et al., 2010; Wohlgemuth et al., 2002). Lesní pastva a sklizeň hrabanky pravděpodobně podporovala výskyt zimozelenu u nás. Lesní pastva prosvětluje lesní porost, narušuje lesní podrost a preferenčně zmlazuje světlomilnější druhy dřevin jako jsou borovice, jalovec či dub. Sklizeň hrabanky narušovala mírně strukturu půdy a odváděla z lesa živiny, což zimozelenu i dalším vzácným lesním druhům pravděpodobně vyhovovalo. Určitou roli k úbytku druhů mohla hrát zvýšená deposice dusíku v atmosféře ve druhé polovině 20. století (Thimonier et al., 1994; Verheyen et al., 2012).

U zimozelenu jsem také pozoroval vegetativní dormanci, tedy dočasná absence nadzemního růstu, která může trvat řádově jeden či více let (Shefferson et al., 2018), ale zimozelen možná může přežít ve vegetační dormanci i po několik desetiletí, vzhledem k udávanému dožití některých klonálních rostlin, který může dosáhnout 50 až několik tisíc let (de Witte & Stöcklin, 2010). V případě dlouhotrvající vegetativní dormance, se domnívám, že může velkou roli hrát mykoheterotrofie druhu, přestože se v současnosti tvrdí, že je zimozelen v dospělosti primárně autotrofní (Hynson et al., 2013).

Vegetativní dormance může podhodnocovat množství populací zimozelenu u nás, které jsem při průzkumu našel.

4. 2. Faktory určující velikost populace *Chimaphila umbellata*

Byl nalezen pozitivní vztah mezi velikostí populace a dostupností světla, což by mohlo být dáno s lepší schopností fotosyntetizovat a schopností získat více zdrojů, které může zimozelen dále investovat do sexuálního i klonálního rozmnožování, ale v práci (Lundell et al., 2015) mezi velikostí populace a dostupností světla nenašli žádný vztah. Jelikož zimozelen okoličnatý patří mezi rostliny tolerantní stínu, tak samozřejmě množství světla, které dokáže tolerovat bude omezeno. Stinné nebo stínu odolné rostliny jsou přizpůsobeny životu ve stínu, a proto jsou většinou citlivé na silné nebo přímé sluneční světlo, což může být způsobeno škodlivými účinky přímého slunečního záření, jako je fotooxidace, zvýšená teplota či nízká rychlost transpirace (Mahanty, 2023). Příbuzné hruštičky (*Pyrola* spp.) jsou schopné podobně jako zimozelen prospívat i ve velmi vysokém stínu, ale jsou schopné přežít i 100 % denní světlo. Příkladem je hruštička okrouhlolistá (*Pyrola rotundifolia* ssp. *maritima*) z východní Anglie, která rostla na místech se 100% denním světlem, ale její listy byly zelenožluté, což zřejmě značí sníženou vitalitu (Hunt & Hope-Simpson, 1990). Ale na hrušticí jednostranné (*Orthilia secunda*) bylo pozorováno významně nižší přežití rostlin při vyšších hodnotách dopadajícího světla (Wesser, 1991).

Mezi frekvencí kvetení a dostupností světla byl také nalezen pozitivní vztah, což je v souladu s očekáváním i s předchozím zjištěním v práci (Lundell et al., 2015). Pozitivní vztah mezi frekvencí kvetení a dostupností světla je typický pro většinu lesních druhů odolné stínu (Grime, 2001) a je známý i u jiných klonálních lesních bylin např. *Maianthemum dilatatum* (Lezberg et al., 2001).

