

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ekologie lesa



Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Marek Mejstřík

Vedoucí práce: Mgr. Petr Karlík

2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Mejstřík

Lesní inženýrství

Název práce

Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras

Název anglicky

Forest vegetation of the locality Za Lípou in the Bohemian Karst Protected Landscape Area

Cíle práce

Práce se bude zabývat vegetací přírodě blízkých lesů v NPR Koda nacházející se v CHKO Český kras. V rámci rozsáhlejšího výzkumu lesních ekosystémů v této oblasti, prováděného zejména s cílem zhodnotit význam výmladkového hospodaření na biodiverzitu, se zakládá nová lokalita pro dlouhodobý experimentální výzkum, jehož významnou součástí jsou trvale fixované fytoecologické snímky.

Hlavním cílem práce je založit na lokalitě Za Lípou v NPR Koda celkem 40 trvalých ploch. Na nich budou pořízeny fytoecologické snímky, a dále budou zjištěny základní stanovištní charakteristiky (např. hloubka půdy, pH...). Získaná data budou porovnána se srovnatelnými lokalitami v okolí, zejména s lokalitou na vrchu Voskop, kde jsou školitelem a jeho týmem již několik let sledovány plochy založené stejným způsobem. Student bude hledat hlavní parametry, které určují floristické složení bylinného patra.

Metodika

Během vegetační sezóny 2017 provede student fytoecologické snímkování na celkem 40 plochách v lokalitě Za Lípou. Během podzimu pak provede odečet různých abiotických parametrů.

Snímky budou přepsány do databáze Turboveg a vyhodnoceny pomocí mnohorozměrných statistických analýz v programu Canoco.

V rešeršní části provede student charakteristiku lesů Českého krasu, zejména pak NPR Koda.

Doporučený rozsah práce

minimálně 40 normostran textu bez příloh

Klíčová slova

trvalé plochy, střední les, výmladkové hospodaření, biodiverzita, bylinné patro, Český kras

Doporučené zdroje informací

- Blažková D. (1962): Phytozoölogische Studie aus den Roblínské lesy (Roblin-Wäldern). – Acta Universitatis Carolinae – Biologica, 1962 (3): 219–288.
- Dörner P. & Müllerová J. (2014): Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. – Bohemia centralis 32: 425–438.
- Horáčková J. & Tichý T. (2014): Květena a vegetace národní přírodní rezervace Koda v Českém krasu. – Bohemia centralis 32: 51–154.
- Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. – 106 p., ms. [Diplom. pr.; depon. in: FLD ČZU, Praha].
- Kubát, K., Hrouda, L., Chrtek, J. jun., Kaplan, Z., Kirschner, J., Štěpánek, J. (Eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.
- Möllerová J. & Viewegh J. (2005): Vegetation of the nature reserve Voskop (Protected Landscape Area Český kras) and possible trend of its development. – Journal of Forest science 51: 24–28.
- Samek V. (1964): Lesní společenstva Českého krasu. – Rozpravy ČSAV 74/7.
- Šálek L., Stolariková R., Jeřábková L., Karlík P., Dragoun L., Jelenecká A. (2014): Timber production and ecological characteristics of trees in coppice forest in the nature reserve Voskop in Český kras – a case study. – Journal of forest science 60: 519–525.
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Petr Karlík

Garantující pracoviště

Katedra ekologie lesa

Konzultant

Mgr. Tomáš Černý, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Miroslav Svoboda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Lesní vegetace lokality Za Lípou v chráněné krajinné oblasti Český kras“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Petra Karlíka a všechnu použitou literaturu jsem uvedl do seznamu zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. dubna 2018

.....

Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi při tvorbě této práce pomohli. Zejména děkuji svému školiteli Mgr. Petru Karlíkovi, za trpělivý a individuální přístup a pomoc při sběru dat v terénu. Dále děkuji správě CHKO Český kras se sídlem v Karlštejně, jmenovitě lesníkovi Josefu Mottlovi, za pomoc s vymezením zkušných ploch a iniciaci tohoto výzkumu. Děkuji také vlastníkovi pozemku – Velkostatek Tetín, jmenovitě Matthew V. Durasovi, za umožnění provedení experimentu na jeho pozemcích a lesnímu správci Stanislavu Krejčímu za ochotu a spolupráci při plánování experimentu.

Abstrakt

Od druhé poloviny 19. století dochází na území České republiky k výraznému úbytku světlých lesů. Hlavní příčinou je změna hospodaření v lesích, konkrétně změna druhového složení dřevin a převod většiny porostů na tvar lesa vysokého. Světlé lesy jsou však druhově velice bohaté a v posledních letech se objevila snaha znovu zavádět hospodářské způsoby používané v historii, zejména výmladkové hospodaření, které je považováno za faktor podporující výskyt bioty světlých lesů. Tato práce je součástí rozsáhlejšího výzkumu lesních ekosystémů v chráněné krajinné oblasti Český kras, jehož cílem je zhodnotit význam výmladkového hospodaření na biodiverzitu. Byla založena nová experimentální lokalita na východním svahu vrchu Za Lípou v NPR Koda, kde se bude tento management znovu zavádět a hlavním cílem této práce bylo tedy zaznamenat výchozí stav vegetace a proměnné prostředí před tím, než dojde k prvním těžebním zásahům. Během vegetační sezóny v roce 2017 bylo v rámci lokality bylo vymezeno 46 trvalých zkusných ploch, na kterých bylo provedeno fytoocenologické snímkování a bylo naměřeno či dopočítáno celkem 48 proměnných prostředí. Jedná se o střední les s dominancí svazu *Carpinion betuli* a zaznamenáno zde bylo celkem 83 taxonů. Dalším cílem práce bylo porovnání této lokality s již založenou lokalitou na vrchu Voskop, kde probíhá stejný výzkum. Lokalita Voskop je druhově bohatší a z porovnání obou lokalit vyplývá, že hlavní vliv na biodiverzitu bylinného patra má orientace ke světovým stranám a v důsledku toho také světelné poměry. Založený experiment má však dlouhodobý charakter. V následujících letech bude postupně les na lokalitě Za Lípou mýcen, bude zaznamenáván stav vegetace na vzniklých pasekách, a následně bude možné zhodnotit předpokládaný pozitivní vliv výmladkového hospodaření na biodiverzitu.

Klíčová slova: střední les, biodiverzita, vegetace, světlé lesy, výmladkové hospodaření, Český kras

Abstract

Since the middle of the 19th century there has been a significant decrease of open woodlands in the Czech Republic. The main reason is the change in forest management, especially the change in the tree species composition and the conversion of most stands to high forests. However, there is very high biodiversity in open woodlands and in recent years there has been an attempt to reintroduce forest management used in history, especially coppice management, which is considered to be a factor supporting the occurrence of biota in open woodlands. This diploma thesis is part of a larger research of forest ecosystems in the Czech Karst Protected Landscape Area, which aims to evaluate the importance of coppice management on biodiversity. A new experimental site was established on the eastern slope of the hill Za Lípou in Koda National nature reservation, where this management will be reintroduced. The main aim of this thesis was to record the initial state of vegetation and environmental variables before the first logging. During the vegetation period in 2017, 46 permanent experimental plots were defined within the site. There was executed phytosociological sampling on each plot and 48 environmental variables were measured or calculated. There is a coppice with standards dominated by *Carpinion betuli* and 83 taxa of vessels plants were recorded on experimental site. Another aim of this thesis was to compare this experimental site with the already established experimental site on the Voskop hill, where the same research is being carried out. There is a higher biodiversity on the Voskop site and from the comparison of both sites is clear that the main influence on the biodiversity of the herb layer is orientation towards world parties and consequently the light conditions. Established experiment is long-term. In the coming years, the forest on Za Lípou site will be gradually logged, vegetation on the glades will be recorded and consequently it will be possible to evaluate the expected positive impact of the coppice management on biodiversity.

