

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



**Proměnlivost fylogenetické struktury travinné vegetace
v Lotyšsku v závislosti na změnách půdního chemismu**

Martin Franc

Diplomová práce
předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Mgr. v oboru
Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: Mgr. Martin Dančák, Ph.D.

Olomouc 2020

Franc, M.: Proměnlivost fylogenetické struktury travinné vegetace v Lotyšsku v závislosti na změnách půdního chemismu. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci, 65 s.

Abstrakt

Předmětem práce je důkladné studium travinných společenstev na území Lotyšska, které zastávají nenahraditelnou roli v krajinné heterogenitě lotyšské zemědělské krajiny. Důraz byl kladen na fylogenetickou strukturu těchto společenstev a její možnou odpověď na chemické vlastnosti půd. Interpretované výsledky mají základ ve fytoecologickém průzkumu lokalit po celém území země, během kterého byl získána data o vegetačním složení 87 travinobylinných společenstev a v přidruženém pedologickém průzkumu lokalit, kdy docházelo k odběru půdních vzorků, jež byly následně laboratorně analyzovány za účelem determinace vybraných půdních charakteristik.

Stěžejním výsledkem práce je zjištění, že fylogenetická struktura trávníků je korelována s koncentrací některých půdních živin. Provedený výzkum a analýza dat poukazuje na signifikantní afinitu fylogenetických jednotek k hodnotám půdního dusíku, draslíku a sodíku. Nejsilnější korelace k chemismu půdy vykazovaly druhy čeledi *Poaceae* a řádu *Poales*, které byly vázány na půdy s vysokým obsahem dusíku, potažmo draslíku. Vegetace těchto půd byla dle sesbíraných dat častěji tvořena travnatými druhy. Dalším významným vztahem se ukázala inklinace čeledi *Rosaceae* a řádu *Rosales* k sodíku v půdách nebo negativní korelace bobovitých ke zvýšené hladině půdního dusíku. Při prováděných analýzách nebyla nalezena signifikantní odpověď fylogenetické struktury na chemismus půdy na vyšších taxonomických úrovních než řádů.

Klíčová slova: Lotyšsko, fylogenetická struktura, půdní chemismus, travinná společenstva, GrassLIFE, louky a pastviny, zemědělská krajina

Franc, M.: Response of phylogenetic structure of vegetation to changing soil properties in Latvian grasslands. Master's Thesis, Department of Ecology and Environmental Science, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, 65 pp, in czech

Abstract

Grasslands as important parts of agricultural landscape in Latvia and potential response of phylogenetic structure of grassland's vegetation to chemical properties in the area were studied in this thesis. The research is based on vegetation data obtained from phytosociological survey of different types of grasslands across Latvia which produced 87 phytosociological relevés. Soil samples from each plot were taken to determine soil chemical properties. Subsequent statistical analysis produced interpreted results.

The key result of this research is detection of response of phylogenetic structure to soil chemical properties. Taxa significantly respond to concentration of nitrogen, potassium and sodium. The strongest correlation with chemical properties was proven in family *Poaceae* and order Poales. These taxa positively correlated with high concentration of nitrogen and in case of *Poaceae* with potassium. Moreover, nitrogen-rich soils were more often covered with graminoids. Family *Rosaceae* and order Rosales responded positively to higher concentration of sodium in soils. Negative correlation between nitrogen-rich soils and legumes (*Fabaceae* and Fabales) was found as another important result of this research. Statistical tests did not prove any significant relationships of phylogenetic structure and soil properties in higher than order taxa level.

Key words: Latvia, phylogenetic structure, soil properties, grassland, GrassLIFE, meadows and pastures, agriculture landscape

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Martina Dančáka, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 24. července 2019

podpis

Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam grafů	viii
Seznam tabulek	viii
Poděkování/Acknowledgements	ix
1 Úvod	1
2 Cíle práce	3
3 Trávníky Lotyšska	4
3.1 Historický vývoj travinných společenstev v Lotyšsku	5
3.2 Současná podoba travinných společenstev v Lotyšsku	7
4 Materiál a metody	19
4.1 O Projektu GrassLIFE	19
4.2 Charakteristika lokalit	20
4.2.1 Andruks	21
4.2.2 Drubazas	21
4.2.3 Jaunkraukļi	21
4.2.4 Kalna Rubeņi	22
4.2.5 Krasti	22
4.2.6 Krastiņi	23
4.2.7 Lielupe	23
4.2.8 Piekraustes	24
4.2.9 Sita	24
4.2.10 Strinas	24
4.2.11 Vētras	25
4.3 Sběr vegetačních dat	25
4.3.1 Fylogenetické zařazení	26
4.4 Sběr půdních dat	27

4.4.1	Analýza půdních vzorků.....	27
4.5	Statistické zpracování dat	28
5	Výsledky	29
5.1	Odpověď čeledí na chemické vlastnosti půdy	29
5.2	Odpověď řádů na chemické vlastnosti půdy.....	31
5.3	Odpověď taxonů čtvrtého kladu na chemické vlastnosti půdy	34
5.4	Variabilita fytoecologických snímků z pohledu podobného složení půd ...	34
6	Diskuse.....	37
7	Závěr	42
8	Literatura	43
Příloha 1	49
Příloha 2	51

Seznam obrázků

Obr 1 Mapa rozložení farem.	19
Obr 2 Schéma vzorkovacího designu pro sběr vegetačních dat.....	26

Seznam grafů

Graf 1 Ordinační graf RDA pro kombinaci prvků NKCNa a odpovědi vybraných čeledí	30
Graf 2 Ordinační graf RDA pro kombinaci prvků NKNa a odpovědi vybraných řádů. .	32
Graf 3 Ordinační graf PCA vysvětlujících proměnných - chemických vlastností půdy.. ..	35
Graf 4 Ordinační graf PCA rozložení fytoecnologických snímků.....	36

Seznam tabulek

Tabulka 1 Výsledné hodnoty testu ANOVA pro RDA s kombinací prvků NKCNa a k nim vztaženým čeledím.....	29
Tabulka 2 Výsledné hodnoty korelačních vazeb mezi čeleděmi zhotovené pomocí PCA.	31
Tabulka 3 Výsledné hodnoty testu ANOVA pro RDA s kombinací prvků NKCNa a k nim vztaženým čeledím.....	32
Tabulka 4 Výsledné hodnoty korelačních vazeb mezi řády zhotovené pomocí PCA. ..	33
Tabulka 5 Přehled kombinací chemických vlastností půd, jejichž RDA nevykazovala v kombinaci s vegetačními daty signifikantní výsledky testu ANOVA, avšak přesah hladiny významnosti byl nízký.	34
Tabulka 6 Seznam lokalizací půdních sond použitých pro sběr dat	49

Poděkování/Acknowledgements

Velké poděkování patří všem, kteří jakýmkoli způsobem přispěli ke vzniku této práce. Chtěl bych tedy tímto způsobem velmi poděkovat doktoru Martinu Dančákovi a doktoru Martinu Bitomskému za odbornou i morální pomoc, kterou mi při vedení a konzultaci této práce projevili. Děkuji také všem svým přátelům, spolužákům a rodině, kteří mě jak při psaní práce, tak v průběhu celého studia podporovali.

Enormous credit goes abroad - to Latvia. I would like to say liels paldies to whole GrassLIFE team who inspired me to create this thesis and provide me important knowledge and perfect working environment. Crucial person for completing this thesis is prof. Solvita Rūsiņa, who supervised me professionally and morally and gave me unforgettable knowledge of grassland vegetation. Last but not least I would like to thank my laboratory and field colleagues Baiba Drinēna, Maja Pavlovska, Mira Lukkarila and Mikko Keski-Laturi.

1 Úvod

Travná vegetace na území euroasijské západní boreální zóny je z velké části produktem extenzivního hospodářství, které bylo v zemích na pobřeží Baltského moře aplikováno dlouhá staletí (Gustiņa 2016). Zastoupení travinných společenstev v krajině je však marginální a jejich rozloha dlouhodobě klesala společně s jejich kvalitou a stupněm přirozenosti (National report 2014). Hlavním důvodem jejich úpadku byl nevhodný management, přeměna způsobu využití nebo ponechání ladem a podlehnutí sukcesním vlivům (Rūsiņa 2017). Značná část otevřených travnatých ploch byla intenzivně zemědělsky využívána, to přispělo k změnám v chemickému složení půd, jež se odráží ve vegetačním složení travinných ploch, které se tak stává více homogenními a dochází ke ztrátám biodiverzity, což může mít vliv i na jejich produktivitu (Mládková et al. 2015).

Diverzitu rostlinného společenstva lze považovat za klíčový faktor určující stav ekosystému. Pomocí znalosti fylogenetické struktury vegetace a její fylogenetické diverzity, jež zrcadlí evoluční vzdálenosti jednotlivých skupin druhů rostlin, je možné odhalit ekologické mechanismy fungující v celém společenstvu a potažmo i v ekosystému (Cheng et al. 2018). Druhy, které jsou si evolučně bližší mají tendenci sdílet ekologické niky. Ve společenstvech s vysokou mírou konkurence pak mohou lépe koexistovat spíše evolučně vzdálenější skupiny druhů než ty evolučně bližší (Dong et al. 2019), což může vyústit ve zvýšení biodiverzity společenstva. Pochopení abiotických i biotických mechanismů ekosystému založených na poznání fylogenetické struktury rostlinných společenstev umožňuje navíc extrapolovat výsledky lokálních průzkumů vegetace do větších měřítek a jejich následné širší využití, (Cavender-Bares et al. 2009), například k možnému zlepšení aplikací ochrany přírody a konzervačních praktik za účelem zkvalitnění stavu rostlinných společenstev (Winter et al. 2012).

Diplomová práce se zaměřuje na vztah mezi fylogenetickou strukturou travinné vegetace a vybranými charakteristikami abiotického prostředí – konkrétně koncentrace chemických látek v půdě. Chemické složení půd je stěžejním faktorem pro formování nadzemní i podzemní bioty. Touto problematikou se v minulosti zabývalo velké množství studií, většinou se však orientovaly spíše na odpověď druhové diverzity (například Nobuhiko et al. 2017, Ceulemans et al. 2011 či Palpurina et al. 2011), odpověď pouze určitých skupin rostlin (Divito & Sadras 2013, Fei et al. 2017, Bezemer et al. 2006) nebo společenstva půdní mikro-bioty (například Leff et al. 2018, Lauber et al. 2008 nebo

Cao et al. 2017). Zahrnutí fylogenetické diverzity do studií je relativně tématem současnosti. Dle Calvender-Bares et al. (2009) a Dong et al. (2019) poznání fylogenetické struktury společenstva lépe reflektuje mechanismy rostlinného společenstva než pouze druhová diverzita. Studium fylogenetické struktury a její diverzity ve vztahu k environmentálním faktorům v travinných společenstvech se věnuje několik studií například Cheng et al. (2018), Dong et al. (2019), Bassin et al. (2012), Zhao et al. (2019) nebo He et al. (2018). Studie přináší důkazy o existenci vztahu fylogenetické struktury, především její diverzity k environmentálním podmínkám. Například klimatické faktory značně ovlivňují fylogenetickou strukturu společenstev trávníků (Dong et al. 2019). Z pohledu vlivu půdního chemického složení je nejvíce diskutováno působení zvýšených hodnot dusíku a fosforu v půdě, které navyšují produktivitu biomasy, ale na druhou stranu snižují biodiverzitu společenstva (He et al. 2018, Zhao et al. 2019), avšak ucelený výzkum zabývající se větším spektrem prvků v půdě a jejich vlivu na formování fylogenetické struktury travinného společenstva v oblasti Baltských států prozatím nebyl zpracován.

2 Cíle práce

Diplomová práce má za cíl především určit vztah mezi fylogenetickou strukturou vegetačního pokryvu a hodnotami vybraných půdních charakteristik na loukách v Lotyšsku. Dalšími cíli práce jsou zjištění, zda hodnoty půdních charakteristik mohou determinovat výskyt určitých fylogenetických skupin ve vegetaci nebo zda na základě znalosti fylogenetické struktury vegetace lze predikovat chemické vlastnosti půdy. Tyto cíle navazují na výše zmíněnou determinaci a jejich naplnění se od ní odvíjí.

K naplnění těchto cílů a vypracování diplomové práce bude zapotřebí:

- zajistit a kompilovat literaturu k danému tématu.
- provést fytoocenologický průzkum na vybraných lokalitách v Lotyšsku.
- společně se snímkováním provést odběry půdních vzorků.
- podrobit půdní vzorky laboratorním analýzám, a tak zjistit hodnoty vybraných půdních charakteristik.
- statisticky analyzovat sesbíraná data a výsledky interpretovat.

3 Trávníky Lotyšska

Geograficky lze území Lotyšska zařadit do Východoevropské roviny a její dílčí části Baltské nížiny (Embleton 1984). Tato oblast je považována za geologicky nejstarší část Evropského kontinentu – tzv. Baltický štít je tvořen předprvohorními metamorfovanými horninami, jako jsou například žuly a ruly. Reliéf lze obecně považovat za rovinný až plochý. Rozsáhlé roviny jsou lokálně narušeny morénovými pásy vysočin, jež vznikly působením kvartérního kontinentálního ledovce. Půdy Lotyšska lze charakterizovat jako podzolovisol s velkým zastoupením glejových půd, kambisolů a luvisolů (Pohanková 2010). Z pohledu klimatu je Lotyšsko podobně jako Česká republika na přechodu mezi oceánským a kontinentálním klimatem. Vliv kontinentality je zde však značný a se vzdáleností od pobřeží rychle sílí. Oceánským typem klimatu je ovlivněno pouze 17 % celkového území země a to jen v pobřežních oblastech západního Lotyšska. Kontinentální charakter klimatu ovlivňuje nejvíce teplotu a vlhkost vzduchu, což jsou stěžejní klimatické faktory pro biotu regionu (Laiviņš & Melecis 2003) Průměrné teploty v zimě se pohybují okolo -4 °C a letní červnové teploty dosahují průměru 16 °C (Pohanková 2010).

Výše zmiňované charakteristiky společně s vývojem Pobaltí během kvartéru vedly k formování rostlinné bioty oblasti. Území se fyto geograficky řadí do Cirkumboreálního regionu a leží na hranici Středo evropské a Východoevropské provincie (Takhtajan 1986). Objevuje se zde tedy flóra jak středoevropského charakteru, tak východoevropské stepní druhy. Dle fyto geografické charakteristiky se území země nachází v ekotonové oblasti přechodu boreálního a širolistého lesa s dominantním postavením jehličnatých dřevin *Pinus sylvestris* a *Picea abies* (marginálně i *Larix* spp.) a s příměsí listnatých druhů dřevin *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Quercus robur* a *Tilia cordata* (Andersson 2005). Postupným přímým antropogenním vlivem však docházelo ke změnám v rozloze a druhovém složení lesních ekosystémů, který vyústil v současné rozložení lesních i jiných ekosystémů (Puhe & Ulrich 2001). Momentálně lesní ekosystémy zaujímají 51% celkové rozlohy Lotyšska a druhové složení stromové vegetace se většinou omezuje pouze na výskyt tří dominantních rodů *Pinus*, *Picea* a *Betula*. Další ekosystém s poměrně častým výskytem jsou rašeliniště, jež samostatně zaujímají 4.7 % povrchu země. Pokryvnost Lotyšska rašeliništi reálně dosahuje však až 10 %, jelikož polovina rašelinných půd je porostlá lesy. Marginálně se v zemi vyskytují také sladkovodní i mořské ekosystémy.

Druhé místo, co do pokryvnosti ekosystémy, však patří zemědělským ekosystémům zaujímajících cca 38.5% rozlohy země. Třetina těchto společenstev je reprezentována travinnou vegetací ve formě luk a pastvin (National report 2014). Většina těchto ploch (90 %) je v současnosti silně hospodářsky využívána a vznikla pomocí vysetí travin a hnojením za účelem intenzivní pastvy nebo vysoké sklizně sena. Takové louky a pastviny se vyznačují dominancí několika druhů trav, které mají expanzivní charakter (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*) a jejich biomasa vytváří více než 60% biomasy společenstva. Dominantní druhy trav vytvářejí hustý zápoj drnu, který neumožní růst konkurenčně slabším druhům. Přídavným hnojením je navyšována i fertilita půd, která efekt dominance trav posiluje. Mimo zmíněný typ trávníků stojí nepatrné množství polopřirozených a přírodě blízkých trávníků, které jsou doplněny loukami a pastvinami s vysokým potenciálem obnovy. Svou rozlohou zaujímají asi jen 0.7% území Lotyšska (Rūsiņa 2017). Travinobylinná společenstva tohoto typu lze považovat za fragmenty zrcadlící původní travinnou vegetaci a jsou vysoce biologicky hodnotná. Téměř třetinu druhů rostlin lotyšské flóry je možné v těchto společenstvech nalézt. (National report 2014).

3.1 Historický vývoj travinných společenstev v Lotyšsku

Obecně jsou travinobylinná společenstva střední a východní Evropy vázána na lidskou činnost a počátky jejich rozmachu se datují k počátkům zemědělství, kdy začal sílit i vliv člověka na krajinu (Gustiņa 2016). Výskyt přirozeného bezlesí v evropské lesní zóně, kam mimo Lotyšsko řadíme i například Českou republiku, byl běžný i před nástupem vlivu lidské populace. Trávníky byly vytvářeny především velkými herbivory nebo vznikaly v údolních nivách podél velkých řek, kde docházelo k pravidelným disturbancím v podobě jarních záplav a pohybu ledových ker při jarním tání (Rusiņa 2017). Lotyšské otevřené trávníky však mají původ hlavně v extenzivních zemědělských aktivitách člověka (Gustiņa 2016).