Nalezl jsem podporu pro pozitivní vztah mezi velikostí populace a pokryvností brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a graminoidy, což je v rozporu s poznatkami o zimozelenu okoličnatém ze Švédska (Lundell et al., 2015). Zvýšená konkurence borůvčí (*Vaccinium myrtillus*) a graminoidů byla navržena jako jedna z možných příčin významného poklesu zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*) v důsledku moderních lesnických postupů (Maad et al., 2009). Ale v našich podmínkách mohl zimozelen naopak přežívat i v silně konkurenčním prostředí v místech s nízkým zástínem, kde jim borůvčí a graminoidy poskytovaly dostatečnou ochranu před sluncem během léta. Tato myšlenka by mohla být podpořena tím, že naše největší a nejvíce prosperující populace zimozelenu okoličnatého se nacházejí právě v místech s vyšší hustotou borůvčí anebo graminoidů, a zároveň stromové patro je prořídle (Canopy Cover Index se v létě 2023 v těchto populacích pohyboval kolem 60 %). Nutno podotknout, že mezi graminoidy se nejčastěji vyskytoval psineček obecný (*Agrostis capillaris*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a kostřava ovčí (*Festuca ovina*), které zimozelenu příliš nekonkurují.

Byl zjištěn negativní vztah mezi velikostí populace a pokryvností semenáčku listnatých rostlin i mezi frekvencí kvetení a pokryvností semenáčků listnatých rostlin. Semenáčky listnatých rostlin pravděpodobně významně zastiňují rostliny zimozelenu, což může mít na zimozelen negativní dopad.

Z mnou provedené analýzy se zdá, že množství dusíku v půdě nemá žádný vliv na velikost populace ani frekvenci kvetení zimozelenu, ale vyšší množství dusíku v půdě podporuje růst ostatních druhů rostlin, které mohou náhle zimozelen úplně vytlačit. Vyšší množství dusíku v půdě má negativní vliv na produkci semen zimozelenu (Lundell et al., 2015).

Byl nalezen pozitivní vztah mezi velikostí populace a dostupným fosforem v půdě i mezi frekvencí kvetení a dostupným fosforem v půdě. Dostatek dostupného fosforu v půdě zřejmě přispívá k dobrému růstu dospělých rostlin zimozelenu okoličnatého, včetně častějšího kvetení. Ale přebytek fosforu, může negativně ovlivnit růst zimozelenu, zejména v jeho juvenilní fázi (Johansson & Eriksson, 2013). Přebytek fosforu může být jedním s hlavních důvodů, proč nedochází ke vzniku žádných nových populací na lokalitě VKP Zimozelen, přestože zde dochází k vysoké produkci semen a okolní prostředí se dle mého názoru zdá vhodné pro kolonizaci. Druhou možností je nepřítomnost mykorhizních hub potřebných pro klíčení zimozelenu. Mykorhizní houby potřebné ke klíčení zimozelenu jsou vázány především na mrtvé dřevo (Jonsson et al., 2005), které na lokalitě chybí.

Vyšel negativní vztah mezi velikostí populace a pH půdy. Kyselé pH (3,8 - 4,8) pravděpodobně dává zimozelenu konkurenční výhodu nad ostatními rostlinami. Půdní pH má výrazný vliv na geochemické procesy a výrazně ovlivňuje dostupnost živin rostlinami. Růst rostlin v kyselých půdách může být omezen různými druhy faktorů, včetně přímého účinku pH (nadměrná koncentrace H iontů) vyšší koncentrací prvků hlavně kovů, které jsou pro rostliny toxické např. Al a Mn, jiné prvky se naopak stávají méně dostupnými např. Ca, Mg, P (Adams, 1981). U čeledi vřesovcovité (*Ericaceae*), kam patří i zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*), se proto vyvinula erikoidní mykorhiza, která pomáhá rostlinám získávat špatně dostupné živiny např. N a P (Read, 1996), které si sama nedokáže z půdy vzít. Dospělým rostlinám hodně kyselá pH zřejmě příliš nevádí, ale úplně naopak je tomu u klíčení zimozelenu i dalších hruštiček, které je naopak podporováno vyšším půdním pH (Johansson & Eriksson, 2013). Mezi frekvencí kvetení a pH půdy žádný vztah nalezen nebyl.