Keywords: coppice with standards, biodiversity, vegetation, open woodlands, coppice management, Czech Karst

Obsah

1	ÚVOD	12
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
2.1	CHKO Český kras	13
2.2	NPR Koda	15
2.2.1	Charakteristika území	15
2.2.1.1	Lokalizace	15
2.2.1.2	Předmět ochrany.....	16
2.2.1.2.1	Ekosystémy	16
2.2.1.2.2	Druhy.....	17
2.2.1.2.3	Útvary neživé přírody	18
2.2.1.3	Cíl ochrany	18
2.2.1.4	Geologie	19
2.2.1.5	Klimatické poměry.....	20
2.2.1.6	Flóra a vegetace.....	21
2.2.1.6.1	Základní vegetační jednotky území	23
2.2.2	Historie lesů NPR Koda	25
3	METODIKA	29
3.1	Popis celkového experimentu	29
3.2	Terenní a laboratorní práce	30
3.2.1	Vymezení zkusných ploch	30
3.2.2	Popis vegetace	32
3.2.3	Půdní vlastnosti, sklon, orientace	33
3.2.4	Zpracování dat	37
3.2.4.1	Editace dat.....	37
3.2.4.2	Analýza dat.....	37
3.2.4.2.1	Úprava fytoocenologické tabulky	37
3.2.4.2.2	Jednorozměrné statistické analýzy	38
3.2.4.2.3	Mnohorozměrné statistické analýzy	38
4	VÝSLEDKY	40
4.1	Flóra a vegetace	40
4.2	Stanovištní poměry	43
4.2.1	Obecné půdní vlastnosti	43
4.2.1.1	Hodnoty pH.....	43

4.2.1.2	Vodní kapacita půdy	44
4.2.1.3	Hloubka půdy	45
4.2.2	Prvky v půdě	45
4.2.3	Ostatní měřené proměnné prostředí	47
4.3	Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz	47
4.4	Porovnání s lokalitou na vrchu Voskop	52
4.4.1	Porovnání vybraných proměnných prostředí	53
5	DISKUZE	56
5.1	Flóra a vegetace	56
5.2	Stanovištní poměry	58
5.2.1	Obecné půdní vlastnosti	58
5.2.1.1	Hodnoty pH	58
5.2.1.2	Vodní kapacita půdy	58
5.2.1.3	Hloubka půdy	59
5.2.2	Prvky v půdě	60
5.3	Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz	62
6	ZÁVĚR	64
7	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	65

Seznam obrázků

Obr. 1: Lokalizace NPR Koda a plochy s plánovaným experimentem. Zdroj: mapy.cz.....	16
Obr. 2: Geologická mapa 1:50 000 s vyznačenou plochou s plánovaným experimentem. Zdroj: Česká geologická služba (www.geology.cz).....	20
Obr. 3: Mapa aktuální vegetace NPR Koda, vytvořená na podkladě aktualizací mapování biotopů v letech 2006–2014. Zdroj: Horáčková & Tichý (2014).	22
Obr. 4: Typologická mapa NPR Koda s vyznačenou plochou s plánovaným experimentem. Zdroj: http://geoportal.uhul.cz	23
Obr. 5: Současné druhové zastoupení dřevin v NPR Koda. Zdroj: Anonymus (2013).....	28
Obr. 6: Porostní mapa NPR Koda, znázorňující věkovou strukturu lesů. Zdroj: Anonymus (2013)	28
Obr. 7: Ukázka způsobu označení zkusných ploch a jejich středů.....	31
Obr. 8: Mapa zobrazující lokalizaci a označení trvalých zkusných ploch. Zdroj: podkladové mapy ČÚZK.....	32
Obr. 9: Mapa zobrazující klasifikaci snímků podle polohy ve svahu. Zdroj: podkladové mapy ČÚZK.....	36
Obr. 10: Závislost pH půdy na umístění plochy ve svahu.....	44
Obr. 11: Závislost WHC na umístění plochy ve svahu.	44
Obr. 12: Závislost hloubky půdy na umístění plochy ve svahu.	45
Obr. 13: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA. Analýza byla provedena s logaritmicou transformací, standardizací, centrováním dat a diagram zobrazuje 40 nejlépe fitujících druhů.....	49
Obr. 14: Ordinační diagram analýzy PCA, kde jsou proměnné prostředí zobrazeny jako „species“. Analýza zobrazuje všechny zjištěné proměnné prostředí.	50
Obr. 15: Ordinační biplot RDA analýzy s log. transformací, standardizací a centrováním dat.	51
Obr. 16: Skupina krabicových grafů, ve které jsou porovnány 3 rizikové prvky, které na lokalitě Za Lípou přesahují hodnotu z aktuální vyhlášky 153/2016 Sb. a LE (light elements). V grafech jsou znázorněny hodnoty minima, 1.kvartilu, mediánu, 3.kvartilu a maxima. Kolečkem jsou znázorněny odlehlé hodnoty, hvězdičkou extrémní hodnoty.....	53
Obr. 17: Skupina grafů zobrazující pH, hloubku půdy a množství Ca v půdě. V grafech jsou znázorněny hodnoty minima, 1.kvartilu, mediánu, 3.kvartilu a maxima. Kolečkem jsou znázorněny odlehlé hodnoty.	54
Obr. 18: Skupina grafů zobrazující diverzitu E1 a pokryvnost E3, která má na diverzitu vliv. V grafech jsou znázorněny hodnoty minima, 1.kvartilu, mediánu, 3.kvartilu a maxima. Kolečkem jsou znázorněny odlehlé hodnoty.	55