Proces vzniku krajinné mozaiky bezlesí a lesů byl značně ovlivněn povahou zemědělství té doby. Plochy vhodné k pěstování plodin byly zorány a produkce pícnin byla situována pouze na pozemky s nevhodnými podmínkami pro pěstování zemědělských plodin. Z pohledu pastevního a senosečného využití půdy byly aplikovány velmi intenzivní postupy získávání biomasy za účelem co největšího výnosu z trávníků. Během tradiční seče docházelo k otevřené manipulaci se senem a k jeho transportu po

okolí, což vedlo k šíření rostlinných druhů do širšího okolí. Tento způsob hospodaření navíc trval více než 700 let až do doby intenzifikace a mechanizace zemědělství v průběhu 19. století (Gustiņa 2016).

Změny ve využívání půdy během dvacátého století formovaly dnešní podobu travinných společenstev a postupně také pohled na jejich význam pro biodiverzitu krajiny. V první polovině dvacátého století se postupně rozšiřoval záběr pozemků ve prospěch orné půdy. Při tom bylo využíváno odvodňování podmáčených ploch nebo rozorání hůře dostupných pozemků pomocí lépe dosažitelné techniky (Gustiņa 2016). Na počátku dvacátého století byly pastviny, louky a jiná travinobylinná společenstva stále velmi rozšířenou složkou krajiny a byly tradičně obhospodařovány (pastva a seč) bez ohledu na podmínky prostředí nebo druhové složení trávníků (Rusiņa 2017). Podobný vývoj zemědělské krajiny, se kterou je výskyt travinných společenstev spjatý je porovnatelný například s vývojem krajiny Bílých Karpat, který shrnuje publikace Louky Bílých Karpat (Jongepierová 2008).

Významné změny politické situace během 20. let 20. století měly za příčinu proměnu krajiny ve stylu sovětského hospodářství a způsobily zánik rozsáhlých ploch otevřených polopřirozených trávníků, luk a pastvin. Většina z nich byla zorána, hnojena a intenzivně zemědělsky využívána pro pěstování plodin. Na území celého Lotyšska byla plošně aplikována meliorační opatření – odvodňování ploch drenáží, za účelem zlepšení podmínek pro těžkou zemědělskou techniku. Došlo taktéž k opuštění ploch, které se následně sukcesními vlivy proměnily v les. Krajina se stala více homogenní a vlivem centralizace zemědělství došlo také k narušení roztržité sídelní struktury (Bell et al. 2009). Mezi další důsledek patří ztráta biodiverzity a snížení počtů druhů rostlin v malém i velkém měřítku a značné změny v chemickém složení půd a jejich fertilitě. Oba tyto faktory jsou esenciální ve formování biologicky významných společenstev trávníků (Rusiņa 2017). Zlomovým se stal kolaps Sovětského svazu v roce 1991. Změnily se majetkoprávní poměry v zemi a valná část půdy, jež byla majetkem státu a podléhala zemědělskému využití, ať už jako ornice, pastva či louka, byla převedena do soukromého vlastnictví. Absence původních majitelů, nedostatečné know-how nových vlastníků či jejich finanční situace vedly k absenci managementu a ponechání půdy ladem (Jespen et al. 2015).

3.2 Současná podoba travinných společenstev v Lotyšsku

Polopřirozené a přírodě blízké trávnické, které lze považovat za původní, nebyly zničeny nebo degradovány během dvacátého století a vznikaly pouze pastevním a sečným managementem, zaujímají pouze nepatrnou část území Lotyšska (National report 2016). Takovéto společenstva se nalézají pouze v nivách či aluviích řek a jezer, nebo na pobřeží Baltského moře, tedy na místech nevhodných pro aplikaci kultivačních praktik sovětského hospodaření. Druhým typem trávnických, kterých je většina, jsou travinná společenstva vznikla spontánně nebo účelně výsevem na opuštěné orné půdě a lze je nazvat druhotnými trávnickými (Rusiņa 2017). Řadíme mezi ně travinná společenstva, která mají potenciál k výskytu biotopů polopřirozených trávnických a zároveň jsou opatřena příslušným managementem. Těmto plochám se věnuje velká pozornost v rámci projektu GrassLIFE (GrassLIFE 2017).

Z pohledu kategorizace polopřirozených travinných společenstev se v Lotyšsku nachází 13 typů, jejichž nomenklatura se řídí Směrnicí Rady 92/43/EHS a je podrobně shrnuta v publikacích místních autorů (Rusiņa 2017, Auniņš 2013), o které se následující text kapitoly opírá. Ze zmíněných třinácti habitatů je pět označováno jako prioritní společenstva, tedy společenstva ohrožená a chráněná z hlediska celé Evropské Unie. Jedná se o stanovištní typy 1630 Boreální baltské pobřežní louky, 6110 Skalní vápnomilné nebo bazofilní travinné porosty *Alyssa-sedion albi*, 6120 Vápnomilné travinné porosty na suchých písčích, 6230 Druhově bohaté smilkové (rod *Nardus*) travinné porosty na křemičitých podložích v horských oblastech (a v podhorských oblastech kontinentální Evropy), 6270 Finsko-skandinávské nížinné druhově bohaté suché až středně vlhké travinné porosty, 6530 Finsko-skandinávské louky s dřevinami. Lotyšsko však zákonem chrání všech třináct typů travinných společenstev.

1630 Boreální baltské pobřežní louky

Trávnické se nacházejí na pobřeží Baltského moře, především při pobřeží Rižském zálivu v deltách velkých řek nebo v okolí příbřežních jezer. Charakteristický je výskyt nízké vegetace s mozaikovitou až pásovitou strukturou za výskytu solných plošek. Půdní profil je částečně sycen mořskou vodou a dochází ke vzniku brakických vod, jejich salinita je však nízká. Z tohoto důvodu se zde vyskytuje velké množství halofytních druhů. Stanoviště tohoto typu jsou klasifikována jako prioritní stanoviště.

Společenstva jsou řazena do syntaxonomické jednotky *Armerion maritimae* a jejich druhová diverzita je značně variabilní. Vyskytují se zde jak společenstva suchých a středně vlhkých luk, tak společenstva mokřadů a podmáčených travníků. Určující je však výskyt halofytních druhů, které rostou v podmáčených depresích na brakických půdách: *Triglochin maritimum*, *Juncus gerardii* a *Glaux maritima*. Dalšími druhy, které se vyskytují v rámci Boreálních baltských příbřežních luk, jsou například *Angelica palustris*, *Blysmus rufus*, *Centaurium littorale*, *Plantago maritima* nebo *Trifolium fragiferum*. Habitat je ohrožen především absencí pastevního a sečného managementu a následným přerůstáním expanzivními druhy *Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios* a *Deschampsia flexuosa*.

5130 Porosty *Juniperus communis* na vřesovištích nebo travinných porostech na vápencích

Jedná se o společenstvo v sukcesním stádiu, kdy travník nebo vřesoviště začíná zarůstat jalovcem – mezistupeň mezi křovinným a travinným společenstvem. Na území Lotyšska je rozšířeno hlavně na západě v oblasti Kurzeme a roztroušeně i po zbytku země v údolích řek a pobřežních nížinách. Porosty jsou však velmi vzácné a jejich výskyt je vázán pouze na 66 ha území země. Půdy jsou typicky nutričně chudé, bazické, suché až vlhké.

Obecně jsou tyto porosty tvořeny svazy *Festuco-Brometea* a *Elyno-Seslereta*, ale pokud se společenstvo vyskytuje na vřesovištních plochách s kyselými půdami, nachází se zde svaz *Calluno vulgaris-Ulicetea minoris*. Diagnostickým druhem společenstva je *Juniperus communis* mimo něj se zde z keřového patra může vyskytovat například *Rhamnus cathartica*, *Malus* spp., *Rosa* spp., aj. Složení bylinného patra závisí na typu travinného společenstva, které porosty jalovce doplňuje. Často se jedná o jednotky 6120 Vápnomilné travinné porosty na suchých písčích, 6210 Facie polopřirozených suchých travinných porostů a křovin na vápenitých podložích (*Festuco-Brometalia*), 6230 Druhově bohaté smilkové (rod *Nardus*) travinné porosty na křemičitých podložích v horských oblastech (a v podhorských oblastech kontinentální Evropy) nebo 6270 Finsko-skandinávské nížinné druhově bohaté suché až středně vlhké travinné porosty. Jejich detailnější popis je uvede níže.

6110 Skalní vápnomilné nebo bazifilní travinné porosty *Alyso-sedion albi*

Travinné porosty tohoto typu se vyskytují vzácně roztroušené po východním Lotyšsku a dosahují zde své severní hranice rozšíření. Počet známých lokalit se uvádí pouze

v jednotkách s největší koncentrací v údolí řeky Daugava a celkově tyto společenstva zaujímají pouze plochu o velikosti 1 ha. Porosty se vyvíjejí na horizontálních nebo nakloněných dolomitových nebo vápencových skalních výchozech, což ovlivňuje jak strukturu trávníků, tak chemické složení půd, které jsou značně bazické. Půdy mají suchý charakter a jsou velmi nutričně chudé a mělké.

Struktura zpravidla nízkého bylinného patra je řídká až ploškovitá a zastoupena jsou hlavně společenstva xerothermních pionýrských druhů rostlin, kterým dominují jednoleté a sukulentní druhy jako například sukulenty *Sedum acre* a *Jovibarba globifera* a jednoleté byliny *Erophila verna*, *Veronica verna* nebo *Cerastium semidecandrum*. Mezi další charakteristické druhy řadíme: *Acinos arvensis*, *Anthemis tinctoria*, *Poa compressa* nebo *Saxifraga tridactylites*. Složení vegetačního pokryvu je závislé i na poloze skalního výchozu. Lokality s jižně orientovaným povrchem jsou vhodné i pro kolonizaci druhů s těžištěm výskytu jižně od baltského pobřeží – východoevropské stepní druhy a druhy středoevropské květeny.

Skalní travinné porosty jsou nejvíce ohroženy postupnou eutrofizací krajiny a jejich zarůstáním expanzivními druhy rostlin. Další výrazné ohrožení představuje vodní eroze, která je vázána na frekventované kolísání vodní hladiny v tocích vznikající zásahem člověka. Management na těchto lokalitách není vyžadován a jejich ochrana spočívá konzervačním přístupem.

Na území Lotyšska jsou vymezovány dvě varianty Skalních vápnomilných nebo bazofilních travinných porostů *Alyso-sedion albi*: přirozené – typicky vázané na skalní výchozy v říčních údolích a uměle vytvořené, které vznikají na štěrkových půdách pomocí odstraňování svrchních vrstev půd a mají většinou formu strmých svahů jihozápadní orientace.

6120 Vápnomilné travinné porosty na suchých písčích

Lokality těchto trávníků se vzácně nalézají roztroušeně po celém území země a jsou spjaty s říčními údolími řek Gauja, Daugava, Venta a Abava. Mimo tato území se písčinná travinná vegetace formuje na vnitrozemských dunách. Půdy jsou v tomto případě charakteristicky suché, písčité a bazické, ale mohou být i neutrální či slabě kyselé. Důležitým faktorem půd je nízká koncentrace živin.

Společenstva trávníků jsou typicky otevřená s velmi ploškovitou strukturou travinobylinné vegetace, která je doplňována ploškami mechů a lišejníků. Nedochází tedy ke vzniku kompaktního drnu. Bylinné patro je nízké – do 25 cm. Společenstva jsou řazena do sytaxonomických jednotek *Koelerion glaucae* a *Plantagini-Festucion*. Příslušnost společenstva jednomu ze syntaxů je dána půdní reakcí, kdy svaz *Koelerion glaucae* se vyskytuje na vápnatých půdách, kdežto svaz *Plantagini-Festucion* je typický pro kyselější půdy. Vegetace je vytvářena dominantně většinou trávami *Koeleria glauca*, *Poa angustifolia*, *Festuca ovina* a *Phleum phleoides*, mimo trávy jsou značně rozšířeny druhy bylin jako: *Veronica spicata*, *Sedum acre*, *Lychnis viscaria* či *Galium verum*. Tyto byliny mohou také ve společenstvu zaujímat dominantní postavení. Dalšími druhy, jenž se typicky vyskytují v těchto společenstvech jsou například *Astragalus arenarius*, *Dianthus deltoides*, *Festuca trachyphylla*, *Helichrysum arenarium*, *Saxifraga tridactylites*, *Thymus serpyllum*. Písčité trávníky jsou stěžejním stanovištěm pro výskyt vzácných rostlinných druhů lotyšské květeny. Mezi ně jsou řazeny například *Armeria vulgaris*, *Armeria maritima*, *Botrychium matricariifolium* a *Jovibarba globifera*.

Stanoviště písčitých trávníků jsou ohroženy, jako většina travinných společenstev, hlavně absencí managementu, v tomto případě pastvy, seče a přípustného vypalování, eutrofizací a s ní spojenou acidifikací způsobenou znečištěným ovzduším a zvýšeným cestovním ruchem, turismem.

V závislosti na vlhkostních podmínkách půd a jejich struktuře, lze vymezit tři varianty písčitých trávníků. Na velmi suchých půdách s vyvinutými ploškami mechů a lišejníků je vázána typická, výše popsaná varianta. V případě suchých půd se v Lotyšsku rozlišují dvě varianty: tzv. polosuchá varianta, kdy je vytvořen drn a spojitý vegetační kryt nedovoluje tvorbu mechových a lišejníkových plošek. Dominantním druhem je zde *Poa angustifolia*. Druhou variantou je skeletonová varianta vyskytující se na štěrkových substrátech, která je vegetačním složením a strukturou vegetace téměř shodná s typickou variantou. Charakteristický je pouze výskyt větší proporce vápnomilných druhů rostlin (*Plantago media*, *Poa compressa*, *Fragaria viridis*).

6210 Facie polopřirozených suchých travinných porostů a křovin na vápenitých podložích (*Festuco-Brometalia*)

Porosty travinných společenstev typu 6210 jsou v území relativně vzácné – pouze 6.4 % polopřirozených trávníků v zemi. Jejich rozšíření je vázáno na svahy terasovitých říčních

údolí nebo na svahy a vrcholy kopců ve vnitrozemí. Lokality se roztroušeně nacházejí napříč celým územím státu a největší koncentrace se vyskytují v oblastech údolích řek Abava, Venta, Rinda, Daugava, Irbe a v chráněné krajinné oblasti Ziemeļgauja, která je těžištěm výskytu těchto trávníků. Společenstva se vyskytují na suchých až polosuchých půdách s neutrální až alkalickou půdní reakcí a nízkou hladinou živin.

Vegetace je řídká a nízká s relativně dobře vyvinutým drnem. Nejvyšší diverzita společenstev je charakteristická pro výhřevná místa – jižně orientované svahy. Bylinné patro je polydominantní a vytváří jej druhy, které rostou v drnech. Druhové složení společenstev a jejich diverzita závisí na zeměpisné poloze lokalit. Obecně jsou trávníky nacházející se na západě Lotyšska více druhově bohaté než lokality na východě. Tento fenomén je určen rozdílnými klimatickými podmínkami – rostoucím vlivem kontinentality směrem na východ. Dominantními druhy vytvářející kostru společenstev trávníků na západních lokalitách jsou *Helictotrichon pratense*, *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis* a *Trifolium montanum*. Tyto druhy se ve společenstvech na východě téměř nevyskytují. Pro východní trávníky jsou typické dominantní druhy *Poa angustifolia*, *Fragaria vesca*, *Pimpinella saxifraga*, *Agrimonia eupatoria* a *Centaurea scabiosa*. Dalšími dominantními druhy, jenž se nacházejí v obou formách trávníků jsou následující druhy: *Geranium sanguineum*, *Brachypodium pinnatum* nebo *Calamagrostis epigeios*. Dalšími indikačními druhy jsou *Astragalus danicus*, *Carex ornithopoda*, *Viola collina*, *Campanula glomerata*, *Briza media*, *Cirsium acaule*, *Linum catharticum* a další.

Lokality s výskytem těchto společenstev jsou důležitými stanovišti pro výskyt druhů čeledi *Orchidaceae* (*Orchis mascula*, *Orchis morio*, *Orchis militaris*, *Neotinea ustulata*, *Gymnadenia conopsea*). Výskyt druhů vstavačovitých je základním indikačním prvkem pro klasifikaci travinobylinného společenstva jako typ 6210.

Travná společenstva jsou nejvíce ohrožena opuštěním od managementu ve formě pastvy a seče nebo aplikací nevhodného managementu vedoucí ke zvýšené fertilitě půd a obecně k eutrofizaci stanovišť

Mimo východní a západní varianty společenstva lze v závislosti na struktuře půd vymezit další dvě varianty facií polopřirozených suchých travinných porostů a křovin na vápenitých podložích. Varianta písčitých půd může obsahovat porosty lehce kyselých trávníků a je dominantně tvořena trávami druhu *Helictotrichon pubescens* a *Festuca rubra*. Tyto trávníky se vyskytují především ve vyšších polohách říčních náplav. Varianta

lesních lemů zahrnuje společenstva rostoucí v polostínu a typicky se zde vyskytují stín tolerantější druhy jako *Melampyrum* sp., *Trifolium medium* a dominuje zde *Brachypodium pinnatum*.