4. 3. Druhové složení

V první mnohorozměrné analýze RDA jsem našel mírnou podporu, že složení druhů na lokalitách zimozelenu je ovlivněno hlavně nadmořskou výškou, sklonem svahu, osvětlením a pH půdy. Zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*) se zobrazil do kyselého boru. V dalších mnohorozměrných analýzách RDA jsem postupně testoval 3 charakteristiky populací zimozelenu. Všechny testované charakteristiky populací zimozelenu zahrnující počet prýtlů, frekvenci kvetení a

kvete/nekvete jsou vyšší v kyselém boru s minimem druhů než v borové doubravě nebo dubohabřině. To odpovídá jeho cirkumboreálnímu rozšíření, což je vegetační pásmo s dominancí kyselých borů s minimem druhů vyšších rostlin. Domnívám se, že borové doubravy či dubohabřiny, ve kterých zimozelen u nás aktuálně roste vznikly pravděpodobně degradací původně borových porostů nebo mohli být udržovány tehdejším lesním hospodářstvím jako lesní pastva či sklizeň hrabanky, které zamezovali většímu zarůstání vegetací.

5. Závěr

Zimozelen okoličnatý (*Chimaphila umbellata*) se v České republice nachází na 11 lokalitách. Jednotlivé lokality zimozelenu okoličnatého (*Chimaphilla umbellata*) se vegetačně od sebe značně odlišují. Jedná se o kyselé borové lesy s minimem druhů až o borové doubravy či dubohabřiny s až 30 druhy v bylinném patře. Značná odlišnost jednotlivých lokalit zimozelenu mezi sebou a dlouhověkost zimozelenu a jeho vysokou toleranci i k nevhodným podmínkám prostředí, znesnadňuje identifikaci podmínek prostředí, ve kterém se zimozelenu skutečně daří. Z vlastního pozorování a na základě provedených analýz usuzuji, že většina populací až na několik výjimek je v dobrém stavu a zatím nehrozí jejich zánik, ale to se může jednoduše změnit při jakékoliv větší či menší změně podmínek prostředí na lokalitě, jelikož si myslím, že na každé lokalitě se zimozelen přizpůsobil podmínkám prostředí dané lokality. Domnívám se, že největším nebezpečím pro zimozelen okoličnatý u nás jsou v současnosti dlouhodobá sucha a odumírání borovic vlivem sucha či kůrovce.

Z analýz vyplývá, že osvětlení, pokryvnost borůvčí a graminoidů a dostupný fosfor má pozitivní vliv na velikost populace i frekvence kvetení zimozelenu. A naopak je zimozelen negativně ovlivněn semenáčky listnatých dřevin. Ale je důležité si uvědomit, že zjištěné výsledky platí pouze pro dospělé rostliny zimozelenu, a nedají se vztáhnout na semenáčky rostlin, které vyžadují pravděpodobně jiné nebo dokonce opačné hodnoty pro osvětlení, dostupný fosfor v půdě, dusík v půdě či pH půdy, než je tomu u dospělých rostlin zimozelenu.

I přes dlouhověkost a toleranci se počty prýtů v populaci zimozelenu můžou zásadně měnit i během jednoho roku. Hlavním faktorem vysoké fluktuace počtu prýtů zimozelenu v populaci jsou na základě mého pozorování dlouhodobá sucha, kdy nezapršelo i několik měsíců a následně došlo k většímu poklesu počtu prýtů v populaci. Ale v tuto chvíli se jedná o moji vlastní spekulaci, která není podpořena žádnými sebranými daty.

Na většině lokalitách není potřeba žádný pravidelný management. V některých populacích by se mohla udělat probírka keřového a stromového patra listnatých dřevin, ale dle mého názoru je potřeba aby se jednalo o zásah malého rozsahu, kdy se sníží zástin maximálně o 5-10 procent, když se to přežene, může to mít na populaci negativní účinek. Dalším možným typem managementu je lesní pastva či sklizeň hrabanky, které sníží přísun dusíku do půdy a zároveň dojde k mírnému narušení půdy. Lesní pastva by také mohla přispět k redukci semenáčků listnatých dřevin, které mají zřejmě negativní vliv na velikost populace i frekvenci kvetení zimozelenu.