Seznam tabulek

Tab. 1: Tabulka Braun-Blanquetova stupnice (Braun-Blanquet 1964)	33
Tab. 2: Půdní reakce – pH (H ₂ O) (Moravec et al. 1994)	34
Tab. 3: Obsah rizikových prvků v půdách (mg.kg-1) – Maximálně přípustné hodnoty (rozklad lučavkou královskou). (Vyhláška 13/1994 Sb.), preventivní hodnoty (Vyhláška 153/2016 Sb.).....	35
Tab. 4: Fytocenologická tabulka: nomenklatura dle Kubát et al. (2002)	40
Tab. 5: Synoptická tabulka zobrazující fidelitu a frekvenci vybraných druhů z lokalit Za Lípou a Voskop. U každé lokality jsou uvedeny dvě hodnoty. První z nich je fidelita (vyjádřená hodnotou phí koeficientu) a druhá, psaná drobným písmem (uvedená v exponentu), je frekvence druhu v rámci lokality (%).	43
Tab. 6: Nejvíce zastoupené prvky v půdě a jejich statistické ukazatele. Hodnoty jsou uvedeny v jednotkách g.kg-1.....	46
Tab. 7: Prvky zastoupené v půdě v menších množstvích a jejich statistické ukazatele v porovnání s maximální přípustnou hodnotou dle vyhlášky č. 13/1994 Sb a s preventivní hodnotou z vyhlášky č. 153/2016 Sb. Všechny hodnoty jsou uvedeny v jednotkách mg.kg-1.	46
Tab. 11: Environmentální proměnné na vrchu Za Lípou.	47
Tab. 8: Ordinační nepřímé analýzy PCA. Tabulka zahrnuje číselné označení, popis analýz a procenta variance vysvětlující čtyřmi osami.	48
Tab. 9: Ordinační přímá analýza RDA. Tabulka zahrnuje číselné označení, popis analýz a procenta variance vysvětlující čtyřmi osami.....	50
Tab. 10: Naměřené environmentální proměnné v porovnání s hodnotami naměřenými na lokalitě Voskop. Pro porovnání byl použit parametrický F-test nebo neparametrický Kruskal-Wallisův H-test, v závislosti na normalitě dat. Zobrazena je také signifikance testů (p).	52
Tab. 12 Porovnání WHC 3 různých stanovišť. Hodnoty jsou uvedeny v %.	59
Tab. 13: Porovnání nejvíce zastoupených prvků v půdě na studované lokalitě Za Lípou s lokalitou na vrchu Voskop (Hroník, 2014). Hodnoty jsou uvedeny v g/kg sušiny.	61
Tab. 14: Porovnání méně zastoupených prvků v půdě na studované lokalitě Za Lípou s lokalitou na vrchu Voskop (Hroník, 2014). Hodnoty jsou uvedeny v mg/kg sušiny. Tučně jsou zvýrazněny hodnoty přesahující preventivní hodnotu uvedenou ve vyhlášce 153/2016 Sb.	62

1 Úvod

Pařeziny jsou prastarou formou trvale udržitelného využití krajiny. Počátek využívání vegetativní reprodukce dřevin pro vznik lesů výmladkového původu lze umístit na konec mezolitu až počátek neolitu, tedy období, kdy vznikala a začala se vyvíjet lidmi souvisle osídlená kulturní krajina (Ložek, 2011). Výmladkovým způsobem, zaměřeným zejména na produkci palivového dřeva, byla v minulosti obhospodařována většina lesních porostů v nížinách, teplých pahorkatinách a vrchovinách nejen na území České republiky, ale v podstatě ve všech evropských temperátních lesích (Szabó et al., 2015). V nízkých lesích obhospodařovaných výmladkovým se doba obmýti pohybovala obvykle mezi 20 a 40 lety. Kromě nízkého lesa byl výmladkovým hospodařením pěstován i les střední, kde byly v pařezinách ponechávány generativně obnovené výstavky některých dřevin (především dubu), do věku 100–150 i více let (Maděra et al., 2016). Během 19. století se však začala snižovat potřeba palivového dřeva a postupně začalo docházet k přeměně nízkých a středních lesů na les vysoký. Při absenci lidských zásahů se výmladkové lesy výrazně zapojily, změnilo se mikroklima v porostech a došlo k ochuzení biodiverzity (Čížek et al. 2016). Tato diplomová práce je součástí rozsáhlejšího výzkumu lesních ekosystémů v chráněné krajinné oblasti Český kras, jehož cílem je zhodnotit význam výmladkového hospodaření na biodiverzitu. Součástí výzkumu je experiment spočívající v prosvětlení porostů, který napomůže k pochopení vlivu pařezinového hospodaření na různé složky živé přírody. V rámci tohoto experimentu byla na vrchu Za Lípou v národní přírodní rezervaci Koda založena nová lokalita pro dlouhodobý výzkum.

Teoretická část práce se zabývá charakteristikou národní přírodní rezervace Koda, ve které se studovaná plocha nachází. Cílem praktické části bylo na východním svahu vrchu Za Lípou vymezit celkem 40 trvalých zkusných ploch, které budou sloužit pro budoucí opakované průzkumy a podrobně v nich charakterizovat vegetaci, čímž byl zaznamenán výchozí stav pro naplánovaný experiment. Na lokalitě byly dále měřeny environmentální proměnné jako např. pH, hloubka půdy, obsah prvků v půdě, sklon svahu, orientace, u kterých byl následně analyzován jejich vliv na variabilitu vegetace. Dalším cílem práce bylo získaná data z fytoocenologických snímků a proměnných prostředí porovnat s daty získanými na lokalitě Voskop v Českém krasu Hroníkem (2014), kde jsou již několik let sledovány plochy založené stejným způsobem a zjistit, jak se tyto dvě lokality liší. Lokalita

na vrchu Voskop je na rozdíl od východně orientovaného svahu vrchu za Lípou orientována na západ a cílem bylo ověřit hypotézu, že orientace ke světovým stranám má vliv na diverzitu bylinného patra a na další vybrané parametry.

2 Literární rešerše

2.1 CHKO Český kras

Chráněná krajinná oblast Český kras byla vyhlášena výnosem Ministerstva kultury ČSR pod čj. 4.947/72-II/2 ze dne 12. dubna 1972 na území o rozloze 12 823 ha (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Cílem chráněné krajinné oblasti je ochrana všech hodnot krajiny, jejího vzhledu a jejích typických znaků i přírodních zdrojů a vytváření vyváženého životního prostředí. K typickým znakům krajiny patří zejména její povrchové utváření, včetně vodních toků a ploch, rozvržení a využití lesního a zemědělského půdního fondu, její vegetační kryt a volně žijící živočišstvo a ve vztahu k ní také rozmístění a urbanistická skladba sídlišť, architektonické stavby a místní zástavba lidového rázu (Výnos 4947/72-II/2 1972). Český kras je zejména jedinečné území z hlediska světové geologie, stratigrafie siluru a devonu a výzkumu vývoje života v těchto obdobích (Bouček, 1941). Je to také největší vápencové území v Čechách se zachovalými rozsáhlými plochami společenstev skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů s velice bohatou přirozenou květenou a zvířenou (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Z pohledu biogeografického členění České republiky (Culek et al., 1996) náleží tato oblast karlštejnskému bioregionu č. 1.18.

Z botanického hlediska spadá celé území CHKO do samostatného fyto geografického okresu Český kras (Skalický, 1988). Složení květeny a vegetace je zde ovlivněno geologickým (převážně vápencovým) podkladem, specifickou geomorfologií krajiny, sousedstvím teplejších a sušších regionů xerothermní květenné oblasti, ale také lidskou činností a osídlením. Pro Český kras je charakteristický výskyt jednak teplomilných a suchomilných submediteránních druhů rostlin, jednak druhů středoevropské lesní květeny (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005).

Území CHKO Český kras je zalesněno z 38 %. K nejcennějším společenstvům patří šipákové doubravy s dřínem (*Lathyrus versicoloris-Quercetum pubescentis*), vyskytující se na velmi mělkých půdách vápenců. Na šipákové doubravy navazují na plošinách

s odvápněnou půdou mochnové doubravy (*Potentillo albae-Quercetum*). Z přirozených lesních společenstev jsou nejrozšířenější habrové doubravy (*Melampyro nemorosi-Carpinetum*). Plošně mnohem menší jsou pak zbytky vápnomilných bučin (*Cephalanthero-Fagenion*), kde buk přirozeně sestupuje do nejnižších nadmořských výšek ve středních Čechách (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005).