6230 Druhově bohaté smilkové (rod *Nardus*) travinné porosty na křemičitých podložích v horských oblastech (a v podhorských oblastech kontinentální Evropy)

Smilkové trávníky se vyskytují vzácně po celém Lotyšsku na izolovaných ploškách. Lokality leží většinou mimo údolí řek na rovinatých plochách. Vysoká koncentrace výskytu je lokalizována v pobřežních nížinách na západě, ve střední části země v okolí obce Ropaži a na severovýchodě v tzv. Adzele regionu. Oblasti jsou typické specifickým půdním substrátem podzolových půd různých typů. Půdy vykazují nízké hodnoty půdní reakce a jsou až vysoce zakyselené, což má vliv na edafické podmínky, které jsou z tohoto pohledu extrémní. Půdy mají variabilní vlhkostní režim a mohou být suché až podmáčené a jsou velmi nutričně chudé.

Travná vegetace je zpravidla velmi nízká, ale vytváří velmi hustý zápoj s kompaktním drnem. Syntaxonomicky se smilkové trávníky řadí do řádu *Nardetalia*. Dominantním druhem je především *Nardus stricta*, mezi dominanty se řadí i jiné, kyselé prostředí tolerantější, trávy – *Sieglingia decumbens* nebo *Festuca ovina*. Jelikož jsou vlhkostní podmínky značně variabilní, kompozice dalších druhů vyskytujících se v těchto společenstvech je různá. Na základě vlhkostních poměrů je možné vymezit 3 varianty smilkových trávníků. Suché smilkové trávníky obsahují charakteristické druhy bylin jako: *Antennaria dioica*, *Carex pilulifera* a *Veronica officinalis*. Ve společenstvu vlhkých trávníků se typicky vyskytuje například *Carex pallescens*, *Viola canina* a *Agrostis tenuis*. Podmáčené smilkové trávníky jsou charakteristické výskytem druhů: *Carex panicea*, *Succisa pratensis*, *Potentilla erecta*, *Carex nigra*, atd. Některé plochy podmáčených trávníků mohou i paludifikovat. Dalšími deštníkovými druhy, jež se ve společenstvu trávníků 6230 vyskytují jsou *Gentiana pneumonanthe*, *Polygala vulgaris*, *Pedicularis palustris* nebo *Eriophorum polystachion*.

Existence stanovišť tohoto typu je založena na dlouhodobé pastvě vegetace na nutričně chudých a vysoce kyselých půdách. Absence managementu je proto hlavní příčinou degradace těchto společenstev. Další hrozbou je nesprávný management ve formě mulčování. V příbřežních oblastech dochází i k přerůstání lokalit invazním druhem *Aronia prunifolia*.

6270 Finsko-skandinávské nížinné druhově bohaté suché až středně vlhké travinné porosty

Z všech prioritních travinných společenstev jsou tyto trávníky v Lotyšsku nejrozšířenější. Zaujímají cca 40 % z plochy všech polopřirozených trávníků. Porosty se vyskytují po celém území země a jsou situovány jak na rovinách, tak v kopcovitých oblastech, na svazích, vrcholech i při úpatí a v minulosti to mohl být jeden z nejrozšířenějších typů travinných společenstev vůbec, většina ploch však byla degradována melioračními zásahy. Trávníky se vyskytují na mezických až permanentně podmáčených pastvinách a loukách se středně fertilními půdami. Půdní reakce je typicky neutrální až středně kyselá. Porosty se vyskytují vesměs nahodile a jejich zeměpisná poloha nemá vliv na jejich druhovou bohatost.

Vegetace dosahuje výšek okolo 40 cm a vytváří hustý zápoj s dobře vyvinutým drnem. Výsledkem pastvy na lokalitách, kde se společenstvo vyskytuje je specifický mikro-terén, který drn částečně narušuje. Z pohledu syntaxonomie řadíme porosty do svazů *Cynosurion cristati* a *Calthion palustris*. Bylinné patro je polydominantní a lze v něm vylíčit nejméně dvě patra. Patro nižších rostlin, které je reprezentováno plazivými a k zemi tisknucími se druhy, jako jsou například *Trifolium repens*, *Prunella vulgaris*, *Leontodon hispidus*, *Plantago media* nebo *Primula veris*. Druhé patro – patro středně vysokých bylin je tvořeno především středně vysokými druhy trav: *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*, *Festuca rubra* a *Agrostis tenuis*. Na vlhkých půdách je typický výskyt druhů *Holcus lanatus*, *Cynosurus cristatus* a *Deschampsia cespitosa*. V některých případech může docházet k formování třetího patra, kde se vyskytují vysokostébelné druhy trav (*Helictotrichon pubescens*, *Festuca pratensis*), avšak pokud je patro vytvořeno, má velmi rozvolněnou strukturu a vyskytuje se v porostu sporadicky. Indikačními druhy společenstva jsou dále například: *Dianthus deltoides*, *Galium boreale*, *Trollius europaeus*, *Linum catharticum* nebo *Lychnis viscaria*.

Hlavním existenčním managementem je pastva jakéhokoli dobytka doplněná sečí. Stejně jako jiné travinobylinné společenstva je i toto nejvíce ohroženo absencí managementu a změnou využívání půdy – například její zorání a přeměna na ornici. Dalším značným ohrožením jsou změny vodního režimu způsobené lidskou činností – drenáže a odvodňování.

Dle vlhkostních poměrů lze vyčlenit dvě varianty habitatu. Permanentně podmáčené porosty mají nejčastěji více vyvinuté patro vysokostébelných travin. Dominantně se vyskytují spíše vlhkomilné druhy trav (*Deschampsia cespitosa*, *Holcus lanatus*) a bylin (*Geum rivale*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia nummularia*, *Geranium palustre*, atd.). Varianta mezických luk a pastvin je považována za typickou – výše popsanou. V případě výskytu na kyselých půdách je možné vydělit další variantu – kyselých a nutričně chudých mezických pastvin a luk. Tato speciální varianta je dominantně tvořena druhy: *Anthoxanthum odoratum* a *Agrostis tenuis*. Mimo ně do společenstva vstupují i acidofilní trávy – *Nardus stricta*, *Sieglingia decumbens*.

6410 Bezkolencové louky (*Molinia* spp.) na vápenitých, rašelinných nebo hlinitosiltových těžkých půdách

Společenstva typická pro tento typ stanoviště se vzácně vyskytují roztroušené po celé zemi s těžištěm výskytu na západě Lotyšska. Největší plochy se nacházejí v národním parku Ķemeru a v okolí jezera Liepāja. Jejich výskyt je vázán na vlhká místa říčních a jezerních aluvií nebo na lokality s fluktuující hladinou podpovrchových vod mimo aluvia. Vodní režim je v tomto případě určující. Půdy periodicky vysychají a jsou velmi nutričně chudé (hlavně z pohledu dusíku a fosforu). Půdní reakce je variabilní, ale nejvyšší druhová diverzita se vyskytuje především na vápnatých půdách s vysokým pH.

Porosty bezkolencových luk jsou strukturně i druhově značně variabilní. Nižší bylinné patro je většinou spjato s výskytem jednoho dominantního travinného druhu a to buď *Sesleria caerulea* nebo *Carex panicea*. Mimo dominantní druh se v něm vyskytují i další druhy nízkých bylin. Střední bylinné patro je většinou zastoupeno druhy jako například *Briza media*, *Inula salicina*, *Trollius europaeus*, *Succisa pratensis* nebo dominantními druhy rodu *Carex* (*C. hostiana*, *C. buxbaumii*). Patro vysokostébelných druhů představuje hlavně výskyt druhu *Molinia caerulea*. Díky kolísavému vodnímu režimu se ve společenstvech nacházejí i druhy suchých trávníků, jmenovitě: *Filipendula vulgaris*, *Plantago media*, *Poa angustifolia* a také vlhkomilné druhy: *Ophioglossum vulgatum*, *Epipactis palustris*, *Gladiolus imbricatus*. Na základě půdní reakce lze společenstva bezkolencových luk řadit do obou asociací svazu *Molinion caeruleae*. Vegetace na zásaditých půdách náleží asociaci *Molinietum caeruleae* a vegetace kyselých stanovišť (na rašelinných půdách) asociaci *Junco effusi-Molinietum caeruleae*.

Společenstva trávníků jsou nejvíce ohrožena lidskou činností ve formě melioračních opatření. Nevhodný management – mulčování a nechání ladem může vyústit v přerůstání expanzivními druhy trav. Typickým managementem těchto luk je pastva nebo pastevně sečné zásahy.

Dominantní travina určuje jednu ze 4 variant společenstva. Biocenózy s dominantním druhem *Molinia caerulea* jsou většinou charakteristické kompaktní vysokostébelnou vegetací. Habitaty s dominancí druhu *Sesleria caerulea* nebo druhy rodu *Carex* jsou typicky nízké s vysokým zastoupením plazivých a poléhavých forem bylin. Nejvyšší druhové bohatosti dosahují společenstva s polydominantní rozložením druhů. V tomto případě jsou dominantními druhy mimo čeleď *Poaceae*.

6430 Vlhkomilná vysokostébelná lemová společenstva nížin a horského až alpínského výškového stupně

Relativně vzácný travinný habitat, jenž se vyskytuje na březích řek a jezer nebo v lesních lemech na podmáčených až vlhkých půdách. Nejrozšířenější je z pohledu Lotyšska v okolí řek Venta, Aiviekste, Rinda, Gauja a Lielupe a to v částech, kde nedošlo v minulosti k regulaci toku. Při březích jsou půdy nasyceny živinami a periodicky vysychají v závislosti na vodním režimu řeky. Navíc je habitat závislý na vodních disturbancích, které zabraňují přirozené sukcesi trávníků keři a stromy.

Bylinné patro je typicky velmi vysoké (někdy i více než 200 cm) avšak mocnost zápoje je variabilní. V oblastech s velkou mírou říční aktivity může být vegetace řídké roztroušená, naopak v oblastech s klidnými vodami se vyvíjí hustý zápoj. Společenstva jsou tvořena dominantními vlhkomilnými a na živiny náročnými druhy jako: *Carex acuta*, *Phalaroides arundinacea*, a *Calamagrostis canescens*. V oblastech s nižším stupněm kolísání vod mohou dominovat také *Filipendula ulmaria* a *Epilobium hirsutum*. Jednoleté a dvouleté rostliny obsazují plochy vzniklé disturbancí. Mezi ně řadíme většinou byliny vyššího vzrůstu – *Bidens tripartita*, *Angelica archangelica*, *Inula britannica*, *Mentha aquatica*, *Senecio paludosus*, *Valeriana officinalis*, *Alliaria petiolata* a popínavé druhy – *Humulus lupulus*, *Cuscuta europaea*, aj.

Společenstva jsou ohrožena hlavně eutrofizací a s ní spojenou expanzí druhů s invazním potenciálem. Nejproblémovější jsou druhy *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata* a *Solidago canadensis*, které posilují efekt vodní eroze a vegetace není schopna vytvářet zpevňující drn.

Dle výskytu v krajině lze vymezit dvě varianty tohoto typu stanoviště. Společenstva břehů vod, které jsou výše popsány a společenstva lesních lemů/ekotonů, kterým dominují stínomilné druhy.

6450 Severní boreální nivní louky

Stanoviště boreálních luk jsou druhým nejrozšířenějším typem travníků na území země. Zaujímají 34 % z celkové plochy polopřirozených travinných společenstev, které se v Lotyšsku nacházejí. Louky jsou roztroušené po celém státu a jejich výskyt je vázán se záplavovým územím vodních toků, které v zimě zamrzají. Těžištěm výskytu jsou oblasti aluvií řek Stende, Rinda, Pededze, Sita a horního toku řeky Gauja. Jejich existence je určována jarními záplavami a přirozeně vzniklou říční krajinou s výskytem meandrů, slepých ramen a tůní. Půdy jsou tedy podmáčené až vlhké. Půdní prostředí je však značně heterogenní i v malém měřítku a vlhkostní poměry mohou být na malé ploše variabilní. Fertilita půd je také závislá na mikro-terénu – na malých plochách se vyskytují části s vysoce živnou půdou i rašelinné plošky.

Kvůli rozmanitým environmentálním faktorům je vegetace rostoucí v těchto habitatech velmi druhově i strukturně variabilní. Na podmáčených plochách se vyskytují společenstva, kterým dominují vysokostébelné ostřicové porosty s druhy *Carex acuta* a *Carex cespitosa* doplněné vysokostébelnými trávami *Phalaroides arundinacea*, *Calamagrostis neglecta* a *Calamagrostis canescens*. Výška porostu dosahuje 150 cm. Na vlhkých půdách je vegetace obecně nižší (do 100 cm) a dominují jí druhy jako *Alopecurus pratensis*, *Deschampsia cespitosa* a *Carex disticha*. Dále se zde vyskytují vlhkomilné druhy bylin – *Geum rivale*, *Filipendula ulmaria* nebo *Galium palustre*. Pokryvnost vegetace je většinou vyšší než 80 %. Na stanovištní a vegetační podmínky jsou vázány i vzácnější druhy květeny, mezi které jsou řazeny *Cnidium dubium*, *Gladiolus imbricatus*, *Stellaria palustris*, *Lathyrus palustris* nebo *Thalictrum simplex*.

Travinná společenstva tohoto typu byla tradičně obhospodařována především sečí a pastvou otav. Management tohoto typu společně s periodickým záplavováním napomáhá k udržování luk. Louky jsou ohroženy hlavně odvodňováním, regulací toků a opuštěním od managementu. Problémové jsou i výkyvy z periodicity záplav, které mohou být způsobeny klimatickou změnou.

V Lotyšsku nalezneme 3 varianty boreálních nivních luk. Varianta vysokostébelných ostřicových porostů s chrasticí rákosovitou je charakteristická výskytem na podmáčených

půdách, kde ostřice a chrastice vytvářejí dominantní porost. Další variantou je psárková varianta s dominancí *Alopecurus pratensis* a nižších trav *Poa palustris* a *Poa trivialis*. Psárková varianta se vyskytuje na vlhčích stanovištích a při ponechání ladem často přerůstá druhem *Filipendula ulmaria*. Třetí variantou je varianta typická, jež je popsána výše. Dominantními druhy trav jsou středně vysoké druhy *Helictotrichon pubescens*, *Hierochloa odorata*, *Deschampsia cespitosa*. Typický je výskyt vlhkomilných druhů *Geum rivale* a *Filipendula ulmaria*.

6510 Nížinné sečené louky s druhy *Alopecurus pratensis*, a *Sanguisorba officinalis*

Stanoviště se vyskytuje po celém území země. Jednotlivé lokality jsou značně fragmentované a rozprostřené v krajině. V Lotyšsku se nenacházejí žádné plochy s větším spojitým porostem odpovídající nížinným sečným loukám – na každých 2500 ha území připadá průměrně pouze 0.5 ha porostů habitatu. Většina lokalit je formována na půdách opuštěných orníc a jinak hospodářsky využívaných ploch nebo v na svazích či terasách říčních údolí často se severní až západní orientací. Vegetace se formuje na mezických až vlhkých půdách, které jsou velmi dobře provzdušněné a mají lehce kyselou až neutrální půdní reakci. Příznivé vlhkostní poměry musejí přetrvávat po celou dobu vegetační sezóny. Důležitým znakem habitatu je středně úživná až relativně silně úživná půda bohatá na živiny.

Stanovištní podmínky jsou vhodné pro formaci travnaté vegetace svazů *Arrhenatherion elatioris* a *Deschampsion cespitosae*. Porosty vytvářejí hustý zápoj a dosahují středních výšek okolo 1 m. Společenstvo vytváří dobře formovaný drn. Vrstva mechů a lišejníků se tedy většinou netvoří. Bylinná biocenóza je složena z několika pater. Hlavním patrem je polydominantní patro vysokostébelných trav kde se kombinují druhy *Alopecurus pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Helictotrichon pubescens*, *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Poa trivialis*, *Poa palustris* a *Dactylis glomerata* (pokud je pokryvnost tímto druhem vyšší než 40 %, indikuje vysokou úroveň fertility půd – zemědělskou minulost lokality). Patro vysokých trav je doplňováno dalšími druhy vysokých bylin jako například *Tragopogon pratensis*, *Anthriscus sylvestris* nebo *Pastinaca sativa*. Střední patro porostu je charakterizováno druhy *Anthoxanthum odoratum*, *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Cynosurus cristatus*, *Poa pratensis*, *Centaurea jacea*, *Hypericum perforatum*, *Solidago virgaurea* či *Rumex acetosa*. Často se v porostu nachází i patro nižších bylin, které je spjato hlavně s loukami, kde dochází k pastvě otav.

V nejnižším patře se nacházejí především hemikryptofyty a plazivé druhy – *Prunella vulgaris*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media* nebo *Alchemilla* sp. Habitat poskytuje útočiště i vzácným rodům lotyšské květeny *Dactylorhiza* a *Platanthera* a jedná se o jedno ze stanovišť s výskytem druhu *Cnidium dubium*. Pokud se porosty nacházejí na vlhkých půdách lze vyčlenit takzvanou vlhkou variantu habitatu nížinných sečných luk. V porostu pak jsou dominantní druhy jako *Deschampsia cespitosa*, *Filipendula ulmaria*, *Carex panicea*, *Geum rivale*, *Geranium palustre*. Vlhká varianta stanoviště je vhodná pro růst ohroženého mečíku (*Gladiolus imbricatus*).