I přes hodně prací ze zahraničí zabývajících se zimozelenem okoličnatým stále nemáme dostatek informací k tomu, abychom tento druh mohli efektivně chránit. Moje zjištěné informace pomohou k lepší ochraně stávajících populací zimozelenu, aby razantně neubýval, ale nedokážou odpovědět, jak podpořit jeho šíření. Určitě by to chtělo se nadále zabývat populační biologii tohoto druhu, jelikož plno

otázek o jeho životním cyklu je stále nezodpovězeno. V našich populacích zimozelenu by stálo prostudovat jejich genetickou diverzitu, která nám může říct, jestli se populace zimozelenu skládají z jednoho či více geneticky rozdílných jedinců, což by mělo zásadní vliv na interpretaci získaných populačních dat. Dále by bylo potřeba studovat genetickou diverzitu hub, které jsou přítomny na lokalitách zimozelenu. Poznání diverzity hub přítomných na lokalitách zimozelenu, by nám mohli odpovědět, jestli je vůbec možné, aby na nich zimozelen vyklíčil kvůli potřebě specifických hub při klíčení zimozelenu.

6. Použitá literatura

- Adams, F. (1981). Nutritional imbalances and constraints to plant growth on acid soils. *Journal of Plant Nutrition*, 4(2), 81-87. <https://doi.org/10.1080/01904168109362905>
- Anderberg, A. A. (1993). Cladistic interrelationships and major clades of the *Ericales* [Article]. *Plant Systematics and Evolution*, 184(3-4), 207-231. <https://doi.org/10.1007/bf00937436>
- Antos, J. A., Zobel, D. B., & Fischer, D. G. (2021). Belowground morphology and population dynamics of two forest understory herbs of contrasting growth forms. *Botany*, 99(9), 569-580. <https://doi.org/10.1139/cjb-2021-0035>
- de Witte, L., & Stöcklin, J. (2010). Longevity of clonal plants: Why it matters and how to measure it. *Annals of botany*, 106, 859-870. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq191>
- Eriksson, O. (1996). Regional Dynamics of Plants: A Review of Evidence for Remnant, Source-Sink and Metapopulations. *Oikos*, 77(2), 248-258. <https://doi.org/10.2307/3546063>
- Eriksson, O. (2000). Functional Roles of Remnant Plant Populations in Communities and Ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 9(6), 443-449.
- Eriksson, O. (2022). Floristic Legacies of Historical Land Use in Swedish Boreo-Nemoral Forests: A Review of Evidence and a Case Study on *Chimaphila umbellata* and *Moneses uniflora*. *Forests*, 13(10), Article 1715. <https://doi.org/10.3390/f13101715>
- Figura, T., Tylova, E., Soch, J., Selosse, M. A., & Ponert, J. (2019). In vitro axenic germination and cultivation of mixotrophic *Pyroloideae* (*Ericaceae*) and their post-germination ontogenetic development [Article]. *Annals of Botany*, 123(4), 625-639. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy195>
- Fürth, P. (1920). *Zur Biologie und Mikrochemie einiger Pirola-Arten*. éditeur non identifié.
- Grevillius AY, & Kirchner, O. (1925). *Monotropaceae* In K. O (Ed.). In: Kirchner O, Loew E, Schröter C, eds. *Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas*. Eugen Ulmer Verlag, Band 4, Abt.1.181–243.
- Grime, J. P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. Wiley.
- Grulich, V., & Chobot, K. (2017). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Cévnaté rostliny. *Red List of Threatened Species of the Czech Republic. Vascular Plants*.
- Hashimoto, Y., Fukukawa, S., Kunishi, A., Suga, H., Richard, F., Sauve, M., & Selosse, M. A. (2012). Mycoheterotrophic germination of *Pyrola asarifolia* dust seeds reveals convergences with germination in orchids [Article]. *New Phytologist*, 195(3), 620-630. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04174.x>
- Hejný, S. (1990). *Květena České Republiky 2: Flora of the Czech Republic 2*. Academia.
- Helm, A., Hanski, I., & Pärtel, M. (2006). Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation. *Ecology letters*, 9, 72-77. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00841.x>
- Holen, L. (2014). Root associated fungi on *Chimaphila umbellata* in south-eastern Norway.
- Hrouda, L. (2002). *Klíč ke květeně České republiky*. Academia.
- Hunt, R., & Hope-Simpson, J. F. (1990). Growth of *Pyrola rotundifolia* ssp. *Maritima* in Relation to Shade. *The New Phytologist*, 114(1), 129-137.
- Hynson, N. A., Preiss, K., Gebauer, G., & Bruns, T. D. (2009). Isotopic evidence of full and partial myco-heterotrophy in the plant tribe *Pyroleae* (*Ericaceae*) [Article]. *New Phytologist*, 182(3), 719-726. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02781.x>
- Hynson, N. A., Weiß, M., Preiss, K., Gebauer, G., & Treseder, K. K. (2013). Fungal host specificity is not a bottleneck for the germination of *Pyroleae* species (*Ericaceae*) in a Bavarian forest. *Molecular Ecology*, 22(5), 1473-1481. <https://doi.org/10.1111/mec.12180>
- Hédli, R., Kopecký, M., & Komárek, J. (2010). Half a century of succession in a temperate oakwood: from species-rich community to mesic forest. *Diversity and Distributions*, 16(2), 267-276.
- Johansson, V., Cousins, S., & Eriksson, O. (2011). Remnant Populations and Plant Functional Traits in Abandoned SemiNatural Grasslands. *Folia Geobotanica - FOLIA GEOBOT*, 46, 165-179. <https://doi.org/10.1007/s12224-010-9071-8>