Člověk se na území dnešní CHKO Český kras poprvé dostal zhruba před 180 000 lety. Nejprve začal využívat bohatosti krajiny pro lov, sběračství a od mladší doby kamenné také pastevectví a zemědělství. V období, kdy byla budována hradiště a rozšířila se výroba kovů, docházelo k postupnému odlesňování krajiny (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Otevřené bezlesé plochy byly využívány k chovu ovcí a koz či zakládání dalších osad a polí. V důsledku složitých geomorfologických poměrů v této oblasti a s tím souvisejících obtížných podmínek pro hospodářské využití byly některé lesy Českého krasu v minulosti ušetřeny velkoplošných převodů na monokultury jehličnatých dřevin a byly po staletí formovány specifickým způsobem hospodaření, tzv. pařezením (Hausmannová et al., 2012). Nicméně v novověku docházelo na velké části Českého krasu k výsadbě jehličnatých dřevin a druhové složení se začalo měnit. Ještě v 18. a 19. století je stav lesů popisován jako žalostný, lesní porosty jsou prořídlé a výrazně poškozené od zvěře (Pondělíček, 2002). Počátkem 18. století byla hlavní dřevinou na Karlštejnsku borovice, následovaná dubem, habrem a bukem. S nástupem kulturních prací v lesích v první polovině 19. století zde nastupují dřeviny nepůvodní, hlavně smrk a modřín (Novák & Tlapák, 1974). Tuto etapu uzavřely výsadby borovice černé a akátu před první světovou válkou.

Dnešní podoba lesů Českého krasu, druhová a strukturní pestrost je tedy výsledkem mnoho tisíc let trvajících zásahů člověka do lesa. Plošná převaha pestrých habrových doubrav je patrně důsledek lesního hospodaření počínaje středověkem, snad už některými období pravěku. Zejména jde o vysoké zastoupení habru na úkor dubu, a obou těchto dřevin na úkor buku (Pondělíček, 2002). Přítomnost habru pak dále ovlivňuje světelné a humusové podmínky v lese, a tudíž se odráží i ve skladbě podrostu (Hofmeister, 2001). Světlé lesy a lesostepi měly dlouhodobě pastevní charakter nebo přímo lesní pastvou vznikly, a navíc zde hojně probíhala těžba dřeva. Obnova lesa byla v malé míře přirozená ze semenných výstavků, převážně však z pařezových výmladků (Pondělíček, 2002).

Současně 60 % území CHKO Český kras obhospodařují Lesy ČR, s.p., 30 % soukromí vlastníci nad 100 ha, 4 % obce, 4 % drobní vlastníci a 2 % AOPK ČR. Zásady ochrany přírody v lesích CHKO shrnuje Plán péče o CHKO Český kras, který je zároveň závazným podkladem pro tvorbu LHP (Pondělíček, 2002). Na území chráněné krajinné oblasti vyhlášeno celkem 21 zvláště chráněných území. Z toho jsou 2 v kategorii národní přírodní rezervace (NPR), 4 v kategorii národní přírodní památka (NPP), 9 v kategorii přírodní rezervace (PR) a 6 v kategorii přírodní památka (PP) (AOPK, online, cit. 27. 3. 2018).

2.2 NPR Koda

Území dnešní národní přírodní rezervace Koda bylo výnosem č. 32.946/52-IV/5 dne 13. března 1952 vyhlášeno za státní přírodní rezervaci o rozloze 464 ha. Zřizovatelem bylo Ministerstvo školství, věd a umění a cílem jejího zřízení byla ochrana krajinného rázu, zvířeny a květeny. Podle tohoto dokumentu „Hospodářství v lesích bude pouze maloplošné a při novém zalesňování uskuteční se rekonstrukce původního složení lesa. V rezervaci nejsou dovoleny zásahy, které by změnily její přírodní a krajinný ráz.“ Tento velmi obecný cíl byl odrazem doby, kdy téměř veškerá hospodářská činnost byla považována z hlediska ochrany přírody a krajiny za negativní. Později bylo toto území přeřazeno zákonem o ochraně přírody a krajiny a jeho prováděcí vyhláškou do kategorie národní přírodní rezervace. V roce 1972 se NPR Koda stala společně s NPR Karlštejn (založené roku 1955) součástí Chráněné krajinné oblasti Český kras a svým územním rozsahem, pestrostí biotopů a jejich kvalitou je po NPR Karlštejn druhým nejvýznamnějším územím Českého krasu (Horáčková & Tichý, 2014).

2.2.1 Charakteristika území

2.2.1.1 Lokalizace

Území národní přírodní rezervace Koda se rozkládá na jih a západ od Berounky mezi Tetínem, Tobolkou a Srbskem v Karlštejnské vrchovině, ve Středočeském kraji, okres Beroun (Kubíková, Ložek, Špryňar, 2005). Převážně lesnaté území Kody je dobře vymezeno vůči okolní zemědělské krajině, neboť hranice NPR sleduje hranici lesa na západě, severu a jihu. Na východě území vede hranice po horním okraji východního svahu Císařské rokly (Horáčková & Tichý, 2014). Nadmořská výška rezervace se pohybuje v intervalu 220–467 m.n.m. a celková výměra činí 463,6 ha (Kubíková, Ložek, Špryňar,

2005). Jde o členité zalesněné území, na kterém je v souladu s členitým georeliéfem a klimatem vyvinut soubor vápnomilných ekosystémů, zahrnující všechny hlavní biotopy Českého krasu. Ochranné pásmo není vyhlášené, je jím tedy dle § 37 zákona č. 114/1992 Sb. pás do vzdálenosti 50 m od hranice ZCHÚ.

Plánovaný experiment bude probíhat na východním svahu vrchu Za Lípou (376 m.n.m.), na severním okraji NPR Koda (viz obr.1).



Obr. 1: Lokalizace NPR Koda a plochy s plánovaným experimentem. Zdroj: mapy.cz

2.2.1.2 Předmět ochrany

Současný hlavní předmět ochrany podle plánu péče o NPR Koda na období 2013–2017 (Anonymus, 2013) je rozdělen do 3 skupin – ekosystémy, druhy a útvary neživé přírody. U ekosystémů je v závorce uveden kód podle katalogu biotopů České republiky (Chytrý et al., 2001)

2.2.1.2.1 Ekosystémy

Nejrozšířenějším ekosystémem NPR Koda, který najdeme na 310 ha (62 % plochy celé rezervace), jsou Hercynské dubohabřiny (L3.1). Jedná se o lesy výmladkového původu s převahou dubu a habru na plošinách a mírných svazích (k severu i strmějších), s

