

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Predikce úspěšnosti různých strategií ničení *Lupinus polyphyllus* (Krkonošský národní park)

Bakalářská práce

Autor práce: Marcela Nosková

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství, rozvoj venkova a krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Milan Skalický, PhD.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Predikce úspěšnosti různých strategií ničení *Lupinus polyphyllus*" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala RNDr. Milanu Skalickému, PhD. za konstruktivní připomínky k práci, ochotu a trpělivost. Děkuji Správě Krkonošského národního parku a obci Malá Úpa za umožnění výzkumu na jejich území. Děkuji Ing. Tomáši Janatovi, Mgr. Stanislavu Březinovi, PhD. a Ing. Janu Perglovi, PhD. za zpřístupnění materiálů a konzultace. V neposlední řadě děkuji rodině za stálou podporu a motivaci.

Predikce úspěšnosti různých strategií ničení *Lupinus polyphyllus* (Krkonošský národní park)

Souhrn

Práce byla zpracována jako vzhled do problematiky šíření invazního druhu *Lupinus polyphyllus*. Byly popsány jednotlivé části rostliny, její chemismus, vliv na prostředí či konkurence.

Tato invazní rostlina je zařazena na seznam invazních druhů s největším environmentálním dopadem na prostředí. Významně snižuje druhovou diverzitu a stabilitu společenstev rostlin i hmyzu. Tyto dopady mohou být s časem proměnlivé. Lupina potlačuje výskyt nízkorostoucích bylin a podporuje výskyt druhů vázaných na dusík. Následná změna ve složení a struktuře společenstva může vést k degradaci porostu.

Velmi důležitým faktorem pro šíření rostliny je vysoké procento klíčivosti semen. I nedozrálá semena jsou schopna vyklíčit. Zralost semen ovlivňuje dobu klíčení. Rostlina se může rozmnožovat a tím pádem i klíčit průběžně téměř celé vegetační období. Pro eliminaci invaze je tedy důležité monitorovat porost a směřovat datum provedení jednotlivých opatření do fáze, kdy rostlina nemá vytvořená semena.

Hlavní částí práce bylo přiblížení používaných metod likvidace. Nejpoužívanější eradikační metodou je seč a aplikace herbicidu. Mezi další způsoby likvidace se řadí odstraňování kořenů nebo pastva. Tu je doporučováno provádět v kombinaci s kosením. Potenciálně využitelným způsobem likvidace biomasy lupiny je její kompostování, přičemž je důležité dodržet určité podmínky, aby nedošlo k nechtěnému šíření semen v kompostované biomase. Jako nejspolehlivější řešení je označována aplikace herbicidu.

V terénu byl proveden popis bylinného patra a odhadnuta pokryvnost jednotlivých lokalit. Tato část byla provedena celkem na třech referenčních plochách, kdy každá z nich obsahovala tři zájmové plochy o velikosti 1 × 1 m. Dvě lokality se nachází ve východních Krkonoších ve Velké a Horní Malé Úpě, třetí byla vybrána ve Vrchlabí. Konkrétně se jedná o Eliščíno údolí v Horní Malé Úpě, oboru Hlušiny ve Velké Úpě a sjezdovku v Herlíkovicích.

V říjnu roku 2022 byla zpracována terénní část. Floristická inventarizace byla zpracována tak, aby obsáhla všechny rostlinné druhy, které se v daném období na plochách nacházely. Pro zachycení abundance byla zvolena stupnice pokryvnosti Braun-Blanqueta.

Celkem bylo na lokalitách determinováno 34 druhů rostlin. Obecně druhově nejbohatší byly zájmové plochy v Eliščině údolí, kde byla zjištěna nejvyšší početnost na konkrétní lokalitě (12 druhů) i největší pokryvnost (62 %). Druhově nejchudší lokalitou byla sjezdovka v Herlíkovicích. Nejnižší pokryvnost (30 %) byla zaznamenána v oboře Hlušiny.

Klíčová slova: *Lupinus polyphyllus*, Krkonošský národní park, invazní druh, regulační management

Predicting the success of different control strategies for *Lupinus polyphyllus* (The Krkonose Mountains National Park, Czech Republic)

Summary

The work was elaborated as an insight into the issue of the spread of the invasive species *Lupinus polyphyllus*. There was described the anatomical structure of the plant, its chemistry and effect on the environment or competition.

This invasive plant is included in the list of invasive species with the worst environmental impact. Lupine generally reduces species diversity and stability of plant and insect communities. These impacts can be variable with time. Lupine suppresses the occurrence of low-growing herbaceous plants and promotes the occurrence of nitrogen-fixing species. Subsequent changes in community composition and structure can lead to the degradation of the habitat.

A very important factor for the spread of the plant is the high germination percentage of the seeds. Even immature seeds are able to germinate. The maturity of the seeds influences the germination time. The plant can reproduce and therefore germinate continuously for almost the entire growing season. It is therefore important to monitor the habitat and aim the date of implementation of individual measures to the date when the plant has not formed seeds in order to eliminate invasion.

The main part of this thesis was an introduction of used disposal methods. The most used method of eradication is mowing and herbicide application. Other eradication methods include root removal or grazing. Grazing is recommended to be carried out in combination with mowing. Composting is a potentially suitable method of biomass disposal, although it is important to observe conditions to avoid unwanted spread of seeds in the composted biomass. The most reliable solution is considered to be the application of herbicides.

In the field, a description of the vegetation cover was made and the coverage of each site was estimated. This part was completed on a total of three reference areas, each containing three 1 × 1 m plots of interest. Two locations are situated in the eastern Krkonoše Mountains in Velká and Horní Malá Úpa, while the third was taken in Vrchlabí. Specifically, it is the Eliščíno valley in Horní Malá Úpa, the Hlušiny reserve in Velká Úpa and the ski slope in Helíkovice.

In October 2022, the fieldwork was completed. The floristic inventory was elaborated to include all plant species present on the plots at the time. The Braun-Blanquet cover scale was chosen to capture abundance.

A total of 34 plant species were determined at the locations. The most species-rich areas of interest were in the Eliščíno valley with the highest abundance and the highest coverage (62%) was found. The most species-poor site was the slope in Herlíkovice. The lowest coverage (30%) was encountered in the Hlušiny game preserve.

Keywords: *Lupinus polyphyllus*, The Krkonoše Mountains national park, invasive species, regulative management

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Cíl práce | 9 |
| 3 Literární rešerše | 10 |
| 3.1 Terminologie | 10 |
| 3.1.1 Původní druh | 10 |
| 3.1.2 Nepůvodní druh | 10 |
| 3.1.2.1 Archeofyt, neofyt | 10 |
| 3.1.3 Invazní druh | 10 |
| 3.1.3.1 Způsoby zavlečení | 11 |
| 3.2 Biologie rodu <i>Lupinus</i> | 12 |
| 3.2.1.1 Areál rozšíření rodu | 12 |
| 3.2.2 Využití lupiny | 13 |
| 3.3 Charakteristika druhu <i>Lupinus polyphyllus</i> | 13 |
| 3.3.1.1 Rozšíření druhu | 14 |
| 3.3.2 Kořen | 15 |
| 3.3.2.1 Fixace dusíku | 15 |
| 3.3.3 Stonek | 16 |
| 3.3.4 List | 16 |
| 3.3.5 Květenství | 17 |
| 3.3.6 Plod | 19 |
| 3.3.6.1 Semena | 19 |
| 3.3.7 Reprodukce | 21 |
| 3.3.7.1 Genetická variabilita | 21 |
| 3.3.7.2 Opylování | 21 |
| 3.3.8 Klíčení | 24 |
| 3.3.9 Chemismus | 25 |
| 3.3.9.1 Toxicita | 25 |
| 3.3.9.2 Alkaloidy | 25 |
| 3.3.10 Biologická činnidla ovlivňující <i>Lupinus polyphyllus</i> | 27 |
| 3.4 Vliv na stanoviště | 27 |
| 3.4.1 Ovlivnění porostu | 28 |
| 3.4.2 Konkurence | 29 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.5 | Metody likvidace..... | 30 |
| 3.5.1 | Seč, kosení..... | 30 |
| 3.5.2 | Pastva..... | 32 |
| 3.5.3 | Kompostování..... | 32 |
| 3.5.4 | Chemické opatření..... | 33 |
| 3.5.5 | Další metody likvidace..... | 34 |
| 4 | Metodika..... | 35 |
| 4.1 | Výběr zájmového území..... | 35 |
| 4.1.1 | Početnost jedinců a pokryvnost..... | 35 |
| 4.1.2 | Popis zájmových lokalit..... | 36 |
| 4.2 | Krkonoše..... | 39 |
| 4.2.1 | Geomorfologie..... | 39 |
| 4.2.2 | Hydrologie..... | 39 |
| 4.2.3 | Krkonošský národní park..... | 40 |
| 4.2.3.1 | Louky..... | 40 |
| 4.2.3.2 | Péče o louky..... | 41 |
| 5 | Výsledky..... | 43 |
| 5.1 | Obora Hlušiny..... | 43 |
| 5.2 | Eliščino údolí..... | 44 |
| 5.3 | Sjezdovka Herlíkovice..... | 45 |
| 6 | Diskuze..... | 47 |
| 6.1 | Popis bylinného patra..... | 48 |
| 7 | Závěr..... | 50 |
| 8 | Literatura..... | 51 |
| 9 | Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 58 |
| 10 | Seznam obrázků..... | 59 |
| 11 | Seznam tabulek..... | 60 |
| 12 | Seznam grafů..... | 61 |
| 13 | Samostatné přílohy..... | I |
| 13.1 | Seznam samostatných příloh..... | I |

1 Úvod

Invazní rostliny představují problém pro všechny biotopy celého světa. Invazní druhy se v nepůvodních oblastech šíří na dlouhé vzdálenosti od mateřských rostlin (Pyšek et al. 2012a). Invaze následně ovlivňuje celá společenstva rostlin a bezobratlých (Hejda et al. 2009; Ramula & Sorvari 2017).

Na našem území se mezi invazní rostliny řadí i severoamerická lupina mnoholistá (*Lupinus polyphyllus*). Vzhledem ke svým schopnostem vázat vzdušný dusík upravuje látkové složení půdy a vytváří tak vhodné podmínky pro druhy rostlin vyžadující dusík. Naopak je snižuje pro druhy s nižšími nároky na dusík (Thiele et al. 2010). Rostlina tímto procesem ovlivňuje okolní prostředí a společenstva. Na invadovaných lokalitách dochází ke snížení biodiverzity a druhové bohatosti (Hejda et al. 2009).

S invazí lupiny se můžeme v posledních letech setkat i na území našeho nejstaršího národního parku. V Krkonoších jsou luční společenstva vysoce ceněna. Je proto obzvlášť důležité zabránit postupující invazi a nalézt vhodné metody pro její potlačení. Pro ochranu lučních enkláv byl v minulosti vytvořen program, který měl za cíl redukovat invazivní a expanzivní rostliny na území parku. Proti lupině bylo zasahováno mechanickými i chemickými metodami na čtyřech lokalitách (Správa KRNAP 2018a).

Finanční odměna může být do jisté míry motivací pro likvidaci invazních a expanzivních druhů. O udělení dotací mohou žádat fyzické i právnické osoby. V současné době v České republice probíhá pod záštitou Ministerstva životního prostředí Operační program Životní prostředí 2021-2027 (OPŽP). Tento program zahrnuje i zásahy proti invazním druhům rostlin a živočichů. Na tyto aktivity je vyčleněno celkem 10,6 miliard Kč. Program je spolufinancován z fondů Evropské unie (Operační program životního prostředí 2023).

Vhodnými metodami pro likvidaci invazních rostlin jsou opakované seče, aplikace herbicidu a případně vyrývání kořenů. Po provedeném opatření je obecně doporučováno odstraněnou biomasu z lokality odvézt, aby nedošlo k nechtěnému vysemenění (Bennett 2010). Následně je důležité provádět monitoring lokalit a případně management opakovat (Pergl et al. 2016).

Nemalý význam pro ochranu přírody nese erudování návštěvníků parku. Je důležité vznést do povědomí problémy spjaté se šířením invazních rostlin. Správa KRNAP je v této oblasti velmi aktivní a dělá osvětu nejen v tomto odvětví ochrany přírody.

Pokud není uvedeno jinak, fotografie a grafy jsou autorské, nomenklatura druhů je dle Klíče ke květeně rostlin (Kaplan 2019), z toho důvodu byly zkratky vědeckých jmen autorů pro přehlednost vypuštěny. *Lupinus polyphyllus* je v textu nahrazován zkratkou LP.

2 Cíl práce

Hlavním cíle práce bylo provedení dokumentace druhové diverzity lokalit ve východních Krkonoších (Velká Úpa) pod Správou Krkonošského národního parku. Byl charakterizován současný stav výzkumu ohledně výskytu a zhodnocení způsobů různých druhů regulace *Lupinus polyphyllus*.

3 Literární rešerše

3.1 Terminologie

3.1.1 Původní druh

Druh vznikl na území přirozeně během evoluce nebo se na něj dostal bez vlivu člověka z primárního území (Pyšek et al. 2012a). Místní druhy se přizpůsobují, aby konkurovaly nepůvodním druhům. Mohou se vyvíjet tak, aby odolaly například alelochemikáliím v invazních rostlinách (Prass et al. 2022). Pravděpodobnost koexistence s nepůvodním organismem se zvyšuje, pokud se původní druhy stanou rezistentními nebo tolerantními vůči alelochemikáliím (Lyytinen & Lindström 2019). Vyvíjí se ale i druhy nepůvodní (Prass et al. 2022).

3.1.2 Nepůvodní druh

Nepůvodní druh je ten, který se na území dostal díky antropogenní činnosti z původní oblasti výskytu. Druh se ze sekundární oblasti výskytu mohl dostat přirozenou cestou na další nepůvodní stanoviště (Pyšek et al. 2012a). Řadíme sem rozmnožovací částice druhů, plemena, odrůdy či křížence, kteří jsou schopni přežít a rozmnožovat se (AV ČR 2021).

Nepůvodní druhy lze rozdělit do tří skupin dle vazby na míru začlenění do flóry. Přečasně zavlečené druhy jsou ty, které jsou závislé na přísunu diaspor díky antropogenní činnosti (Pyšek et al. 2012a). Globalizace a zvyšující se pohyb lidí velmi napomáhá expanzi druhů. Nezdomácní veškeré zavlečené druhy (Nentwig 2014). Jako naturalizované (zdomácnělé) druhy označujeme taxony, které se na území dlouhodobě rozmnožují bez pomoci člověka (Pyšek et al. 2012a). Nově zavlečené naturalizované druhy v posledních dvou stoletích rychle přibývají a tento jev se zdá být kontinuální. Nepůvodním druhům přispívají k zdomácnění jejich rozdílné požadavky na prostředí. Ekologické, biologické i socioekonomické faktory podmiňují rozdíly v bohatství naturalizovaných druhů. Do Evropy jsou druhy introdukované především z Asie (Pyšek et al. 2022).

Tyto druhy můžeme dále dělit na archeofyty a neofyty. Posledním stadiem jsou invazní druhy (Pyšek et al. 2012a).

3.1.2.1 Archeofyt, neofyt

Skupiny archeofytů a neofytů se odlišují dobou, kdy byly na dané území zavlečené. Archeofyty byly introdukované zhruba v období mezi počátkem zemědělství v neolitu a rokem 1500, tzn. po objevení Ameriky. Tato doba je typická rozvojem zámořského obchodu a zvýšením dopravy. Neofyty byly zavlečené po roce 1500 (Pyšek et al. 2012a).

3.1.3 Invazní druh

Spadá do kategorie nepůvodních taxonů v dané oblasti, které se šíří na rozsáhlém území velkou rychlostí od mateřské populace (Pyšek et al. 2012a). Invazní druhy rostlin i živočichů jsou velkou hrozbou biotopů na celém světě. Po boku znečišťování životního

prostředí či změny klimatu představují i z dlouhodobého hlediska zásadní záporný faktor, který ovlivňuje dosavadní druhovou rozmanitost ekosystémů (Nentwig 2014; AOPK ČR 2022). Vzhledem k neustálému rozšiřování těchto druhů a rostoucí hrozbě pro chráněná území se zvyšuje povědomí o tomto problému (Foxcroft et al. 2014).

Rozsah ekologického dopadu závisí na podmínkách prostředí a druhovém složení invadovaného společenstva, invazní druhy mají různě závažné dopady na invadované prostředí (Thiele et al. 2010, Foxcroft et al. 2014). Některé druhy rostlin ovlivňují skladbu živin v půdě například o dusík. Z tohoto důvodu se může v dané lokalitě zcela změnit rostlinná skladba (Nentwig 2014). Konkrétně LP tedy může zvyšovat počet druhů vázaných a náročných na dusík a snížit početnost druhů s nízkými nároky na dusík (Thiele et al. 2010). Nepůvodní invazní druh může být s časem od invaze lokálně škodlivější, i když se abundance nezvyšuje, protože rostliny mohou upravovat vlastnosti invadovaného ekosystému (Prass et al. 2022).

Pyšek et al. (2012a) uvádí, že je v současné době na našem území zaznamenáno 1454 cizích taxonů, které tvoří 350 archeofytů a 1104 neofytů. V posledních dvou stoletích docházelo k trvalému nárůstu počtu cizích taxonů bez zpomalujícího trendu. Z celkového počtu cizích taxonů je 61 invazních. V České republice se vyskytuje 11 archeofytů a 50 neofytů s invazními populacemi. Nejvyšší hustoty invazních druhů i nejvyšší míra invaze v rostlinných společenstvech se vyskytují ve městech a obcích a jejich okolí, v záplavových oblastech velkých řek, v narušených oblastech na severu a v zemědělské krajině a lesních porostech v teplých nížinách, zejména na jižní Moravě a ve středních a východních Čechách. Míra invaze u nás klesá s nadmořskou výškou, přičemž neofyty na tento faktor reagují výrazněji než archeofyty (Pyšek et al. 2012a). Avšak v celosvětovém měřítku jsou předpoklady, že invazních druhů bude i nadále přibývat (Nentwig 2014).

Invazní druhy mohou přecházet ze „škodlivé“ a hojné fáze do fáze „neškodné“ s nižší velikostí populace (tzv. dynamika boom-bust), příležitostně mohou populace kolabovat. Boom-bust dynamika může být způsobena mnoha faktory, jako například zvýšená konkurenční schopnost (Prass et al. 2022).

3.1.3.1 Způsoby zavlečení

Ekosystémy jsou napadány řadou nepůvodních druhů, které člověk zavlekl mimo jejich původní areály rozšíření (Foxcroft et al. 2014). Během kolonizace se nové druhy rostlin začaly dovážet jako okrasné rostliny. Následné šíření ze zahrad či parků pokračovalo i s přemísťováním rostlinného odpadu nebo se zeminou. Medonosné a bohatě kvetoucí rostliny byly vysévány za účelem vyšší produkce medu (Nentwig 2014). U lupiny jsme se mohli setkat s vyséváním do volné přírody za účelem obohacení půd, produkce píce pro zvířata či zpevnění cest (Pyšek 2012b). Semena některých rostlin byla na naše území zavlečena jako příměs v zemědělských plodinách, produktech nebo na zemědělských strojích. Svou roli hraje také migrace obyvatelstva (Nentwig 2014).

Ve Finsku můžeme pozorovat agresivní šíření podél silnic a na pustinách. K šíření zde dochází hlavně abioticky vodou, dále zahradním odpadem, při výkopových pracích nebo na pneumatikách vozidel. Druhy, které se vyskytují v těchto místech, často pocházejí ze zemědělství nebo ze soukromých zahrad (Hassani et al. 2021). Ve Švédsku dochází k šíření především zemědělskými sekacími stroji nebo spolu s přesouvanou zeminou. Samovolné

šíření ze zahrad hraje v tamějších podmínkách poměrně nevýznamnou roli (Eckstein et al. 2023).

V neposlední řadě je důležité zmínit záměrné vysévání semen lidskou činností pro dekorativní účely podél okrajů silnic. Setkáváme se s častějším zavlékáním druhů např. jako okrasné rostliny (AOPK ČR 2022). Je důležité informovat veřejnost, aby k takovým situacím nedocházelo (Valtonen et al. 2006).

3.2 Biologie rodu *Lupinus*

Rod *Lupinus* se řadí do podříše *Tracheobionta* (cévnaté rostliny), oddělení *Magnoliophyta* (krytosemenné), podtřídy *Magnoliatae* (dvouděložné), třídy *Rosopsida* (vyšší dvouděložné), řádu *Fabales* (bobotvaré), čeledi *Fabaceae* (bobovité), podčeledi *Papilionaceae* (motýlokvěté), tribu *Genisteeae* a rodu *Lupinus* (Kurlovich et al. 2002a).

Tento rod zahrnuje jednoleté i vytrvalé bylinné či keřové typy rostlin, které mají složené listy. Obecně se jedná o rostliny, které preferují otevřená a dobře osvětlená stanoviště. Z hlediska půdního profilu upřednostňují dobře odvodněné půdy s kyselým až neutrálním pH. Rozšíření v alkalickém pásmu je omezené (Wolko et al. 2011).

Konkrétní množství druhů v rámci rodu *Lupinus* není známé. Dle odhadů Kurlovich et al. (2002a) se jedná o 100-200 až 800-1000 druhů. Tuto domněnku lze vyložit rozsáhlým areálem rozšíření lupiny a širokou ekologickou amplitudou stanovišť, na kterých se vyskytuje.