- Johansson, V., Mikusinska, A., Ekblad, A., & Eriksson, O. (2014). Partial mycoheterotrophy in *Pyroleae*: nitrogen and carbon stable isotope signatures during development from seedling to adult. *Oecologia*, 177. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3137-x>
- Johansson, V. A., Bahram, M., Tedersoo, L., Koljalg, U., & Eriksson, O. (2017). Specificity of fungal associations of *Pyroleae* and *Monotropa hypopitys* during germination and seedling development [Article]. *Molecular Ecology*, 26(9), 2591-2604. <https://doi.org/10.1111/mec.14050>
- Johansson, V. A., & Eriksson, O. (2013). Recruitment limitation, germination of dust seeds, and early development of underground seedlings in six *Pyroleae* species [Article]. *Botany-Botanique*, 91(1), 17-24. <https://doi.org/10.1139/cjb-2012-0153>
- Jonsson, B., Kruys, N., Ranius, T., & Kruys, B. (2005). Ecology of species living on dead wood - Lessons for dead wood management. *Silva Fennica*, 39. <https://doi.org/10.14214/sf.390>
- Kaplan, Z., & Danihelka, J. (2019). *Klíč ke květeně České republiky*. Academia.
- Kirby, K. J., & Watkins, C. (1998). *The ecological history of European forests*. CAB International.
- Knudsen, J., & Olesen, J. (1993). Buzz-Pollination and Patterns in Sexual Traits in North European *Pyrolaceae*. *American Journal of Botany - AMER J BOT*, 80. <https://doi.org/10.2307/2445510>
- Leake, J. R. (2004). Myco-heterotroph/epiparasitic plant interactions with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi [Review]. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(4), 422-428. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2004.04.004>
- Lezberg, A., Halpern, C., & Antos, J. (2001). Clonal development of *Maianthemum dilatatum* in forests of differing age and structure. *Canadian Journal of Botany-revue Canadienne De Botanique - CAN J BOT*, 79, 1028-1038. <https://doi.org/10.1139/cjb-79-9-1028>
- Lindborg, R., & Eriksson, O. (2004). Historical Landscape Connectivity Affects Present Plant Species Diversity. *Ecology*, 85(7), 1840-1845.
- Lundell, A., Cousins, S. A. O., & Eriksson, O. (2015). Population size and reproduction in the declining endangered forest plant *Chimaphila umbellata* in Sweden [Article]. *Folia Geobotanica*, 50(1), 13-23. <https://doi.org/10.1007/s12224-015-9212-1>
- Maad, J., Sundberg, S., Stolpe, P., & Jonsell, L. (2009). Floraförändringar i Uppland under 1900-talet – en analys från Projekt Upplands flora [article]. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 103(2), 67-104.
- Mahanty, D. S. (2023). Physiology of shade loving plants: A comparative analysis with shade avoiding plants. *Indian J. Applied & Pure Bio. Vol*, 38(2), 536-546.
- Massicotte, H. B., Melville, L. H., Tackaberry, L. E., & Peterson, R. L. (2008). A comparative study of mycorrhizas in several genera of *Pyroleae* (*Ericaceae*) from western Canada [Article]. *Botany*, 86(6), 610-622. <https://doi.org/10.1139/b08-027>
- Moravec, J. (1994). *Fytocenologie*. Academia, Praha, 403. *Search in*.
- Read, D. J. (1996). The Structure and Function of the Ericoid Mycorrhizal Root. *Annals of Botany*, 77(4), 365-374. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0044>
- Rose, J. P., Kleist, T. J., Lofstrand, S. D., Drew, B. T., Schonenberger, J., & Sytsma, K. J. (2018). Phylogeny, historical biogeography, and diversification of angiosperm order *Ericales* suggest ancient Neotropical and East Asian connections [Article]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 122, 59-79. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.01.014>
- Shefferson, R., Kull, T., Hutchings, M., Selosse, M., Jacquemyn, H., Kellett, K.,...Whigham, D. (2018). Drivers of vegetative dormancy across herbaceous perennial plant species. *Ecology Letters*, 21, 724-733. <https://doi.org/10.1111/ele.12940>
- Szabó, P., & Hédl, R. (2013). Socio-Economic Demands, Ecological Conditions and the Power of Tradition: Past Woodland Management Decisions in a Central European Landscape. *Landscape Research*, 38(2), 243-261. <https://doi.org/10.1080/01426397.2012.677022>
- Tedersoo, L., Pellet, P., Koljalg, U., & Selosse, M. A. (2007). Parallel evolutionary paths to mycoheterotrophy in understory *Ericaceae* and *Orchidaceae*: ecological evidence for mixotrophy in *Pyroleae* [Article]. *Oecologia*, 151(2), 206-217. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0581-2>