Vhodným managementem nížinných sečných luk je každoroční seč doplněná pastvou otav. Seč je stěžejní faktorem pro existenci stanoviště. Nebezpečí ve formě opuštění od managementu a případné zarostení expanzivními druhy je největší hrozbou tohoto stanoviště.

6530 Finsko-skandinávské louky s dřevinami a 9070 Finsko-skandinávské pastviny porostlé dřevinami

Stanoviště tohoto typu nejsou přímo charakterizována výskytem určité travinné vegetace, ale spíše se jedná o označení typu krajiny, která je tvořena kombinací porostů dřevin a fragmentů travinné vegetace. Porost dřevin může být reprezentován výskytem solitérních stromů a keřů, jejich shluků nebo i rozvolněným lesním ekosystémem. Jejich druhové složení je variabilní, ale zpravidla obsahuje druhy jako: *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus glabra* a *Ulmus laevis*. Louky a pastviny finsko-skandinávského typu v minulosti vznikaly lidskou činností pomocí pravidelné senoseče, pastvy a využívání větví a výmladků dřevin. Rozdíl mezi krajinou typu 6350 a 9070 je její stáří. Lokality klasifikované jako louky (6350) jsou chápány jako původní a vznikaly před začátkem 20. století. Jedná se tak o fragmenty původní krajiny a jejich travinné porosty často korespondují s vegetací typickou pro výše popsané stanoviště 6210 a 6270. Patro dřevin je velmi rozvolněné a dovoluje tak vzniku rozsáhlých ploch travinných porostů. Oproti tomu stojí mladší finsko-skandinávské pastviny, jejichž porost dřevin může být více spojitý a trávníky se vyskytují na menších plochách. Pastviny se formovaly v nedávné době (během 20. století) a jejich pastevní využití většinou převládá dodnes. Z pohledu Lotyšska je krajinný typ 9070 málo prozkoumaným habitatem a jeho vydělení je spíše umělé. Travinná vegetace zpravidla koresponduje s travinou vegetací finsko-skandinávských luk.

4 Materiál a metody

Práce se v plné míře zaměřuje na výzkum pouze polopřirozených, přírodě blízkých a potenciálně obnovitelných trávníků a data, použitá pro zpracování diplomové práce, byla sbírána po dobu vegetační sezóny 2019 na 11 smluvních farmách projektu GrassLIFE. Lokality byly rozmístěny napříč celým Lotyšskem (Obr 1). Hlavní charakteristickým rysem daných míst je lokace v rámci oblastí se statutem ochrany přírody (národní park, přírodní rezervace, chráněné krajinné území, aj.). Konkrétně se jedná o farmy: Andruks, Drubazas, Jaunkraukļi, Kalna Rubeni, Krasti, Krastiņi, Lielupe, Piekraustes, Sita, Strinas a Vētras. Na všech lokalitách byly vytipovány stanoviště, kde došlo k půdnímu i vegetačnímu vzorkování.



Obr 1 Mapa rozložení farem zapojených do projektu GrassLIFE na území Lotyšska s jejich názvy.

4.1 O Projektu GrassLIFE

Projekt GrassLIFE – Restoring EU priority grasslands and promoting their multiple use s označením LIFE16 NAT/LV/000262 je lotyšským projektem, který je financován Evropskou unií z programu LIFE+ Nature and Biodiversity Programme a zastřešen neziskovou organizací Latvijas Dabas Fonds (LDF). Hlavním cílem projektu je rozvíjení a zlepšování pozice ochrany přírody vázané k lokalitám evropské sítě Natura 2000. V tomto případě se projekt zaměřuje na prioritní stanoviště travinných společenstev

v Lotyšsku dle EEA (2019). Mezi zájmové habitaty jsou řazeny: 6120 Vápnomilné travinné porosty na suchých písčích, 6210 Facie polopřirozených suchých travinných porostů a křovin na vápenitých podložích (*Festuco-Brometalia*), 6230 Druhově bohaté smilkové (rod *Nardus*) travinné porosty na křemičitých podložích v horských oblastech (a v podhorských oblastech kontinentální Evropy), 6270 Finsko-skandinávské nížinné druhově bohaté suché až středně vlhké travinné porosty a 6530 Finsko-skandinávské louky s dřevinami, a to kvůli jejich nevyhovujícímu stavu a upadajícímu ochrannému statusu. (Projektová dokumentace 2017).

K naplnění tohoto cíle došlo k navázání spolupráce mezi LDF a majiteli 13 farem, na jejichž území se prioritní stanoviště vyskytují, za účelem obnovných zásahů na cca 1300 ha půdy a nastolení dlouhodobého a správného managementu ochrany životního prostředí. Pro zvolení správného managementového postupu slouží i přidružený ekologický průzkum vegetace a půdy na daných lokalitách (GrassLIFE 2017). Výzkum vegetace a půdy probíhá ve spolupráci pracovníků LDF a Fakulty geografie a věd o zemi Lotyšské univerzity v Rize. Data, nasbírána během první fáze výzkumných prací, jsou použita pro zpracování této diplomové práce. Mimo výzkumné a obnovné aktivity je v rámci projektu kladen velký důraz na socio-ekonomickou stránku problematiky.

4.2 Charakteristika lokalit

Tato kapitola se zabývá popisem lokalit, na kterých byl proveden sběr dat pro účely diplomové práce. Pro každou plochu pedologického a vegetačního průzkumu byly sbírány informace o historii prováděného managementu pomocí rozhovorů s vlastníky půdy a doplňkovým dohledáváním v archivních mapách a záznamech. Základní geografické parametry o nadmořské výšce a vlastnostech terénu byly získány pomocí veřejně přístupných prostorových dat z portálu Copernicus Land Monitoring Service (2018) zpracovaných v softwaru ArcGIS. Data z portálu byla využita i v případě informací o výskytu evropsky významných stanovišť soustavy Natura 2000. Ostatní informace o vegetaci a způsobu ochrany území jsou uvedeny na základě návštěvy lokalit a doplněny daty z mapové aplikace Natura 2000 Network Viewer (2018). Software ArcGIS byl použit i pro učení GPS lokalizace oblastí farem a půdních sond. Jejich úplný seznam spolu s mapovými podklady se nacházejí v Přílohách 1 a 2

4.2.1 Andruks

Farma Andruks se nachází v oblasti nivy řeky Gauja na území chráněné krajinné oblasti Zemelgauja. Jde o rovinaté území o rozloze cca 200 ha v nadmořské výšce v rozmezí 75–85 metrů nad mořem. V rámci plochy farmy se vyskytuje travinná vegetace evropsky významných stanovišť 6210 a 6530 doplněná vegetačním typem 6450.

Historicky byla lokalita využívána jako orná půda, na jejíž části došlo k melioračním zásahům ve formě drenáže a navíc docházelo i k používání hnojiv. Po roce 1991 byla půda po dobu 13 let ponechána ladem. Následně byl aplikován management lokalit ve formě tradiční seče a intenzivní pastvy, který trvá dodnes.

Sběr dat se uskutečnil na 16 místech podél říčního toku.

4.2.2 Drubazas

Pozemky farmy Drubazas o výměře 42 ha leží v nivním pásmu řeky Abava a na přilehlém svahu jihozápadní orientace v rozmezí nadmořských výšek 30–72 m. n. m. Území je chráněno jako přírodní park Abavas senleja.

Historicky byla většina půdy zorána a hnojena. Poté na celém území proběhlo zatravnění a obnova drnu, který byl před osmi lety strhnut a byl nastolen management ve formě tradiční seče a pastvy. V některých částech jsou travinné porosty původní a dochází zde po dobu 70 let pouze k tradiční seči. Část farmy v současné době slouží jako botanický chodník díky výskytu polopřirozených suchých trávníků (6210) s množstvím indikačních druhů (*Gymnades conopsea*, *Epipactis palustris*, *Cirsium acaule*, aj.).

Pro účely výzkumu bylo navrženo provedení 14 půdních sond s přidruženým vegetačním výzkumem. Množství snímků se v tomto případě odráželo od značné heterogenity vegetace.

4.2.3 Jaunkraukļi

Jaunkraukļi se nachází v národní rezervaci Āboli v blízkosti řeky Ziemeļsusēja, na jehož území se typicky vyskytuje evropsky prioritní stanoviště 6270. Řeka zde tvoří hluboké údolí, veškeré pozemky farmy (180 ha) se tak nacházejí převážně na vyvýšených místech či ve svazích. Průměrná nadmořská výška se pohybuje okolo 96 m. n. m. Na území farmy se vyskytuje travinná vegetace typická pro biotopy 6450.

Lokality byly v minulosti využívány jako orná půda a byly hnojeny. Následně byly téměř 30 let nechány ladem. V současnosti byl nastolen management ve formě seče a pastvy téměř na celé území farmy. Existují zde však dva extrémy. Jedna z travinných ploch byla pouze tradičně obhospodařovaná (pastva a seč) a nikdy nebyla zorána. Protipólem je 30 let opuštěný úhor, na který není momentálně aplikován žádný management.

Na této lokalitě bylo zhotoveno 5 vegetačních snímků a půdních sond. Do snímkovaných oblastí byly zahrnuty i výše zmiňované plochy, které prošly, oproti zbytku území farmy, specifickým vývojem managementu.

4.2.4 Kalna Rubeni

Lokalita se nachází v přírodním parku Kuja v nivě mezi vodními toky Kuja a Upsts, který pozemky farmy lemují. Oblast je převážně rovinatá. Rozkládá se v nadmořské výšce okolo 92 m. n. m. Z pohledu vegetace se jedná o lokalitu s mezofilními trávníky, které momentálně slouží 22 let jako pastviny pro skot. Rozloha těchto travinných ploch dosahovala 36 ha.

Pozemky farmy, kde byl prováděn výzkum prošly v 70. letech minulého století melioračním zásahem – drenáží. Před tímto zásahem půda sloužila jako ornice, kde docházelo i k hnojení. Následně byly lokality využívány jako pastva a poté opuštěny a nechány ladem až do obnovy hospodaření ve formě pastvy s nízkou intenzitou.

Sběr dat proběhl na 6 místech.

4.2.5 Krasti

Rozsáhlá farma Krasti (120 ha) leží v blízkosti běloruských hranic v rozpětí nadmořských výšek 99-132 m. n. m. Oblast je značně zvlněná a protíná ji horní tok řeky Dauglavy, která zde vytváří kaňonovité údolí a aluviální plochy na kterých se část farmy nachází. Farma spadá pod chráněnou krajinnou oblast Augšdaugava. Pro oblast je typický výskyt evropsky významného biotopu 6270 v kombinaci s biotopem 6450.

Na území farmy mají jednotlivé plochy odlišnou historii obhospodařování. Travinná vegetace, která je ve svazích nebo v pravidelně zaplavované oblasti aluvia řeky, nesloužila nikdy jako ornice v posledních 100 letech. Na těchto plochách byla zavedena pouze pastva a po kolapsu sovětského hospodaření byly opuštěny. Na části z nich byla pastva obnovena. Rovinaté plochy farmy byly v minulosti používány jako orná půda a

byly hnojeny. Stejně jako zbytek území byly na čas nechány ležet ladem a poté se na nich obnovila pastva. Dnes se pro udržení travinných společenstev používá sezónní vypásání.

Pro účely výzkumu bylo vyhotoveno 6 půdních sond a vegetační průzkum na lokalitách, které byly historicky zorány a 10 půdních sond a vegetační průzkum na lokalitách ve svazích.

4.2.6 Krastiņi

Pozemky farmy zaujímají oblast při estonských hranicích v aluviu řeky Gauja. Většina ploch je protkána reziduály po meandrech a slepých ramenech řeky, které vytvářejí menší terénní deprese v jinak rovinném terénu v nadmořské výšce okolo 55 m. n. m. Krastiņi je jednou ze tří lokalit nacházející se v chráněné krajinné oblasti Ziemeļgauja. Na cca 80 ha území se nachází heterogenní vegetační pokryv travinných ploch s výskytem 3 evropsky významných stanovištních typů: 6530, 6210, 6120.

Území bylo po dobu sovětského hospodaření hnojeno a sloužilo jako orná půda. Některé lokality byly obdělávány i po roce 1991. Území poté bylo opuštěno a před 10 lety byl obnoven management formou sezónní pastvy skotu a pozdní seče. Nicméně na soutoku potoka Kaičupe a řeky Gauja leží území, které mělo odlišný průběh vývoje. Jedná se o travnatou plochu sloužící historicky pouze jako louka upravovaná sečí a následně pastvou.

Na lokalitách spadající pod farmu Krastiņi, bylo vytipováno 9 míst, kde byl proveden pedologický i fytoocenologický výzkum.

4.2.7 Lielupe

Trávníky označované jako Lielupe jsou specifické svou polohou přímo v intravilánu města Jelgava. Plochy jsou tvořeny aluviální oblastí řeky Lielupe a ostrovem Pilssala, který v toku přirozeně vznikl – průměrná nadmořská výška ploch je 1 m. n. m. Oblast je přírodní rezervací, kde se marginálně vyskytuje vegetace evropsky významného stanoviště 6270. Na plochách se většinou nachází však trávníky typu 6510.

Výzkumné plochy nebyly v minulosti zemědělsky nijak specificky využívány. Oblast byla v 60. letech minulého století drenována. Na trávnících ostrova byla v roce 2008 zahájena intenzivní pastva koní. V aluviu řeky proběhl po drenáži výsev travin a následně byly plochy nechány ladem. V posledních deseti letech zde probíhalo kosení s mulčováním a dnes je management nastaven v podobě pozdní seče.

Při výzkumných činnostech byl proveden výkop 3 půdních sond v aluviu řeky a stejného počtu v ostrovní části. Ve stejných místech bylo provedeno také snímkování vegetace.

4.2.8 Piekrastes

Plochy této farmy se vyskytují v aluviu řeky Daugava na území přírodního parku Daugavas ieleja. Průměrná nadmořská výška lokality je 32 m. n. m. Území je vázáno mimo jiné na vegetační typ 6210 s výskytem druhů čeledi *Orchidaceae*. Velikostně je farma relativně malá (20 ha).

Aluvium řeky bylo do roku 1995 využíváno jako orná půda za použití hnojiv. Poté se způsob hospodaření změnil na mulčované louky pomocí řízeného zatravnění. V roce 2014 se na plochách zavedlo tradiční hospodaření ve formě tradiční seče a plochy slouží taky jako experimentální plochy pro introdukci poloparazitických druhů rodu *Rhinanthus*.

Z důvodu malých rozměrů farmy byly provedeny pouze 4 pedologické průzkumy s navazujícím vegetačním snímkováním.

4.2.9 Sita

V tomto případě se jedná o farmu ležící v nadmořské výšce cca 102 m. n. m mezi vodními toky Pededze a Sita, kolem kterých se vyskytuje pásmo lučních společenstev na fluviálních půdách. Trávníky jsou zahrnuty v rámci přírodní rezervace Sitas un Pededzes paliene, kde je vysoce pravděpodobný výskyt stanovišť 6270 a 6530 a v menší míře i stanovišť 6230 a 6120

Lokality nikdy nebyly zorány ani hnojeny. Trávníky na břehu řeky Sita prošly melioračním opatřením v podobě drenáže. Lokality sloužili jako pastviny a následně byly více jak 20 let opuštěny. V roce 2006 došlo na lokalitách k vyčištění od náletových dřevin a k nastolení pravidelného kosení, které v posledních šesti letech probíhají jako pozdní seč. Na lokalitách je také pasena spárkatá zvěř a skot.

Výzkum se zaměřil na obě dílčí oblasti při březích obou řek. Na břehu řeky Pededze byly určeny 3 místa sběru dat a na břehu řeky Sita dvě místa.

4.2.10 Strinas

Farma je zástupcem přírodní rezervace Mugurves pļavas, která kopíruje řeku Pededze a navazuje na předchozí zmiňovanou rezervaci Sitas un Pededzes paliene. Pozemky (20 ha)

se rozléhají v nivě řeky v nadmořské výšce okolo 97 m. n. m. a mají podobný vegetační potenciál jako pozemky farmy Sita.

Během sovětského hospodaření byla lokalita využívána jako orná půda s použitím hnojiv V 70. letech zde navíc byla provedena drenáž. Po kolapsu sovětského svazu byly lokality 14 let opuštěny. Od roku 2005 je lokalita kosena, avšak seno není po kosení odklízeno. Dochází zde tedy k mulčování.

Pro účely výzkumu byly vyhloubeny 4 půdní sondy a vyhotoveny 4 vegetační snímky.

4.2.11 Větras

Farma Větras se nachází v sousedství farmy Krastiņi a k jejímu zapojení do projektu došlo z důvodu rozšíření zájmové oblasti v chráněné krajinné oblasti Zemeļgauja. Vegetační charakteristika lokality je obdobná jako u farmy Krastiņi.

Vybrané území je z minulosti drenované. Na rozdíl od pozemků farmy Krastiņi zde bylo opuštěno od využívání půdy jako ornice dříve – cca v 60. letech 20. století a z oblasti se stala pastva. Po revoluci v roce 1991 byly pozemky nechány ležet ladem. To se změnilo až před čtyřmi lety, kdy byla lokalita vyčištěna od náletových dřevin a byla na ní zavedena tradiční seč a pastva.