Volně žijící lupiny se dělí na dvě skupiny podle oblastí výskytu. Na východní polokouli skupina „Starého světa“ zahrnuje středomořské, středoafričké a východoafričké druhy a početnější druhá skupina „Nového světa“ na polokouli západní představuje druhy severoamerické a jihoamerické (Kurlovich et al. 2002a; Wolko et al. 2011). Tento rod patří k obecně geograficky rozšířenějším rodům s pestrou druhovou rozmanitostí (Wolko et al. 2011). Jméno rodu pochází z latinského slova *lupus* - vlk. Tento název pravděpodobně souvisí s lístky, které vzdáleně připomínají jeho stopu (Kurlovich et al. 2002a).

3.2.1.1 Areál rozšíření rodu

Kurlovich et al. (2002a) uvádí, že se v části „Starého světa“ vyskytuje původně 12 druhů lupiny. Z toho je 11 druhů jednoletých a jeden vytrvalý pravděpodobně vyhynul. V této oblasti se s lupinami můžeme setkat na lehkých půdách v malých nadmořských výškách nebo u mořského pobřeží, na výchozech matečných hornin či na kyselých slínovcích a na půdách vzniklých v důsledku eroze. Většina druhů je jednoletých a má velká semena. Což je jev typický i pro ostatní rostliny v tomto centru rozšíření (Kurlovich et al. 2002a). Tato skupina zahrnuje víc lokálních oblastí, které se považují za centra diverzity. Jako konkrétní příklad lze uvést *Lupinus albus*. Její velkosemenné formy se pěstovaly okolo Středozemního moře a podél údolí Nilu. Avšak hlavní centrum druhové rozmanitosti je usuzováno dle uváděného rozšíření divoce rostoucího druhu *L. albus* var. *graecus* na jižním Balkánu. Přirozený výskyt kultivarů je na Kanárských a Azorských ostrovech, v severním Středomoří, podél Severního moře, dále na severním pobřeží Afriky a v údolí Nilu. (Wolko et al. 2011). Ve skupině Starého světa se dále jedná například o *L. princei*, *L. atlanticus*, *L. digitatus*, *L. palaestinus*, *L. pilosus* či *L. anatolicus* (Wolko et al. 2011).

Na západní polokouli se hovoří o druzích „Nového světa“. Zde se s nimi můžeme setkat od hladiny oceánu až po nadmořskou výšku kolem 4800 m n. m., od Aljašky až po Ohňovou zemi, od Atlantského po Tichý oceán. Nejrozmanitější druhy se vyskytují v subalpínském a alpínském pásmu And a Kordiller, kde má lupina dominantní roli ve vegetaci. V těchto místech mohou rostliny dosahovat výšky až 4m, nicméně obvykle v místech s horší úrodností půdy se můžou objevovat i rostliny zakrslé (Kurlovich et al. 2002a). Jednotlivé druhy se však vyskytují i v mírném či subtropickém klimatickém pásmu (Wolko et al. 2011). Ani dnes není zcela jasné, kolik původních lupin se v Americe vyskytuje, což lze vysvětlit například velkou variabilitou a malou diferenciací znaků (Kurlovich et al. 2002a). Jako centrum rozmanitosti druhu se považuje hlavně Severní a Střední Amerika, oblast And a jihoamerická oblast na pobřeží Atlantského oceánu. Lupiny Nového světa je možné rozdělit na druhy s listy jednoduchými a složenými. Druhy s jednoduchými listy se vyskytují v oblasti od Severní Karoliny po Mississippi v Mexickém zálivu. Jedná se například o *L. multiflorus*, *L. albescens*, *L. linearis*, *L. gibertianus*. Složnolisté druhy se nachází od Aleutských ostrovů na Aljašce po pohoří Sierra Madre v Mexiku a Střední Americe. Z konkrétních druhů můžeme zmínit například *L. polyphyllus*, *L. mexicanus*, *L. gibertianus*, *L. mutabilis*, *L. angustifolius* či *L. luteus* (Wolko et al. 2011).

3.2.2 Využití lupiny

Hlavní využití sladkých druhů lupin je v potravinářství. Je možné vyrobit mouku ze semen, která se dále využívá v pekařství či cukrářství. Vzhledem k vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin je to potravinu ideální pro zdravou výživu nebo celiaky. Další možné využití je jako náhražka kravského mléka nebo masa (Patočka & Hon 2007).

Zejména *L. albus*, *L. angustifolius* a *L. luteus* byly dříve využívány jako pícnina a zelené hnojivo nebo jako okrasná rostlina (Kaplan 2019). V zemědělství se lupina využívá jako vhodná meziplodina pro obiloviny a brukvovité, jelikož zlepšuje kvalitu půdy díky fixaci dusíku (Wolko et al. 2011).

Na základě výsledků výzkumu se *L. angustifolius* jeví jako rostlina vhodná pro fytořemediaci průmyslových odpadních vod či kontaminované vody (Garcinuño et al. 2003).

V kosmetickém průmyslu se využívají proteiny, které dokáží revitalizovat poškozené vlasy a pokožku hlavy. Použití ve farmaceutickém a veterinárním průmyslu se zatím neujalo (Patočka & Hon 2007).

3.3 Charakteristika druhu *Lupinus polyphyllus*

Rostlina je známá také pod názvem vlčí bob mnoholistý (Mlíkovský & Stýblo 2006). Jedná se o vytrvalou, neofytickou, invazní rostlinu pocházející ze Severní Ameriky (Pyšek et al. 2012a). Životnost rostliny LP na zahradách se pohybuje kolem 20 let (Hassani et al. 2021). Jedná se o světlomilný druh schopný snášet i chladnější lokality, který je zdomácnělý v majoritním podílu států Evropy (Slavík 1995).

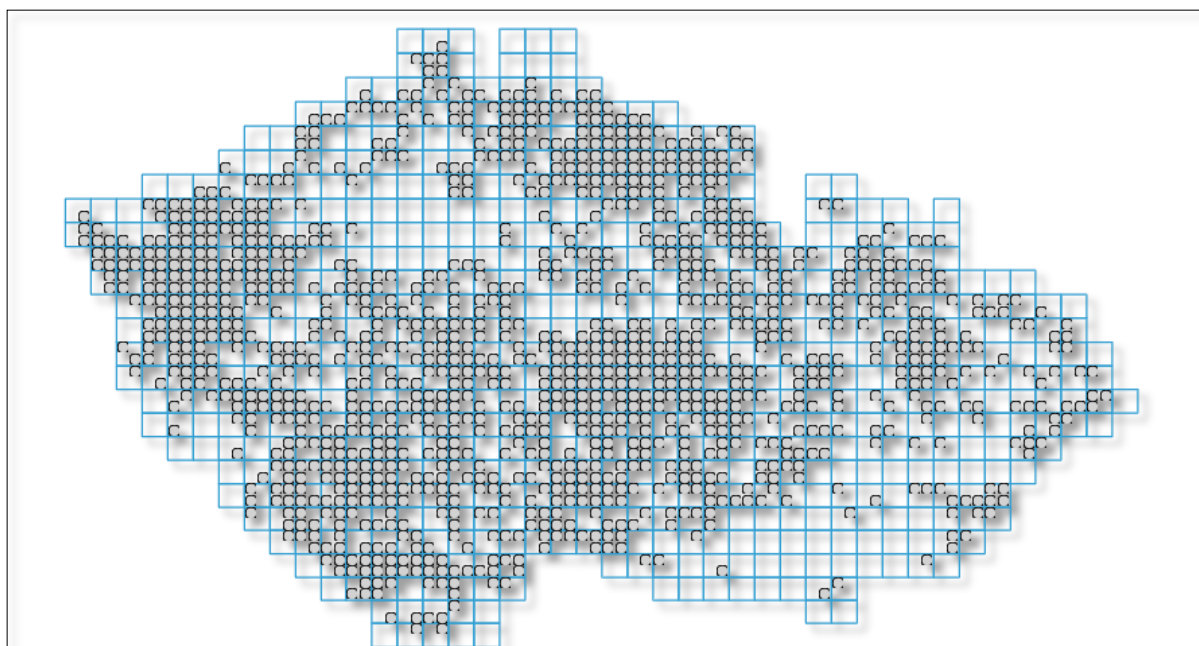
V počátcích pěstování se mnohdy vysévala na kyselé půdy do lesů, kvůli schopnosti vázat dusík a obohacovat tak půdy. V lesnickém oboru se používala v 19. století, kdy tvořila i část pastvy pro zvěř (Slavík 1995). Dále byla používána ke stabilizaci železničních a

silničních náspů. Rostlina je oblíbená mezi zahrádkáři, kteří ji vysazují na záhony jako trvalku (Slavík 1995). V současné době byly rozpoznány formy s nižším obsahem alkaloidů, proto je možné, že se v budoucnu s některými druhy lupiny setkáme jako rostlinou vhodnou pro silážování, produkci krmiv či zeleného hnojení. Vylepšovat vlastnosti a genetický materiál lupin je možné během křížení s ostatními druhy se stejným počtem chromozomů, zejména s *L. mutabilis* (Palta & Berger 2008).

V současnosti se klimatická nika posouvá směrem k vyšším letním srážkám a nižší izotermii. Ve střední Evropě druh zaujímá pevné postavení na vysokohorských smilkových loukách, smilkových loukách v nízkých a středních polohách, opuštěných loukách a pastvinách, antropogenních bylinných porostech či v houštinách mírného pásma (Eckstein et al. 2023).

3.3.1.1 Rozšíření druhu

V České republice byl její výskyt poprvé doložen v roce 1895. Jednalo se o úmyslnou introdukci. V dnešní době se s ní ve volné přírodě setkáváme běžně (Pyšek et al. 2012a). Na našem území se lupina mnoholistá vyskytuje na mýtinách, podél cest a okrajů lesů a v málo hustých lesních porostech (Slavík 1995). Četné populace můžeme nalézt také na střelnicích, vojenských újezdech či tankodromech. S oblibou obrůstá narušované drny v ruderálních trávnících a ostatní travnaté plochy (Mlíkovský & Stýblo 2006).



Obr. č. 1: Mapa výskytu druhu LP v České republice; Zdroj: Pladius.cz

Vlčí bob mnoholistý preferuje půdy kyselé až neutrální, případně roste na plochách lokálně odvápněných, čímž se odlišuje od ostatních invazních rostlin na našem území (Slavík 1995; Pyšek et al. 2012b). Invadované lokality mají nízký živinový potenciál, většinou v oblastech mírně vlhkých pahorkatin či podhůří (Pyšek et al. 2012b). Současně je rostlina pravděpodobně schopna kolonizovat i takřka extrémní lokality s kamenitým a nestabilním substrátem, obdobími stresu nebo nízkou hladinou živin (Hejda 2013). Pyšek et al. (2012b)

uvádí, že rostlina vytváří porosty s pokryvností 60-95%. Lupina má ekologický i ekonomický dopad na Českou republiku stejně jako na území celé Evropy (Pyšek et al. 2012a).

Vyskytuje se zde v různé hustotě téměř ve všech typech reliéfu od nížin po hory se stejnoměrnými znaky. Největší odlišnosti se týkají barvy květů. Nejvyšší literárně doložená nadmořská výška výskytu je 1 180 m n. m. v Hrubém Jeseníku u Františkovy myslivny. Na některých lokalitách se nevyskytuje nebo je výskyt vzácný, například u Jihomoravských úval, Polabí či Českého krasu (Slavík 1995) viz obrázek č. 1.

V původní oblasti výskytu se s rostlinami můžeme setkat od Aljašky po subtropické oblasti východu Jižní Ameriky. V souvislosti s klimatickými částmi se jedná o oblasti subarktické až teplé mírné vlhké a subtropické podnebí (Wolko et al. 2011). Na amerických pláních a v podhůří se nejčastěji vyskytují druhy jednoleté a dvouleté. Lupina v Americe vyniká svými vlastnostmi- odolnost vůči mrazu a vysoký výnos zelené hmoty (Kurlovich et al. 2002a).

3.3.2 Kořen

Podle Slavíka (1995) se jedná o rostlinu, která má mocný mnohohlavý kořen, jehož konec je velmi rozvětven. Mlíkovský & Stýblo (2006) uvádí, že se jedná o klonální oddenek, avšak expanze rostlin oddenky není častá.

Kořen pokrývá epidermis, následuje primární kůra a centrální válec, který obsahuje pericykl, xylém, floém a parenchym (Petrova 2002). Převážně na hlavní ose kořenu se nacházejí hlízkové bakterie *Bradyrhizobium* ssp. *Lupinus*, díky kterým je lupina schopna fixovat dusík ze vzduchu (Kurlovich et al. 2002b). Na povrchu epidermis jsou patrné kořenové vlásky, které na rostlině nalezneme krátkou dobu, a následně poměrně rychle zanikají. Tato vrstva se od ostatních odlišuje tvarem a malými vroubkovanými buňkami. Nejmocnější pokryv zastává parenchym, jenž je složen z buněk různého tvaru a velikosti s tenkou stěnou. U rodu *Lupinus* byl objeven jednovrstevný, dvouvrstevný, třívrstevný a čtyřvrstevný endoderm. V pericyklu můžeme naléznout postranní kořeny. Tato vnější vrstva centrálního válce je složena z hustě umístěných buněk s tenkými parenchymatickými buněčnými stěnami. Kořen lupiny má více xylému než floému, tento typ struktury označujeme jako xylémový. Růst centrální části kořene podporuje intenzivní činnost kambia. Kořen LP se od jednoletých druhů liší dřevnatým primárním xylémem. Sekundární xylém má cévy s pravidelnými rozestupy a tyto cévy obklopují značně dřevnatý parenchym. Tento druh kořene má pět primárních radiálních paprsků, kterých se během prvního roku vytvoří velké množství. Krátké radiální paprsky se zakládají každý rok znovu. Řada z nich je patrná na příčném řezu dřevnatou částí kořenu. Zóna kambia je u dospělých rostlin poměrně velká, protože je aktivní po celý život. Se stárnutím rostliny aktivita kambia klesá a jeho vrstvy se postupně zužují. U LP v prvním roce odumírá primární kůra a zůstává pouze sekundární kůra obklopená vrstvou korku. Obecně se předpokládá, že meziroční růst kořene u lupiny probíhá obtížněji než u ostatních rostlin (Petrova 2002).

3.3.2.1 Fixace dusíku

Biologická fixace dusíku je známá nejen v biologických vědách. Všeobecně nejznámější je fixace dusíku v symbióze bobovitých s rhizobiemi. Rod *Lupinus* se jeví jako

ideální hostitelské rostliny. Intenzita fixace je podmíněna účinností interakce mezi rostlinami lupiny a druhy hlízkových bakterií (Kurlovich et al. 2002b). Díky své schopnosti vázat dusík je považován za ekosystémového inženýra a může způsobovat nežádoucí ekosystémové efekty (Klinger et al. 2020). Faktory jako stres ze sucha výrazně snižuje nodulaci, což skrz sníženou fixaci omezuje růst rostlin (Wolko et al. 2011). U lupin se setkáváme s pomalu rostoucími hlízkovými bakteriemi rodu *Bradyrhizobium*, poddruh *Lupinus* (Kurlovich et al. 2003; Wolko et al. 2011). Bakteriální buňky se do hostitelského kořene dostávají mezibuněčnými prostory v kořeni bez známek infekce (Wolko et al. 2011). Tento druh bakterií se dále vyskytuje i u jiných bobovitých rostlin (*Lotus*, *Acacia*, *Ornithopus*) (Kurlovich et al. 2002b).

Jedním z důležitých parametrů v procesu biologického dusíku je aktivita nitrogenázy. Tento parametr se mění během růstu a vývoje rostlin. U zdravých rostlin může být poměrně vysoká aktivita až do fáze zelené zralosti semen (Kurlovich et al. 2000). Lupiny přenášejí většinu dusíku hlavně v xylému a floému rostliny (Wolko et al. 2011).

Porosty lupin závislých pouze na symbioticky vázaném dusíku často vykazují podobné výnosy jako plodiny hnojené vysokým obsahem dusíku (Wolko et al. 2011). Vysoká schopnost vázat dusík z atmosféry se využívá k produkci dalších dusíkatých látek (Kurlovich et al. 2003). V zemědělství se využívají upotřebitelné druhy lupin, jelikož poskytují zbytkový dusík pro následné plodiny, zejména obiloviny a brukvovité. Pokud bychom porovnali lupinu s jinými bobovitými ve vztahu k množství fixovaného dusíku, sestupné pořadí by bylo následující: sója, lupina, hrách, bob, fazol, čočka a cizrna (Wolko et al. 2011).

3.3.3 Stonek

U lupin se setkáváme s přímými lodyhami. Výška se pohybuje od 50 do 160 cm (Slavík 1995). Větvení je velmi proměnlivé (Kurlovich et al. 2002a). Průřez stonku lupiny mnohohlísté má zpravidla kulatý tvar (Petrova 2002) a je obvykle dutý (Slavík 1995). Jednoletky jsou navzájem odlišitelné díky tvaru průřezu stonku a jeho velikosti (Petrova 2002). Epidermis je buď různě hustě chlupatá, nebo holá (Slavík 1995) s voskovým nádechem a pod ní je vrstva kolenchymu (Kurlovich et al. 2002a). Dál za ní následuje korový parenchym z 5-8 okrouhlých tenkostěnných buněk. První jedna nebo dvě řady těchto buněk obsahují chloroplasty. Vodivý systém u tohoto druhu představuje souvislý prstenec, ale paprsky jsou dobře rozlišitelné. Nad floémem se nachází sklerenchymatická vrstva 3-8 řad buněk. Xylém a floém zaujímají u tohoto vytrvalého druhu menší plochu (asi 10 %) příčného průřezu ve srovnání s jednoletými druhy, kde xylém a floém zaujímají 16 až 44 %. Kambium se u *L. polyphyllus* skládá ze 4 až 5 vrstev. Střední část stonku (až 66-70 %) zabírá velká dutina (Petrova 2002).

3.3.4 List

Pro lupiny jsou charakteristické dlanitě složené listy (Kurlovich et al. 2002a) viz obr. č. 2. LP má většinou 9 až 15 (-18)četné listy. Jejich tvar je úzce kopinatý až obkopinatý, na vrcholu zakončen ostře do špičky. Dlouze řapíkaté listy jsou obvykle nejširší ve druhé polovině až horní třetině a na délku měří od 6 do 15 cm, přízemní listy mohou mít i 50 – 60 cm. Na horní straně epidermis jsou téměř lysé, na spodní straně jsou pokryté jednoduchými,

zašpičatělými, stříbrnými chlupy. Rostlina nemá trny, listy mohou být přeměněné na fylodium nebo palisty, které jsou částečně srostlé s řapíkem. Četnost listů a jejich velikost se liší s různými varietami a poddruhy. U vytrvalých lupin se setkáváme se zvlněnými a klikatými vrstvami buněk. List je velice tenký a má mezomorfní strukturu. Struktura listů naznačuje, že je tento druh odolný vůči vlhkosti a méně odolný vůči suchu (Petrova 2002).



Obr. č. 2: Detail listu LP; Zdroj: Botany.cz

Řapík je chlupatý a dlouhý do 2 cm (Slavík 1995), u různých druhů se liší velikostí a tvarem (Petrova 2002). LP má řapík na průřezu válcovitý. Průřez je v porovnání s ostatními druhy největší (Kurlovich et al. 2002a). Vodivý systém řapíku vytváří velké jemné paprsky. LP má zhruba 8-10 velkých a 9-15 jemných paprsků, které jsou tvořeny xylémem, floémem a sklerenchymem. Parenchymové buňky představující centrální zónu řapíku se částečně rozpadají a vytváří dutinu (Petrova 2002).

3.3.5 Květenství

Pro lupinu je typický nevětvený koncový hrozen (obr. č. 3). Průměrná velikost hroznů se pohybuje mezi 15 až 40 cm s 50 až 80 květy (Slavík 1995; Kaplan 2019). Pohtio & Teräs (1995) uvádí květenství s 100-200 květy. Květenství vyrůstá z úžlabí opadavých listenů. Jednotlivé květy ve šroubovici mají podobně dlouhé stopky mezi 7-10 mm. Rostlina má vzestupné pořadí kvetení. Květina je hermafroditní a zygomorfní (oboustranně symetrický květ) (Slavík 1995; Kaplan 2019).

Rozměry koruny se pohybují od 10 do 18 mm. Kalich většinou pozbývá listence, má dva celistvé pysky a je hluboce rozdělený. Květ se skládá z velké, okrouhlé, zvednuté pavézy, pěti spojených kališních lístků, pěti okvětních lístků, vaječníku s pestíkem a deseti srostlých tyčinek (Kaplan 2019). Okvětní lístky nejsou navzájem spojené a mají různé tvary a velikosti. Na straně jsou dva částečně srostlé okvětní lístky- křídla. Uvnitř křídel jsou dva spojené okvětní lístky tvořící kýl ve tvaru prohnutého člunku. Uvnitř kýlu se nachází dlouhé, úzké plodnicové vaječníky a deset srpovitých tyčinek uspořádaných ve dvou kruzích po pěti. Vaječník většinou obsahuje dvě a více vajíček (Slavík 1995; Kaplan 2019). Jedno květenství produkuje zpravidla několik set semen, ale může jít až o tisíc semen na jednu rostlinu (Hassani et al. 2021).



Obr. č. 3: Detail květenství LP, Boží Dar, srpen 2022

Jednotlivé květy neobsahují nektar, hmyz tak lákají jasnou barvou, přítomností pylu a vonnou tekutinou (Kurlovich et al. 2002a). Pyl je červenožluté barvy, rostliny ho produkují ve velkém množství (Pohtio & Teräs 1995). Nejvíce pylu se nachází v horních květech. Opylovači i přesto začínají odspodu (Haynes & Mesler 1984). Květenství nese zpravidla modrou až fialovou barvu v kombinaci s bílou. Na obrázku č. 3 můžeme vidět typické

zbarvení květenství. V přírodě se lze setkat s rostlinami kvetoucími čistě bíle nebo růžově (Baloun 1989). V oblasti jižního Finska bylo pozorováno, že modrá květenství měla největší počet květů a bílé květy vadly a opadávaly rychleji než květy ostatních barevných forem (Pohtio & Teräs 1995). V zahradnictví se objevují další různobarevné kultivary. Doba kvetení je od června do srpna až září (Slavík 1995).