- Thimonier, A., Dupouey, J.-L., Bost, F., & Becker, M. (1994). Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. *New phytologist*, 126(3), 533-539.
- Verheyen, K., Baeten, L., De Frenne, P., Bernhardt-Römermann, M., Brunet, J., Cornelis, J.,...Hedl, R. (2012). Driving factors behind the eutrophication signal in understorey plant communities of deciduous temperate forests. *Journal of Ecology*, 100(2), 352-365.
- Wesser, S. D. (1991). The Effects of Light and Moisture on Two Species from Contiguous Communities of South-Facing Bluffs in Interior Alaska, U.S.A. *Arctic and Alpine Research*, 23(1), 99-103. <https://doi.org/10.1080/00040851.1991.12002824>
- Wohlgemuth, T., Bürgi, M., Scheidegger, C., & Schütz, M. (2002). Dominance reduction of species through disturbance—a proposed management principle for central European forests. *Forest Ecology and Management*, 166(1-3), 1-15.
- Zobel, D. B., & Antos, J. A. (1987). Composition of rhizomes of forest herbaceous plants in relation to morphology, ecology and burial by tephra [Article]. *Botanical Gazette*, 148(4), 490-500. <https://doi.org/10.1086/337680>
- Zuber, D. (2004). Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(3), 181-203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1078/0367-2530-00147>