přimíšeným bukem, lípou a jasanem. Dalším ekosystémem patřícím k předmětu ochrany jsou perialpidské bazifilní teplomilné doubravy (L6.1), zastoupené na 32 ha (6 % plochy rezervace). Jsou to rozvolněné šípákové doubravy na strmých jižních svazích s přechody do skalních a suchých trávníků. Středoevropské bazifilní teplomilné doubravy (L6.4) najdeme na 10 ha (2 % plochy rezervace), zejména na odvápněných plošinách s teplomilnými prvky. Květnaté a vápnomilné bučiny (L5.1, L5.3) s výskytem na 11 ha (2 % plochy rezervace) jsou charakterizovány jako lesy v polohách chladnějších a lépe zásobených vodou než dubohabřiny, s převahou buku, v bylinném patře hajních druhů náročnějších na živiny. Předmětem ochrany jsou také suťové lesy (L4), které najdeme na 30 ha (6 % plochy rezervace). Jsou to lesy na strmých severních a SV svazích se skalními výchozy, s převahou lip a javorů. Lesní pěnovecová prameniště (R1.3) se zastoupením na ploše 0,2 ha jsou popsána jako potoční nivy v Kodské a Císařské rokli s inkrustacemi pěnovce v podobě kaskádových přehrádek. Na 17 ha (3,4 % plochy rezervace), především na úpatí Tobolského vrchu a Kodské stěny, najdeme širokolisté suché trávníky (T3.4). Druhově bohaté trávníky na hlubších půdách s dominancí válečky prapořité a svěřepu vzpřímeného. Úzkolisté suché trávníky (T3.3) se vyskytují na 3 ha a jedná se o nízké trávníky na mělkých půdách s dominancí kostřavy valiské, kostřavy žlábkaté, ostřice nízké a kavylu vláskovitého. Často je najdeme na přechodu od výslunných skalních biotopů k lesu. Skalní vegetace s kostřavou sivou (T3.1) zastoupená na 5 ha (1 % plochy rezervace) zahrnuje rozvolněné trávníky výslunných skalnatých svahů a hran s výskytem mochny písečné, kostřavy sivé, pelyňku ladního a seselu sivého. Předmětem ochrany jsou také pěchavové trávníky (T3.2) s výskytem na 3 ha (0,6 % plochy rezervace). Trávníky s dominancí pěchavy vápnomilné na spíše zastíněných skalních svazích. Štěrbínová vegetace vápnitých skal a drolin (S1.1) se vyskytuje na 1 ha a vyznačuje se převahou drobných kapradin (sleziník routička, sleziník červený). Bazifilní vegetaci efemér a sukulentů (T6.2) s výskytem na 1 ha zahrnuje plošky s velmi mělkou půdou v mozaice se skalními a suchými trávníky osídlené krátkověkými bylinami (jarními efeméry, především osívkami a penízkiem prorostlým) a sukulenty (především rozchodníky).

2.2.1.2.2 Druhy

Z druhů je hlavním předmětem ochrany včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), řazený dle červeného seznamu (Grulich, 2012) do kategorie C1. Včelník rakouský se v

NPR Koda vyskytuje na skalních trávnících v Kodské a císařské rokli v početnosti cca 500 jedinců.

2.2.1.2.3 Útvary neživé přírody

Jako hlavní předmět ochrany je označeno také 6 útvarů neživé přírody. Císařská rokle s přirozenými výchozy devonských vápenců, paleontologickými lokalitami, významnými stratigrafickými profily. V horní části rokle je jeskyně s archeologickými nálezy, suché údolí a skalní stupeň s vyvěračkou. Nachází se zde také kaskády s aktivní tvorbou pěnoveců. Dále Kodská rokle (Údolí děsů) s přirozenými výchozy silurských a devonských vápenců, na výchozech je patrný kodský přesmyk, krasové jevy a jeskyně s archeologickými nálezy. Kodský pramen, jakožto další předmět ochrany je krasový pramen s průměrnou vydatností 11,5 l/s a stálou teplotou 11°C. Z vody se vysrážela ve čtvrtohorách pěnovecová kupa mocná až 15 metrů. Do předmětu ochrany jsou zahrnuty také dvě jeskyně – Kodská jeskyně (K1128715-J-00001) a jeskyně Martina (K1128715-J-00005) ve staroprvohorních vápencích s četnými archeologickými nálezy a Tobolský vrch tvořený devonskými vápenci s paleontologickými nálezy, krasovými jevy – škrapy a jeskyněmi s archeologickými nálezy.

2.2.1.3 Cíl ochrany

Podle minulého plánu péče o NPR Koda (na léta 2001–2010) (Švihla et al., 2000) jsou dlouhodobým cílem péče o NPR Koda lesní porosty přírodě bližší. Nástrojem je tedy komplexní přestavba (vytváření lesních porostů druhovou, věkovou i prostorovou skladbou, podobných lesům přírodním), jejíž součástí musí být přeměna člověkem vytvořených převážně stejnověkých, smíšených porostů a místy i porostů z nepůvodních dřevin. Na vybraných plochách biotopů skal, skalních trávníků, suchých trávníků a teplomilných doubrav je cílem zachování a obnova stavu, který umožňuje výskyt zvláště chráněných a ohrožených druhů.

Nový plán péče o NPR Koda (na léta 2013–2017) (Anonymus, 2013) formuluje cíle ochrany na základě současných znalostí v následujících doslova uvedených bodech:

– *Na části území jsou cílem přírodě blízká klimaxová lesní společenstva umožňující v střednědobé až dlouhodobé perspektivě bezzásahový režim (bučiny, doubravy).*

– *Zachování porostů dubohabřin se zvětšeným podílem prosvětlených porostů, nejlépe ve tvaru středního nebo nízkého lesa.*

- *Zachování a obnova rozvolněných porostů šipákových doubrav s enklávami suchých trávníků.*
- *Trvalé udržení travinného a skalního bezlesí s výskytem teplomilných druhů rostlin a živočichů.*
- *Vytvoření a udržení vhodných podmínek pro dlouhodobou stabilizaci lokalit včelníku rakouského.*
- *Vytvoření a udržení vhodných podmínek pro populace bezobratlých živočichů – především xerothermní druhy vázané na raně sukcesní plochy (motýli, blanokřídli, síťokřídli atd.) a reliktní druhy původních lesů (brouci, plži aj.)*
- *Zajištění a obnovu podmínek pro nerušenou tvorbu pramenných vápenců (pěnovců) vytvářejících hrázky a kaskády, včetně biologické složky ovlivňující jejich tvorbu.*
- *Zachování nenarušeného stavu podzemních (jeskyně) i povrchových (např. škrapy) krasových jevů, zejména těch jeskyní, kde byly učiněny významné archeologické nálezy.*
- *Zachování nerušené existence přirozených skalních výchozů silurských a devonských vápenců v Kodské rokli (Údolí děsů) a v Císařské rokli.*

2.2.1.4 Geologie

Geologický podklad Českého krasu tvoří zejména vápencová souvrství uložená v moři prvohorní pražské pánve. Podloží NPR Koda je z geologického hlediska tvořeno zejména usazenými horninami – vápenci a v menší míře i břidlicemi, pocházejícími ze staršího paleozoika pánve (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Vápence snadno podléhají krasovění, a proto je zde evidováno na 40 jeskyní (Anonymus, 2013). Vápence často bývají překryty mladšími uloženinami terciárního a kvartérního stáří. Ze čtvrtohorních sedimentů jsou pozoruhodné soustavy pěnovcových kaskád, které se vytvořily pod vyvěračkami v Císařské rokli a Údolí děsů. Jde o významné lokality sledování změn v přírodě od posledního glaciálu po dnešek (pánve (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Geomorfologicky patří NPR Koda do Hořovické pahorkatiny. Z hydrologického hlediska patří území NPR přímo do povodí Berounky, do které ústí Kodský potok, pramenící v Kodské vyvěračce a bezejmenný potok v Císařské rokli, pramenící ve zhlaví rokle (Anonymus, 2013). Na území najdeme také pestrou škálu půd (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Na vápencích můžeme nalézt dva odlišné typy půd podmíněné polohou v reliéfu terénu. Na prudších svazích a skalnatých srážech, na hranách plošin a popřípadě ve

vrcholových polohách jsou to humuso-karbonátové rendziny s výrazným podílem vápencového skeletu od iniciálních stádií – litozemí až po mulové rendziny na klidných a méně exponovaných místech. Na mírných svazích a plošinách pak nalézáme různé variety kambizemí s dekarbonatizovanou jemnozemí. Na odnosem nebo přínosem nepostižených plošinách se zachovaly i reliktní půdy typu terra fusca nebo terra rossa pozůstávající především z jílovitého nerozpustného rezidua, ostře hraničícího s korodovaným skalním podložím (Ložek, 2014).