3.3.6 Plod

Plodem lupiny je chlupatý mnohosemenný lusk (Baloun 1989) viz obr. č. 4. Pukavé lusky mohou mít délku od 25 do 40 mm a šířku okolo 7 až 8 mm (Slavík 1995). Kaplan (2019) uvádí, že na délku dorůstají zpravidla více než 4 cm. Lusky jsou silně ochlupené. (Petrova 2002)

Plod se skládá z vnější epidermis, parenchymu a vnitřní epidermis. Pukavost je dána více faktory, např. přítomnost hlubokých rýh podél břišního švu a střední žíly, heterogenitou tkání v této oblasti, tvorbou dvou vrstev buněk ze strany vnitřního švu, atd. (Petrova 2002). V době zralosti semenné lusky praskají a semena se balisticky šíří na vzdálenost až 5,5 m od mateřské rostliny (Volz 2003). Přesto zhruba 37 % semen padá v okruhu 1 m kolem mateřské rostliny, takže zde můžeme očekávat největší hustotu semenáčků (Otte & Maul 2005).



Obr. č. 4: Detail lusu LP; Zdroj: Pladias.cz

3.3.6.1 Semena

Lusky obsahují 4 až 8 světle hnědých skvrnitých semen, která mají téměř kulovitý tvar a jsou lehce zploštělá (Slavík 1995). Odolná semena mají různé zbarvení, které souvisí s životaschopností a dobou klíčení. Dle výzkumu Aniszewski et al. (2001) můžeme semena a ornamentaci semenných obalů popsat podle čtyř základních typů (tmavá, světlá, šedá,

vzorovaná). Pokud jsou v populaci různé typy semen, mohou být přizpůsobeny různým aspektům prostředí. V každém prostředí tak bude přežití populace ovlivněno přítomností jednoho z typů semen (Aniszewski et al. 2001). Semena LP jsou schopna dozrát a vyklíčit, i když je vegetace posekána v rané fázi dozrávání semen (Hassani et al. 2021). Jejich velikost se pohybuje od 3 do 5 mm na délku a mezi 2,5 – 3,5 mm na šířku (Slavík 1995). Tvrdá semena mají na průřezu 5-6hranný tvar. Podkoží má v různých částech semene proměnlivou šířku. Bylo zjištěno, že epidermis a hypodermis jsou tkáně určující tvrdost semen (Petrova 2002). Autorka dále uvádí, že by struktura a velikost podkožních buněk v semenném obalu různých taxonů mohla být považována za důkaz specifického charakteru. Za podkožní vrstvou můžeme nalézt tři vrstvy buněk. První vrstvou je silnostěnný parenchym s buňkami, které jsou vyplněné živou látkou; druhou vrstvou tvoří tenkostěnný parenchym, kterým procházejí vodivé svazky a třetí vrstvou jsou silně stlačené buňky silnostěnného parenchymu. Jednotlivé druhy lupin se od sebe liší strukturou a tloušťkou těchto vrstev (Petrova 2002).

Životnost semen ve svrchní vrstvě půdy je krátkodobá. V hlubších vrstvách zeminy jsou semena schopna uchovat životaschopnost pravděpodobně až několik let. Při kontrolovaném skladování semen je jejich vytrvalost odhadována až na 50 let (Hassani et al. 2021).

Velikost semen může být důsledkem životních omezení nebo podmínek prostředí (Söber & Ramula 2013). Obecně je velikost semen součástí komplexu vlastností, které společně určují životní historii rostlinného druhu (Aniszewski et al. 2001). Variabilita ve velikosti pravděpodobně ovlivňuje ranou fázi invaze, protože velikost semen může přispět k úspěchu či neúspěchu založení populace. Studie také zjistily souvislost s pH půdy. Může to souviset s charakteristikami stanoviště nebo intenzitou konkurence (Söber & Ramula 2013). Vztah mezi velikostí semen, jejich počtem a přírůstkem může být důležitým mechanismem, který je základem početnosti a dynamiky rostlinných druhů (Aniszewski et al. 2001). Rozdíly ve hmotnosti semen nesouvisí s počtem semen, ani se zkoumanými podmínkami prostředí, ale vedly k rozdílům ve vzcházení potomstva. Podmínky prostředí se mohou společně měnit nebo interagovat s životními omezeními, což může zamaskovat přímý vliv konkrétního omezení na velikost semen (Söber & Ramula 2013).

Vnitrodruhová variabilita v hmotnosti semen může odrážet podmínky prostředí (geografická oblast, typ stanoviště, vnitrodruhová konkurence). LP tedy nepřizpůsoboval hmotnost semen napříč gradienty prostředí. Je možné, že hmotnost semen reaguje na některé lokální proměnné prostředí jako je např. vlhkost půdy (Söber & Ramula 2013). Dle Aniszewského et al. (2001) se populace s různou hmotností semen vyvinuly pod různými selekčními tlaky. Dále uvádí, že změny hmotnosti semen LP se dají považovat za dědičné, protože v jejich výzkumu světlá semena měla dlouhodobou tendenci z populace vymizet, zatímco vzorovaná semena měla tendenci převládat (Aniszewski et al. 2001). Variabilita v hmotnosti semen v rámci populací LP může být způsobena genetickými rozdíly mateřskými rostlinami, variabilita v rámci rostlin zřejmě souvisí s polohou semen v luscích (Söber & Ramula 2013).

Ve výzkumu Söber & Ramula (2013) se ujímala lépe větší semena bez ohledu na podmínky prostředí, což může napomáhat úspěšnosti invaze. Jejich výsledky naznačují, že LP nemusí vykazovat adaptivní reakci v hmotnosti semen na zdroj nebo podmínky prostředí, což může částečně vysvětlovat schopnost kolonizovat řadu různých stanovišť. U LP produkovaly

větší rostliny o něco těžší semena a více semen než menší rostliny. Větší semena se ujímala lépe a častěji než menší semena. Invazivita se zvyšuje rychlým růstem rostlin do pohlavní zralosti. U balisticky rozptýlených semen mohou mít menší semena výhodu, jelikož se šíří dále (Söber & Ramula 2013).

Lze říct, že neexistuje kompromis mezi velikostí semen a jejich počtem. To může pravděpodobně přispívat k úspěšné invazi LP. Dále tento fakt může poskytovat výhodu oproti druhům, které upravují velikost semen podle dostupných zdrojů. Díky tomu může LP přetrvávat v chudém nebo rychle se měnícím prostředí (Söber & Ramula 2013). Aniszewski et al. (2001) uvádí, že velikost semen je důležitým faktorem určujícím úspěch v konkurenci mezi rostlinami. V tomto případě můžeme odlišovat dva selekční tlaky. První je tlak na produkci mnoha malých semen místo několika velkých. Druhý je na produkci velkých semen (Aniszewski et al. 2001). Již bylo zmíněno, že větší semena mohou mít větší šanci vytvořit odolnou rostlinu (Aniszewski et al. 2001; Söber & Ramula 2013).

Studie Blomqvista (2021) dokládá, že semena LP jsou díky silnému semennému obalu poměrně odolná teplotě. Po inkubaci trvající 15 minut s teplotou 60 °C bylo asi 81% semen životaschopných. Výsledky potvrzuje i Elliot et al. (2011). Zjistili, že ošetření při 80 °C po dobu 7 minut nemělo vliv na klíčení.

3.3.7 Reprodukce

LP na podzim odumírá a na jaře vyrůstá díky dormantním pupenům na povrchu půdy (hemikryptofyty). Může se také šířit pomocí plazivých oddenků pod zemí. Dále se může množit dělením nebo ze semen, která dozrávají na konci léta nebo začátkem podzimu (Fremstad 2010). U některých druhů lupin je možné samoopylení. Pylová zrna lupin nejsou unášena větrem, a proto neexistuje žádný náznak opylení větrem (Pohtio & Teräs 1995). Přestože je druh schopen se rozmnožovat klonálně, během dvou polních sezón bylo ve výzkumu pozorováno pouze několik málo klonálních přírůstků (Söber & Ramula 2013).

3.3.7.1 Genetická variabilita

Genetická variabilita je základním zdrojem biodiverzity, protože poskytuje základ pro fenotypovou variabilitu, na kterou může působit přírodní výběr. Zkoumání důsledků genetické variability pro fitness invazních populací v přirozeném prostředí má zásadní význam pro lepší pochopení procesu invaze. Vysoká genetická variabilita může podporovat dlouhodobé přetrvávání populací, protože umožňuje adaptaci na měnící se podmínky prostředí. Genetickou variabilitu populací můžou ovlivňovat např. faktory demografické, environmentální nebo faktory prostředí. Očekává se, že invazní populace, které rostou s vysokou hustotou, mohou být geneticky rozmanitější než invazní populace s nižší hustotou. Nedávno vzniklá invazní populace pravděpodobně obsahuje menší genetickou variabilitu než populace starší (Li et al. 2015).

3.3.7.2 Opylování

Podle Jakobsson & Padrón (2013) invazní rostliny ovlivňují některé interakce mezi původními druhy při opylování. Invazní rostliny často bývají zapojovány do opylovacích sítí

a jsou opylovány původními opylovači (Jakobsson & Padrón 2013). Je pravděpodobné, že LP usnadňuje opylování původních rostlin, k čemuž dochází v krátkém čase (Jakobsson et al. 2014). Avšak produkce nektaru a pylu může mít za následek konkurenci o opylovače mezi původními a invazními druhy rostlin v období květu invazních rostlin. Může se tím ale navýšit kapacita populací opylovačů, a tím zvýšit jejich početnost (Jakobsson & Padrón 2013).

Pohtio & Teräs (1995) uvádí, že nejčastějšími opylovači lupin jsou čmeláci (*Bombus* spp.), včely medonosné (*Apis mellifera*) a včelami samotáčkami (*Apiformes*). Mezi další opylovače se řadí trásněnky, mouchy a motýli, avšak tyto druhy nejsou schopny květy řádně opylit, jelikož hmyz není schopen květ zcela otevřít (Pohtio & Teräs 1995). Podle Haynese & Meslera (1984) včely využívají asi jen 15% květů na jednom květenství. Opakované návštěvy jednotlivých květů jsou možné, protože obsahují dostatečné množství pylu pro několik návštěv (Haynes & Mesler 1984).

V zemědělské krajině postupně klesá diverzita a hustota rostlin i opylovačů, např. motýlů (Jakobsson & Padrón 2013; Hassani et al. 2021). Dle výzkumu (Jakobsson & Padróna 2013) se početnost čmeláků na invadovaných lokalitách LP zvýšila 3,9krát, zatímco na lokalitách nenapadených se nezměnila. Valtonen et al. (2006) uvádí, že početnost motýlů na pozorovaných plochách s LP a bez nich se lišila. Početnost na plochách bez LP byla po celou dobu pozorování vyšší. Ramula & Sorvari (2017) ve dvouleté studii sledovali počet členovců. V invadovaných lokalitách byla početnost zhruba o 46% nižší než u lokalit bez LP. Avšak uvádí, že počet čmeláků se na napadených lokalitách zvýšil zhruba dvakrát, diverzita na lokalitách zůstala stejná. I v tomto výzkumu se řád motýlů (*Lepidoptera*) vyskytoval na invadovaných plochách méně (Ramula & Sorvari 2017). LP je považována za původce ohrožení zvonku hadincovitého (*Campanula cervicaria*) a dalších lučních druhů (Hassani et al. 2021).

3.3.7.2.1 Čmeláci

Čmeláci, kteří hledají potravu na svislých květenstvích, postupují zdola nahoru. Tento jev se běžně interpretuje jako reakce na větší množství květů (Haynes & Mesler 1984). Bylo dokázáno, že druhy čmeláků se mírně odlišují v preferencích barvy květů. Například *B. lapidarius* (čmelák skalní) navštěvoval bílé květy jen zřídka (Pohtio & Teräs 1995). Je známo, že čmeláci a včely mají slabou citlivost na červenou barvu. Proto rod *Bombus* navštěvuje pouze ta květenství, kde je na bázi praporu bílá skvrna a nikoliv květy se skvrnou červenou (Kazimierska & Kazimierski 2002). Pohtio & Teräs (1995) uvádí, že během chladnějších dnů nebo při silném větru čmeláci navštěvují modré květy víc, než bylo očekávané. Během zatažené oblohy, častěji navštěvovali červené květy. Barva květů vybraná na počátku sezóny odpovídá upřednostňované barevné variaci po celou dobu sběru. Nejbližší květy s jinou barvou jsou vynechávány (Pohtio & Teräs 1995). Na lokalitách invadovaných LP ve Švédsku byl pozorován výrazný nárůst počtu čmeláků, což vedlo k většímu počtu návštěv opylovačů původních vytrvalých bylin v porovnání s neinvadovanými lokalitami (Jakobsson & Padrón 2013).



Obr. č. 5: Čmelák zemní (*Bombus terrestris*) opylující LP, Boží Dar srpen 2022

3.3.7.2.2 Křížové opylení

U lupin se můžeme setkat se samosprašným nebo křížovým opylením. Mezi striktně samosprašné se řadí *L. angustifolius*. Samosprašné opylení významně snížilo produkci plodů a semen na květenství a zvýšilo množství abortovaných semen na plod (Shi et al. 2005). Shi et al. (2005) v jejich výzkumu uvádí, že u samosprašných semen byla potřebná doba k vzejití semen o 50 % významně delší než u semen s otevřeným opylením.

Křížové opylení je jev, při kterém dochází k přenosu pylu z jednoho květu na pestíky jiného květu. K tomuto způsobu opylení dochází díky větru, hmyzu či antropogenně (Crespel & Mouchotte 2017). Křížové opylení převažuje u lupin západní polokoule, tedy i LP (Kazimierska & Kazimierski 2002). Vektorem během křížového opylení může být hmyz, případně se může jednat o anemogamii (Wallace et al. 1954). Palta & Berger (2008) uvádí, že hlavním vektorem je hmyz. Adaptace rostliny na tento druh opylení jsou bradavičnaté výrůstky a prohlubně na orgánech květu, které slouží jako opora pro hmyz. Výrůstky produkují přitažlivý zápach. Proti samoopylení má rostlina řadu vlastností, jako například nesoučasné dozrávání samčích a samičích orgánů, vyšší nasazení semeníku pestíku než prašníků nebo husté chloupky na blizně (Kazimierska & Kazimierski 2002; Palta & Berger 2008).

3.3.8 Klíčení

Klíčení u čeledi *Fabaceae* je často dvoufázový proces, kdy během první fáze dochází k narušení fyzické dormance a následuje vlastní klíčení. Fyzickou dormanci zajišťuje tvrdý obal semene, přes který nejsou semena schopna absorbovat vodu (Elliott et al. 2011). Dobrým ukazatelem procenta klíčivosti je u LP barva a podíl tvrdých semen, což neovlivňuje průměrnou dobu a synchronii klíčení. Na základě těchto poznatků je dobré pokusit se zabránit dozrávání semen, protože sekání rostlin se zelenými a měkkými semeny není tolik problematické. Klíčivost zelených a měkkých semen rostlin sečených brzy byla nízká, zatímco zhruba 60 % tmavých a tvrdých semen rostlin sečených pozdě vyklíčilo (Klinger et al. 2020). Za příznivých podmínek vyklíčí na podzim po rozptýlení semen až 60 %, v případě nedostatku vody zhruba 10 %. Většina diaspor vyklíčených na podzim v zimě zmrzne (Volz 2003). Procento klíčivosti vykazuje rozdíly mezi barvami a tvrdostí semen (Klinger et al. 2020).

U invazních druhů v travních porostech je nutné zamezit jejich šíření kosením. Je proto důležité vědět termín seče a její vliv na klíčení rostlin. Lze říct, že datum seči má eminentní vliv na procento klíčivosti a průměrnou dobu klíčení (Klinger et al. 2020). Hassani et al. (2021) uvádí, že klíčení je výrazně proměnlivé v závislosti na termínech sečení. Konkrétně u LP měla časné sečená rostlina nedozrálá zelená semena a tendenci klíčit na podzim. Semena pozdě sečených rostlin byla tvrdá a tmavá a klíčila až na jaře po stratifikaci. LP může vykvést i v prvním roce, častěji se ale jedná o první kvetení v roce druhém (Hassani et al. 2021). Tento fakt rostlině umožňuje průběžné klíčení napříč téměř celým vegetačním obdobím (Klinger et al. 2020), protože je jedním z prvních druhů, které se zjara objevují a často se rozmnožuje až do konce vegetační sezóny (Hassani et al. 2021). Během klíčení je LP nezávislý na světle (Volz 2003). Dle výzkumu klíčivosti zvýšení teploty nehraje zásadní roli (Elliot et al. 2011), teplotní optimum pro klíčení se pohybuje mezi 15 a 25 °C (Volz 2003). Klíčivost byla mírně zvýšená při teplotě simulující zimní ochlazení následované chladnými střídajícími se teplotami (Elliott et al. 2011). Konkrétně u LP bylo prokázáno, že se klíčivost mírně zvyšuje při teplotním režimu 5 °C a následném střídání teplot 15 °C/7 °C. V tomto režimu byla klíčivost pozorována mírně vyšší než při stálé teplotě 20 °C nebo pouze při střídavém teplotním režimu 15 °C/7 °C. (Elliott et al. 2011).

Bylo zjištěno, že teplotní výkyvy včetně ochlazení na 5 až 10 °C a následné střídání denních a nočních teplot po dobu šesti týdnů zvýšily u *Fabaceae* fyzickou dormanci klíčivosti (Elliott et al. 2011). Požadavky na ukončení dormance se liší v závislosti na druhu. Obecně lze říct, že semena s tvrdým nepropustným obalem, mají lepší odolnost vůči škodlivým podmínkám (Hassani et al. 2021). Další studie prokázaly vysokou klíčivost při proměnlivých jarních teplotách. Klíčivost ovlivňují samozřejmě i další faktory, například tepelný šok způsobený požárem, chladová stratifikace. Tepelný šok a extrémní výkyvy teplot až o 40 °C jsou typické pro druhy v Austrálii. Tato variabilita prokazuje fakt, že druhy stejného rodu a čeledi mohou vykazovat odlišnou reakci klíčení na různé podmínky. Proměnlivost a přizpůsobivost může souviset s evolucí druhů a zejména s podmínkami v ekosystémech (Elliot et al. 2011).

Načasování počátku klíčení předurčuje podmínky prostředí, v jakých se budou semenáčky vyvíjet a přežívat. I kvůli tomu je ekologie klíčení druhu důležitá. Rozhoduje o

tom, kde a v jakých klimatických podmínkách se může rostlina usadit (Elliott et al. 2011). Semena LP dozrávají v průběhu léta a zůstávají v klidovém stadiu po celou zimu. Potenciální klíčení se s časem zvyšuje. Proto jsou vyschlá a tvrdá semena odolná i v extrémních podmínkách (Hassani et al. 2021). Doba potřebná k vzejití 50 % semen je delší u samosprašných rostlin než u rostlin s otevřeným opylením (Shi et al. 2005). Nové prostředí zavlekaných druhů často znamená přizpůsobení novým podmínkám pro klíčení. Úspěšné klíčení v různých klimatických podmínkách a v různém prostředí je tak charakteristickým znakem mnoha úspěšných a široce rozšířených invazních druhů. Výsev a dozrávání semen tak přímo ovlivňuje životaschopnost semen a jejich (Elliott et al. 2011).

3.3.9 Chemismus

Rostlina obsahuje alkaloidy, glykosidy a aminokyseliny (Patočka & Hon 2008). Během studií obsahu bílkovin v zelené hmotě bylo ve městě Puškin prokázáno množství bílkovin od 13 do 22% v sušině při vlhkosti do 90%. V semenech LP se množství bílkovin pohybovalo od 42-48% (Kartuzova et al. 2002). Patočka & Hon (2007) uvádí, že se množstvím obsažených bílkovin může rovnat sóji, přičemž má ale o polovinu méně tuků (cca 6%). Dále uvádí, že má lupina nejvíc vlákniny ze všech luštěnin. Ganzera et al. (2010) uvádí, že čtyři domestikované druhy, tzv. sladké lupiny, (*L. albus*, *L. luteus*, *L. mutabilis* a *L. angustifolius*) jsou díky vysokému obsahu bílkovin považovány za alternativní zdroje potravy, které můžou teoreticky nahradit geneticky modifikovanou sóju. Díky této vlastnosti jsou druhy předmětem dalšího komerčního zájmu (Ganzera et al. 2010). Mezi obsažené minerální látky se řadí fosfor, draslík, hořčík, vápník nebo stopové množství sodíku. Nelze opomenout vysoký podíl emulgačních látek a antioxidantů (Patočka & Hon 2007).

3.3.9.1 Toxicita

Tento druh je řazen mezi jedovaté rostliny (Patočka & Hon 2007). Rostlina může vyvolávat alergické reakce vzhledem k obsaženým proteinům, a to především u lidí alergických na sóju. (Patočka & Hon 2007; Ganzera et al. 2010).

Zvířata mohou prodělat otravu lupinou známou jako „lupinóza“ (Baloun 1989). Příznaky jako neklid, křeče a žloutenka, třes nebo chvění jsou následkem intoxikace (Baloun 1989; Ganzera et al. 2010). Patočka & Hon (2007) uvádí, že příznaky otravy u lidí jsou suché sliznice, pokles víček, pocity úzkosti, zvýšená tepová frekvence, potíže s polykáním, ve vážných případech až ochrnutí dýchacích orgánů. Ve vážných případech může dojít až ke smrti v důsledku zástavy dýchání a následnému zastavení srdce (Ganzera et al. 2010). Otrava u lidí je spíš ojedinělý případ. Otravu mohou způsobit také houbové toxiny, které se objevují na porušených tkáních rostliny, které následně rychle zplsní (Baloun 1989).