7. Přílohy

7.1. Seznam GPS souřadnic zimozelenu okoličnatého (*Chimaphila umbellata*)

Platný k 31. 12 .2023

Současný výskyt:

Březová, GPS: 48.9013233N, 17.7406200E

Čertova šlápota, GPS: 49.0799363N, 14.7820307E

Horní Loučky 1, GPS: 49.3789631N, 16.329395E

Horní Loučky 2, GPS: 49.379065N, 16.329825E

Horní Loučky 3, GPS: 49.379935N, 16.3286781E

Horní Loučky 4, GPS: 49.3800481N, 16.32844E

Horní Loučky 5, GPS: 49.3801081N, 16.3285281E

Horní Loučky 6, GPS: 49.3802864N, 16.3272256E

Horní Loučky 7, GPS: 49.3790331N, 16.32979E

Horní Loučky 8, GPS: 49.3789067N, 16.3295400E

Horní Loučky 9, GPS: 49.3804592N, 16.326685E

Horní Loučky 10, GPS: 49.3788050N, 16.3298483E

Les Hříva, GPS: 49.6566111N, 14.8252314E

Lípa nad Orlicí, GPS: 50.1513533N, 16.1063339E

Loučka, GPS: 49.1720258N, 17.8722683E

Ludkovice 1+2, GPS: 49.1169347N, 17.7110258E

Ludkovice 3, GPS: 49.1168589N, 17.7112792E

Ludkovice 4, GPS: 49.11666N, 17.71173E (populace objevena 30.10.2023, Mgr. Jiří Ohryzek)

Kuřimské Jestřábí, plocha 1, GPS: 49.3435400N, 16.3227683E

Kuřimské Jestřábí, plocha 2, GPS: 49.3438078N, 16.3244425E

Jilmoví 1, GPS: 49.3855747N, 16.3273681E

Jilmoví 2, GPS: 49.3855231N, 16.3273228E

Mirochov, GPS: 48.998745N, 14.936572E

Řikonín – severně od nádraží, plocha 1, GPS: 49.3680100N, 16.3077170E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, plocha 2, GPS: 49.3695962N, 16.2939469E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, plocha 3, GPS: 49.3700876N, 16.2932485E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, plocha 5, GPS: 49.369917N, 16.293407E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, plocha 6, GPS: 49.3698283N, 16.2935183E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, plocha 7, GPS: 49.3696550N, 16.2940333E

Skryje, GPS: 49.3981219N, 16.3077281E

VKP Zimozelen, plocha 1, GPS: 50.0459058N, 16.1443619E

VKP Zimozelen, plocha 2, GPS: 50.0458083N, 16.1445467E

VKP Zimozelen, plocha 3, GPS: 50.0456647N, 16.1443133E

VKP Zimozelen, plocha 4, GPS: 50.0455511N, 16.1445797E

VKP Zimozelen, plocha 5, GPS: 50.0460833N, 16.1444583E

VKP Zimozelen, plocha 6, GPS: 50.0460944N, 16.1445183E

VKP Zimozelen, plocha 7, GPS: 50.0457683N, 16.14462E

VKP Zimozelen, plocha 8, GPS: 50.0458008N, 16.1447919E

Vrchbělá, GPS: 50.5238022N, 14.7881614E

Výrovčice 1, GPS: 49.0341539N, 13.9999764E

Výrovčice 2, GPS: 49.0345456N, 13.9988572E

Výrovčice 3, GPS: 49.0347447N, 13.9989183E

Výrovčice 4, GPS: 49.034168N, 14.000652E (nepřesná)

Výrovčice 5, GPS: 49.03384N, 13.99986E

Výrovčice 6, GPS: 49.033735N, 13.9999003E

Výrovčice 7, GPS: 49.0336975N, 13.9998356E

Výrovčice 8, GPS: 49.0339561N, 14.0000839E

Vyhynulý nebo nezvěstný:

Horní Loučky, GPS: 49.3769011N, 16.3315989E

Hráz rybníka Hejtman, Staňkov, GPS: 48.9778547N, 14.9478906E

Hradčanské stěny, GPS: 50.6153397N, 14.6932878E

Katov, GPS: 49.3369575N, 16.2908456E

Lesoňovice – 0,9km J od kaple v obci, přesná GPS neznámá

Mičovice (Kozí kámen), GPS: 48.9808656N, 14.1377968E

Pačejov, GPS: 49.3906667N, 13.6402778E

Řikonín – jihozápadně od železniční stanice Řikonín, GPS: 49.3613308N, 16.2926375E

Řikonín – Lubné (meandr řeky Libochovky), GPS: 49.3631N, 16.283862E

Řikonín – Kuřimská Nová ves, Červenice, plocha 1, GPS: 49.3562900N, 16.3042264E

Řikonín – Kuřimská Nová ves, Červenice, plocha 2, GPS: 49.3568128N, 16.3018511E

Řikonín – 1 km západně od nádraží, vymřelá plocha (původně s *Pyrola chlorantha*), GPS: 49.3702103N, 16.2932856E

Skryje, GPS: 49.3982831N, 16.3070681E

7.2. Počty „prýtů“ populací zimozelenu od roku 2015

Populace	2015*	2018**	2021	2022	2023
Březová	-	-	14	10	5
Čertova šlápota	-	-	45	57	61
Horní Loučky 1	-	-	23	28	27
Horní Loučky 2	-	-	13	16	8
Horní Loučky 3			88	103	116
Horní Loučky 4	29	55	16	21	23
Horní Loučky 5			11	20	14
Horní Loučky 6	-	19	45	45	22
Horní Loučky 7	-	-	-	15	18
Horní Loučky 8	-	-	-	40	49
Horní Loučky 9	-	-	-	9	5
Horní Loučky 10	-	-	-	-	18 ¹
Kuřimské Jestřábí 1	39	-	20	8	7
Kuřimské Jestřábí 2	24	-	8	10	7
Les Hříva	-	-	100	100	95
Lípa nad Orlicí	-	-	0	0	14
Loučka	-	-	-	6	6
Ludkovice 1	-	-	-	7	9
Ludkovice 2	-	-	-	12	18
Ludkovice 3	-	-	-	3	3
Ludkovice 4	-	-	-	-	51 ²
Jilmoví 1	-	96	-	86	48
Jilmoví 2	-	63	-	59	35
Mirochov	-	-	6	2	1
Řikonín 1	-	-	27	46	44
Řikonín 2	-	136	150	150	132
Řikonín 3	-	-	70	58	72
Řikonín 5	-	-	26	31	41
Řikonín 6	7	-	5	5	5
Řikonín 7	-	-	35	45	38
Skryje	-	-	14	14	14
VKP Zimozelen 1	-	-	-	750	750
VKP Zimozelen 2	-	-	-	200	190
VKP Zimozelen 3	-	-	-	200	205
VKP Zimozelen 4	-	-	-	250	255
VKP Zimozelen 5	-	-	-	250	218
VKP Zimozelen 6	-	-	-	2	6
VKP Zimozelen 7	-	-	-	8	15
VKP Zimozelen 8	-	-	-	14	10
Vrchbělá	-	-	-	145	92
Výrovčice 1	-	-	96	100	85
Výrovčice 2	-	-	-	130	125
Výrovčice 3	-	-	-	110	105
Výrovčice 4	-	-	-	5	4
Výrovčice 5	-	-	-	23	19
Výrovčice 6	-	-	-	9	7

Výrovčice 7	-	-	-	4	5
Výrovčice 8	-	-	-	-	52

¹Ing. Mgr. Marcel Bartoš

²Mgr. Jiří Ohryzek

* Ing. Zbyněk Lukeš Ph.D.

** Mgr. Jana Pekárová