Geologický podklad východního svahu vrchu Za Lípou, kde se nachází studovaná plocha tvoří biodetritické a organogenní vápence, biomikritové až mikritické hlíznaté vápence [ID: 529] a částečně také biodetritické vápence až mikritotické vápence, často nodule rohovců [ID: 528] a (viz obr.2).



Obr. 2: Geologická mapa 1:50 000 s vyznačenou plochou s plánovaným experimentem. Zdroj: Česká geologická služba (www.geology.cz)

2.2.1.5 Klimatické poměry

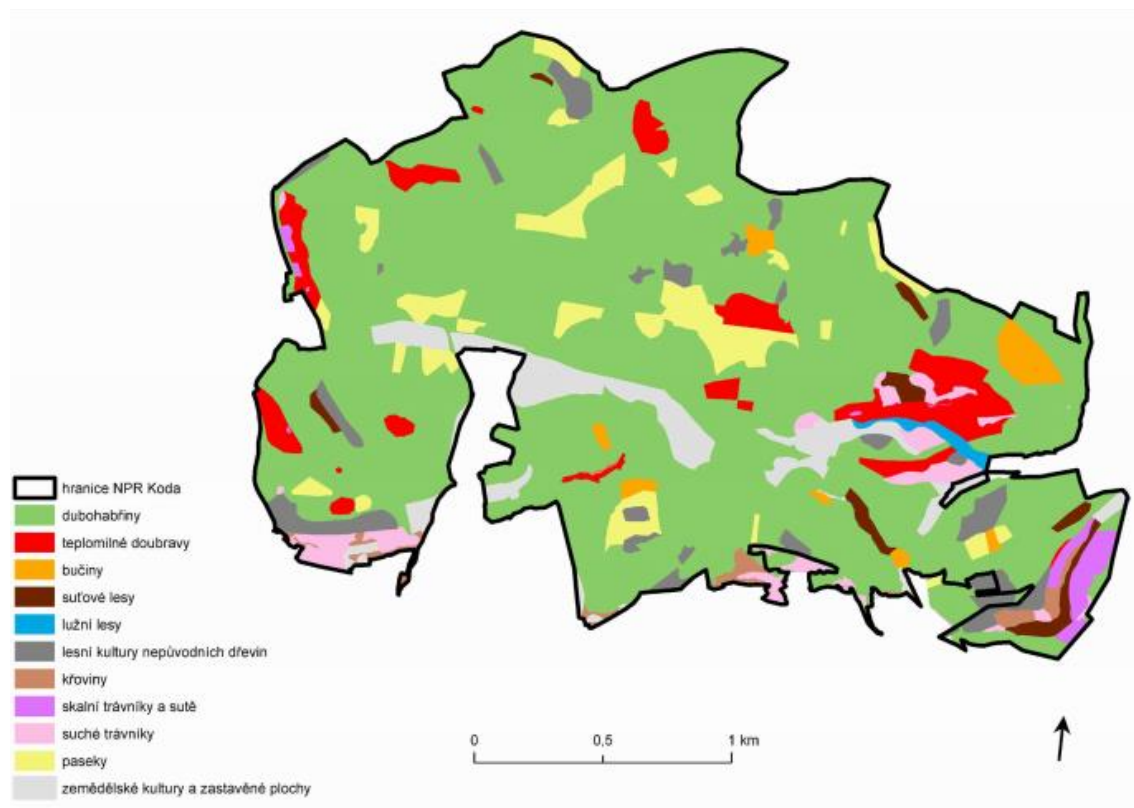
Jádrová oblast Českého krasu i jeho západní část patří do oblasti mírně teplé, mírně suché s mírnou zimou. Průměrná roční teplota činí 8–9 °C, průměrný roční úhrn srážek dosahuje 530 mm. Srážkové maximum připadá na červenec. V zimních měsících jsou srážky

minimální, sněhová pokrývka bývá nízká a vytrvává jen krátce. Díky pestrosti terénu a charakteru rostlinného pokryvu se zde výrazně uplatňují mikroklimatické vlivy (AOPK ČR, 2008). Podle Quitta (1971) patří NPR Koda do mírně teplé klimatické oblasti MT11. Údaje meteorologické stanice Tobolka, vzdálené cca 1 km jižním směrem od studované lokality, uvádějí průměrnou teplotu za roky 2009–2013 8,2 °C (Zdroj: Vápenka Čertovy schody – ústní sdělení). Historické Údaje dlouhodobého průměru pro meteorologickou stanici Karlštejn, Poučnick (220 m.n.m.), umístěné cca 4,5 km východně od studované lokality, z let 1901-1950 ukazují průměrný roční úhrn srážek 530 mm (Šamonil, 2007). Údaje meteorologické stanice Vysoký Újezd u Berouna, umístěné cca 9 km SV směrem od studované plochy, uvádějí průměrnou teplotu za roky 2008 až 2014 9,1 °C a průměrné srážky za stejné období 628,5 mm (Vysoký Újezd u Berouna – Amatérská meteorologická stanice, online, cit. 7. 4. 2018).

2.2.1.6 Flóra a vegetace

Z fytogeografického hlediska spadá NPR Koda do fytogeografického okresu č. 8 – Český kras (Skalický, 1988). Vlastní fytogeografický okres Český kras rozdělili Skalický & Jeník (1974) ještě na tři menší části – pražskou, centrální a zdicko-liteňskou část. Podle tohoto rozdělení leží NPR Koda v centrální části Českého krasu. Tato část je člověkem nejméně ovlivněnou oblastí nacházející se v jádře CHKO Český kras. Její květena je nejpestřejší, jelikož zahrnuje maximum reliktních biotopů. Charakterizují ji druhy lesní i lesostepní květeny, a dále druhy skalních a nelesních fytoocenóz na mělké půdě (Skalický & Jeník, 1974, Horáčková & Tichý, 2014). Na území NPR Koda plošně převažuje lesní vegetace (přibližně 90 %). Veškeré lesní porosty na Kodě byly v minulosti hospodářsky využívány (Novák & Tlapák, 1974, Horáčková & Tichý, 2014). Přirozené druhové skladbě se přibližují pouze některé zbytky suťových lesů na strmých kamenitých svazích, které nebyly vhodné k hospodářskému využití. Nelesní vegetaci tvoří jednak společenstva na plochách polopřirozeného bezlesí (skalní výchozy a sutě na jižně exponovaných svazích a na ně navazující suché trávníky), jednak fytoocenózy výrazněji antropicky ovlivněné (luční porosty, paseky a úhory). I když nelesní vegetace pokrývá pouze 10 % plochy rezervace, je druhově mnohonásobně bohatší než rozsáhlé lesní porosty a hostí také nejvíce ochranně významných a ohrožených druhů rostlin (Horáčková & Tichý, 2014).