3.3.9.2 Alkaloidy

U druhu *Lupinus polyphyllus* bylo zjištěno celkem 29 druhů alkaloidů (Veen et al. 1992). Mezi hlavní obsažené látky se řadí lupanin a další alkaloidy jako spartein a lupinin (Baloun 1989). Lupiny je vylučují do půdy prostřednictvím kořenů (Wink 1983). Další obsaženou látkou je například anagyryl. Z celé rostliny je nejvíce alkaloidů v semenech

(Patočka & Hon 2008). Wink (1983) uvádí, že nejvíce alkaloidů se ukládá v kořenech, plodech a stoncích. Dále se nacházejí v oblasti stromatu chloroplastů (Wink & Hartmann 1982). Rostlina tyto chemické látky využívá jako ochranu proti býložravcům, hmyzu a dalším organismům (Ganzera et al. 2010). Zmíněné látky se vyskytují i v jiných rostlinách, ovšem jejich výskyt v lupinách je pro rostliny charakteristický. Proto se obecně nazývají lupininovými alkaloidy. V odborné literatuře se jedná o název chinolizidinové alkaloidy (Patočka & Hon 2008). Tyto alkaloidy brání klíčení semen ostatních druhů rostlin (Wink 1983).

Podle Bobkiewicz-Kozłowska et al. (2007) je již mnoho let prokázáno, že společně s dalšími rostlinnými druhy, působí alkaloidy lupin hypoglykemicky. Především extrakt ze semen *Lupinus angustifolius* prokazatelně snižuje krevní tlak u králíků, myší a potkanů. Dále bylo u králíků s diabetem prokázáno snížení hladiny cholesterolu a hyperglykémie (Bobkiewicz-Kozłowska et al. 2007).

Semena *Lupinus polyphyllus* a dalších nekultivovaných druhů mohou obsahovat až 6% chinolizidinových alkaloidů. Jejich hořká chuť nepředstavuje zdravotní riziko, jelikož se rostlina neužívá jako zemědělská plodina (Ganzera et al. 2010). Ve Finsku se podařilo vyšlechtit alkaloidově chudý kultivar *Lupinus polyphyllus* var. SF/TA, který byl získán křížením dvou volně rostoucích genotypů nalezených ve střední části země (Aniszewski et al. 2001). Pro zemědělské účely se ale pěstují výhradně „sladké lupiny“ (Viz výše). Tyto druhy pak mohou být zdrojem potravy pro lidskou i zvířecí spotřebu (Ganzera et al. 2010).

3.3.9.2.1 Anagyrin

Tento alkaloid byl identifikován jako teratogenní látka (Patočka & Hon 2007). Teratogeny jsou látky způsobující vadu ve vývoji (Šípek 2011). Konkrétně anagyrin způsobuje vrozené deformity telat, je doloženo i u koz. Můžeme se setkat s názvem „crooked calf disease“ (Patočka & Hon 2007). Společně s anagyrinem tuto nemoc způsobují další chinolizidinové alkaloidy. Množství látky kolísá podle druhu. Vyskytuje se především u druhů, které nebyly domestikovány (Patočka & Hon 2007; Ganzera et al. 2010).

3.3.9.2.2 Lupanin

V semenech lupiny je lupanin prekurzorem dalších alkaloidů (angustifolin, estery lupaninu, apod.) (De Cortes Sánchez et al. 2005). U lupaninu nebyl prokázán účinek na snížení hladiny glukózy v krvi. Alkaloid nepůsobí hypoglykemicky u diabetických ani u nediabetických zvířat (Bobkiewicz-Kozłowska et al. 2007). Sloučeniny lupaninů tvořily zhruba 96,5% ze všech sloučenin (Palta & Berger 2008).

3.3.9.2.3 Spartein

Je označován jako faktor snižující hladinu glukózy. Dále bylo prokázáno, že spartein zvyšuje sekreci inzulínu u osob s diabetem nezávislým na inzulínu i u zdravých osob (Bobkiewicz-Kozłowska et al. 2007). Ze všech sloučenin tvoří sloučeniny ze skupiny sparteinů asi 1% (Palta & Berger 2008).

3.3.10 Biologická činnidla ovlivňující *Lupinus polyphyllus*

Prass et al. (2022) uvádí, že ve Finsku se vyskytuje několik nadzemních herbivorů LP. LP je konzumována plžem *Arianta arbustorum* (plamatka lesní) a můrou *Agonopterix nervosa* (plochuška janovcová). Dále byla tamtéž pozorována *Macrosiphum albifrons* (mšice lupinová) ze Severní Ameriky, která může snižovat produkci semen (Prass et al. 2022).

Mezi další škůdce se řadí larvy nosatce *Tychius leneelus*, které požírají semena uvnitř lusku. V původním areálu rozšíření se řadí larvy motýlů či třásněnka západní (*Frankliniella occidentalis*), kdy se napadení projevuje v době květu (Babcock et al. 1993).

Ve východní Evropě jsou na polích s lupinou úzkolistou a lupinou bílou známí jako škůdci také nosatci. Listopasi mohou využívat širokou škálu druhů rostlin, ale nejspíš dávají přednost druhům rodu *Lupinus*. Larvy brouků se živí kořeny, čímž rostlina trpí sníženou účinností symbiotického systému fixace dusíku. Na jaře požírají dospělci mladé listy, což může mít vážné následky pro mladé rostliny. (Piedra- García & Struck 2021).

Výzkum Morin et al. (2000) se zakládal na testování určení vhodnosti rzi janovce metlatého (*Cytisus scoparius*) jako biologického činnidla. Pro testování byla vybrána i LP. Všechny rostliny inokulované rzi se infikovaly a vyvinulo se na nich několik uredinií, které produkovaly velké množství spor. Konkrétně na starých listech LP se pomalu vyvíjelo několik uredinií, která však byla menší než na ostatních rostlinách a produkovala omezené množství spor. Na mladých listech LP se po inokulaci vyvinuly chlorotické skvrny a následně uredinia. Druh byl označen jako středně náchylný k tomuto druhu rzi. V testech hostitelské specifčnosti na Havaji byla zjištěna náchylnost ke rzi hlodáše evropského (Morin et al. 2000).

Antraknóza je potenciálně vysoce destruktivní houbová choroba LP. Je způsobována houbou *Colletotrichum gloeosporioides*. Houba se přenáší osivem, kontaminovanou vodou a dopravními prostředky, na zvířatech či oděvech. Na rostlinách, u kterých bylo potvrzeno napadení, bylo možné pozorovat zkroucené stonky s tmavohnědým zbarvením poškození. V jeho středu se nacházely světle oranžové výtrusy *C. gloeosporioides* (Lindbeck et al. 1998). Šafránková (2023) uvádí, že původcem onemocnění antraknózy je *Colletotrichum lupini*. Projevem onemocnění jsou pokroucené vegetační vrcholy a stonky, jejich deformace a zasychání. Později se objevují oranžové skvrny. Infikování jedinci zmlazují, vytváří mnoho nových květních výhonů. Ty jsou ale posléze také napadány. Infekce se projevuje na začátku kvetení, kdy větší šanci na napadení podporuje vyšší vlhkost. Nejvíce škody patogen napáchá na zemědělsky užívané lupině bílé (*L. albus*), kde může dojít ke snížení výnosu semen až o 80% (Šafránková 2023).

Kromě toho může být LP napaden padlí v invadovaném i původním areálu. Toto onemocnění způsobují různé druhy *Erysiphe* z řádu *Erysiphales* (padlí). Nově byl popsán druh *E. lupini*, který byl nalezen v USA na LP. Infekce postihuje nejprve staré listy, kde houba vytváří práškovitý povlak, následně se objevují hnědé skvrny (Bradshaw et al. 2022).

3.4 Vliv na stanoviště

V reakci na invazi LP v alpských travnatých porostech se zvýšila specifická listová plocha a snížil se obsah sušiny listů (Hansen et al. 2021). LP má silný filtrační účinek a potlačuje drobné druhy a upřednostňuje trsnaté trávy a ruderalní rostliny (Otte & Maul 2005).

Nedávná studie Vetter et al. (2020) naznačila, že přítomnost LP může narušit pozitivní vztah bohatství a obnovy polopřirozených travních porostů v případě sucha. Invazní druhy rostlin obecně snižují početnost a rozmanitost místních druhů rostlin (Ramula & Sorvari 2017). Podle Hejdy et al. (2009) se na pozorovaných invadovaných plochách snižuje druhová bohatost, diverzita i vyrovnanost. To se může promítnout například na členovcích, kteří se řadí mezi vyšší trofické úrovně (Ramula & Sorvari 2017), nebo na celém společenstvu (Hejda et al. 2009). Ekologické dopady se mohou měnit i s časem od invaze (Prass et al. 2022).

3.4.1 Ovlivnění porostu

Ekologické dopady invazních druhů jako je LP se mohou s časem měnit nebo kumulovat, což může vyvolat další změny ve společenstvech a abiotickém prostředí (Prass et al. 2022). Průměrná hustota porostu je 5 – 121 jedinců včetně semenáčků na m². Malí jedinci, kteří obvykle představují buď semenáčky, nebo malé vegetativní rostliny, bývají v populacích hojnější než velcí kvetoucí jedinci (Ramula et al. 2015). Volz (2003) uvádí průměrný počet 2 jedinci na m². Důležitým faktorem ve vývoji rostliny je vnitrodruhová konkurence (Volz 2003). LP je spjat s nižší druhovou diverzitou v invadovaných rostlinných společenstvech. Invadovaná společenstva byla spojena s nižším výskytem generalistických, oligotrofních a kopitrofních (náročně na živiny) druhů (Prass et al. 2022). Hejda et al. (2009) uvádí, že právě LP často invaduje oligotrofní horské a submontánní louky s vysokou ochrannou hodnotou. Výskyt na těchto lokalitách není podmíněn vysokým obsahem živin kvůli zmiňované schopnosti vázat dusík (Hejda et al. 2009). Na porostech invadovaných LP na ruderalních travních stanovištích bylo snížení biodiverzity větší než na obhospodařovaných travních porostech (Thiele et al. 2010). Prass et al. (2022) uvádí, že na pozorovaných lokalitách v jižním Finsku byla druhová bohatost cévnatých rostlin na invadovaných lokalitách LP v průměru o 16 % nižší než na lokalitách nenapadených. Na napadených lokalitách se diverzita cévnatých rostlin snižovala s rostoucí pokryvností LP (Prass et al. 2022). LP má negativní vliv na diverzitu a ovlivňuje početnost skupin členovců a jejich společenstva. Rostlina by mohla být prospěšná pro opylovače. To by mohlo napomáhat častějšímu opylení původních bylin (Ramula & Sorvari 2017). Nicméně LP významně ovlivňuje konkurenceschopnost ostatních rostlin (Jakobsson et al. 2014).

Již bylo zmíněno, že druh ovlivňuje množství dusíku v půdě (např. Thiele et al. 2010). Tím může LP přispět ke změnám ve složení společenstev, jako je zvýšení druhů náročných na dusík a snížení počtů s nízkými nároky na dusík (Thiele et al. 2010). Podle Ludewiga et al. (2021) v posledních desetiletích obsadila LP polopřirozené horské louky napříč Evropou a tato invaze měla za následek degradaci stanovišť v důsledku změn ve struktuře a funkci horské luční vegetace. Horské louky jsou typické svou bohatostí s mnoha vzácnými a ohroženými druhy rostlin, např. *Arnica montana* (prha arnika), *Trollius europaeus* (upolín evropský). V posledních desetiletích byl pozorován silný pokles diverzity a druhové bohatosti horských luk. Za hlavní příčiny se obecně považují změny ve využívání krajiny, jako je intenzifikace nebo zanedbávání a opouštění. To může vést k rozšíření dominantních a invazních druhů. Horské travní porosty mají vysokou ochrannou hodnotu.

V souvislosti s obnovou těchto ekosystémů se věnuje pozornost půdním semenným bankám. Půdní semenné banky jsou potenciálním zdrojem pro cílové druhy během aktivní

obnovy druhově bohatých společenstev. U LP byl vliv na současnou vegetaci patrný, ale na bance semen nebyl zřejmý žádný vliv. (Ludewig et al. 2021). LP je zařazena na seznam 149 nejhorších cizích druhů s největším environmentálním a socioekonomickým dopadem v Evropě. V tomto žebříčku zaujímá 47. místo (Nentwig et al. 2018).

Například v německé rezervaci Rhön se plochy invadované LP od roku 1998 do roku 2016 zdvojnásobila. Počet porostů se snížil zhruba o 25%, ale velikost porostů se zvýšil v průměru o 300%. V roce 1998 byly typy travních porostů napadeny stejně, zatímco v roce 2016 byly velké a dobře propojené mezické travní porosty v blízkosti silnic napadeny silněji než malé, odlehlé vlhké travní porosty (Klinger et al. 2019). Jak uvádí i Thiele et al. (2010) LP je ve svém invazním areálu spojen s úbytkem diverzity rostlin i hmyzu na travnatých plochách, okrajích silnic, mezických, na živiny chudých nebo vlhkých trávnících ve střední Evropě či v řídkých lesích. Výsledky z jejich výzkumu ukazují, že složení krajiny hraje velkou roli při šíření LP. Konkrétně velikost, forma a propojenost porostů. Proto by měla být charakteristika invazních porostů zařazena při plánování ochranných opatření. (Klinger et al. 2019).

Letecké mapování v kombinaci s analýzou krajiny představuje pro správce krajiny nákladově efektivní a praktický nástroj pro stanovení priorit opatření na potlačení invaze (Ludewig et al. 2021).

3.4.2 Konkurence

Dospělé rostliny LP se zdají být vysoce odolné vůči konkurenci původní vegetace (Thiele et al. 2010). Valtonen et al. (2006) uvádí, že LP využije nezaplňný prostor nad původní vegetací k dalšímu rozvoji. Kvůli následnému zastínění může být původní nízkorostoucí vegetace vytlačena (Valtonen et al. 2006), nebo může naznačovat celkovou asymetrickou konkurenci o světlo a prostor (Thiele et al. 2010). LP může podpořit šíření vysokostébelné vegetace náročné na dusík (Klinger et al. 2020). Ve společenstvech ostřic a ovsíků, v nichž se LP vyskytuje s pokryvností > 25% nízkorostoucí druhy velmi ubývají. Současně dochází k nárůstu trsovitých trav, jako je *Deschampsia cespitosa* (metlice trsnatá) (Otte & Maul 2005). V konkrétním pozorování se nízkorostoucí druhy snížily jak v druhové bohatosti, tak v pokryvnosti, a středně vysoké druhy pouze v pokryvnosti. Vysoké druhy nebyly výrazně ovlivněny. Nejpravděpodobnější příčina úbytku byla zapříčiněna tedy spíše zastíněním než jinými proměnnými (Valtonen et al. 2006). Mezi obzvláště postižené druhy invazí LP se řadí druhy vázané na typy stanovišť s ranou sukcesí (Thiele et al. 2010).

Přestože LP často vytváří monospecifické porosty, existují druhy, jako je například *Anthriscus sylvestris* (kerblík lesní), které s LP jsou schopny koexistovat (Valtonen et al., 2006). Dle výzkumu Lyytinen & Lindström (2019) si některé populace kerblíku vyvinuly zvýšenou konkurenční schopnost.

Odolnost vůči suchu přispívá k tomu, že LP je na suchých půdách silným konkurentem. Zásoby vody si uchovává v adventivních výhonech. Pravděpodobné postupné šíření Evropou se dá očekávat, protože předpokládaný nárůst výskytu sucha může zvýhodnit tuto nepůvodní rostlinu (Vetter et al. 2019).

V souvislosti s kolísavými srážkami a pozdními mrazy došlo ke snížení délky květenství. Pozdní mrazy také způsobily výrazné snížení přežití všech stadií životního cyklu, přičemž největší vliv měl mráz na semenáčky (Vetter et al. 2019).

3.5 Metody likvidace

Druhy jako LP jsou schopné přežít dlouhou dobu v semenné bance (Pergl et al. 2016). Protože je LP ve většině evropských zemí považován za invazní druh, je v mnoha částech Evropy potlačován. V závislosti na stádiu invaze a místním kontextu je cílem opatření buď úplná eradikace, nebo snížení početnosti. Nejčastěji se provádí mechanická regulace, a to buď přízpusobenými programy kosení, nebo ručním odstraňováním rostlin (např. vytrhávání) (Eckstein et al. 2023). Mechanické metody likvidace potlačí tvorbu semen, ale nedojde ke zlikvidování celé rostliny. Proto je pro příznivý výsledek opatření doporučováno kombinovat mechanické ošetření s aplikací herbicidů nebo přímou foliární aplikaci (Pergl et al. 2016). Vzhledem k tomu, že druh často napadá ochránářsky významná území, aplikace herbicidů ve větším měřítku často nepřipadá v úvahu (Eckstein et al. 2023). Po provedeném managementu je navrhováno co nejdříve obnovit travní porost. Používáno je kromě výsevu místně příslušných druhů také překrytí ošetřené plochy pokosenou trávou z okolních nezasazených lokalit. Ošetřené plochy je i nadále nutné pravidelně udržovat, v případě potřeby management opakovat (Pergl et al. 2016). Odstraňování rostlinné biomasy po kosení podporuje biodiverzitu lučních rostlin. Odstraněním LP bylo možné účinně snížit jeho pokryvnost na lokalitách mezických horských loukách, ale nikoli na vlhkých lokalitách (Hansen et al. 2022). Likvidace biomasy by dále mohla být prospěšná z hlediska kontroly šíření invazních druhů a přispět tak k zachování původní vegetace (Hassani et al. 2021).

Bennett (2010) doporučuje pro invadované plochy následující opatření. Před květem v případě malého rozšíření rostliny posekat nebo vytrhnout, v této fázi je možné nechat rostliny na místě. V časně fázi kvetení je možné květy posekat nebo otrhat a nechat na místě. Pokud je fáze kvetení pokročilá nebo nastala fáze zrání, je nutné květy z plochy odstranit (Pergl et al. 2016). Je-li napadení velkého rozsahu, posekané nebo vytrhané rostliny je nutné z plochy odvézt nebo na místě kompostovat pod folií. Lokalitu je nutné monitorovat a zásah případně opakovat. Pokud je rostlina ve fázi kvetení nebo dozrávání, můžeme opatrně odstranit odkvetlé květenství. Shromážděnou biomasu z lokality je zapotřebí opět odvézt. Další možností je počkat do dalšího vegetačního období. Tím snížíme riziko nechtěného rozptylu semen (Bennett 2010).

Za účelem zvýšení produkce obnovitelné energie by se k výrobě bioplynu mohla využívat posekaná vegetace z okrajů silnic, zahradní odpad či další nezáměrně vypěstovaná rostlinná biomasa. Tento postup by mohl být příznivý pro životní prostředí nejen z hlediska odstraňování materiálu z invazních rostlin, ale také z hlediska likvidace uhlíku a živin z eutrofizovaných lokalit (Hassani et al. 2021).

3.5.1 Seč, kosení

Tento způsob odstraňování biomasy je oblíbenou metodou kontroly invazních druhů rostlin (Ramula 2020). Vymýcení lupiny kosením může trvat několik let (Valtonen et al.

2006). V ideálním případě tato metoda regulace vyčerpává zdroje rostlin, a tím vede ke snížení jejich růstu a přežívání. Kontrolní zásahy mohou do určité míry podpořit růst rostlin, což může vést ke stejné nebo větší produkci biomasy (Ramula 202).

Mnohé invazní druhy včetně LP mají vlastnost částečné nebo úplné obnovy po poškození (Ramula 2020). Termín seče je v polopřirozených porostech faktorem, který nejvíce určuje načasování uvolnění semen (Klinger et al. 2020). Bylo zjištěno, že na pozemcích s časnou sečí, kde je hlavním důvodem využívání plochy v hospodářství sklizeň sena, se ve skutečnosti neobjevují téměř žádní jedinci LP (Otte & Maul 2005).

Jako ideální management uvádí Valtonen et al. (2006) pravidelnou seč před vysemeněním LP spolu s odstraňováním oddenků. Při sečení ztrácí LP velkou část své biomasy a nakonec usychá (Valtonen et al. 2006). U rostlin, které mají v době sečení životaschopná semena, je kosení mj. způsob šíření semen. Riziko nežádoucího šíření během nebo po managementu závisí na vývojovém stadiu semen. Průběh klíčení semen se liší v závislosti na termínech seče (Klinger et al. 2020). Pravidelné kosení zabraňuje tomu, aby se na lokalitě rozšířily další vysoké druhy, včetně mnoha plevelů (Valtonen et al. 2006). V polopřirozených nebo přirozených travních porostech je rozptyl zralých semen žádoucím procesem. Avšak v porostech s nepůvodními invazními druhy je tento jev naopak zcela nežádoucí. V těchto ekosystémech jsou změny v obhospodařování travních porostů v době sečení potenciální příležitostí pro uchycení invazních druhů (Klinger et al 2020).

Typickou adaptací na kosené nebo spásané lokality jsou nízko rostoucí druhy. Podle analýzy indikačních druhů LP snižovala především nízké a středně vysoké druhy vázající dusík (*T. pratense*, *T. repens*, *T. hybridum*, *V. sepium*) (Valtonen et al. 2006). Obecně lze říct, že invadované louky LP poskytují méně kvalitní seno kvůli vysokému obsahu vody a alkaloidů v LP (Klinger et al. 2020).