V rámci vegetačního výzkumu bylo provedeno dvojí snímkování spojené s pedologickým průzkumem (tab).

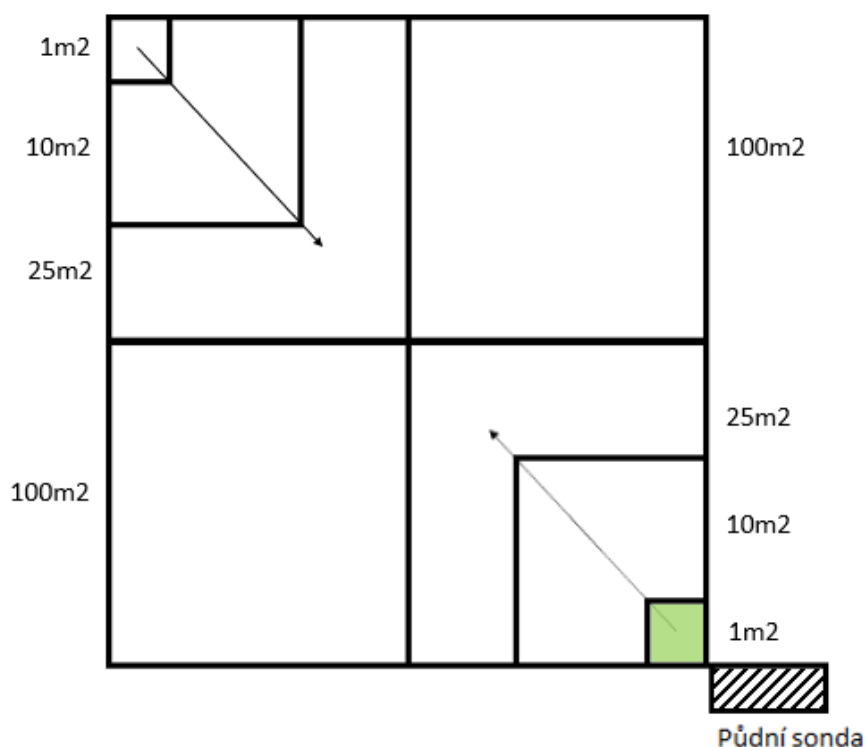
4.3 Sběr vegetačních dat

Vzorkování vegetace proběhlo během vegetační sezóny (červen–srpen) roku 2019 na vybraných lokalitách pomocí fytoecologického snímkování. Pro potřeby projektu byly zhotoveny vegetační snímky o velikostech 0,01, 0,1, 1, 10, 25 a 100 m², a to dle schématu zobrazeném na obrázku Obr 2. Snímkování probíhalo z obou protilehlých rohů čtverce. Pokryvnost jednotlivými druhy byla zaznamenána pomocí procentuální škály. Druhům vyskytující se ve snímku v nízkých pokryvnostech (méně než 0,5 %) byla přiřazena hodnota 0,5. Dále byly zaznamenávány odhady pokryvnosti v na škále 1 – 100 %.

Pro potřeby diplomové práce byly využity pouze snímky o velikosti 1 m², jejichž jeden roh přiléhal k rohu půdní sondy. Pro tyto plochy bylo rozhodnuto z důvodu zachování co největší homogenity půdního chemismu zjištěného při pedologických pracích, k jehož změně může s přibývajícím vzdáleností docházet (Price et al. 2014, Xue et al. 2019).

Velikost fytoecnologického snímku musela být však i dostatečně velká, aby snímek zrcadlil jednotlivá vegetační společenstva na daných lokalitách (Auestad et al. 2008, Dong et al.2019).

Vegetační data z terénních prací byla zkompletována a digitalizována pomocí databázového programu Turboveg. Pro tento výzkum byla relevantní pouze data bylinného patra, a proto došlo v průběhu zpracování dat k vyřazení záznamů o přítomných vyšších dřevinách a mechovém patru.



Obr 2 Schéma vzorkovacího designu pro sběr vegetačních dat. Šrafovaná část představuje půdní sondu, na jejíž jeden roh navazuje fytoecnologický čtverec, ve kterém bylo došlo ke snímkování. V této diplomové práci byly použity pouze data ze zeleně vyplněného čtverce. Šípky znázorňují směr postupu ve snímkování

4.3.1 Fylogenetické zařazení

Zařazení zjištěných krytosemenných druhů rostlin do fylogenetického systému se řídilo dle systému APG IV (2016). S pomocí tohoto systému byly rostliny zařazené do čeledí, řádů a čtyř vyšších taxonů dle své evoluční blízkosti a příbuznosti. Dle APG IV byla sjednocena i nomenklatura taxonomických jednotek.

Rostlinné druhy, které byly nalezeny v bylinném patře a nepatřily mezi krytosemenné rostliny, byly fylogeneticky řešeny dle systému kaprad'orostů (Christenhusz et al. 2014, 2019).

4.4 Sběr půdních dat

Pro získání potřebných dat o půdním chemismu bylo zapotřebí získání půdních vzorků ze všech lokalit vegetačního průzkumu. Vzorky půdy byly získávány pomocí kopání půdních sond vždy v místě následného vegetačního výzkumu (Obr 2). Po vykopání půdní sondy bylo odebráno dostatečné množství půdy a to v hloubce 0 – 10 centimetrů půdního profilu. Všechny vzorky půd následně podstoupily fázi sušení pomocí vzduchu v laboratorních podmínkách.

Po dostatečném proschnutí vzorků bylo zapotřebí jejich rozmělnění a prosetí přes síto 2 mm hrubosti. V této fázi také došlo k odstranění přebytečného biologického materiálu a větších skeletových částic. Takto připravené vzorky půd následně mohly vstupovat do půdních analýz (Cools & De Vos 2010).

4.4.1 Analýza půdních vzorků

Pro účely diplomové práce byly zhotoveny laboratorní analýzy připravených půdních vzorků, jejichž postup se řídil dle norem vydaných Mezinárodní organizací pro standardizaci (ISO) a jejíž souhrn je vydán v publikaci Cools & De Vos (2010). Každý půdní vzorek byl analyzován ve třech opakováních a výsledné hodnoty byly zprůměrovány. V průběhu laboratorních prací bylo zjišťováno: pH půd, procentuální zastoupení dusíku, uhlíku a dále množství draslíku, sodíku, hořčíku, vápníku, hliníku, železa, manganu a fosforu.

Měření hodnot pH probíhalo dle normy ISO 14254:2018 pomocí skleněné elektrody – pH metru WTW inoLab. Měření se provádělo v suspenzi půdy a 1M roztoku chloridu barnatého. Poměr půdy a suspenzní kapaliny byl 1:2,5.

Pro zjišťování procentuálních hodnot celkového množství dusíku bylo použito normovaného postupu ISO 13878:1998. V případě celkového procentuálního zastoupení uhlíku byl použit postup dle normy ISO 10694:1995. Základem obou norem je proces suchého spalování a elementární analýzy za použití analyzátoru EuroVector. Procentuální hodnoty byly následně přepočítány dle metodiky normy na hodnoty gramů dusíku v kilogramu půdy.

Skupinu dalších prvků zjišťovaných v rámci analýz lze souhrnně nazvat jako skupinu výměnných kationtů. Jedná se o prvky: draslík, sodík, hořčík, vápník, hliník, železo a mangan. Analýza za účelem určení jejich množství byla prováděna dle normy ISO

11260:2018 metodou spektrometrie za použití roztoku chloridu barnatého a atomového spektrometru Perkin Elmer Analyst 200. Výsledné hodnoty byly udány jako množství v miligramech prvku na kilogram půdy.

Determinace množství fosforu v půdních vzorcích byla provedena pomocí metody Mehlich 3 (Mehlich 1984). Extrakce fosforu z půdního vzorku probíhala ve třech krocích. Prvním krok spočíval ve tvorbě suspenze půdního vzorku a speciálně vytvořeného roztoku M3-extracting solution o striktně daném pH 2,5. M3-extracting solution je směsí vody, kyseliny octové, dusičnanu amonného a M3-stock solution, jež obsahuje vodu, fluorid amonný a ethylendiamintetraoctovou kyselinu (EDTA). V případě potřeby snížení pH na danou hodnotu, byla použita kyselina dusičná. Směs půdního vzorku a M3-extracting solution následně prošla kroky třepání a filtrace. Výsledný roztok byl použit k spektrofotometrické analýze. Naměřené hodnoty byly dle metodiky (Pierzynski 2000) převedeny na množství miligramů fosforu na kilogram půdy.

4.5 Statistické zpracování dat

Hodnocení a analýzy získaných dat byly vypracovány za použití softwaru RStudio. K zjišťování vztahu mezi jednotlivými taxonomickými jednotkami a prvky obsaženými v půdním profilu bylo využito redundanční analýzy (RDA). Pomocí RDA byly analyzovány všechny možné kombinace všech osmi zjišťovaných chemických charakteristik tak, že do analýz vstupovaly hodnoty alespoň tři z nich společně s daty o pokryvnosti jednotlivých taxonomických jednotek v rámci jedné taxonomické skupiny (čeleď, řád atd.). Následně byla každá provedená RDA testována analýzou variance (ANOVA) s hladinou významnosti parametru $p\text{-value} = 0,05$. Kombinace chemických charakteristik, jejichž analýzy vykazovaly signifikantní hodnoty $p\text{-value}$, byly zaznamenány.

Dále byla zpracována analýza hlavních komponent (PCA) pro všechny taxonomické skupiny a pro chemické složení půd v návaznosti na jednotlivé fytoecologické snímky. Byla tak determinována potenciaální podobnost snímků (beta-diverzita) na úrovni vegetačního složení i chemického složení půd. Použitím balíku Factoshiny pro RStudio bylo následně možné sledovat korelace mezi jednotlivými subjekty, které vstupovaly do PCA. Pro potenciaální interpretaci těchto korelací byla zvolena hladina významnosti 0,05.

5 Výsledky

Statistická analýza dat probíhala v rámci jednotlivých taxonomických skupin a to na úrovni čeledí, řádů, a další vyšší taxonomické jednotky, pracovně nazvané jako čtvrtý klad, který zahrnoval taxonomické jednotky Commelinids, Fabids, Malvids, Campanulids, Lamiids, *Equisetidae*, *Ophioglossidae*, *Ranunculales*, *Saxifragales*, *Caryophyllales*, *Ericales* a *Asparagales*. Vyšší taxonomické skupiny nevykazovaly signifikantní výsledky během testování hlavně z důvodu vysoké variability dat v jednotlivých taxonomických jednotkách, a proto nejsou v následujícím textu komentovány.

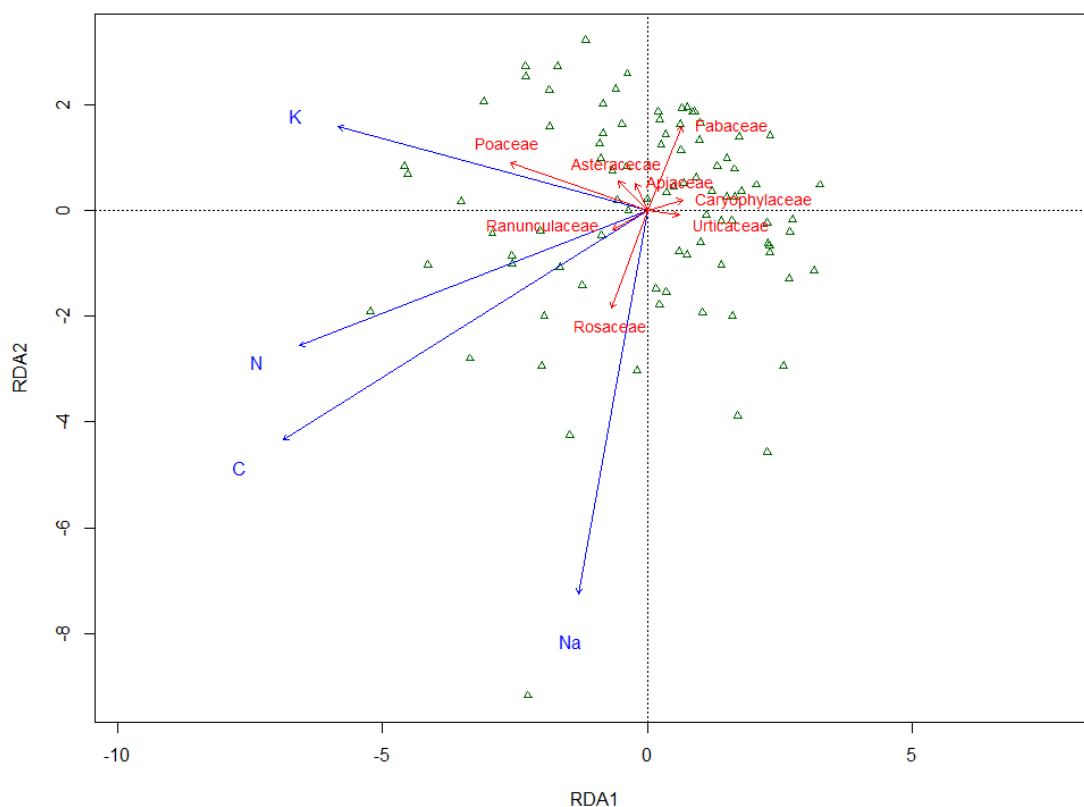
Do analýz vstupovalo 87 fytoecologických snímků pořízených během terénního průzkumu. Ke každému z nich byly přiřazeny hodnoty půdních charakteristik z přidruženého rozboru půdních vzorků. Během terénních prací bylo nalezeno 209 rostlinných druhů, které byly zařazeny do 33 čeledí, 21 řádů a dvanácti taxonů na úrovni čtvrtého kladu.

5.1 Odpověď čeledí na chemické vlastnosti půdy

Postupným testováním analýz RDA, při kterých byl zkoumán vztah mezi jednotlivými komponentami půdního chemismu a vegetačním složením snímku z pohledu čeledí, pomocí analýzy variance, dosahovala nejnižších hodnot p-value kombinace prvků: dusík, sodík a draslík (NKNa) – p-value = 0.032. Statisticky signifikantní (Tabulka 1) byla i kombinace dusík, draslík, uhlík, sodík (NKCNa). Druhá kombinace byla vybrána a graficky vyhodnocena (Graf 1).

Tabulka 1 Výsledné hodnoty testu ANOVA pro RDA s kombinací prvků NKCNa a k nim vztaženým čeledím. První sloupec charakterizuje zdroj variability, druhý sloupec Df – stupně volnosti, F-value – vykazuje hodnotu testového kritéria, poslední sloupec zobrazuje p-value. Zkoumaná data byla podrobena hladině významnosti = 0.05. Výsledek testu je statisticky signifikantní

	Df	Variance	F-value	p-value
Model	4	84.55	1.576	0.048
Residual	82	1099.44		



Graf 1 Ordinační graf RDA pro kombinaci prvků NKCNa a odpovědi vybraných čeledí. Osy zobrazují první (RDA1) a druhou (RDA2) dimenzi multidimenzionální RDA. Pomocí RDA bylo vysvětleno 7.14 % variability datasetu. Modré šipky znázorňují rozdělení jednotlivých snímků (zelené trojúhelníky) a jejich svázanost s výskytem daného prvku. Červené šipky zobrazují vztah vybraných čeledí (čeledě s vyšším skóre RDA než 0.5) k jednotlivým prvkům půdního chemismu.

Z grafu RDA (Graf 1) je patrné, že čeledi *Poaceae*, *Rosaceae* a *Ranunculaceae* odpovídají kladně na vybrané chemické prvky. Výskyt čeledi *Poaceae* je vázán na zvyšující se hodnoty draslíku v půdě. Druhy čeledi *Ranunculaceae* se vyskytují společně s vyššími hodnotami uhlíku a dusíku. Čeď *Rosaceae* vykazuje inklinaci ke zvyšujícímu se obsahu sodíku v půdě. Negativní vazba k sodíku je viditelná u čeledi *Fabaceae*. Draslík negativně koreluje s čeledí *Urticaceae* a dusíkaté substráty nejsou dle vyhotovené RDA vhodné pro čeď *Caryophyllaceae* v posledních dvou případech dosahuje síla korelace nízkých hodnot.

Graf dále ukazuje téměř nulovou korelaci mezi sodíkem a draslíkem. Hodnoty uhlíku a dusíku vykazují nejvyšší stupeň pozitivní korelace ze všech chemických charakteristik hodnocených pomocí RDA. Mezi jednotlivými čeledmi se vytvářejí taky korelační vztahy. Pro určení míry korelace byla vyhotovena PCA a její výsledky jsou shrnuty v následující tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2 Výsledné hodnoty korelačních vazeb mezi čeleděmi zhotovené pomocí PCA. Pro analýzu PCA a hodnocení vztahů mezi čeleděmi byly vybrány taxony, které vykazovali silný vztah s výše komentovanými chemickými vlastnostmi půdy (Vybrané taxony). Ke každému z nich jsou přiřazeny čeledě, které s nimi korelují (sloupec 2) a hodnoty korelačního koeficientu (sloupec 3) v intervalu <-1,1> a hodnoty p-value (sloupec 4). Pomocí PCA bylo vysvětleno 15.89 % variability.