Základní vegetační jednotky v rezervaci jsou charakterizovány na základě Katalogu biotopů ČR (Chytrý et al. 2010). Také mapa aktuální vegetace NPR Koda (viz obr. 3) je vytvořená na podkladě aktualizací mapování biotopů v letech 2006–2014.



Obr. 3: Mapa aktuální vegetace NPR Koda, vytvořená na podkladě aktualizací mapování biotopů v letech 2006–2014. Zdroj: Horáčková & Tichý (2014).

Z typologického hlediska v NPR Koda převažuje první a druhý lesní vegetační stupeň. Nejčastější je vápencová (W) edafická kategorie živné ekologické řady. Z živné ekologické řady jsou zastoupeny ještě kategorie hlinitá (H) a vysychavá (C). Dále jsou zastoupeny edafické kategorie hlinitá (D) a kamenitá (A) z humusem obohacené ekologické řady a vzácně se vyskytuje také xerothermní (X) edafická kategorie z extrémní ekologické řady. Na studované ploše, umístěné na východním svahu vrchu Za Lípou dominuje edafická kategorie W, ve spodních partiích svahu se vyskytuje také kategorie D a v jižní části na okraji studované plochy také kategorie A (viz obr. 4)

bučiny (L5.3). Pro mělké půdy a výhřevné horní části zejména jižních a jihozápadních svahů jsou typické perialpidské bazifilní teplomilné doubravy (L6.1) a středoevropské bazifilní teplomilné doubravy (L6.4). Tyto porosty plynule přecházejí do lesostepí a skalních stepí, které na území rezervace představují primární bezlesí. Sekundárním bezlesím jsou kosené louky na svazích v dolních částech svahů a v údolí na okraji rezervace. Vedle širokolistých suchých trávníků (T3.4) tu nalezneme i mezofilní ovsíkové louky (T1.1) (Horáčková & Tichý, 2014).

Jižně, jihozápadně a jihovýchodně orientované svahy s mělkou až velmi mělkou půdou na vápencovém podloží pokrývají druhově bohaté úzkolisté suché trávníky (T3.3) (Ložek, Kubíková, Špryňar, 2005). Na přechodech skalních a suchých trávníků v lesní porosty a podél cest můžeme nalézt vysoké mezofilní a xerofilní křoviny (K3) a na malých ploškách, často tvořených pouze jediným keřem můžeme v rezervaci identifikovat také nízké xerofilní křoviny (K4) (Horáčková & Tichý, 2014). Na prudkých skalnatých svazích převážně s jižní expozicí (ale roztroušeně se vyskytující i na svazích s jinými expozicemi) je vyvinuta skalní vegetace s kostřavou sivou (*Festuca pallens*) (T3.1), zatímco na nejčastěji severně nebo západně orientovaných svazích vápencových skal jsou vyvinuty pěchavové trávníky (T3.2). Na skalnatých částech rezervace můžeme nalézt také bazifilní vegetaci efemér a sukulentů (T6.2) a štěrbinovou vegetaci vápňitých skal a drovin (S1.1).

Hercynské dubohabřiny (L3.1)

Společenstva této vegetační jednotky v NPR Koda lze obecně zařadit ke svazu *Carpinion*, do asociace *Melampyro nemorosi-Carpinetum* (Horáčková & Tichý, 2014). Dubohabrové lesy jsou plošně nejzastoupenější vegetační jednotkou na území rezervace, zaujímají více než 60 % její plochy (Anonymus, 2013). Dubohabřiny pokrývají plošiny a mírně sklonité svahy všech expozic s hlubší, dobře vyvinutou půdou na vápencovém podkladu. Vyhýbají se pouze kyselým půdám na Kodske plošině (kde přecházejí do suchých acidofilních doubrav). Téměř souvisle pokrývají většinu severní části rezervace, mozaikovitě se pak objevují i ve zbytku území (Horáčková & Tichý, 2014). Porosty mají pravidelný zápoj stromového patra (většinou nad 75 %). Dominantním druhem stromového patra je *Carpinus betulus*, méně pak *Quercus petraea*, bývají vtroušeny i další druhy – *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* (Chytrý, 2013). Zastoupení těchto dřevin, zejména pak habru, bylo pozitivně ovlivněno dlouhodobě uplatňovaným výmladkovým

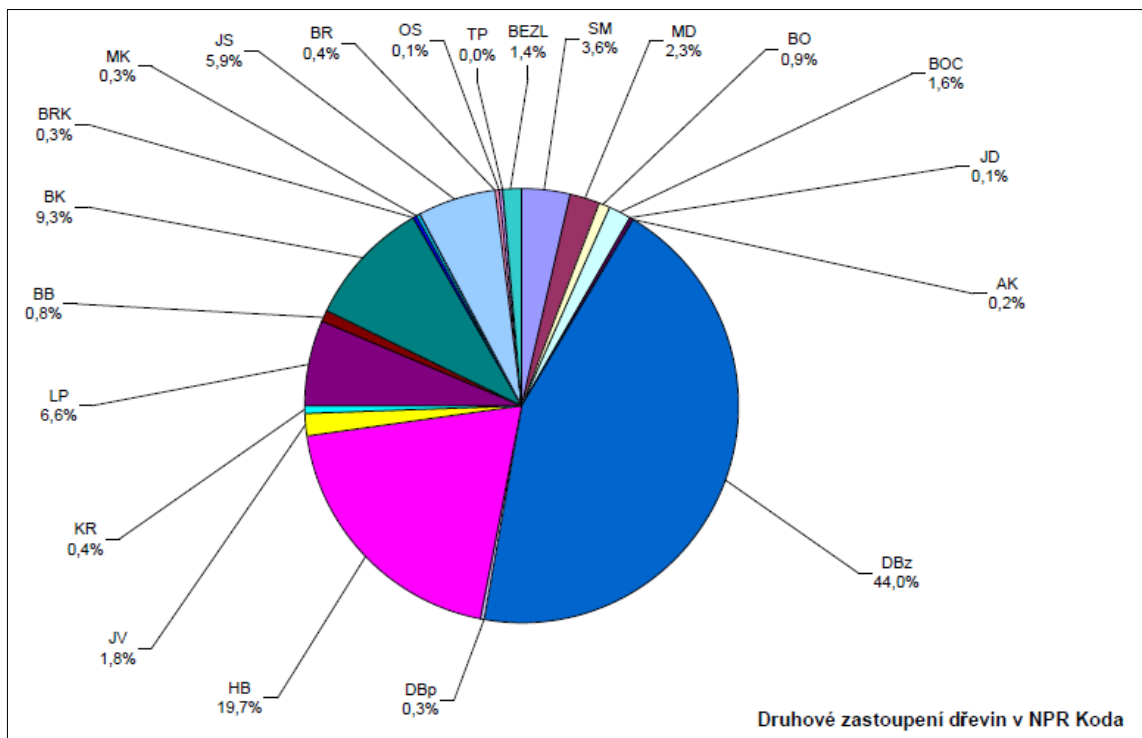
hospodařením (AOPK ČR, 2008). V keřovém patře, jehož pokryvnost kolísá nejčastěji v rozmezí 0–40 %, můžeme nalézt kromě hlavních dřevin stromového patra také druhy rodu *Crataegus*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Lonicera xylosteum*, *Sorbus torminalis* nebo *Rhamnus cathartica* (Chytrý, 2013). Mezi dominantní taxony bylinného patra patří *Carex digitata*, *Hepatica nobilis*, *Lathyrus vernus*, *Galium odoratum*, *Luzula luzuloides*, *Melica nutans*, *Poa nemoralis*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*, *Viola reichenbachiana* a *V. mirabilis* a řada dalších druhů jarního aspektu – *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Corydalis cava* a *C. intermedia* (Horáčková & Tichý 2014). Jarní aspekt je nejlépe vyvinut v dubohabřinách pokrývajících dolní části svahů s hlubší humózní půdou a vyšší půdní vlhkostí. Mechové patro není výrazné, většinou pokrývá méně než 5 % plochy fytoecologických snímků. Dubohabřiny nejsou jen plošně nejrozsáhlejším biotopem v NPR Koda, ale mají i rozsáhlou variabilitu vegetační. Vyznačují se přechody k několika biotopům – suchým kyselým doubravám, teplomilným doubravám a k vápnomilným bučinám (AOPK ČR, 2008). Přechody k suchým kyselým doubravám se objevují na nevápnitých půdách s dominantními travinami *Poa nemoralis* a *Luzula luzuloides*. Velmi hojné jsou přechody k teplomilným doubravám na mělkých půdách s teplomilnými druhy jako jsou *Anthericum ramosum*, *Cornus mas*, *Bupleurum falcatum*, *Dictamnus albus* či *Polygonatum odoratum*. Na mírných severních svazích či na hlubších a vlhčích půdách na Kodské plošině vytvářejí dubohabřiny přechody k vápnomilným bučinám, kde buk nedosahuje dominance ve stromovém patře. Chybějí zde vzácnější orchideje *Cephalanthera rubra* a *Corallorhiza trifida*, zatímco *Neottia nidus-avis* nebo *Cephalanthera damasonium* se vyskytují běžně (Horáčková & Tichý, 2014). Většina dubohabřin v rezervaci byla v minulosti obhospodařována jako střední nebo nízký les výmladkový (Dörner & Müllerová, 2014). Značná část těchto lesů v současnosti zarůstá expandujícími druhy dřevin, zejména *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea* a *Ligustrum vulgare*, kvůli jejichž zástínu dochází k redukci, místy druhově velmi bohatého, bylinného patra (Horáčková & Tichý, 2014).