Pochopení ekologie klíčení invazních rostlin je proto velmi důležitý faktor pro management, kontrolu a následná opatření proti pokračující expanzi na nová místa. Navzdory tomu jsou znalosti o klíčivosti a dozrávání semen často nedostatečné. Schopnost dozrát a klíčit závisí na vztahu mezi fenologií a datem seče. To může mít důležitý dopad na management invazních druhů v travních porostech (Klinger et al. 2020). Valtonen et al. (2006) doporučuje provádět dvoufázovou seč v polovině a na konci léta, aby se zabránilo opětovnému rozkvětu. Dále uvádí, že na okrajích silnic a v jejich blízkosti při opakovaném sečení často chyběla. To by mohlo svědčit o tom, že zatím není adaptována na časté sečení (Valtonen et al. 2006). Ramula (2020) uvádí, že výrazné snížené přežívání se projevilo až ve druhém roce prováděných pokusů. Dané rostliny byly již první rok menší, v následujícím roce se snížil počet kvetoucích výhonů. Autorka dále zmiňuje, že rostliny, které byly sekány po dobu dvou let, měly menší množství biomasy výhonů a kořenů než kontrolní rostliny.

Ve výzkumu bylo prokázáno, že každoroční odstraňování biomasy snižuje velikost rostlin, pravděpodobnost kvetení, jejich biomasu výhonů a kořenů a přežívání rostlin. Jako důsledek jednorázového odstranění biomasy bylo výrazné snížení dlouhodobé rychlosti růstu populací (Ramula 2020). Dle Otte & Maul (2005) se hustota porostu LP snížila po 3-5 letech kosení. Další výzkum prokázal, že v závislosti na typu seče snížila časná seč v červnu nebo červenci biomasu LP na 10 až 50 % biomasy na začátku ošetření. Kosení ploch dvakrát za léto snížilo biomasu na 20 % předešlého roku (Volz 2003). Blomqvist (2021) ve svém pokusu testoval potenciál LP k opětovnému růstu po seči. Ošetření kosením se provedlo jednou,

dvakrát nebo třikrát. Bylo zaznamenáno významné snížení biomasy stonků, květenství a celkové biomasy, ale nikoliv snížení biomasy listů, což naznačuje, že rostliny po kosení nejvíce investují do obnovy listů (Blomqvist 2021). Bröback (2015) dokládá tvrzení, že květenství se obnovilo pouze na lokalitách, kde proběhla časná seč. Rostliny byly na pozorovaných plochách seříznuty ve fázi kvetení. Téměř všechna obnovená květenství byla schopna vyprodukovat semena. Téměř 30 % semen z posekaných rostlin bylo infikováno plísní, zatímco z neposekaných rostlin jich bylo infikováno jen několik. V případě ošetření vysokým řezem bylo výrazně víc odnožených květních stonků. Dalším poznatkem jeho studie byly rozdíly mezi semeny posekaných a neposekaných jedinců. V sečené části rostliny produkovaly v průměru lehčí semena na plod v menších počtech.

Dostupné výsledky naznačují, že pro úspěšné snížení početnosti LP je nutné kosení rostlin v průběhu více let a zdá se, že časné kosení má na lupinu výrazně větší vliv než kosení po fázi květu (Eckstein et al. 2023). Vzhledem ke schopnosti LP po pokosení znovu vyrašit může být nutná i druhá seč (Klinger et al. 2020).

Management týkající se zavedených invazních druhů je často náročnější než opatření nově přichozích druhů. Ideálně by měla kontrolní opatření proběhnout před tvorbou semen, ale je důležité zkoordinovat různé cíle ochrany přírody. Například na invadovaných horských loukách je nutné kosení ploch přizpůsobit hnízdění ptáků, kteří hnízdí na zemi. To ale znamená, že invazní rostliny stihnou vytvořit životaschopná semena (Klinger et al. 2020). Nejenom v Krkonošském národním parku je aktuální agroenvironmentální opatření Ochrana chřástala polního. Pro hnízdiště tak platí ochrana, a seč je umožněná až po 15. srpnu, aby mohly vyhníztit i pozdní snůšky. Je doporučeno kosit louky mozaikovitě, aby měli chřástali krátkodobý úkryt. V těchto případech je dobré kosit louky zprostřed, aby mohli živočichové najít nový úkryt (Zámečník 2022). Intenzivní kosení škodí také motýlům. Ti však z dlouhodobého hlediska budou mít prospěch z rozmanitější vegetace (Valtonen et al. 2006).

3.5.2 Pastva

Kromě zajištění dostatečně časného kosení luk je vhodným opatřením pro udržení šíření pod kontrolou také pastva ovcí. Pastvu je nutné provádět před dozráním semen lupiny, protože zralá semena mohou být ovcemi rozptýlena na delší vzdálenosti se zvýšenou schopností klíčit kvůli natrávení. Spásání LP v období druhé půli května oslabuje konkurenční schopnost (Otte & Maul 2005). Ovce jsou pro pastvu vhodnější než skot. Konkrétně pro ovce je životu nebezpečné množství 100 g semen (Hrubá 2020). Doporučená pastva je 1,3 dobytčí jednotky na hektar s krátkou, ale dvakrát ročně probíhající pastvou (Starfinger & Kowarik 2011).

3.5.3 Kompostování

Efektivní kompostování je výsledkem procesu závislého na mnoha proměnných. Proces ovlivňuje teplota, čas, dostupnost kyslíku, pH, vlhkost a společenstvo mikrobů. Podle vývoje procesu se teploty pohybují od mezofilních po termofilní. Hodnota pH se může velmi lišit dle stupně procesu od kyselého (4,5) na začátku až po slabě zásadité (hodnota 8 – 9). Bylo prokázáno, že vysoké teploty při kompostování jsou velmi účinné při ničení patogenů.

Získanou biomasu z invazních rostlin, která je obvykle silně ovlivněna lidskou činností, je možné využít jako materiál pro výrobu energie (Hassani et al. 2021).

Invazní rostliny jsou schopné v kompostu zakořenit. Proto je doporučováno zbavit rostliny životaschopnosti některými technikami (sušení, solarizace) (Bennett 2010). Kompostovaný materiál by se ale dal potenciálně využívat pro zúrodnování půdy. Problematické využití nastává ve chvíli, když používaná biomasa obsahuje semena nebo části rostlin invazních druhů (Hassani et al. 2021). V případě, pokud není jisté, že je původní biomasa neživotaschopná, by se neměl kompostovaný materiál využívat (Bennett 2010). Pokud nejsou v procesu všechny části zcela zničeny, může použití kompostu způsobit další šíření nežádoucích druhů. Největším rizikem jsou semena, která jsou přizpůsobena k přežití v nejrůznějších podmínkách, a klíčení nastává pouze v době, kdy jsou podmínky pro růst příznivé (Hassani et al. 2021). Bennett (2010) doporučuje vyhnout se kompostování semen. Na lokalitách s příznivými podmínkami je možné biomasu kompostovat pod kompostovací fólií přímo na dané lokalitě (Pergl et al. 2016).

V konkrétním pokusu ošetření po dobu jednoho měsíce ukázalo vysoké riziko přežití přibližně třetiny semen. Tvrdá semena lze rozbít kombinací termofilních teplot, vlhkosti a statickým tlakem. Semena byla životaschopnější, pokud byla doba zpracování kratší (30 dnů) a teplota mezofilní. Životaschopných semen bylo 16,7 %, dormantních semen 31,6 %. Menší pravděpodobnost přežití měla semena se stoupajícím počtem dnů s teplotou nad 50 °C a počet dní s teplotou do 30°C zůstával nízký. V porovnání s pokusem čtyřměsíčním lze říct, že vyšší teplota a další doba zpracování významně snižuje míru přežití při kompostování v hrabance oproti kompostování v tunelu. Podíl životaschopných semen činil 2,6 % a podíl dormantních semen 14,2 %. V suchých podmínkách jsou semena LP schopna přežít i teploty 70 °C. Vitalita byla ovlivněna především časem, teplotou a vrstvou. Menší pravděpodobnost přežití byla u semen v horní a střední vrstvě části kompostu (Hassani et al. 2021).

3.5.4 Chemické opatření

Allonsy (2021) uvádí, že chemická likvidace je nejspolehlivější způsob, jak se rostliny zbavit. Pro likvidaci je sepsán následující postup. Likvidace se započíná na jaře, aby byly všechny listy plně rozvité. Důležité je začít před kvetením (Allonsy 2021). Haupt (2019) trvá, že nejlepší dobou k aplikaci je období po vytvoření listové plochy a zároveň před fází butonizace. Další fází, ve které lze s účinkem provádět aplikaci je po nárůstu hmoty po posekání nebo po odplození. Pergl et al. (2016) doporučuje provést aplikaci před založením semen. V případě aplikace na kvetoucí rostliny je nutné zabránit dozrání semen (Pergl et al. 2016). Případně je možné provést podzimní aplikaci po odkvetení, ale před odumřením listů. Ošetření se provádí za slunného dne po oschnutí rosy. Aplikujeme dvouprocentní roztok systémového herbicidu, jako je glyfosát nebo triklópyr, smíchaný s vodou v poměru 1:1 (Allonsy 2021). Dle Pergla et al. (2016) je u LP doporučený postřik s 10% roztokem herbicidu na bázi glyfosátu na list. Glyfosát se osvědčil na fázi aktivního růstu a na velkou listovou plochu, triklópyr je důležité aplikovat před butonizací.

Roztok aplikujeme rozprašovačem rovnoměrně na listy tak, aby nestékal na okolní rostliny. Je doporučeno do roztoku přimíchat barvivo, aby bylo patrné, které listy aplikace zasáhla. Následně by měl herbicid zhruba tři hodiny zaschnout. Látka je vtažena do kořenů a

začíná působit ihned. První projevy jsou patrné přibližně za týden. Po odumření a uschnutí listů a stonků se rostliny seřezávají na úrovni země. Aplikace na nové semenáčky se provádí znovu asi po dvou týdnech od prvního postřiku. Na plochách s hustou pokryvností LP je možné, že bude vegetace lupin ožrážet (Allonsy 2021).

Plošnou aplikaci totálního herbicidu lze použít v prvním roce, pokud je to na dané lokalitě přípustné. Systém oddenků do určité míry může zabránit erozi. V dalších letech je možné aplikaci provádět pouze bodově nebo lokálně na obnovující se rostliny. (Pergl et al. 2016).

Haupt (2019) provedl v září polní pokus na chemickou likvidaci za použití herbicidu Dominator 360 TF. Přípravek byl použit v koncentraci 4,5 – 5 %. Autor provedl více variant aplikace (foliární aplikace, smočení listové plochy i s řapíky a lodyhami), převážně bodově ošetření. Plošná aplikace byla provedena pouze při vyšší hustotě výskytu rostlin. Kontrola po týdnu od aplikace prokázala, že rostliny postupně uvadaly a odumíraly. Dále bylo dokázáno, že pokud jsou rostliny mohutné, účinek postřiku je výrazně nižší.

3.5.5 Další metody likvidace

Peiter et al. (2001) uvádí, že u druhů rodu *Lupinus* snižuje hydrogenuhličitan prodlužování kořenů. Na vápenatých půdách jsou přítomné vysoké koncentrace hydrogenuhličitanů, což může ovlivňovat produktivitu lupiny. Rychlost prodlužování kořenů byla snížena mírným zvýšením pH z 5,0 na 6,5. Vápnění by se tak mohlo použít ke zvýšení pH půdy a potlačení růstu lupin (Peiter et al. 2001).

Další metodou snížení klíčivosti je použití dřevěného popelu. Tento pokus se však osvědčil pouze v laboratorních podmínkách, v polních podmínkách se neprojevil žádný účinek ani při použití velkého množství granulovaného popela (Tuominen 2020).

Doporučovanou metodou spolu s kosením je odstraňování oddenků. Dle Valtonena et al. (2006) je tato kombinace ideální. Odstraňování oddenků může zabránit hnojivému účinku LP na půdu (Valtonen et al. 2006).

Je možné využít solarizaci, což se používá u rostlin s měkkými tkáněmi. Naplněné plastové pytle se vystaví několik týdnů slunečnímu záření. Plachtování je další způsob, kdy je biomasa zakryta nepropustnou plachtou. Materiál se nechává několik týdnů schnout. Poněkud riskantní metodou je zakopávání. Hluboká jáma se vyloží plachtou, následně se navrství biomasa a po odstranění přebytečného vzduchu se vrstva opět zakryje plastovou plachtou. Poté se jáma přehrne zeminou, aby byla biomasa dobře zatížena. Horní část materiálu by měla být minimálně 3 metry pod zemí. Poslední metodou, kterou Bennett (2010) uvádí, je zaplavení či utopení. Rostlinný materiál je po několik týdnů namočen ve vodě. Dobře shnilý materiál lze kompostovat. Tato metoda, která je obecně málo používaná, není zaručeným postupem, jak zničit semena (Bennett 2010).

4 Metodika

Práce byla zpracována jako literární rešerše problematiky. Byla provedena rešerše domácí a zahraniční literatury. Dále byl uskutečněn terénní průzkum zájmových lokalit ve východní části Krkonošského národního parku. Fotodokumentace, determinace a verifikace bylinného patra, stupnice pokryvnosti pro zachycení abundance na lokalitách. Vzhledem k tomu, že se lokality nachází na území Krkonošského národního parku, bylo nutné nejprve zajistit povolení pro vjezd a výzkum. Povolení k vjezdu a výzkumné činnosti bylo získáno před zahájením praktické části této práce.

Na základě výsledků rešerše byly navrženy možnosti regulace *Lupinus polyphyllus*.

4.1 Výběr zájmového území

Na počátku diskuzí v létě 2022, které lokality vybrat, bylo více možností. Dle poskytnutých materiálů od Správy KRNAP byla provedena analýza zmapovaných ploch s výskytem LP. Porosty s malou husotou nebyly do dalšího výběru zahrnuty. Díky poskytnutým GPS souřadnicím bylo dohledáno katastrální území, parcelní číslo, majitel a typ porostu. Do užšího výběru se dostaly takové plochy, na které dle Veřejného registru půdy (LPIS) nepobírali hospodáři dotace. Primárně vyhledávanými lokalitami byly ty, které jsou ve vlastnictví Správy KRNAP, případně měst a obcí. Plochy soukromých vlastníků nebyly do dalšího výběru zařazeny. Analýza pozemků byla vypracovaná v programu QGIS, využit byl Veřejný registr půd a mapový portál Správy. Výběr dílčích ploch byl realizován s ohledem na zastoupené biotopy.

Následně byla provedena terénní prohlídka zhruba 20 lokalit, které splňovaly výše zmíněné podmínky. Na základě konzultací se zaměstnanci Správy (T. Janata, S. Březina) a J. Perglem z Botanického ústavu Akademie věd ČR byly vybrány tři lokality. Dva pozemky jsou ve vlastnictví Správy, jeden je ve vlastnictví obce Malá Úpa. Se Správou byly uzavřeny potřebné smlouvy. S obcí Malá Úpa byl souhlas udělen na základě korespondence. Oba subjekty výzkum povolily, po jeho skončení vyžadují závěrečnou zprávu s výsledky.

Plochy mají velikost $5 \times 5 \text{ m}^2$ v oboře Hlušiny (Hl), $3 \times 10 \text{ m}^2$ v Eliščině údolí (Eú) a na herlíkovické sjezdovce (SH) zhruba $3 \times 10 \text{ m}^2$. Na každé lokalitě byly vybrány tři čtvercové plochy (A, B, C) o velikosti $1 \times 1 \text{ m}^2$, na kterých byl proveden popis bylinného patra. Jednotlivá popisná stanoviště jsou rozmístěna s ohledem na terén (horní A, střední B a spodní C část). Během roku nejsou referenční plochy oploceny. Výjimkou je samozřejmě obora Hlušiny.

4.1.1 Početnost jedinců a pokryvnost

Na každé ploše byl proveden popis bylinného patra. Početnost jedinců představuje absolutní počet jedinců na zkoumané ploše. Nebyly rozlišovány generativní a vegetativní výhony. Pokryvnost je prostor, který rostlina zaujímá na pozorované ploše, v práci je vyjádřena procentuálně, byla stanovena pomocí metody odhadu pokryvnosti dle Moravce et al. (1994). Pro zachycení abundance druhů na lokalitách byla zvolena stupnice pokryvnosti dle Moravce (1994). Získaná data o pokryvnosti byla převedena na devítičlennou stupnici dle Braun-Blanqueta. Stupnice je uvedena v tabulce č. 1.

K determinaci druhů byla použita následující literatura: Flora Vegetativa (Eggenberg & Möhl 2013), Květena České republiky (Slavík 1995) a Klíč ke květeně ČR (Kaplan 2019).

Tab. č. 1: Devítičlenná stupnice pokryvnosti dle Braun-Blanqueta

| Pokryvnost na referenční ploše | Stupeň pokryvnosti dle Braun-Blanqueta |
|---|--|
| ojedinele (1 rostlina) | r |
| roztroušeně, pokryvnost zanedbatelná do 1 % | + |
| 1 – 5 % | 1 |
| Výskyt do 5 %, vysoká abundance | 2m |
| 5 – 15 % | 2a |
| 15 – 25 % | 2b |
| 25 – 50 % | 3 |
| 50 – 75 % | 4 |
| 75 – 100 % | 5 |

4.1.2 Popis zájmových lokalit

Všechny lokality se nachází na území Krkonošského národního parku. Obora Hlušiny a Eliščino údolí spadá do zóny soustředěné péče. Obora se nachází na katastrálním území Velké Úpy nedaleko osady Vlašské boudy. Nachází se ve svahu uprostřed lesů, viz obr. č. 6, v nadmořské výšce 920 m n. m. V přílohách 1 a 2 je patrný sklon na lokalitě. Lokalita je orientována na jih. Dle map AOPK ČR se jedná o biotop T1.1 (Mezofilní ovsíkové louky). Dle Chytrého et al. (2010) v tomto typu biotopu převažují mezofilní trávy (ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*) nebo trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Mezi další trávy se řadí srha říznačka (*Dactylis glomerata*) či medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*). Dalšími bylinami je kakost luční (*Geranium sylvaticum*) či jetel plazivý (*Trifolium repens*). Autoři dále uvádí pokryvnost mezi 60 až 100 %.

Eliščino údolí spadá do katastrálního území Horní Malé Úpy. Nadmořská výška je zhruba 953 m n. m. Zájmová plocha je v rovinaté oblasti údolí v těsné návaznosti na potok Malá Úpa a nezpevněnou cestu, jak můžeme vidět na obrázku č. 7 či v příloze 3. Údolím vede naučná stezka oblíbená mezi turisty. Dle AOPK se jedná o biotop T1.6 a T2.2 (Vlhká tužebníková lada; Horské smilkové trávníky). Chytrý et al. (2010) uvádí, že biotop T1.6 často bývá monodominantním porostem a nejčastější rostlinou bývá například tužebník jilmový pravý (*Filipendula ulmaria* subsp. *ulmaria*) nebo vrbina obecná (*Lysimachia vulgaris*). Dále se mohou vyskytovat ostřice (*Carex*) nebo vrbovka chlupatá (*Epilobium hirsutum*). Biotop T2.2 je dle Chytrého et al. (2010) kombinací alpských druhů v nižších nadmořských výškách a podhorských druhů ve vyšších polohách. Mezi konkrétní druhy tohoto biotopu řadí psineček obecný (*Agrostis capillaris*), smilku tuhou (*Nardus stricta*), zvonek český (*Campanula bohemica*), silenku nadmutou (*Silene vulgaris*) nebo protěž lesní (*Gnaphalium sylvaticum*).