	Korelující taxony	Korelační koeficient	p-value	
Vybrané taxony	<i>Fabaceae</i>			
		<i>Rosaceae</i>	-0.212	0.048
	<i>Poaceae</i>			
		<i>Brassicaceae</i>	0.250	0.019
		<i>Rosaceae</i>	-0.213	0.048
		<i>Urticaceae</i>	-0.223	0.038
		<i>Papaveraceae</i>	-0.232	0.031
		<i>Crassulaceae</i>	-0.245	0.022
		<i>Onagraceae</i>	-0.258	0.019
		<i>Caryophyllaceae</i>	-0.274	0.011
	<i>Rosaceae</i>			
		<i>Onagraceae</i>	0.378	<0.001
		<i>Geraniaceae</i>	0.280	0.009
		<i>Fabaceae</i>	-0.212	0.048
		<i>Poaceae</i>	-0.213	0.048

Čeď *Poaceae* pozitivně koreluje s čeledí *Brassicaceae* a s ostatními taxony vykazuje negativní vztah. Lze tedy tvrdit, že čeď *Brassicaceae* se častěji vyskytuje ve vegetaci s dominancí trav. Čeledě *Onagraceae* a *Geraniaceae* mají vazbu s čeledí *Rosaceae*, která pozitivně odpovídá na zvýšenou hladinu sodíku v půdě. V tabulce 2 nejsou uvedeny vztahy s čeledí *Ranunculaceae*, jelikož tento taxon nevykazoval signifikantní korelaci s žádným z jiných taxonů. Provedené PCA poukazuje i výlučnost některých taxonů mezi sebou. Například čeď *Fabaceae* negativně koreluje s čeledí *Rosaceae* nebo čeledi *Rosaceae*, *Urticaceae*, *Papaveraceae*, *Crassulaceae*, *Onagraceae*, *Caryophyllaceae* vykazují výlučnost s čeledí *Poaceae*. Z tabulky je však patrné, že síla těchto korelací je relativně nízká.

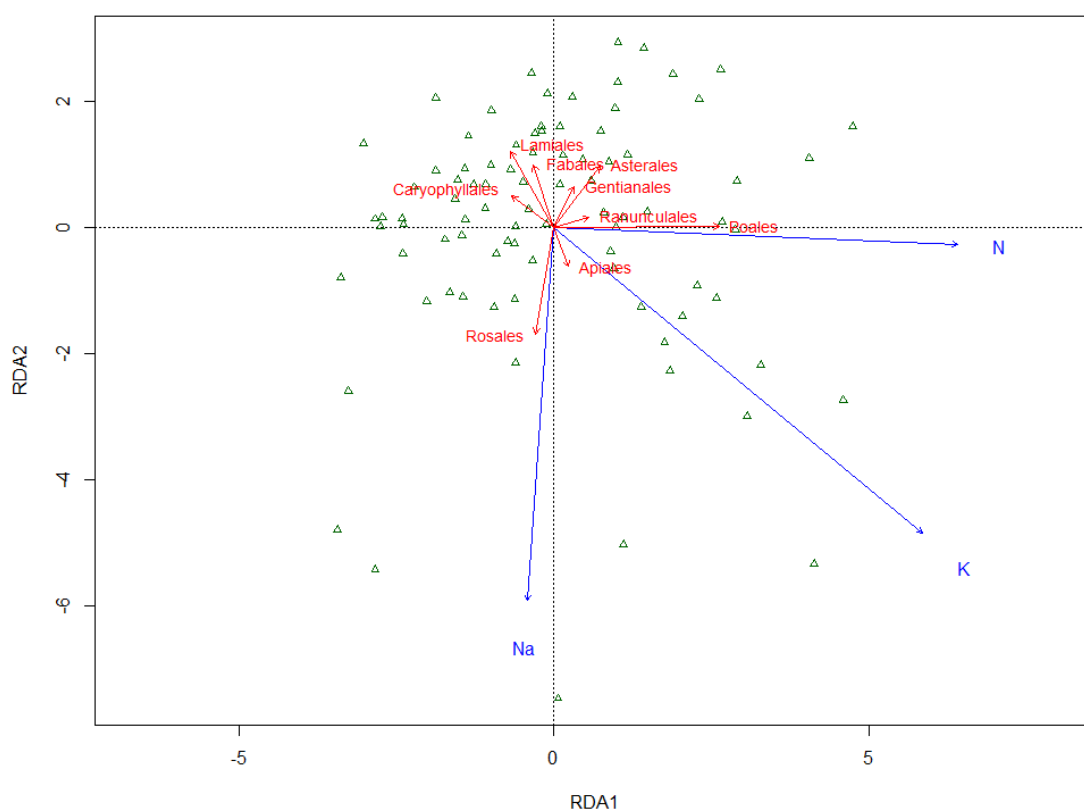
5.2 Odpověď řádů na chemické vlastnosti půdy

Test ANOVA generoval signifikantní hodnoty p-value pouze pro kombinaci chemických charakteristik: dusík, draslík, sodík (Tabulka 3). Ostatní kombinace živin v půdě potažmo v kombinaci s pH půdy nevykazovaly statisticky signifikantní hodnoty testování. Kombinace živin NCKNa, která určovala výskyt některých čeledí ve fytoecologických snímcích dosahovala hodnoty p-value slabě přesahující hladinu významnosti 0.05 (konkrétně 0.055). Proto byla vybrána statisticky signifikantní kombinace prvků – NCKNa,

tedy dusík, draslík, sodík – pro hodnocení vlivu půdního chemismu na taxonomickou skupinu řádů. Výsledky RDA jsou v tomto případě shrnuty v grafu (Graf 2) a popisu níže.

Tabulka 3 Výsledné hodnoty testu ANOVA pro RDA s kombinací prvků NKCNa a k nim vztaženým čeledím. První sloupec charakterizuje zdroj variability, druhý sloupec Df – stupně volnosti, F-value – vykazuje hodnotu testového kritéria, poslední sloupec zobrazuje p-value

	Df	Variance	F-value	p-value
Model	3	73.85	1.866	0.032
Residual	83	1094.61		



Graf 2 Ordinační graf RDA pro kombinaci prvků NKCNa a odpovědi vybraných řádů. Osy zobrazují první (RDA1) a druhou (RDA2) dimenzi multidimenzionální RDA. Pomocí RDA bylo vysvětleno 6.32 % variability datasetu. Modré šipky znázorňují rozdělení jednotlivých snímků (zelené trojúhelníky) a jejich svázanost s výskytem daného prvku. Červené šipky zobrazují vztah vybraných řádů (řády s vyšším skóre RDA než 0.5) k jednotlivým prvkům půdního chemismu.

Vlastnosti půdního chemismu pozitivně korelují s řády *Rosales*, *Poales*, *Apiales* a potažmo i *Ranunculales*. Taxony *Ranunculales* a *Poales* kladně korelují se zvyšujícími se hodnotami půdního dusíku. Korelace řádu *Poales* je silnější než u řádu *Ranunculales*, u kterého je nízká. Podobně jako čeleď *Rosaceae*, tak i vyšší taxon *Rosales* pozitivně

koreluje se sodíkem přítomným v půdě. *Apiales* slabě pozitivně koreluje se zvýšenými hodnotami půdního sodíku a draslíku. Relativně silný je negativní vztah mezi hodnotami draslíku v půdě a řádem *Fabales*, *Lamiales* a *Caryophyllales*.

Graf opět potvrzuje téměř nulovou korelaci draslíku a sodíku. Případné korelace mezi jednotlivými řády byly zjišťovány za použití analýzy PCA. Shrnutí PCA je uvedeno v tabulce Tabulka 4.

Tabulka 4 Výsledné hodnoty korelačních vazeb mezi řády zhotovené pomocí PCA. Pro analýzu PCA a hodnocení vztahů mezi řády byly vybrány taxony, které vykazovali silný vztah s výše komentovanými chemickými vlastnostmi půdy (Vybrané taxony). Ke každému z nich jsou přiřazeny taxony, které s nimi korelují (sloupec 2) a hodnoty korelačního koeficientu (sloupec 3) v intervalu $<-1,1>$ a hodnoty p-value (sloupec 4). Pomocí PCA bylo vysvětleno 19.57 % variability.

	Korelující taxony	Korelační koeficient	p-value
Vybrané taxony	<i>Caryophyllales</i>		
	<i>Saxifragales</i>	0.367	<0.001
	<i>Poales</i>	-0.317	0.0028
	<i>Fabales</i>		
	<i>Rosales</i>	-0.229	0.033
	<i>Poales</i>		
	<i>Brassicales</i>	0.245	0.022
	<i>Boraginales</i>	-0.221	0.039
	<i>Geraniales</i>	-0.222	0.039
	<i>Saxifragales</i>	-0.258	0.017
	<i>Mytrales</i>	-0.270	0.011
	<i>Rosales</i>	-0.232	0.031
	<i>Caryophyllales</i>	-0.317	0.028
	<i>Rosales</i>		
<i>Mytrales</i>	0.267	0.012	
<i>Fabales</i>	-0.229	0.033	
<i>Poales</i>	-0.295	0.006	

Řády *Apiales*, *Lamiales* a *Ranunculales*, které signifikantně odpovídaly na chemické složení půd, nevykazovaly signifikantní korelaci s žádným z ostatních řádů. Relativně silný kladný vztah je pozorován mezi řády *Caryophyllales* a *Saxifragales*, což potvrzuje i nízká hodnota p-value. Zástupci řádu *Brassicales* kladně korelují se zástupci řádu *Poales* a řád *Myrtales* se častěji vyskytuje společně se zástupci *Rosales*. Řád *Poales* zjevně negativně koreluje s vícero řády, konkrétně *Boraginales*, *Geraniales*, *Saxifragales*, *Mytrales*, *Rosales* a *Caryophyllales*. Druhy řádu *Fabales* se méně často vyskytují společně se zástupci *Rosales*.

5.3 Odpověď taxonů čtvrtého kladu na chemické vlastnosti půdy

Statistické testy redundančních analýz pro všechny kombinace chemických vlastností půdy a jejich vazbu na taxony taxonomické skupiny čtvrtého kladu nevykazovaly ani v jenom případě signifikantní výsledky. I přesto se některé kombinace chemických vlastností alespoň blížily určené hladině významnosti 0.05 – jejich souhrn uvádí Tabulka 5. Odpověď vyšších taxonů z taxonomické skupiny čtvrtý klad na chemické složení půd je z důvodu statisticky nesignifikantních analýz sporná a nelze mezi nimi s jistotou určit potencionální korelace a determinovat případnou odpověď taxonů na chemické složení půd.

Tabulka 5 Přehled kombinací chemických vlastností půd, jejichž RDA nevykazovala v kombinaci s vegetačními daty signifikantní výsledky testu ANOVA, avšak přesah hladiny významnosti byl nízký.

Kombinace chemických charakteristik půd	p-value
N, K, Mg, P	0.076
N, K, Mg, Ca	0.096
N, K, Mg	0.084
N, K, Na	0:094
C, K, Mg, Ca	0.081

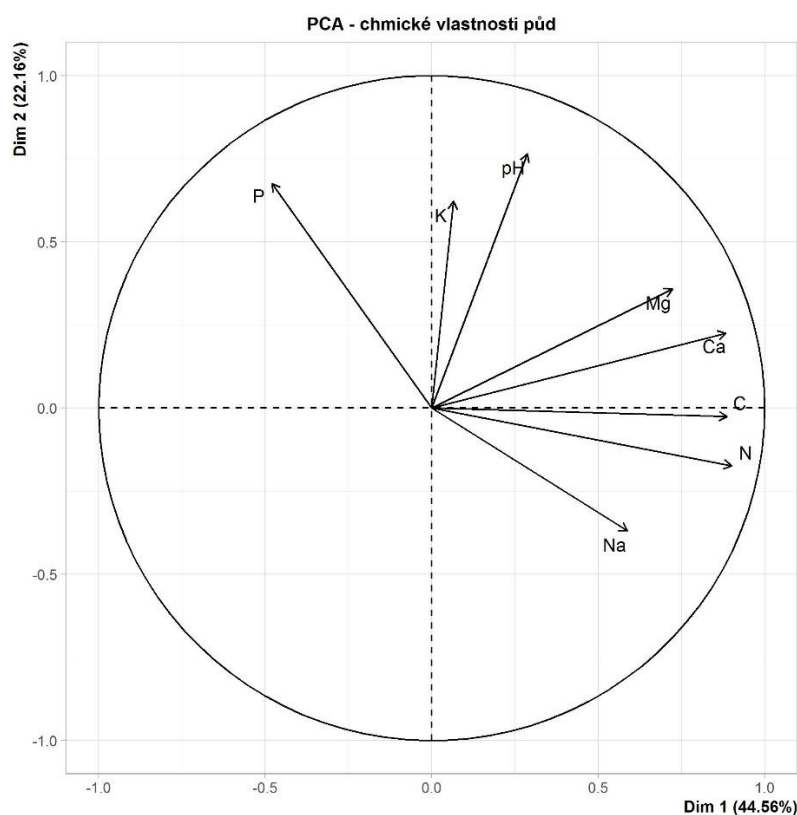
5.4 Variabilita fytoecnologických snímků z pohledu podobného složení půd

Statistická analýza PCA byla vyhotovena za účelem zjištění podobnosti jednotlivých fytoecnologických snímků z pohledu chemického složení půdního horizontu. Pro tuto analýzu byla použita získaná data půdního chemismu. Ordinační grafy (Graf 3 a Graf 4) jsou zobrazeny níže. Pro lepší přehlednost a interpretaci výsledků, byly vybrány fytoecnologické snímky, které relevantně odpovídaly na chemické složení půd. Jako indikátory relevance byly použity hodnoty čtverce kosinů (\cos^2). Vyšší hodnoty parametru \cos^2 indikují větší vzdálenost proměnné v multidimenzionálním prostoru PCA od středu modelu a tím i silnější vazbu na případné chemické vlastnosti půdy (Abdi & Williams 2010).

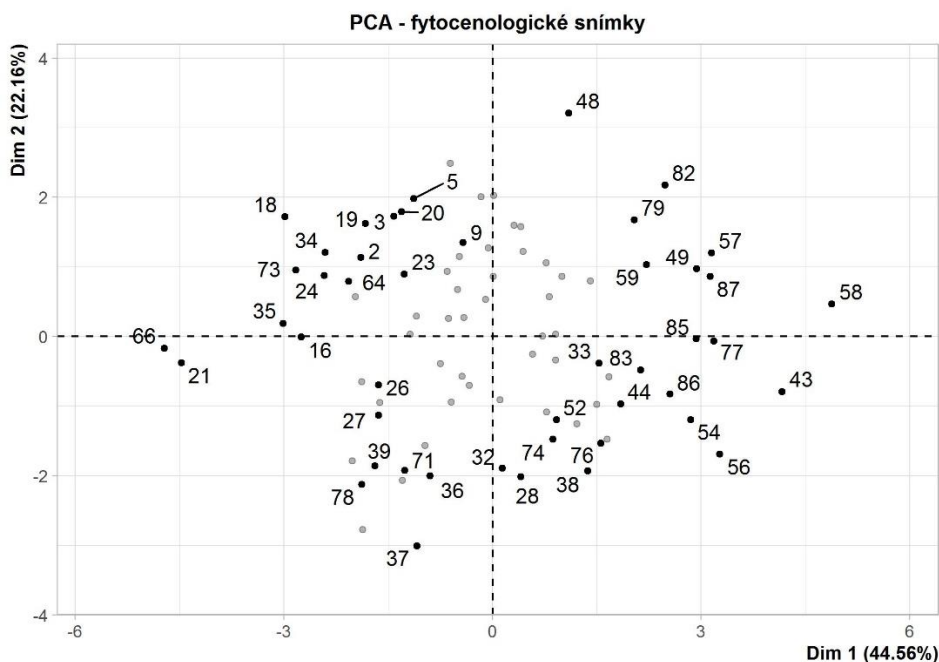
Zobrazením vysvětlujících proměnných v ordinačním grafu (Graf 3) lze determinovat základní vztahy mezi jednotlivými chemickými vlastnostmi půdy. Z předchozích RDA byla patrná nulová korelace draslíku a sodíku. To se provedenou analýzou nepotvrzuje,

avšak negativní korelace mezi těmito prvky je slabá. Dále je patrný silný negativní vztah mezi fosforem a sodíkem či úzké vztahy dusíku a uhlíku nebo vápníku a hořčíku.

Graf poukazuje na rozdělení lokalit dle úživnosti půd, kdy půdy lokalit na pravé straně grafu jsou většinou na živiny bohaté oproti více oligotrofním lokalitám v jeho levé části. Dále je patrný trend půdní reakce. Snímky nacházející se v horních kvadrantech a mohou vykazovat zásaditější charakter půdní reakce. Spíše se jedná o horní pravý kvadrant. Naopak kyselou půdní reakci nalezneme u snímků z dolní části ordinace a to především v levém dolním kvadrantu ordinačního grafu PCA.



Graf 3 Ordinační graf PCA vysvětlujících proměnných - chemických vlastností půdy. Osa x zobrazuje hodnoty první dimenze (Dim 1) a osa y přísluší druhé dimenzi (Dim 2). Pomocí těchto dimenzí bylo vysvětleno 66.712% variability dat. Šipky představují sílící vliv dané chemické charakteristiky půdy v daném směru.