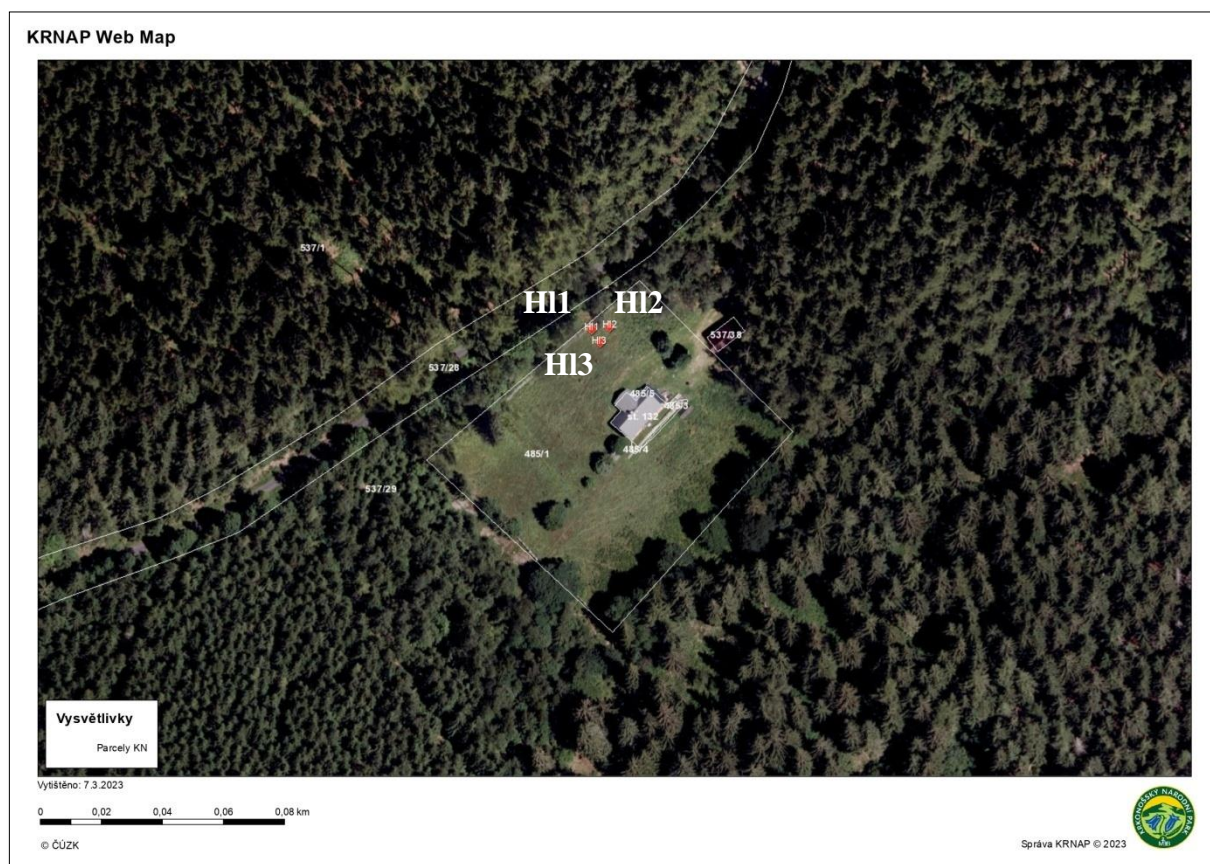
Plocha na sjezdovce je součástí komplexu Skiaerálu Herlíkovice. Zájmové plochy můžeme vidět na obr. č. 8, popř. v přílohách 5 a 6. Jedná se o červenou sjezdovku, její svazitost přesahuje 17°. Svah je orientován na jihozápad. Nadmořská výška trati v místě zájmových ploch je 795 m n. m. Na leteckém snímku z roku 1953 je viditelné, že se jedná o travní porost (ArcGIS KRNP). Dle map AOPK se jedná se o biotop T1.2 (Horské

trojštětové louky). Chytrý et al. (2010) uvádí, že mezi hlavní druhy tohoto biotopu se řadí psineček obecný (*Agrostis capillaris*), kostřava červená (*Festuca rubra*) či trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Mezi další byliny horských trojštětových luk řadí rdesno hadí kořen (*Bistorta major*), silenka dvoudomá (*Silene dioica*), popřípadě další druhy jako hořec tolitovitý (*Gentiana asclepiadea*) nebo pryskyřník platanolistý (*Ranunculus platanifolius*).

Pro usnadnění a následnou lepší přehlednost byly zvolené následující zkratky:

Tab. č. 2: Zkratky a popis umístění zájmových lokalit

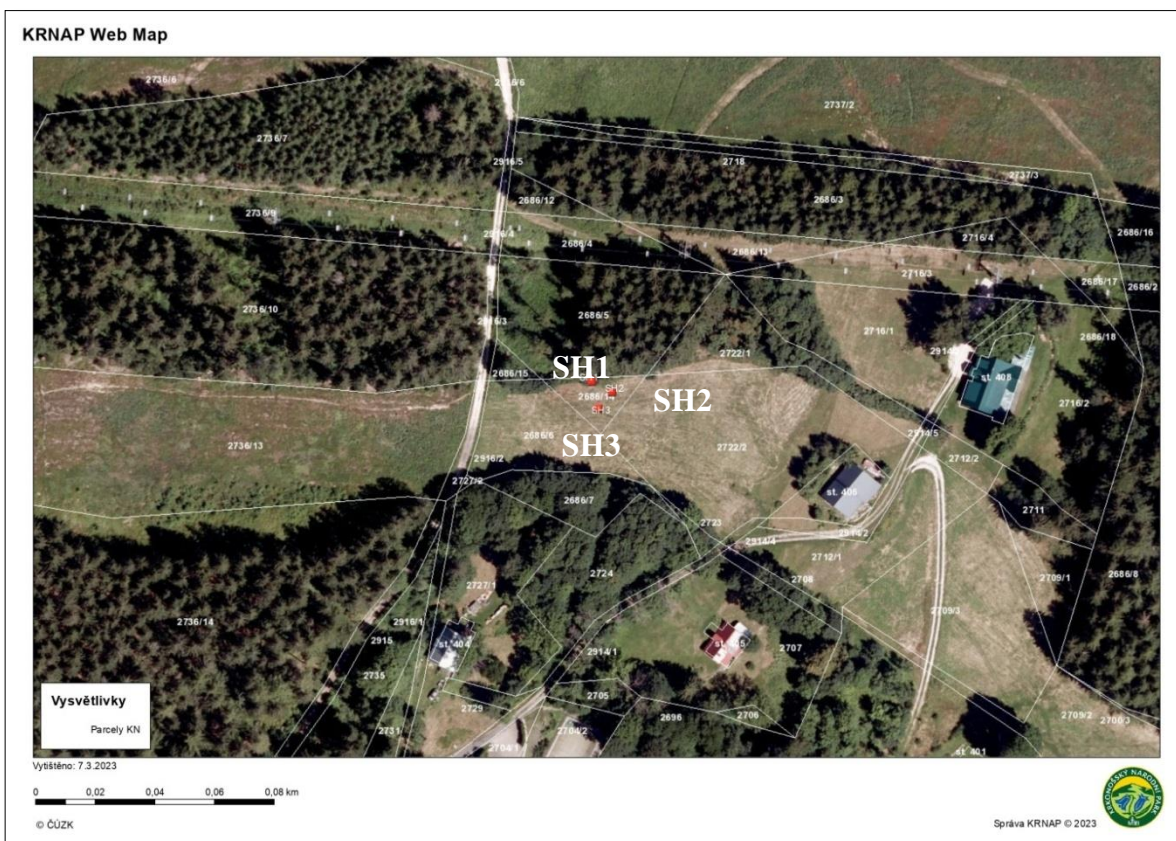
| Použitá zkratka | Vysvětlení |
|-----------------|---|
| HI1 | Obora Hlušiny, horní část nalevo |
| HI2 | Obora Hlušiny, spodní část napravo |
| HI3 | Obora Hlušiny, střední část dole |
| Eú1 | Eliščino údolí- horní pravá část |
| Eú2 | Eliščino údolí-horní část nalevo |
| Eú3 | Eliščino údolí- spodní část nalevo |
| SH1 | Sjezdovka Herlíkovice- horní část nalevo |
| SH2 | Sjezdovka Herlíkovice- střední část napravo |
| SH3 | Sjezdovka Herlíkovice- spodní část nalevo |



Obr. č. 6: Ortofoto- zájmové plochy na Hlušínách; Zdroj: <https://ags.krnapp.cz/>



Obr. č. 7: Ortofoto- zámkové plochy v Eliščině údolí; Zdroj: <https://ags.krnac.cz/>



Obr. č. 8: Ortofoto- zámkové plochy na herlíkovické sjezdovce; Zdroj: <http://agr.krnac.cz/>

4.2 Krkonoše

Jedná se o největší a nejvýznamnější území České republiky. Svým územím zasahují i do Polska. (Flousek et al. 2007).

4.2.1 Geomorfologie

Jsou součástí Českého masivu. Geologický základ Krkonoš tvoří žulový pluton (hlubinná vyvřelina) i krystalický komplex (svory, fylity, ortoruly) (Flousek et al. 2007; Pilous 2013). Reliéf formovalo více procesů. Můžeme se setkat s útvary kernou hornatinou, erozními údolními či hřbety. Výrazným činitelem byl ledovec (Flousek et al. 2007). Tyto skupiny hornin mají navzájem různé fyzikální vlastnosti, což ovlivňuje geomorfologickou různorodost, jež se dodnes utváří. Zásadní dopad na utváření reliéfu měl tektonický zdvih ve třetihorách. Následná eroze neprobíhala až v nejvyšších partiích nebo na západě u pramenů řek Úpy a Labe (Pilous 2013).

Také typologická rozmanitost údolí je ovlivněna žulovým plutonem. Údolí v západních a středních Krkonoších jsou paralelní s hřebeny pohoří (Pilous 2013).

Hlavní větrné systémy se shodují s vytvářeným reliéfem a směřují od severozápadu na jihovýchod, což ovlivňuje místní podnebí (sněhové a dešťové srážky od oceánu). Tento jev se označuje jako anemo-orografický systém (Pilous 2013).

4.2.2 Hydrologie

Krkonoše náleží dvěma úmořím- Severnímu a Baltskému moři. Do Severního odtéká voda ze západní části, východní část, která má znatelně menší plochu, připadá na Baltské moře. Hraniční Slezský hřbet představuje rozvodí mezi úmořími. Krkonoše jsou prameništěm významných středoevropských toků. Mezi hlavní zdroje vody se řadí především atmosférické srážky (déšť, sníh, kroupy, rosa). Vodní síť a údolí se odvíjí od geomorfologického vývoje území během třetihor a čtvrtohor. Na české straně pohoří se setkáváme s mřížovitými říčními sítěmi, na straně polské kvůli velkému sklonu nemohla vzniknout souvislá složitější síť. Převládá severojižní směr toků. Toky a jejich údolí rovnoběžné s hlavním hřbenem (Mumlava, Bílé Labe) kopírují okraj pevných hornin. Bystřiny a říčky mají velký sklon a nevyrovnaný spád. Tyto nerovnoměrné profily jsou pro krkonošské toky specifické. Často hluboká koryta mají neustálená dna, mohou se v nich tvořit kaskády, vodopády či peřeje. Obří hrnce a kotle vznikají vymletím skalního podloží. Na mnoha místech ovlivňoval toky i člověk. V dřívějších dobách bylo upravování toků prováděno pro snadnější splavování dřeva. Kolem většiny toků je vyhlášeno ochranné pásmo i proto, že se jedná o zdroj pitné vody. Krkonoše jsou odvodňovány třemi řekami. Prostřední úsek české části Krkonoše odvodňuje horní tok Labe. Úpa odvodňuje východní třetinu české části a západní třetina spadá pod Jizeru (Flousek et al. 2007).

Průměrný roční úhrn srážek v nejvyšších partiích se pohybuje mezi 1500 a 1600 mm. Většina srážek kvůli nízké retenci oteče povrchovými odtoky. U větších toků se dlouhodobá průměrná teplota pohybuje od 5 do 8 °C. Jakost vody je všeobecně dobrá (Flousek et al. 2007).

4.2.3 Krkonošský národní park

Rozkládá se na severovýchodě republiky při hranici s Polskem. Leží na území Královéhradeckého a Libereckého kraje. Celková plocha české strany parku včetně ochranného pásma činí 547,82 km². Území parku je orientováno od severozápadu k jihovýchodu a protíná nadmořské výšky 400 – 1603 m n. m. Krkonošský národní park (dále KRNAP) byl vyhlášen roku 1963 (Drahný 2007). Na polské straně Krkonoš založili Karkonoski Park Narodowy (KPN) o čtyři roky dříve (Flousek et al. 2007). Od roku 1992 je zařazen na seznam UNESCO jako biosférická rezervace v rámci programu MAB (Člověk a biosféra). Sídlo Správy KRNAP je ve Vrchlabí (Drahný 2007).

Hlavním ekosystémem, se kterým se můžeme v tomto národním parku setkat, je les. Zaujímá zhruba 83 % plochy. Území celého parku po sedm staletí ovlivňuje lidská činnost. Zejména v později byly zásahy intenzivnější (hutnictví, sklářství, zemědělství, těžba dřeva). Jako zalesňovací dřevina vykácených mýtin byl zvolen především smrk. Tak vznikly stejnověkové monokulturní porosty. Nejen kvůli rozšíření kalamitních škůdců a zhoršenému imisnímu stavu proběhla v 90. letech zásadní změna v přístupu k lesnímu hospodářství. Je snaha přeměňovat sekundární smrkové monokultury v nezávislé ekosystémy, které budou schopné samovolné obnovy. Původními porosty byly smíšené pralesy ze smrků, jedlí a buků. Nad horní hranicí lesa se dodnes zachovaly porosty kosodřeviny.

Spolu s přistěhovalci z alpských zemí se začalo formovat budní hospodářství. Jejich obyvatelé pásli dobytek na loukách a v lese i nad jeho horní hranicí. Od konce 18. století se začal rozvíjet turismus. Následně se začala zahušťovat síť komunikací. Před 2. světovou válkou příroda utrpěla poškození i v nejvyšších partiích, kde byly vybudovány další komunikace a zákopy.

Příroda v Krkonoších je ovlivněna především imisními vlivy a intenzivním turismem, který je na denním pořádku. V současné době je problémem kontinuální výstavba apartmánových domů a lyžařských areálů. S tím je spojené odlesňování, budování sjezdových tratí či jízda po přilehlých lesních pozemcích.

Velmi důležitým partnerem našeho nejstaršího národního parku je jeho polská část-Karkonoski Park Narodowy. Spolupráce získala ocenění Transboundary Parks (Drahný 2007).

4.2.3.1 Louky

Jedním z hlavních předmětů ochrany jsou přes 400 let staré druhově vysoce ceněné louky (Správa KRNAP 2018a), které jsou nedílnou součástí parku (Skálová & Krahulec 2013). Jsou-li kvalitně udržovány, řadí se mezi druhově nejbohatší místa národního parku (Správa KRNAP 2018a). Většina lučních společenstev vznikla díky lidské činnosti. Původními lučními porosty lze označovat ty smilkové, které jsou nad horní hranicí lesa (Krahulec et al. 1996). Mimořádná biodiverzita vznikla díky přirozené migraci rostlin a stykem druhů z oblasti primárního bezlesí s druhy lučními (Skálová & Krahulec 2013). Luční společenstva jsou druhově bohatší než lesní porosty. Druhová diverzita se také zvyšuje díky hmyzu, který je mnohdy vázán na určité druhy rostlin (Flousek et al. 2007). Louky byly po dlouhou dobu intenzivně primitivně obhospodařovány. Hlavní náplní byl chov dobytka, s čímž se pojilo sušení sena. Druhově rozmanité luční enklávy vznikly také díky propojení

jednotlivých luk v podhůří a ve vyšších partiích (Skálová & Krahulec 2013; Správa KRNAP 2018b). Každou enklávu hospodáři postupně vyrovnali odstraněním kamenů. Na obvodu pozemků tak byly vytvořeny dodnes patrné zídky- agrární valy (Krahulec et al. 1996).

Krkonošské louky mají obecně vysokou hodnotu, což ale nezaručuje jejich ochranu. Statistika Správy KRNAP dokládá, že více než třetina staveb se kolem roku 2011 realizovala v oblastech s hodnotnými lučními porosty. Téměř všechny obhospodařované louky se staly předmětem ochrany Evropsky významné lokality Krkonoše. Ochranu luk tak mnohdy zajišťovala přítomnost zvláště chráněného druhu živočichů nebo rostlin (Březina et al. 2011).

Jedním z nejvíce palčivých problémů je v současné době pravděpodobně šťovík alpský (*Rumex alpinus*). Tuto invazní rostlinu do Krkonoš zavlekli kolonisté z Alp. Na některých lokalitách začal šťovík dominovat a ohrožovat původní luční porosty. Podobnou zkázu za sebou zanechává i LP. Louky dále ovlivňují druhy rodu křídlatka - *Reynoutria* (*R. japonica*, *R. sachalinensis*) a *Impatiens glandulifera* (netýkavka žláznatá). I proto se řadí luční enklávy mezi hlavní předměty ochrany národního parku. Jako lokální narušitel se projevuje i kýchavice bílá Lobelova (*Veratrum album* subsp. *lobellianum*) či starček Fuchsův (*Senecio ovatus*). Tyto druhy jsou schopné vytvořit monokulturní porosty zasahující do primárního či sekundárního bezlesí (Správa KRNAP 2018a).

Na území KRNAP je podporováno zhruba 500 ha lučních porostů. Hospodáři, kteří úzce spolupracují se Správou, mají jako jednu z podmínek omezení nepůvodních rostlin na jimi obhospodařovaných pastvinách a loukách (Správa KRNAP 2018a).

4.2.3.2 Péče o louky

Degradované porosty je doporučeno kosit a následně na lokalitu přidat živiny ve formě hnoje. Díky obsaženým semenům ve hnoji se do pár let louky obohatí o další rostlinné druhy. Pastva s kosením je také možným opatřením. Samotná pastva by mohla zlepšovat podmínky pro nespásané druhy. Spásané porosty je záhodno po několika letech kosit. Mulčování se v dnešní době nedoporučuje, protože ve společenstvech postupně převládají trávy a ubývá dvouděložných druhů rostlin. Nekosené louky časem zarostou pionýrskými dřevinami. Proces je urychlen, pokud se v porostu vyskytuje brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) (Flousek et al. 2007).

Na území KRNAP probíhal v roce 2018 projekt „Redukce invazivních a expanzivních druhů rostlin v Krkonošském národním parku“. Byl realizován na lučních enklávách Klínové Boudy, Zadní a Přední Rennerovky, Sklenářovice, Rýchorská bouda, Studniční Boudy, Modrý Důl, apod. managementové zásahy byly plánovány a následně prováděny pod dohledem zaměstnanců Správy KRNAP. Celkově bylo zasahováno na 25 lokalitách proti 5 invazním druhům a kýchavici bílé Lobelovy jako zástupci druhu expanzivních. Tyto krajinné celky byly vybrány cíleně za účelem ochrany evropsky významných lokalit. Likvidační opatření se prováděla vyrýváním, sekáním a okrajově byl použit postřik herbicidu. Konkrétně proti LP se zasahovalo na Chaloupkách, Předním Výsluní, Zahrádkách a Braunových loukách. Rostliny se většinou vyskytují roztroušeně nebo ve skupinách na výměře několik desítek m². Tento fakt obecně ztěžuje podmínky pro následnou operativu (Správa KRNAP 2018a).

Aktuálním projektem je „Obnovný management krkonošských luk“. Probíhá od června 2018 do konce října letošního roku. Projekt se zaměřuje na realizaci obnovného managementu na prioritních lučních enklávách na území KRNAP. Management se provádí kvůli zabránění degradace, jako prevence proti zániku těchto lokalit a snížení biodiverzity. Majoritní část enkláv, na kterých se program uplatňuje, je předmětem ochrany KRNAP nebo jako evropsky významná lokalita Krkonoše. Tyto luční porosty jsou charakteristické nadmořskou výškou, nepodmíněným kontaktem s primárním bezlesím, reliéfem, vlhkostními poměry či obsahem živin, apod. Primárním cílem projektu je využívání adaptivního managementového cyklu na prioritních plochách. Cílem těchto dějů je podpora vybraných objektů ochrany. Konkrétně se jedná o ochranu předmětů soustavy Natura 2000 v Evropsky významné lokalitě Krkonoše (Evropská suchá vřesoviště, Druhově bohaté smilkové louky na silikátových podložích v horských oblastech, Extenzivní sečené louky nížin až podhůří nebo Horské sečené louky). Dalším záměrem programu je utváření vhodných podmínek pro následující hospodaření po konci projektu. Proto je realizován obnovný management, monitoring stavu vegetace a doplnění aplikační databáze LUHOP (Správa KRNAP 2018b).

5 Výsledky

Na devíti fytoocenologických snímcích bylo určeno celkem 34 druhů. Soupis všech druhů je uveden v tabulkách č. 3 – 5. Rody rozrazil (*Veronica*), starček (*Senecio*) a ostřice (*Carex*) se nepodařilo blíže určit. Na každé lokalitě byl proveden popis bylinného patra na třech plochách o velikost 1×1 m. Největší pokryvnost jedné plochy byla v Eliščině údolí (62 %) viz tab. č. 3 níže. Naopak nejnižší v oboře Hlušiny (30 %). Nejvíce druhů vykazovala plocha Eú2. Celkem zde bylo 12 druhů na ploše. Nejnižší diverzita (6 druhů) byla zaznamenána na lokalitách SH2. Na zájmových lokalitách nebyl determinován žádný chráněný ani ohrožený druh. Poblíž obory byl determinován náprstník červený (*Digitalis purpurea*) a chráněný prstnatec Fuchsův (*Dactylorhiza fuchsii*).

5.1 Obora Hlušiny

Obora je ve svahu, který je orientován na jih. Část porostu pod plotem byla velmi suchá, kamenitá. Porost působil dojmem neúživného, až ruderalního stanoviště. Na lokalitě bylo popsáno celkem 20 druhů rostlin. V oboře Hlušiny byl obecně nejvíce zastoupen trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Na ploše H11 byl potom nejvíce zastoupen psineček obecný (*Agrostis capillaris*), na ploše H12 srha říznačka (*Dactylis glomerata*) a na ploše H13 trojštět spolu se srhou (viz tab. č. 3). Na této lokalitě bylo mnoho vegetativních výhonů a mladých rostlin LP. Na mladých listech LP byl patrný okus od vysoké zvěře.

V součtu zde bylo napočítáno 15 jedinců LP na všech popisovaných zájmových plochách (H11 - H13). Na celé referenční ploše představoval LP zhruba 5 % ze všech rostlin (graf č. 2). Průměrná pokryvnost zájmových ploch byla v říjnu zhruba 35 % (viz tab. č. 3).

Tab. č. 3: Pokryvnost zájmových ploch na Hlušínách, druhové zastoupení

| Datum | 11. 10. 2022 | 11. 10. 2022 | 11. 10. 2022 |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Plocha snímku [m ²] | 1 | 1 | 1 |
| Pokryvnost (%) | 30 | 34 | 40 |
| Počet druhů | 8 | 9 | 11 |
| Označení plochy | H11 | H12 | H13 |
| | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | . | 2b | 2a |
| <i>Trisetum flavescens</i> | 2m | 2m | 2a |
| <i>Holcus lanatus</i> | + | . | . |
| <i>Galium odoratum</i> | . | . | r |
| <i>Urtica dioica</i> | . | 1 | . |
| <i>Lupinus polyphyllus</i> | + | + | 1 |
| <i>Rumex obtusifolius</i> | | + | . |
| <i>Aegopodium podagraria</i> | + | . | r |
| <i>Achillea millefolium</i> | . | + | r |
| <i>Alchemilla vulgaris</i> | . | . | 1 |
| <i>Veronica</i> sp. | . | . | + |

| Označení plochy | H11 | H12 | H13 |
|------------------------------|-----|-----|-----|
| <i>Trifolium repens</i> | · | · | r |
| <i>Vicia cracca</i> | · | · | + |
| <i>Bistorta major</i> | · | + | · |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | + | · | · |
| <i>Rubus caesius</i> | + | r | · |
| <i>Verbascum thapsus</i> | + | · | · |
| <i>Agrostis capillaris</i> | 2b | · | · |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | · | · | r |
| <i>Hypericum perforatum</i> | · | + | · |

5.2 Eliščino údolí

V Eliščině údolí bylo popsáno celkem 20 druhů rostlin. Jak můžeme vidět v tab. č. 4, na této lokalitě byla nejvíce zastoupenou rostlinou srha říznačka, která byla nejčastější na ploše Eú1 a Eú2. Na ploše Eú3 byl nejzastoupenější rostlinou medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*). Bylo zaznamenáno poměrně velké množství mladých rostlin LP. Na celé referenční ploše byla stílná vrstva stařiny.

Na této ploše bylo ve třech popisovaných plochách $1 \times 1 \text{ m}^2$ zhruba 50 jedinců LP (Eú1 – Eú3) viz graf č. 1. Na referenční ploše představoval LP desetinový podíl ze všech druhů, jak je vyplývá z grafu č. 2. Tato lokalita byla vyhodnocena nejvíce invadovanou plochou. Vysoká početnost jedinců na dané lokalitě je patrná viz příloha 4. Podle tab. č. 4 byla průměrná pokrývnost vypočítána na 55 %.

Tab. č. 4: Pokrývnost zájmových ploch v Eliščině údolí, druhové zastoupení

| Datum | 11. 10. 2022 | 11. 10. 2022 | 11. 10. 2022 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Plocha snímku [m^2] | 1 | 1 | 1 |
| Pokrývnost (%) | 62 | 50 | 52 |
| Počet druhů | 7 | 12 | 9 |
| Označení plochy | Eú1 | Eú2 | Eú3 |
| | | | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 3 | 2b | 2m |
| <i>Agrostis capillaris</i> | · | 2m | · |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> | 1 | · | · |
| <i>Lupinus polyphyllus</i> | 2b | 2m | 1 |
| <i>Hypericum perforatum</i> | · | r | 1 |
| <i>Carex sp.</i> | · | · | 2m |
| <i>Holcus lanatus</i> | · | 1 | 3 |
| <i>Aegopodium podagraria</i> | 1 | · | · |
| <i>Rumex obtusifolius</i> | · | · | · |
| <i>Alchemilla vulgaris</i> | r | r | · |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | · | · | · |
| <i>Geum urbanum</i> | r | · | · |
| <i>Achillea millefolium</i> | r | r | r |
| <i>Geranium sylvaticum</i> | · | r | · |

| Označení plochy | Eú1 | Eú2 | Eú3 |
|-----------------------------|-----|-----|-----|
| <i>Epilobium hirsutum</i> | . | + | r |
| <i>Carduus crispus</i> | . | . | 1 |
| <i>Pleurozium schreberi</i> | . | 2a | . |
| <i>Rubus caesius</i> | . | r | . |
| <i>Senecio</i> sp. | . | + | . |
| <i>Vicia cracca</i> | . | . | 1 |

5.3 Sjezdovka Herlíkovice

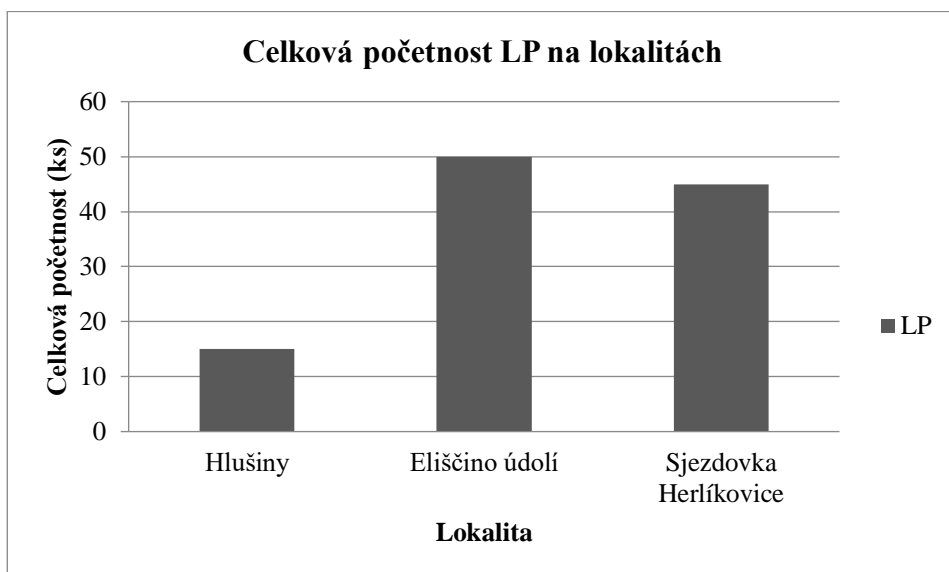
Na herlíkovické sjezdovce byly obecně nejvíc zastoupené trávy jako srha říznačka (*Dactylis glomerata*), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*) a psárka luční (*Alopecurus pratensis*). Na této lokalitě bylo determinováno nejméně druhů (13). Na ploše SH1 bylo nejvíce psárky, na ploše SH2 srhy a na ploše SH3 medyňku vlnatého (viz tab. č. 5). V podrostu byla patrná vrstva biomasy po mulčování. Horní vrstva zeminy byla narušena pásy rolby. Referenční plocha byla obecně velmi suchá. Nejsušší část byla na okraji sjezdovky při hranici s lesem. Naopak druhá strana sjezdové tratě byla vlhká s řídkými porosty sítiny. V letním období bylo na celé části tratě velké množství generativních rostlin. V srpnu byly na ploše rostliny v plném květu, s dozrálymi semeny i juvenilní rostliny. I do pozdních měsíců se zachovala početná populace LP.

Na zájmových plochách (SH1 – SH3) o velikosti 1 m² bylo odhadem 45 rostlin LP. V celkovém součtu představoval LP zhruba 16 % ze všech zastoupených druhů. Průměrná pokryvnost zájmových ploch byla zhruba 54 % (tab. č. 5).

Tab. č. 5: Pokryvnost zájmových ploch na herlíkovické sjezdovce, druhové zastoupení

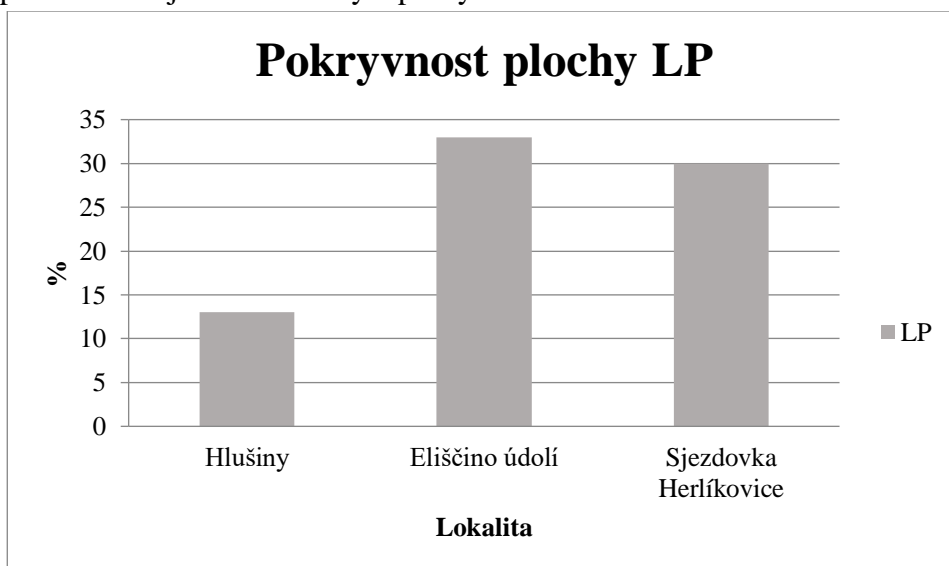
| Datum | 12. 10. 2022 | 12. 10. 2022 | 12. 10. 2022 |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Plocha snímku [m ²] | 1 | 1 | 1 |
| Pokryvnost (%) | 51 | 56 | 54 |
| Počet druhů | 7 | 6 | 8 |
| Označení plochy | SH1 | SH2 | SH3 |
| <i>Alopecurus pratensis</i> | 2b | 2b | 1 |
| <i>Lupinus polyphyllus</i> | 2b | 2m | 2m |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 2m | 3 | . |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 2m | . | 2m |
| <i>Nardus stricta</i> | 2a | . | 1 |
| <i>Holcus lanatus</i> | . | 1 | 3 |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | . | + | . |
| <i>Verbascum thapsus</i> | . | . | 1 |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | + | . | . |
| <i>Campanula patula</i> | . | . | r |
| <i>Achillea millefolium</i> | . | . | + |
| <i>Festuca rubra</i> | 1 | . | . |
| <i>Hypericum perforatum</i> | . | r | . |

Celková početnost jednotlivých rostlin se na všech lokalitách odlišovala. Nejvíce rostlin LP bylo pozorováno na plochách v Eliščině údolí. Zde se jednalo o 50 jedinců. Na sjezdové trati se jednalo odhadem o 45 jedinců. Nejnížší abundance byla v oboře, jak je níže viditelné v grafu č. 1.



Graf 1: Početnost LP na lokalitách

Jak je patrné v grafu č. 2, celková pokryvnost se na jednotlivých plochách velmi lišila. Největší pokryvnost zájmových ploch LP byla v Eliščině údolí. Na všech plochách zaujímala zhruba 35% pokryvnost. Plocha nejméně pokrytá LP byla na Hlušinách, kde se jednalo pouze o pár procent. Na sjezdové trati byla pokryvnost zhruba 30 %.



Graf 2: Pokryvnost plochy LP

6 Diskuze

Zpomalení rychlosti invaze bym mohla napomocť konkurenceschopnost původního porostu. Autoři však uvádí, že LP rychle zaplní volný prostor ve vegetaci a je obecně odolný vůči konkurenci původní vegetace. Ve srovnání s původní vegetací je LP úspěšnější i v boji o světlo (Valtonen et al. 2006; Thiele et al. 2010). Mezi konkurenčně schopné druhy se řadí kerblík lesní (*Anthriscus sylvestris*) (Valtonen et al. 2006; Lyytinen & Lindström 2019).

Vzhledem k tomu, že LP zaujímá statut invazní rostliny, na mnoha územích je potlačován. Přesná metodika a postup likvidace však nebyla stanovena. Nejčastější metodou likvidace je mechanická regulace (Eckstein et al. 2023). Obecně nejvíce doporučovanou a používanou metodou je kosení nebo opakovaná seč. Pokud by se jakékoliv opatření provádělo nevhodně, mohlo by dojít k většímu rozptylu semen. Je proto nutné dodržovat určité zásady jako prevenci proti nechtěnému šíření semen. Důležitým faktorem je např. termín seče. Dle Klingera et al. (2020) hraje termín seče roli v uvolňování semen a může hrát roli právě v následném šíření semeny. Na lokalitě v Herlíkovicích byly v sprnu patrné zbytky po mulčování. I přesto se v porostu vyskytovaly kvetoucí jedinci. Dle Bröbacka (2015) se jedná o standardní jev, kdy je po časné seči rostlina schopna vytvořit nová květenství. Valtonen proto doporučuje provádět druhou fázi seče až na konci léta.

Tento management je nutné provádět delší časový úsek. Autoři se shodují, že se může jednat až o několik let, než se z lokality podaří LP vymýtit (Otte & Maul 2005; Valtonen et al. 2006). Jako výhodné by se mohlo opatření jevit na lokalitách rudérálního typu. Na takových lokalitách by mohlo časem dojít k navýšení druhové bohatosti. Jak uvádí Valtonen et al. (2006), pravidelná seč zamezuje uchycení plevelů a vysokých trav.

Dobrou kombinací managementů by mohla být pastva se sečí. Pokud by byla pastva od počátku vegetační sezóny, mohla by zvířata okusovat mladé rostliny, jak bylo pozorováno v oboře Hlušiny. Případně by bylo vhodné posekat nedopasky. Jak uvádí Otte & Maul (2005), je nutno vzít v potaz, že zvířata mohou dále rozptylovat semena.

Valtonen et al. (2006) uvádí jako ideální management dvoufázovou seč s odstraňováním oddenků. Eckstein et al. (2023) zmiňuje odstraňování oddenků jako jedno z nejčastějších opatření. Nutno podotknout, že realizace takového opatření je na velkých plochách téměř nemožné. Odstraňování oddenků by bylo použitelné v případě výskytu jednotlivců LP nebo na plochách, které nebyly masivně invadovány. Dalším přípustným použitím této metody v praxi by mohlo být konečné ošetření na lokalitách s jiným druhem managementu.

V případě obtížného přístupu na ošetřované lokality by bylo možné založit na okraji plochy kompost. Pokud by byla prováděna včasná likvidace před vytvořením semen, mohla by se veškerá biomasa využívat pro kompostování. Podle Hassani et al. (2021) se může opětovně použít právě takový kompost, na jehož produkci nebyla použita biomasy se semeny. I přesto je ale tento způsob likvidace částečně riskantní. Rostlinný materiál je možné ponechat na lokalitě v případě, že ještě nezapočala fáze kvetení. Pokud jsou rostliny ve fázi kvetení, autoři se shodují, že je poté nutné ji z lokality odstranit (Bennett 2010; Pergl et al. 2016).

Jako razantní metoda může být brána chemická metoda. Pokud by se zvolil neselektivní herbicid a byla by zvolena nevhodná aplikace, mohlo by dojít k eradikaci širšího okolí invazní rostliny. Dále je zapotřebí zvolit vhodnou dobu a počasí pro aplikaci. V případě příliš brzkého postřiku by nemuselo být opatření tak efektivní. Za deště by se mohlo jednat o téměř

bezvýznamnou aplikaci, jelikož by mohlo dojít ke smytí účinných látek. Pro tyto případy doporučuje Allonsy (2021) do roztoku přimíchat barvivo. Na území národního parku by mohla být chemická metoda brána jako nevyhovující metoda. Veřejnost by takový zásah nemusela přijmout kladně. Také Eckstein et al. (2023) zmiňují, že v některých případech není chemická likvidace v ochranně významných lokalitách přípustná. Proto je důležité hledat spolehlivé alternativy bez využití chemických prostředků. Použití výhradně mechanických metod ale nemusí přinést tak rychlé výsledky jako chemické opatření. Pergl et al. (2016) doporučuje použít kombinaci mechanických a chemických ošetření. V případě vysoké pokryvnosti porostu je teoreticky možné zvolit plošnou aplikaci, což potvrzuje i Pergl et al. (2016). Plošnou aplikaci ve svém pokusu na silně invadovaných plochách využil i Haupt (2019). Allonsy (2021) uvádí, že se jedná o nejspolehlivější metodu eradikace.

Metody jako solarizace, zakopávání nebo namáčení rostlinného materiálu nejsou osvědčenými metodami. I podle autorky se jedná o techniky málo používané a neosvědčené (Bennett 2010).

Z literární rešerše vyplývá, že použitý management může do budoucna ovlivňovat druhové složení. Při použití správného ošetření lokality je možné se invazních rostlin zbavit téměř úplně, ale je i nadále dobré lokality monitorovat a případně management opakovat (Pergl et al. 2016).

6.1 Popis bylinného patra

V praktické části se potvrdilo tvrzení Hejdy et al. (2009), že LP invaduje horské a submontánní louky. Už při výběru lokalit bylo patrné, že LP obsazuje i luční enklávy vyšších nadmořských výšek.

Popis patra byl prováděn v první půli října 2022. Porosty byly tou dobou na všech lokalitách chudší než v hlavní části vegetačního období. V dřívějších měsících by byla pokryvnost i početnost pravděpodobně odlišná než v této roční době. I přes to byl na zájmových lokalitách LP poměrně hojně zastoupen. Na všech lokalitách byly patrné zbytky LP. Dále byly patrné nové vegetativní výhony. Tento fakt lze vysvětlit klíčením semen téměř po celou dobu vegetačního období (Klinger et al. 2020). U časně sečených rostlin mají vysemeněná semena tendenci klíčit v podzimním období (Hassani et al. 2021). LP je také schopen přežít dlouho dobu v semenné bance (Pergl et al. 2016).

Plocha na sjezdovce v Herlíkovicích byla v roce 2022 dvakrát mulčovaná. V oboře probíhá dvoufázová seč s odstraněním biomasy. Plocha v Eliščině údolí byla posekána pravděpodobně jednou, byly patrné zdřevnatělé stonky rostlin. V srpnu proběhl ze strany Správy KRNAP regulační zásah v podobě ostříhání a odstranění biomasy květních výhonů. Početnost a pokryvnost by tak mohla být ovlivněna i těmito předchozími managementy. Ramula (2020) ale tvrdí, že prováděná redukce se na porostu projeví až následující rok. Zároveň ale dodává, že po provedeném managementu rostliny tentýž rok nevytvořily větší množství biomasy.

Ve všech zájmových plochách se vyskytovaly více než dvě invazní rostliny. Pokud bychom implikovali tvrzení Volze (2003), mohly by být zájmové plochy považovány za dominantní porosty. Při větší početnosti je možné se setkat s vnitrodruhovou konkurencí. Volz (2003) uvádí, že tento jev je velmi důležitým faktorem ve vývoji rostlin.

Při popisu bylinného patra referenční plochy Hlušiny byl jako nejrozšířenější druh určen trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*), na zájmových plochách psineček obecný (*Agrostis capillaris*) a srha říznačka (*Dactylis glomerata*). Chytrý et al. (2010) uvádějí jako nejčastější druh ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*). Je možné, že se na lokalitě nevyskytoval nebo nedošlo k jeho určení. I některé další druhy, které Chytrý et al. (2010) zmiňují, byly na lokalitě verifikovány. Byla zjištěna zhruba o 30 % nižší pokryvnost, než jakou uvádí autoři. To je možné vysvětlit pozdním datem fytoocenologického snímku.

V případě biotopu vlhké tužebníkové lady se na lokalitě Eliščino údolí nepotvrdilo tvrzení Chytrého et al. (2010). Porost na referenční ploše ani na zájmových plochách nebyl monodominantní, ale naopak se jednalo o plochy s největší druhovou diverzitou. Potvrdil se výskyt vrbovky chlupaté (*Epilobium hirsutum*) a ostřice (*Carex* sp.). Je nutné dodat, že tento biotop zasahuje do referenční plochy pouze částečně. Proto se dalo očekávat, že se zde nebude vyskytovat mnoho druhů tohoto biotopu, které uvádí ve své publikaci Chytrý et al. (2010). Druhým biotopem, který se na tomto území nachází, je T2.2 (Horské smilkové trávníky). Nejčastějšími druhy na této lokalitě byl medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*) a srha říznačka (*Dactylis glomerata*). Z druhů, které zmiňuje Chytrý et al. (2010) se zde vyskytoval psineček obecný (*Agrostis capillaris*). Je možné, že při časnějším fytoocenologickém snímku by se na lokalitě potvrdilo více druhů.

Na této lokalitě byly nejčastějšími druhy trávy jako psárka obecná (*Alopecurus pratensis*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*) nebo srha říznačka (*Dactylis glomerata*). Byla zde determinována i kostřava červená (*Festuca rubra*) a trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Byliny, které uvádí Chytrý et al. (2010) nebyly na lokalitě pozorovány. V letních měsících bylo na této lokalitě více lučních druhů (pers. obs). Na této ploše je možné, že je vzhledem k vysoké pokryvnosti LP vegetace ovlivněna zastíněním LP. Z tohoto důvodu zde může docházet k ubývání nízko rostoucích druhů, popř. druhů s ranou sukcesí. Tyto skutečnosti ověřili ve svém výzkumu i Valtonen et al. (2006) a Thiele et al. (2010).

7 Závěr

- Jako velmi pravděpodobný se jeví fakt, že do budoucna bude invaze LP nadále pokračovat i vzhledem k trendu globálního oteplování. Druh je odolný vůči suchu díky zásobě vody v adventivních výhonech. To z něj činí silného konkurenta na suchých půdách. Schopnost kolonizovat nová stanoviště je možná důvodem úspěšné invaze druhu.
- Úspěšnost aplikovaného managementu je částečně závislá na orientaci v problematice klíčení. Rostlina klíčí průběžně celé vegetační období a setkáváme se u ní s ranou sukcesí. Vyschlá semena jsou značně odolná v extrémních podmínkách a udržují si velké procento klíčivosti. Bylo prokázáno, že úspěšnost založení invazní populace je ovlivněna variabilitou velikostí semen.
- Lze konstatovat, že tento druh je spjat s nižší druhovou diverzitou prostředí, které v jeho přítomnosti i nadále degraduje. Tyto dopady jsou s časem proměnlivé a mohou se kumulovat za negativního dopadu na společenstva.
- Pro vlastní management je důležité shromažďovat poznatky o tématu šíření a likvidace invazních rostlin a následně tyto poznatky implikovat do praxe. Nejčastější a na provedení nejjednodušší likvidační metodou je seč. Obecně se doporučuje ji provádět před nebo během kvetení. Pravděpodobně nejspolehlivější metodou likvidace je při správné aplikaci chemické opatření. Vzhledem k dlouhé životnosti semen v půdě je nutné ošetřené lokality monitorovat a případně zákroky opakovat.
- Celkem bylo pořízeno devět fytoecologických snímků. Je velmi pravděpodobné, že při pořizování snímků v lepší období vegetační sezóny by byly na plochách determinovány i další druhy rostlin. Ale i přes pozdní záznamy bylo na zájmových lokalitách určeno 34 taxonů, které korelovaly s druhy v určených biotopech.
- Cíle práce byly naplněny, byly dohledány a popsány konkrétní metody likvidace. Založené stacionáře poslouží pro praktické ověřování účinnosti chemických a některých mechanických metod eradikace.