Graf 4 Ordinační graf PCA rozložení fytoecenologických snímků. Osa x zobrazuje hodnoty první dimenze (Dim 1) a osa y přísluší druhé dimenzi (Dim 2). Pomocí těchto dimenzí bylo vysvětleno 66,712% variability dat. Zobrazeny jsou pouze snímky s hodnotou parametru $\cos^2 \geq 0.7$. Číselné označení snímku je zvoleno pro jednodušší interpretaci a odpovídá číslování snímků v příloze 1.

Skupina snímků obsahující snímky 43 a 57 sdílela vysoké hodnoty dusíku, sodíku, uhlíku a vápníku v půdním substrátu a na druhou stranu šlo o půdy s nízkým obsahem fosforu. Snímky 48, 49, 57, 58, 77, 82 a 87 byly vyhotoveny na zásaditých půdách bohatých hlavně na hořčík a vápník. Vysokých hodnot dosahovaly také prvky jako uhlík, dusík, sodík a draslík. Půdy obsahující vysokou koncentraci fosforu se vyskytovaly v případě snímku 18, 21 a 66. Tato skupina snímků vykazovala nízké hodnoty dusíku, sodíku, uhlíku, vápníku a hořčíku. Snímky dolního levého kvadrantu ordinačního grafu PCA, především pak snímek 37 a 78, byly vyhotoveny na kyselých oligotrofních půdách.

6 Diskuse

Diplomová práce shrnuje obsáhlou problematiku travinnobyliných společenstev na území Lotyšska s přihlédnutím k jejich fylogenetické struktuře a strukturální proměnlivosti vázané na rozdílné hodnoty půdního chemismu. Modelování získaných dat poukazovalo na skutečnost, že odpověď fylogenetických jednotek různých úrovní na půdní charakteristiky je detekovatelná v menších měřítkách – tedy na úrovni čeledí a řádů.

Na základě provedeného modelování a statistického testování lze přepokládat vazbu některých fylogenetických skupin k zvýšeným hodnotám určitých živin v půdě. Fylogenetická struktura byla ovlivněna koncentracemi dusíku, sodíku a draslíku v půdě. Na úrovni čeledí určoval výskyt některých taxonomických jednotek i uhlík.

Nejsilnější korelace s chemismem půdy vykazovaly taxony z okruhu travin – *Poaceae* a *Poales*, tento vztah se objevuje hlavně na lokalitách, které byly v minulosti hnojeny, mulčované, nebo na ně byla vyseta travní směs. Dle Zhao et al. (2019), jenž studuje odpověď fylogenetické struktury společenstev v temperátních loukách, napomáhají zvýšení pokryvnosti trav ve vegetaci vyšší hodnoty půdního dusíku. Dusík navíc snižuje početnost a pokryvnost netravinných druhů rostlin (Ren et al. 2017). Tato skutečnost se potvrdila na úrovni řádů, kdy traviny (*Poales*) inklinovaly k vyšším hodnotám dusíku. Čeleď *Poaceae* však vykazovala vyšší afinitu s draslíkem. Možné vysvětlení přináší Divito & Sadras (2013), kteří draslík spojují se zvýšenou schopností nodulace a následné zlepšení fixace dusíku pomocí nitrifikačních bakterií a tím i zvýšení hodnot dusíku, které jsou rostliny schopné vázat. Navíc práce Merunková & Chytrý (2012) hovoří o negativním vztahu vysoké hodnoty draslíku v půdě a druhové bohatosti travinných společenstev z důvodu dominance konkurenčně schopnějších trav, což vysvětluje zvýšenou pokryvnost travin ve vztahu s vyššími hodnotami půdního draslíku. Vyšší zastoupení travin ve snímcech produkovalo nižší fylogenetickou diverzitu, což lze předpokládat na základě negativní korelace taxonů *Poaceae* a *Poales* s několika ostatními taxony v rámci fylogenetické úrovně a to především na úrovni řádů, kdy taxon *Poales* vykazoval negativní vazby s řády *Boraginales*, *Geraniales*, *Saxifragales*, *Myrtales*, *Rosales* a *Caryophyllales*. Dle Güsewell (2004) jsou traviny vázány na půdy s nízkou hodnotou koncentrace fosforu. Hlavním důvodem je jejich adaptace na limitaci fosforem v podobě recyklace senescentních listů – stařiny. Korelace mezi skupinami *Poaceae* a

Poales s hodnotami fosforu v půdě však nebyla potvrzena. Hodnoty fosforu nevykazovaly signifikantní korelace s žádným z taxonů.

Dalšími taxonomickými skupinami, které odpovídaly na chemické složení půd byly *Rosales* a v nich obsažení zástupci čeledi *Rosaceae*. Taxony z tohoto okruhu se častěji vyskytovaly v půdách bohatých na sodík, tedy například ve více zasolených půdách. Tento vztah může být výsledkem adaptace zástupců čeledi *Rosaceae* na zvýšené hodnoty zasolení, které uvádí Zhang et al. (2019) v studii o odpovědi vybraných druhů zmíněné čeledi na stres způsobený zasolením. Z pohledu druhového zastoupení taxonu *Rosales*, potažmo *Rosaceae*, se v těchto taxonech nacházely spíše euryvalentní druhy rostlin, které se někdy uplatňují i jako ruderalní druhy jako například *Fragaria vesca*, *Filipendula ulmaria*, *Potentilla reptans*, *Potentilla argentea*, *Rubus idaeus*, *Geum urbanum*, aj. Vysvětlení afinity mezi taxonem *Rosales* a vysokým obsahem sodíku v půdě je tak možné i na základě vysoké odolnosti vůči nepříznivým podmínkám, které jsou způsobeny zasolením půd. Společně s čeledí *Rosaceae* pozitivně korelovaly čeledi *Onagraceae* a *Geraniaceae*. Zástupci těchto taxonů se častěji vyskytovali v přítomnosti zástupců čeledi *Rosaceae*. Korelace se zástupci *Onagraceae* je relativně silná a vybízí tak ke konstatování, že zástupci této čeledě vyhledávají půdy bohaté na sodík. Toto tvrzení však není možné potvrdit. Korelace je nejspíše výsledkem podobnosti ekologických nároků druhů obou skupin, jelikož v rámci čeledi *Onagraceae* se vyskytovaly opět ruderalní a euryvalentní druhy rostlin (*Oenothera biennis* a *Epilobium montanum*).

Taxony *Fabaceae* a *Fabales* v obou případech negativně odpovídaly na vysoké hodnoty dusíku v půdě. Tento trend řeší ve svých studiích i Divito & Sadras (2013), Zhao et al. (2019) a Ren et al. (2017). Zmíněné studie se shodují na výlučném účinku dusíku ve vztahu v zástupcům taxonomických jednotek *Fabaceae* a *Fabales*. Výlučnost se projevuje obecně ve snižování druhové diverzity všech fylogenetických skupin, ale zároveň i poklesem zastoupení komentovaných taxonů ve vegetačním složení. *Fabaceae* a *Fabales* jsou dle Zhao et al. (2019) vytlačovány expandujícími druhy trav. Tento vztah však nebyl v diplomové práci potvrzen. Korelace na úrovni čeledí (*Fabaceae* a *Poaceae*) a na úrovni řádů (*Fabales* a *Poales*) nevykazovaly signifikantní hodnoty statistických testů. Práce autorů Divito & Sadras (2013) poukazuje na pozitivní vztah mezi zástupci taxonu *Fabales* s vyšší hladinou draslíku a fosforu. Dle autorů draslík napomáhá fixaci atmosférického dusíku pomocí symbiózy rostlin a nitrifikačních bakterií. Tento typ symbiózy je pro taxon *Fabales* charakteristický (Kneip et al. 2007), avšak korelace mezi

taxonem *Fabales* a draslíkem ani fosforem nebyla v rámci diskutovaného výzkumu potvrzena. V rámci čeledí i řádů byl zjištěn negativní vztah mezi skupinami *Fabaceae/Fabales* a *Rosaceae/Rosales*. Zástupci negativně korelovaných taxonů se spolu ve vegetaci valně nevyskytují. Dle APG IV (2016) a Ravi et al. (2007) lze tyto skupiny považovat za evolučně velmi blízké (sesterské) a kvůli této evoluční blízkosti mohou sdílet své ekologické niky, a tak zesilovat efekt interspecifické kompetice (Dong et al. 2019).

V rámci průzkumu byla zjištěna afinita dalších fylogenetických jednotek k vybraným půdním charakteristikám. Korelační hodnoty však byly nízké a tak je odpověď fylogenetických skupin na půdní substrát sporná. Konkrétně se jednalo o pozitivní vztah čeledi *Ranunculaceae* s hodnotami půdního uhlíku a dusíku a vyšší taxonomické jednoty *Ranunculales* s vyšším obsahem dusíku v půdě.

Čeď *Caryophyllaceae* vykazovala úplnou výlučnost s koncentrací dusíku v půdě. Její nadřazená taxonomická jednotka *Caryophyllales* negativně reagovala s vysokými hodnotami půdního draslíku. Při nahlédnutí do datasetu je patrné, že komentované taxonomické jednotky zahrnují typické luční druhy rostlin, které v Lotyšsku dle Rūsiņa (2017) slouží jako indikátory polopřirozenosti porostů s vyšší druhovou diverzitou nebo se jedná o druhy vyhledávající nezapojenou vegetaci (například *Dianthus deltoides*, *Lychnis viscaria*, *Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium semidecandrum*, *Herniaria glabra*, aj.). Jejich negativní vztah je tedy možné vysvětlit výše komentovaným negativním vztahem mezi půdami bohatými na dusík a draslík a druhovou diverzitou (Merunková & Chytrý 2012, Ren et al. 2017), potažmo výše zmíněnou zvýšenou expanzní schopností trav na gradientu draslíku a dusíku. Zástupci taxonů *Caryophyllaceae* a *Caryophyllales* navíc negativně s travnatými druhy signifikantně korelují.

Při modelování odpovědí fylogenetické struktury travinných společenstev na vlastnosti půdního chemismu byla testována i vyšší taxonomická úroveň uváděná v systému APG IV (2016). Tato úroveň sestávala z kladů *Commelinids*, *Fabids*, *Malvids*, *Campanulids*, *Lamiids* a řádů, které nebylo možné dle systému zařadit ani do jednoho z těchto taxonů. Výsledná odpověď k chemickým vlastnostem půdy nebyla na této taxonomické úrovni statisticky potvrzena. Možnou příčinou je vysoká variabilita dat ve vstupním datasetu, kdy skupiny, které zahrnují více řádů mohly dosahovat vyšších hodnot pokryvnosti oproti sesterským taxonům zahrnující pouze jeden řád. Žádná

z diskutovaných publikací nehovoří o vztahu těchto skupin a půdním chemismu, proto by bylo vhodné realizovat důkladnější průzkum této problematiky.

Zjišťované vlastnosti půdního chemismu byly podrobeny PCA analýze za účelem zjištění beta-diverzity jednotlivých lokalit snímkování z pohledu chemických charakteristik půd. Gradienty půdních živin jsou závislé na matici prostředí (Lui Y. et al 2013) a s přibývajícím vzdáleností od sondy může docházet ke změnám v obsahu živin nebo jiných půdních charakteristik (Price et al. 2014, Xue et al. 2019). Vlastnosti půdního chemismu navíc mohou být určeny environmentálními faktory působící v dané lokalitě. Například topografie terénu kontroluje rozložení chemických látek a jejich erodovatelnost z půd (Lui et al 2013), což může být spojeno i s klimatickými faktory, například depozicí srážek které ve své práci řeší Le Bissonnais et al. (1995), kdy v oblastech s nižším srážkovým úhrnem je vymývání živin z půdy sníženo. Navíc i použitý management má velký vliv na obsah živin v půdě. Například Mládková et al. (2015) shrnuje aplikaci sečného a pastevního managementu na koncentrace jednotlivých prvků půdního chemismu. Lokality s pastevním hospodářstvím vykazovaly nižší hodnoty fosforu než u sečného managementu. Nejméně draslíku obsahovaly půdy, které byly pravidelně sečené. Tyto dva způsoby managementu jsou stěžejními procesy v případě zachování travinných společenstev a zastavení sukcesních vlivů (Rūsiņa 2017).

Průzkum na lokalitách 43 a 57 vykazoval nízké hodnoty fosforu oproti vysokým hodnotám dusíku, sodíku nebo uhlíku. Obě lokality se nacházeli na aluviálních půdách a sdílely stejný způsob managementu v podobě pasteveckého hospodaření. Na lokalitě 43 byla pastva intenzivní. Tento způsob managementu mohl být tedy dle Mládková (2015) příčinou nízké koncentrace fosforu v půdě. V obou případech se jednalo o lokality, v jejichž snímcích dominovali zástupci taxonu *Poales*, který dosahoval pokryvnosti nad 50 %. Vyšší zastoupení travin ve snímku je tedy spjato s vysokými hodnotami dusíku a nízkými hodnotami fosforu v půdním horizontu. Korelaci travin a zmíněných prvků rozšiřují výše diskutované práce Güsewell (2004) a například Zhao et al. (2019). Skupina lokalit 48, 49, 57, 58, 77, 82 a 87 vykazovala společně vysoké hodnoty půdní reakce ($\text{pH} = \pm 6$). Lokality vegetačního snímkování byly na živiny bohaté – úživné. Do většiny z nich bylo v minulosti melioračně zasaženo pomocí drenáží, byly značnou část svého vývoje mulčované, což mohlo zapříčinit vysoký podíl živin v půdě. Momentálně je zde nastaven vysokosečný (až 20 cm) management a pastva. Ve vegetaci těchto snímků opět dominovaly travinné druhy rostlin. Snímky však sdílely i relativně vysoký podíl

zastoupení zástupců řádů *Rosales* nebo *Asterales* oproti ostatním snímkům. Nejméně úživný půdní podklad byl detekován u snímků 37 a 78. Oba snímky vykazovaly relativně nízkou pokryvnost vegetací, která byla tvořena větším množstvím taxonů. Obě lokality jsou sečeny a na lokalitě 37 je aplikována pastva otav. Zastoupení taxonů ve vegetaci je různorodé. Snímky tak vykazují relativně velkou fylogenetickou diverzitu a mohli být dle Růsiņa (2017) determinovány jako polopřirozené trávníky. Na tomto příkladu je možné konstatovat, že méně eutrofní půdy produkují více diverzifikovaná společenstva rostlin.

7 Závěr

Diplomová práce se zakládá na provedeném terénním a laboratorním výzkumu na území Lotyšska, který proběhl během roku 2019 v rámci projektu GrassLIFE na projektových farmách po celém území země. Terénní výzkum sestával z fytoocenologického snímkování vegetace a sběru půdních vzorků metodou kopaných sond na vytipovaných lokalitách, které se snažily zaujmout celkovou mozaiku vegetace v rámci farmy. Během terénních prací bylo vyhotoveno 87 fytoocenologických snímků a k nim přidružených 87 půdních sond. Následné laboratorní testování probíhalo za účelem stanovení základních chemických vlastností půd na zkoumaných lokalitách. Pro laboratorní analýzy bylo použito standardizovaných metod ISO. Sesbíraná vegetační i půdní data byla tříděna a následně statisticky analyzována.

Během terénního výzkumu bylo detekováno 209 rostlinných druhů, které byly zařazeny do 33 čeledí, 21 řádu a dvanácti taxonů na úrovni čtvrtého kladu. Analýzou půdních vzorků byly determinovány hodnoty koncentrací dusíku, uhlíku, sodíku, draslíku, vápníku, hořčíku a fosforu společně s hodnotami půdní reakce (pH). Informace o chemickém složení půd společně s vegetačními daty byly následně podrobeny redundantním analýzám.

Výsledkem analýz je signifikantní odpověď nižších taxonomických jednotek na obsah dusíku, draslíku a sodíku v půdě. Byly prokázány korelace taxonů *Poaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, *Fabales*, *Rosales*, *Fabales*, *Caryophyllales* s výše zmíněnými chemickými charakteristikami půd. Taxony z vyšších taxonomických úrovní nevykazovaly signifikantní vztahy s hodnotami zjišťovaných půdních vlastností.

Při analýze dat byla provedena analýza podobnosti jednotlivých lokalit z pohledu chemického složení půdy. V diskusi bylo polemizováno o vlivu aplikovaného managementu na beta-diverzitu lokalit. Bylo prokázáno, že intenzivně pasené lokality vykazovaly snížené hodnoty fosforu v půdním prostředí.

8 Literatura

Abdi H. & Williams L. J. (2010): Principal component analysis – WIREs Computational Statistics Volume 2: 433-459.

Andersson F. [ed.] (2005): Ecosystems of the world 6 – Coniferous forests. – Elsevier, Amsterdam.

APG IV (2016): An update of Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. – Botanical Journal of the Linnean Society 181: 1-20.

Auestad I., Rydgren K. & Økland R. H. (2008): Scale-dependence of vegetation-environment relationships in semi-natural grasslands. – Journal of Vegetation Science 19: 139-148.

Auniņš A. [ed.] (2013): European Union protected habitats in Latvia. Interpretation manual 2nd edition. – Latvijas Dabas fonds, Vides aizsardzības un reģālās attīstības ministrija, Rīga.

Bassin S., Schalajda J., Vogel A. & Suter M. (2012): Different types of sub-alpine grassland respond similarly to elevated nitrogen deposition in terms of productivity and sedge abundance. – Journal of Vegetation Science 23: 1024-1034.

Bell S., Nikodemus O., Penēze Z. & Krūze I. (2009): Management of Cultural Landscapes: What Does this Mean in Former Soviet Union? A Case Study from Latvia. – Landscape Research Vol. 34, No. 4: 425-455.

Bezemer T. M., Lawson C., Hedlund K., Edwards A. R., Brook A. J., Igual J. M., Mortimer S. R. & van der Puten W. H. (2006): Plantspecies and functional group effects on abiotic and microbial soil properties and plant-soil feedback responses in two grasslands. – Journal of Ecology 94: 893-904.

Cao Ch., Zhang Y., Qian W., Jiang C., Wang C. & Tao S. (2017): Land-use changes influence soil bacterial communities in a meadow grassland in Northeast China. – Solid Earth 8: 1119-1129.

Cavender-Bares J., Kozak K. H., Fine P. A. V. & Kembel S. W. (2009): The merging of community ecology and phylogenetic biology. – Ecology Letters 12: 693-715.

Ceuleman T., Merckx R., Hens M. & Honnay O. (2011): A trait-based analysis of the role of phosphorus vs. Nitrogen enrichment in plant species loss across North-west European grassland. – *Journal of Applied Ecology* 48: 1155-1163.

Cheng X., Yuan L., Nizamani M. M., Friedman C. R. & Wang H. (2018): Taxonomic and phylogenetic diversity of vascular plants at Ma'anling volcano urban park in tropical Haikou, China: Responses to soil properties. – *PLoS ONE* 13 (6).

Christenhusz J. M. M. & Chase M. W. (2014): Trends and concepts in fern classification. – *Annals of Botany* 113: 571-594.

Christenhusz J. M. M., Bongiolo L., Chase M. W., Fay F. F., Husby Ch., Witkus M. & Viruel J. (2019): Phylogenetics, classification and typification of extant horsetails (*Equisetum*, *Equisetaceae*). – *Botanical Journal of the Linnean Society* 189: 311-352.

Cools N. & De Vos B. (2010): Sampling and Analysis of Soil. Manual Part X, 208 pp. – In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, ICP Forests, Hamburg.

Copernicus Land Monitoring Service (2018): datový portál Evropské environmentální agentury Evropské unie. – Dostupné z: <https://www.copernicus.eu/en/services/land>. [cit. 2020-05-07]

Divito G. A. & Sadras V. O. (2014): How phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. – *Field Crops Research* 156: 161-171.

Dong L., Li F. Y., Zhao L., Ma L., Wang L., Wen L., Zheng Y., Li Z., Zhao Ch. & Tuvshintogtokh I. (2019): Community phylogenetic structure of grasslands and its relationship with environmental factors on the Mongolian Plateau. – *Journal of Arid Land* 11: 595-607.

EEA (2019): Seznam stanovišť na webových stránkách Evropské environmentální agentury. – Dostupné z: <https://eunis.eea.europa.eu/habitats>. [cit. 2020-05-07]

Embleton Ch.[ed.] (1984): *Geomorphology of Europe*. – Palgrave Macmillan, London.

GrassLIFE (2017): Grasslife – Dostupné z: <https://grasslife.lv/about-grasslife-english>. [cit. 2020-03-01]

Gustiņa L. (2016): Zālāju apsaimniekošanas vēsture Latvijā. – *Latvijas veģetācija* 25: 65-79.

He F., Tong Z., Wang L., Zheng G. & Li X. (2018): Effect of fertilizer addition on plant communities and soil properties in a temperate grassland steppe. – *Polish Journal of Environmental Studies* 27: 1533-1540.

ISO 11260:2018. Soil quality - Determination of effective cation Exchange capacity and base saturation level using barium chloride solution. – International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. Dostupné z: www.iso.ch. [cit. 2020-03-15]

ISO 14254:2018. Soil quality - Determination of exchangeable acidity using barium chloride solution as extractant. – International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 6 p Dostupné z: www.iso.ch. [cit. 2020-03-15]

ISO 10694:1995. Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). – International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 7 p. Dostupné z: www.iso.ch. [cit. 2020-03-15]

ISO 13878:1998. Soil quality - Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). – International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5 p. Dostupné z: www.iso.ch. [cit. 2020-03-15]

ISO 11263:1994. Soil quality - Determination of phosphorus – Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution. – International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5 p. Dostupné z: www.iso.ch. [cit. 2020-03-15]

Jepsen M. R., Kuemmerle T., Müller D., Erb K., Verburg P. H., Haberl H., Vesterager J. P., Andrič M., Antrop M., Björn G. A. I., Bondeau A., Bürgi M., Bryson J., Caspar G., Cassar L. F., Conrad E., Chromý P., Daugirdas V., Eetvelde V. V., Elena-Rosselló R., Gimmi U., Izakovicova Z., Jančák V., Jansson U., Kladnik D., Kozak J., Konkoly-Gyuró E., Krausmann F., Mander Ü, McDonagh J., Pärn J., Niedertscheider M., Nikodemus O., Ostapowicz K., Pérez-Soba M., Pinto-Correia T., Ribokas G., Rounsevell M., Schistou D., Schmit C., Terkenli T. S., Tretvik A. M., Trzepak P., Vadineanu A., Walz A., Zhllima E. & Reenberg A. (2015): Transitions in European land-management regimes between 1800 and 2010. – *Land Use Policy*, Volume 49: 53-64.

Jongepierová I. [ed.] (2008): Louky Bílých Karpat: Grasslands of White Carpathian Mountains. – ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Moravou.

Kneip Ch., Lockhart P., Voß Ch. & Maier U. (2007): Nitrogen fixation in eukaryotes – New models for symbiosis. – *BMC Evolutionary Biology* 7, 55.

Laiviņš M. & Melecis V. (2003): Bio-geographical interpretation of climate data in Latvia: multidimensional analysis. – In: Zelčs V. [ed.] (2003): *Acta Universitatis Latviensis* 654 - Earth and Environment Science. -University of Latvia. Riga.

Lauber Ch. L., Strickland M. S., Bradford M. A. & Fierer (2008): The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types. – *Soil Biology and Biochemistry* 40: 2407-2415.

Le Bissonnais Y., Renaux B. & Delouche H. (1995): Interaction between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. – *CATENA* 25: 33-49.

Leff J. W., Bardgett R. D., Wilkinson A., Jackson B. G., Pritchard W. J., De Long J. R., Oakley S., Mason K. E., Johnson D., Baggs E. M. & Fierer N. (2018): Predicting the structure of soil communities from plant community taxonomy, phylogeny and traits. – *The ISME Journal* 12: 1794-1805

Lui Y., Lv J., Zhang B & Bi J. (2013): Spatial multi-scale variability of soil nutrients in relation to environmental factors in typical agricultural region, Eastern China. -*Science of The Total Environment* 450-451: 108-119

Mládková P., Mládek J., Hejduk S., Hejzman M., Cruz P., Jouany C. & Pakeman R. J. (2015): High-nature-value grasslands have the capacity to cope with nutrient impoverishment induced by mowing and livestock grazing. – *Journal of Applied Ecology* 52: 1073-1081.

Mehlich A. (1984): Mehlich-3 soil test extractant: A modification of Mehlich-2 extractant. – *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15: 1409–1416.

Merunková K. & Chytrý M. (2012): Environmental control of species richness and composition in upland grasslands of southern Czech Republic. – *Plant Ecology* 213 591-602.

National report (2014): 5th National report to the convention on biological diversity - Latvia. – Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia, Riga. Dostupné z: <https://www.cbd.int/doc/world/lv/lv-nr-05-en.pdf>. [cit. 2020-05-07]

Natura 2000 Network Viewer (2018): Mapový portal Evropské environmentální agentury. Dostupné z: <http://natura2000.eea.europa.eu/>. [cit. 2020-05-07]

Nabushiko S., Kiyoshi U., Haruka O., Kiyokazu K. & Toshihide H. (2017): Phylogenetic constraints to soil properties determine elevational diversity gradients of forest understory vegetation. – *Plant Ecology* 218: 821-834.

Palpurina S., Wagner V., von Wehrden H., Hájek M., Horsák M., Brinkert A., Hölzel N., Wesche K., Kamp J., Hájková P., Danihelka J., Lustyk P., Merunková K., Preislerová Z., Kočí M., Kubešová S., Cherosov M., Ermakov N., German D., Gogoleva P., Lashchinsky N., Martynenko V. & Chytrý M. (2016): The relationships between plant species richness and soil pH varies with increasing aridity across Eurasian dry grasslands. – *Global Ecology and Biogeography* 26: 425-434.

Pierzynski G. M. [ed.] (2000): Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals and waters. – Southern Cooperative Service Bulletin 398, North Carolina State University.

Pohanková K. (2010): Příručka geografie Pobaltí pro studenty baltistiky. – Ms. [Bakal. pr., depon. in Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně, Brno]

Price J. N., Gazol A., Tamme R., Hiiesalu I. & Pärtel M. (2014): The functional assembly of experimental grasslands in relation to fertility and resource heterogeneity. – *Functional Ecology* 28: 509-519.

Projektová dokumentace (2017): GrassLIFE – Restoring EU priority grasslands and promoting their multiple use. – Internetový portál Evropské komise dostupný z: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6293. [cit. 2020-03-01]

Puhe & Ulrich (2001): Global Climate Change and Human Impact on Forest Ecosystem: Postglacial Development, Present Situation and Future Trends in Central Europe. – *Ecological Studies* 143, Springer-Verlag, Heidelberg.

Ravi V., Khurana J. P., Tyagi A. K. & Khurana P. (2007): Rosales sister to Fabales: Towards resolving the rosid puzzle. – *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44: 488-493.

Ren F., Song W., Chen L., Mi Z., Zhang Z., Zhu W., Zhou H. Cao G. & He J. (2017): Phosphorus does not alleviate the negative effect of nitrogen enrichment on legume performance in an alpine grassland. -*Journal of Plant Ecology* 10: 822-830.

Rūsiņa S. [ed.] (2017): Protected habitat management guidelines for Latvia. Volume 3. Semi-natural grasslands. – Nature Conservation Agency of Latvia, Sigulda.

Takhtajan A. L. (1986): Floristic regions of the world. – University of California Press, Berkely, Los Angeles and London.

Winter M., Devictor V. & Schweiger O. (2012): Phylogenetic diversity and nature conservation: where are we? – *Trends in Ecology and Evolution* 28: 199-204.

Xue W., Bezemer T.M. & Berendse F. (2019): Soil heterogeneity and plant species diversity in experimental grassland communities: contrasting effects of soil nutrients and pH at different spatial scales. – *Plant Soil* 442: 497–509.

Zhao Y., Yang B., Li M., Xiao R., Rao K., Wang J., Zhang T. & Guo J. (2019): Community composition, structure and productivity in response to nitrogen and phosphorus additions in temperate meadow. – *Science of Total Environment* 654: 863-871.

Zhang S., Tong Y., Li Y., Cheng Z. & Zhong Y. (2019): Genome-wide identification of HKT genes in five Rosaceae species and expression analysis of HKT genes in response to salt-stress in *Fragaria vesca*. – *Genes & Genomics* 41: 325-336.

Mapové podklady

GISnet.lv (2007): Platforma pro GIS komunitu v Lotyšsku poskytující bezplatné mapové data dostupné z: <http://www.gisnet.lv/cgi-bin/topo?amp;request=GetCapabilities>. [cit. 2020-03-01]

Příloha 1

Tabulka 6 Seznam lokalizací půdních sond použitých pro sběr dat. Ke každé ze sond byl vyhotoven i fytoocenologický snímek. Kód sondy je unikátní a byly jím označeny jak data získaná při půdním průzkumu, tak data fytoocenologická. Souřadnice míst podléhají souřadnicovému systému WGS 1984.

Farma	Číslo snímku	kódování sondy	Y°N	X°E
Andruks	1	3-1	57.39365666010	26.46379137210
Andruks	2	9-1	57.39581873530	26.46412927820
Andruks	3	11-1	57.40053232750	26.44150951410
Andruks	4	11-2	57.39910256210	26.44106663580
Andruks	5	11-3	57.39890852430	26.44359261600
Andruks	6	11-4	57.39822554070	26.44354280540
Andruks	7	10-1	57.39743842440	26.44865402890
Andruks	8	10-2	57.39747978240	26.45131759740
Andruks	9	9-2	57.39677065470	26.45879326590
Andruks	10	8-1	57.39301310000	26.46858283640
Andruks	11	2-1	57.39249944330	26.46948514990
Andruks	12	9-3	57.39595016680	26.45986416670
Andruks	13	19-1	57.37871716690	26.48036150000
Andruks	14	19-2	57.37994800020	26.47889399960
Andruks	15	6-1	57.39689466670	26.44813433320
Andruks	16	zvaguli	57.37574283310	26.48616316680
Drubazas	17	10-1	57.02859774690	22.59788014610
Drubazas	18	10-2	57.02795358090	22.59892590490
Drubazas	19	4-1	57.02820916780	22.59527510080
Drubazas	20	4-2	57.02827715900	22.59332836820
Drubazas	21	4-3	57.02823707540	22.59216008770
Drubazas	22	4-4	57.02828816910	22.59031284270
Drubazas	23	14-1	57.03192741530	22.59195462970
Drubazas	24	14-2	57.03222516490	22.59126778070
Drubazas	25	3-1	57.03246394410	22.59252754030
Drubazas	26	12-1	57.03252400010	22.59966599980
Drubazas	27	11-1	57.03296516690	22.59976283370
Drubazas	28	14-10	57.03232933340	22.60366500030
Drubazas	29	13-1	57.03102649990	22.59677799970
Drubazas	30	4-5	57.02954362800	22.59329699760
Jaunkraukli	31	5-1	56.40924466660	25.95498633360
Jaunkraukli	32	1-1	56.41179753400	25.95227188890
Jaunkraukli	33	9-1	56.40748816670	25.95783316660
Jaunkraukli	34	23-1	56.40695783330	25.94876683330
Jaunkraukli	35	22-1	56.40849716680	25.94334933370
Kalna Rubeni	36	2-1	56.80615149920	26.43025183310
Kalna Rubeni	37	1-1	56.80565049840	26.43059933290
Kalna Rubeni	38	10-1	56.80202433270	26.42273933290
Kalna Rubeni	39	11-1	56.80282249930	26.42162116750
Kalna Rubeni	40	11-2	56.80321699910	26.42215149980
Kalna Rubeni	41	8-1	56.80345049960	26.42252316680
Krasti	42	16-1	55.88622554410	26.91241273660

Krasti	43	16-2	55.88658608520	26.92109295090
Krasti	44	19-1	55.88614217930	26.92464238750
Krasti	45	19-2	55.88639126170	26.92550885660
Krasti	46	15-3	55.88419993380	26.92919842560
Krasti	47	3-1	55.87848508750	26.91053746770
Krasti	48	3-3	55.87892047560	26.91568739110
Krasti	49	17-1	55.88044327900	26.92538100860
Krasti	50	18-1	55.87846205440	26.92515194880
Krasti	51	29-1	55.88805555190	26.92083328020
Krasti	52	19-3	55.88608056990	26.92647713560
Krasti	53	15-1	55.88222516580	26.92970772690
Krasti	54	3-4	55.87902600700	26.91919748970
Krasti	55	20-1	55.87842014440	26.92729165600
Krasti	56	18-2	55.87860717210	26.92396350150
Krasti	57	18-4	55.87789612960	26.92021603630
Krastini	58	2-1	57.70392191610	26.12975654740
Krastini	59	2-2	57.70154604120	26.12989145100
Krastini	60	2-3	57.70116940890	26.12901422800
Krastini	61	3-1	57.70055421740	26.12289412910
Krastini	62	3-2	57.70064798940	26.12221571040
Krastini	63	20-B2	57.70529002560	26.10660477820
Krastini	64	19-B4	57.70393454240	26.10598894480
Krastini	65	17-B8	57.70195466200	26.10563901880
Krastini	66	17-B9	57.70123984490	26.10485906320
Lielupe	67	1-1	56.68239050000	23.71582383360
Lielupe	68	1-2	56.68459000000	23.71243850010
Lielupe	69	1-3	56.68373616640	23.71088149960
Lielupe	70	2-1	56.66883133340	23.71837516670
Lielupe	71	2-2	56.66417250010	23.72289749960
Lielupe	72	2-3	56.66240850000	23.72582683300
Piekrastes	73	1-1	56.62346533350	25.11429700110
Piekrastes	74	3-1	56.62472766660	25.11121883340
Piekrastes	75	4-1	56.62424600020	25.10630800040
Piekrastes	76	1-2	56.62278600010	25.11233566680
Sita	77	3-1	57.15697579620	27.03819340380
Sita	78	3-2	57.15612891870	27.03687197270
Sita	79	10-1	57.15494569280	26.98192706340
Sita	80	1-1	57.15938228570	26.99242719050
Sita	81	1-2	57.15937187450	26.99485537290
Stirnas	82	1-1	57.10785645280	26.88686621400
Stirnas	83	1-2	57.10855989090	26.89002654160
Stirnas	84	1-3	57.10634716600	26.88361198980
Stirnas	85	1-4	57.10602154900	26.88212294190
Vetras	86	6-1	57.70062333340	26.15589533290
Vetras	87	6-2	57.70085300000	26.15201916620

Příloha 2

Soubor topografických map všech farem se zakreslením lokalizace jednotlivých půdních sond. Pro vyhotovení mapových podkladů byla použita podkladová vrstva topografických map C systéma 1:10000 získaná pomocí WMS služby (GISnet.lv 2007).