8 Literatura

Akademie věd ČR. 2021. Invazní druhy: riziko pro krajinu i kvalitu života lidí. *AVex: expertní stanovisko AV ČR*. **3**(1): 1-6.

Allonsy A. 2021. How to kill Lupine. In: *Home guides SF Gate*. Hearst, New York. Available from: <https://homeguides.sfgate.com/kill-lupine-37132.html> (accessed February 2023).

Aniszewski T, Kupari MH a Leinonen AJ. 2001. Seed Number, Seed Size and Seed Diversity in Washington Lupin (*Lupinus polyphyllus* Lindl.). *Annals of Botany*. **87**(1): 77-82.

AOPK ČR. 2022. *Invazní druhy- Agentura ochrany přírody a krajiny*. Praha, AOPK ČR.

Azimova SS & Glushenkova AI. 2012. *Lupinus polyphyllus* Lindl. *Lipids, Lipophilic Components and Essential Oils from Plant Sources*. Springer London, London. Pages 586-586.

Babcock JM, Tanigoshi LK, Myhre EA, Stanly ZR. 1993. Arthropods occurring on sweet white lupin and native lupins in southeastern Washington. *The Pan-Pacific entomologist*. San Francisco, **69**(3): 261-271.

Baloun J. 1989. *Rostliny způsobující otravy a alergie*. Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p, Praha.

Bennett K. 2010. Methods for Disposing Non-Native Invasive Plants. In: *University of New Hampshire*. New Hampshire. Available from: <https://extension.unh.edu/resource/methods-disposing-non-native-invasive-plants> (accessed February 2023).

Blomqvist E. 2021. *Evaluation of two potential management strategies for garden lupin (Lupinus polyphyllus) in road verges*. [MSc. Thesis]. Karlstads Universitet, Karlstad.

Bobkiewicz-Kozłowska T, Dworacka M, Kuczyński S, Abramczyk M, Kolanoś R, Wysocka W, Garcia Lopez PM, Winiarska H. 2007. Hypoglycaemic effect of quinolizidine alkaloids — lupanine and 2-thionosparteine on non-diabetic and streptozotocin-induced diabetic rats. *European Journal of Pharmacology*. **565**(1-3): 240-244.

Bröback D. 2015 *Preventing the spread of the invasive plant Lupinus polyphyllus*. [MSc. Thesis]. Uppsala University, Uppsala.

Crespel L & Mouchotte J. 2017. Methods of Cross-Breeding. Pages 30-33. In: Roitberg, BD. *Reference Module in Life Sciences*. Elsevier, Amsterdam.

- De Cortes Sánchez M, Altares P, Pedrosa MM, Burbano C, Cuadrado C, Goyoaga C, Muzquiz M, Jiménez-Martínez C, Dávila-Ortiz G. 2005. Alkaloid variation during germination in different lupin species. *Food Chemistry*. **90**(3): 347-355.
- Elliott CW, Fischer DG, Leroy CJ. 2011. Germination of Three Native Lupinus Species in Response to Temperature. *Northwest Science*. **85**(2): 403-410.
- Flousek J, Hartmanová O, Štursa J, Potocki J. 2007. *Krkonoše: příroda, historie, život*. Baset, Praha.
- Foxcroft LC, Richardson DM, Pyšek P, Genovesi P. 2014. *Plant Invasion in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges*. Springer, Dordrecht.
- Fremstad E. 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet: Lupinus polyphyllus. In: *NOBANIS: European Network on Invasive Species*. NTNU, Trondheim.
- Ganzera M, Krüger A, Wink M. 2010. Determination of quinolizidine alkaloids in different Lupinus species by NACE using UV and MS detection. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. **53**(5): 1231-1235.
- Garcinuño RM, Fernández-Hernando P, Cámara C. 2003. Evaluation of pesticide uptake by Lupinus seeds. *Water Research*. **37**(14): 3481-3489.
- Hansen W, Klinger YP, Otte A, Eckstein RL, Ludewig K. 2022. Constraints in the restoration of mountain meadows invaded by the legume Lupinus polyphyllus. *Restoration Ecology*. **30**(8): 1-11.
- Hansen W, Wollny J, Otte A, Eckstein RL, Ludewig K. 2021. Invasive legume affects species and functional composition of mountain meadow plant communities. *Biological Invasions*. **23**(1): 281-296.
- Hassani M, Vallius E, Rasi S, Sormunen K. 2021. Risk of Invasive Lupinus polyphyllus Seed Survival in Biomass Treatment Processes. *Diversity*. **13**(6): s. 2-16.
- Haupt V. 2019. *Závěrečná zpráva k realizaci herbicidních postřiků proti vlčímu bobu mnoholistému (Lupinus polyphyllus) a šťovíku alpskému (Rumex alpinus)*. Pardubice.
- Haynes J & Mesler M. 1984. Pollen foraging by bumblebees: Foraging patterns and efficiency on Lupinus polyphyllus. *Oecologia*. **61**(2): 249-253.
- Hejda M. 2013. Do species differ in their ability to coexist with the dominant alien Lupinus polyphyllus? A comparison between two distinct invaded ranges and a native range. *NeoBiota*. **17**: s. 39-55.

- Hejda M, Pyšek P, Jarošík V. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*. **97**(3): 393-403.
- Hrubá N. 2020 Lupina vlčí bob: v množství bílkovin nemá tato luštěnina konkurenci. In: *Vegmania.cz: váš průvodce rostlinnou stravou*. Velká Kraš. Available from: <https://www.vegmania.cz/lupina/> (accessed April 2023)
- Chytrý M, Kučera T, Kočí M, Grulich V, Lustyk P, ed. 2010. *Katalog biotopů České republiky*. 2. vyd. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jakobsson A & Padrón B. 2013. Does the invasive *Lupinus polyphyllus* increase pollinator visitation to a native herb through effects on pollinator population sizes?. *Oecologia*. **174**(1): s. 217-226.
- Jakobsson A, Padrón B, Ågren J. 2014. Distance-dependent effects of invasive *Lupinus polyphyllus* on pollination and reproductive success of two native herbs. *Basic and Applied Ecology*. **16**(2): s. 120-127.
- Jauni M & Ramula S. 2017. Demographic mechanisms of disturbance and plant diversity promoting the establishment of invasive *Lupinus polyphyllus*. *Journal of Plant Ecology*. **10**(3): s. 510-517.
- Kaplan Z, ed. 2019. *Klíč ke květeně České republiky*. Druhé, rozšířené. Academia, Praha.
- Kartuzova LT, Heinänen J, Benken II, Chmeleva ZV, Bernatskaya ML, Kurlovich BS., ed. 2002. Biochemical composition. Pages 171-192. In: Kurlovich BS. *Lupins: Geography, classification, genetic resources and breeding*. Intan, St. Petersburg.
- Kazimierska EM & T Kazimierski. 2002. Biology of flowering. Pages 143-170. In: Kurlovich, BS. *Lupins: Geography, classification, genetic resources and breeding*. Intan, St. Petersburg.
- Klinger YP, Eckstein RL, Horlemann D, Otte A, Ludewig K. 2020. Germination of the invasive legume *Lupinus polyphyllus* depends on cutting date and seed morphology. *NeoBiota*. **60**: 79-95.
- Klinger YP, Harvolk-Schöning S, Eckstein RL, Hansen W, Otte A, Ludewig K. 2019. Applying landscape structure analysis to assess the spatio-temporal distribution of an invasive legume in the Rhön UNESCO Biosphere Reserve. *Biological Invasions*. **21**(8): 2735-2749.
- Krahulec F, Blažková D, Pecháčková S, Fabšičová M, Balátová-Tuláčková M, Štursa J. 1996. *Opera Corcontica: Krkonošské práce*. Východočeské nakladatelství, Havlíčkův Brod.

Kurlovich BS, Heinanen J, Kartuzova LT, Benken II, Chmeleva ZV, Bematskaya ML. 2003. Diversity of lupin (*Lupinus L.*) based on biochemical composition. *Plant Genetic Resources Newsletter*. (134): 42-57.

Kurlovich BS, Kartuzova LT, Cheremisov BM, Emeljanenko TA, Tikhonovich IA, Kozhemyakov AP, Tchetkova SA. 2000. Evaluation of the biological nitrogen-fixing ability of lupin (*Lupinus L.*). *Plant Genetic Resources Newsletter*. (123): 68-77.

Kurlovich BS, Stankevich AK, Stepanova SI. 2002a. The Review Of The Genus *Lupinus*. Pages 7-26. In: Kurlovich BS. *Lupins: Geography, classification, genetic resources and breeding*. Intan, St. Petersburg.

Kurlovich BS, Tikhonovich IA, Kartuzova LT, Heinänen J, Kozhemykov AP, Tchetkova SA, Cheremisov BM, Emeljanenko TA. 2002b. Nitrogen fixation. Pages 193-200. In: Kurlovich BS. *Lupins: Geography, classification, genetic resources and breeding*. Intan, St. Petersburg.

Li S-L, Vasemägi A, Ramula S. 2015. Genetic variation facilitates seedling establishment but not population growth rate of a perennial invader. *Annals of Botany*. **117**(1): 187-194.

Lindbeck KD, Murray GM, Priest M, Dominiak BC, Nikandrow A. 1998. Survey for anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in crop lupins (*Lupinus angustifolius*, *L. albus*) and ornamental lupins (*L. polyphyllus*) in New South Wales. *Australasian Plant Pathology*. **27**(4): 259-262.

Ludewig K, Hansen W, Klinger YP, Eckstein RL, Otte A. 2021. Seed bank offers potential for active restoration of mountain meadows. *Restoration Ecology*. **29**(1): 1-9.

Lyytinen A & Lindström L. 2019. Responses of a native plant species from invaded and uninvaded areas to allelopathic effects of an invader. *Ecology and Evolution*. **9**(10): 6116-6123.

Mlíkovský J & Stýblo P, ed. 2006. *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Český svaz ochránců přírody, Praha.

Moravec J. 2000. *Fytcenologie*. Vyd. 1., dot. Academia, Praha.

Nentwig W, Bacher S, Kumschick S, Pyšek P, Vilà M. 2018. More than “100 worst” alien species in Europe. *Biological Invasions*. **20**(6): 1611-1621.

Nentwig W, ed. 2014. *Nevítaní vetřelci: invazivní rostliny a živočichové v Evropě*. Academia, Praha.

- Operační program Životní prostředí. 2023. In: *Státní fond životního prostředí ČR*. Praha. Available from: <https://www.sfzp.cz/dotace-a-pujcky/operacni-program-zivotni-prostredi/> (accessed March 2023).
- Otte A, & Maul P. 2005. Verbreitungsschwerpunkte und strukturelle Einnischung der Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) in Bergwiesen der Rhön. *Tuexenia*. Göttingen. **25**: 151-182.
- Palta JA & Berger JD, ed. 2008. *Lupins for health and wealth: Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Canterbury, NZ: International Lupin Association.
- Patočka J, Hon Z. 2008. LUPINA A LUPININOVÉ ALKALOIDY: MÁME SE JICH BÁT? *Prevence úrazů, otrav a násilí*: p. 91 - 200. **2**(4): 194-197.
- Peiter E, Yan F, Schubert S. 2001. Lime-induced growth depression in Lupinus species: Are soil pH and bicarbonate involved?. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. **164**(2): 26-32.
- Pergl J, Perglová I, Vítková M, Pocová L, Janata T, Šíma J. 2016. *Likvidace vybraných invazních druhů rostlin*.
- Petrova MV, ed. 2002. Anatomic structure. Pages 127-142. In: Kurlovich BS. *Lupins: Geography, classification, genetic resources and breeding*. Intan, St. Petersburg.
- Piedra-García D, Struck Ch. 2021. Lupin Root Weevils: (*Charagmus* spp., Curculionidae Sitonini), a Lupin Pest. *Insects*. **12**(10): 1-14.
- Pilous V. 2013. Neživá příroda Krkonoš. *Živa*. **2013**(4): 160-163.
- Pohtio I, Teräs I. 1995. Bumblebee visits to different colour morphs of the Washington lupine, *Lupinus polyphyllus*. *Entomologica Fennica*. **6**(2-3): 139-151.
- Prass M, Ramula S, Jauni M, Setälä H, Kotze JD. 2022. The invasive herb *Lupinus polyphyllus* can reduce plant species richness independently of local invasion age. *Biological Invasions*. **24**(2): 425-436.
- Pyšek P, Danihelka J, Sádlo J, et al. 2012a. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*. **84**(2): 155-255.
- Pyšek P, Chytrý M, Pergl J, Sádlo J, Wild J. 2012b. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia*. **84**(3), 575-629.

Pyšek P, Pergl J, Dawson W, Essl F, Kreft H, Weigelt P, Winter M, Van Kleunen M. 2022. European Plant Invasions. Pages 151-165. In: Clements DR, Upadhyaya MK, Joshi S a Shrestha A. *Global Plant Invasions*. Springer International Publishing, Cham.

Ramula S. 2020. Annual mowing has the potential to reduce the invasion of herbaceous *Lupinus polyphyllus*. *Biological Invasions*. **22**(10): 3163-3173.

Ramula S, Jauni M, van Ooik T. 2015. Propagule pressure governs establishment of an invasive herb. *Acta Oecologica*. **68**: 18-23.

Ramula S & Sorvari J. 2017. The invasive herb *Lupinus polyphyllus* attracts bumblebees but reduces total arthropod abundance. *Arthropod-Plant Interactions*. **11**(6): 911-918.

Shi XJ, Michaels HJ, Mitchell RJ. 2005. Effects of self-pollination and maternal resources on reproduction and offspring performance in the wild lupine, *Lupinus perennis* (Fabaceae). *Sexual Plant Reproduction*. **18**(2): 55-64.

Skálová H & Krahulec F. 2013. Louky Krkonošského národního parku pohledem rostlinných ekologů. *Živa*. **2013**(4): 164-167.

Slavík B, ed. 1995. *Květena České republiky 4*. Academia, Praha.

Söber V & Ramula S. 2013. Seed number and environmental conditions do not explain seed size variability for the invasive herb *Lupinus polyphyllus*. *Plant Ecology*. **214**(6): 883-892.

Správa KRNAP. 2018a. Obnovný management krkonošských luk. In: *Správa Krkonošského národního parku*. Vrchlabí. Available from: <https://www.krnep.cz/sprava/sprava-krnep/projekty/eu-2014-2020/obnovny-management-krkonosskych-luk/> (accessed February 2023).

Správa KRNAP. 2018b. Redukce invazivních a expanzivních druhů rostlin v Krkonošském národním parku. In: *Správa Krkonošského národního parku*. Vrchlabí. Available from: <https://www.krnep.cz/sprava/sprava-krnep/projekty/ostatni-projekty/redukce-invazivnich-a-expanzivnich-druhu-rostlin-v-krkonosskem-narodnim-parku/> (accessed February 2023).

Starfinger U a Kowarik I. 2011. *Lupinus polyphyllus*. In: *Bundesamt für Naturschutz*. Berlin. Available from: <https://neobiota.bfn.de/handbuch/gefaesspflanzen/lupinus-polyphyllus.html> (accessed February 2023).

Šafránková I. 2023. Antraknózová vrcholová spála lupiny. In: *EAGRI- Rostlinolékařský portál*. ÚKZÚZ, Brno. Available from: https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%222eb5788ffd084b2d28065f0ae34657d6%22#rlp|so|choroby|detail:2eb5788ffd084b2d28065f0ae3464ea3|popis (accessed February 2023).

- Šípek A. 2011. Teratogeny. In: *Genetika- biologie*. RSS. Available from: <http://www.genetika-biologie.cz/teratogeny> (accessed January 2023).
- Thiele J, Isermann M, Otte A, Kollmann J. 2010. Competitive displacement or biotic resistance? Disentangling relationships between community diversity and invasion success of tall herbs and shrubs. *Journal of Vegetation Science*. **21**(2): 213-220.
- Valtonen A, Jantunen J, Saarinen K. 2006. Flora and lepidoptera fauna adversely affected by invasive *Lupinus polyphyllus* along road verges. *Biological Conservation*. **133**(3): 389-396.
- Veen G, Schmidt C, Witte L, Wray V, Czygan FCh. 1992. Lupin alkaloids from *Lupinus polyphyllus*. *Phytochemistry*. **31**(12): 4343-4345.
- Vetter VMS, Kreyling J, Dengler J, et al. 2020. Invader presence disrupts the stabilizing effect of species richness in plant community recovery after drought. *Global Change Biology*. **26**(6): 3539-3551.
- Vetter VMS, Walter J, Wilfahrt PA, et al. 2019. Invasion windows for a global legume invader are revealed after joint examination of abiotic and biotic filters. *Plant Biology*. **21**(5): 832-843.
- Volz H. 2003. *Ursachen und Auswirkungen der Ausbreitung von Lupinus polyphyllus Lindl. im Bergwiesenökosystem der Rhön und Maßnahmen zu seiner Regulierung*. [PhD. Thesis]. Justus-Liebig-Universität Gießen, Giessen.
- Wallace AT, Hanson WD A, Decker P. 1954. Natural Cross-Pollination in Blue and Yellow Lupines. *Agronomy Journal*. **46**(2): 59-60.
- Wink M. 1983. Inhibition of seed germination by quinolizidine alkaloids. *Planta*. **158**(4): 365-368.
- Wolko B, Clements JC, Naganowska B, Nelson MN, Yang H. 2011. *Lupinus. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. Pages 153-206.
- Zámečník V. 2022. Ochrana hnízdišť chřástalů polních. In: *Česká společnost ornitologická*. Praha. Available from: <https://www.birdlife.cz/co-delame/vyzkum-a-ochrana-ptaku/ochrana-druhu/ptaci-zemedelske-krajiny/ochrana-hnizdist-chrastalu-polnich/> (accessed February 2023).
- ZO ČSOP Veronica. 2014. Aktuální stav invazních druhů v ČR: Informační materiál o invazních druzích. In: *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*. Veronica, Brno. Available from: <https://www.nature.cz/web/invazni-druhy/metodiky-prirucky> (accessed February 2023).

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

LP= *Lupinus polyphyllus*

KRNAP= Krkonošský národní park

AOPK ČR= Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

10 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. č. 1: Mapa výskytu druhu LP v České republice; Zdroj: Pladias.cz | 14 |
| Obr. č. 2: Detail listu LP; Zdroj: Botany.cz..... | 17 |
| Obr. č. 3: Detail květenství LP, Boží Dar, srpen 2022..... | 18 |
| Obr. č. 4: Detail lusku LP; Zdroj: Pladias.cz | 19 |
| Obr. č. 5: Čmelák zemní (<i>Bombus terrestris</i>) opylující LP, Boží Dar srpen 2022 | 23 |
| Obr. č. 6: Ortofoto- zájmové plochy na Hlušinách; Zdroj: https://ags.krnap.cz/ | 37 |
| Obr. č. 7: Ortofoto- zájmové plochy v Eliščině údolí; Zdroj: https://ags.krnap.cz/ | 38 |
| Obr. č. 8: Ortofoto- zájmové plochy na herlíkovické sjezdovce; Zdroj: http://agr.krnap.cz/ | 38 |

11 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. č. 1: Devítičlenná stupnice pokryvnosti dle Braun-Blanqueta..... | 36 |
| Tab. č. 2: Zkratky a popis umístění zájmových lokalit | 37 |
| Tab. č. 3: Pokryvnost zájmových ploch na Hlušinách, druhové zastoupení..... | 43 |
| Tab. č. 4: Pokryvnost zájmových ploch v Eliščině údolí, druhové zastoupení..... | 44 |
| Tab. č. 5: Pokryvnost zájmových ploch na herlíkovické sjezdovce, druhové zastoupení..... | 45 |

12 Seznam grafů

| | |
|---|----|
| Graf 1: Početnost LP na lokalitách..... | 46 |
| Graf 2: Pokryvnost plochy LP | 46 |

13 Samostatné přílohy

13.1 Seznam samostatných příloh

| | |
|--|-----|
| Příloha 1: Popisovaná plocha v oboře Hlušiny, 10/2022 | II |
| Příloha 2: Referenční plocha, obora Hlušiny, 11/2022 | II |
| Příloha 3: Studovaná lokalita podél potoka v Eliščině údolí, 11/2022 | III |
| Příloha 4: Eliščino údolí, invadovaná zájmová plocha, 11/2022 | III |
| Příloha 5: Patrně invadovaná popisovaná lokalita, herlíkovická sjezdovka, 8/2022 | IV |
| Příloha 6: Narušený porost na herlíkovické sjezdovce, 10/2022 | IV |



Příloha 1: Popisovaná plocha v oboře Hlušiny, 10/2022



Příloha 2: Referenční plocha, obora Hlušiny, 11/2022



Příloha 3: Studovaná lokalita podél potoka v Eliščině údolí, 11/2022



Příloha 4: Eliščině údolí, invadovaná zájmová plocha, 11/2022



Příloha 5: Patrně invadovaná popisovaná lokalita, herlíkovická sjezdovka, 8/2022



Příloha 6: Narušený porost na herlíkovické sjezdovce, 10/2022