2.2.2 Historie lesů NPR Koda

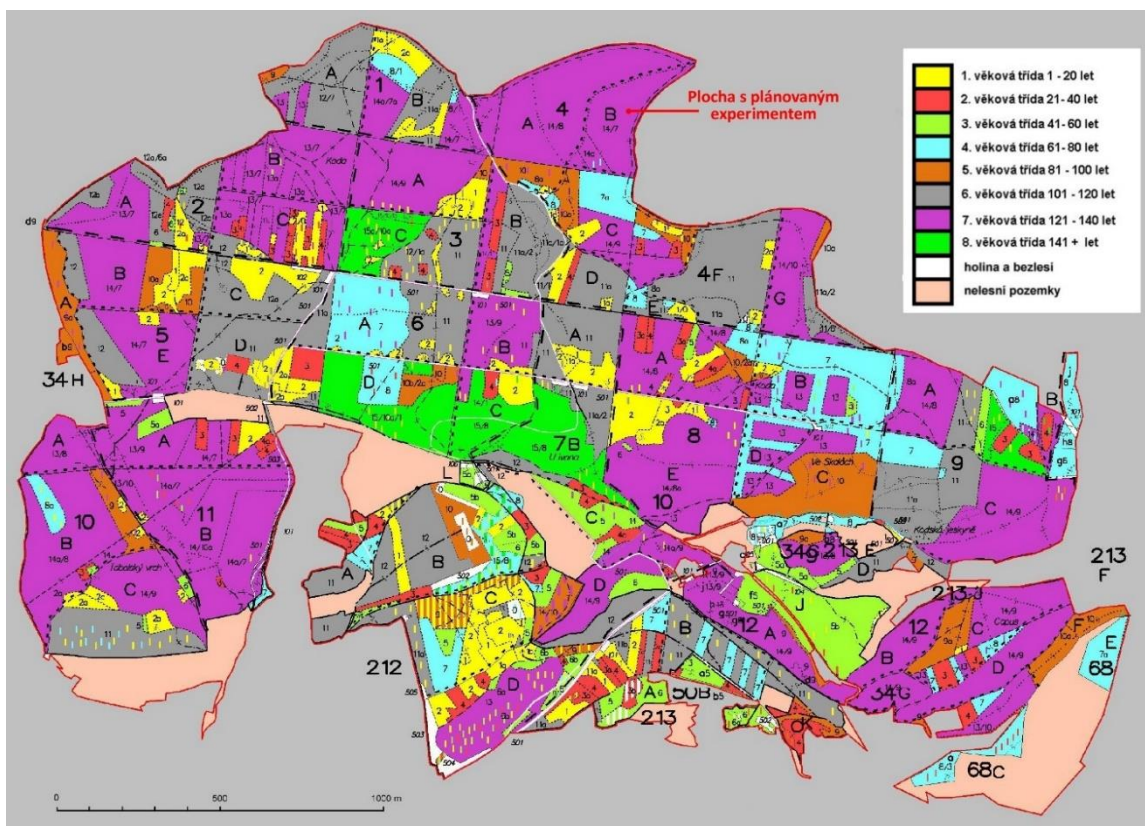
Historie lesů Karlštejnského panství, na jehož území se dnešní NPR Koda nachází, podrobně popsal Novák & Tlapák (1974). Nejstarší zprávy o karlštejnských lesích jsou známy již z první poloviny 15. století. Jedná se většinou o účetní záznamy o příjmu peněz za prodané dříví či za prodané lesy. Z porovnání těchto záznamů s pozdějšími účty

z počátku 18. století je zřejmé, že v 15. století docházelo k prodeji dřeva v daleko větší míře než ve století 18. O celkovém stavu lesů v 15. století lze soudit jen z velkého rozpětí cen za jednotlivé prodávané sortimenty. Lesy byly nejspíše různověké, z rozličného dříví, ze značné části tvaru lesa nízkého, jak je v blízkosti Prahy pravděpodobné (Novák & Tlapák, 1974). Záznamy o stavu lesů v následujících stoletích nejsou bohužel známy. První úplnější písemné záznamy karlštejnského panství pocházejí až z první poloviny 18. století. Z nich je možné vyčíst, že například podíl borovice lesní v Tetínském revíru byl výrazně vyšší než dnes. Byla to druhá nejvíce zastoupená dřevina hned po dubu (Horáčková & Tichý, 2014). V polovině 18. století byla na Kodě pravděpodobně nejmenší zásoba dřeva. Důvodů k tomu bylo více. Značná část stavebního dříví byla již vytěžena a většina lesa sestávala z pařezin, tedy dřevin obnovujících se výmladkovým způsobem (vegetativně) a sloužících především jako palivo (Dörner & Müllerová, 2014). Některé pozemky v jihovýchodní části Kody byly také využívány jako nelesní pastviny. Běžně se páslo i v lesích, kde se také hrabalo stelivo pro dobytek. Vysoká poptávka po dřevě využívaném jako palivo přetrvávala až do poloviny 19. století, takže na velké ploše území se hospodařilo pařezinově (Novák & Tlapák, 1974). Doba obmýetí u těchto pařezin byla na počátku 19. století 40–50 let, což se zejména z důvodu nízké bonity půdy ukázalo příliš dlouhé. Proto bylo v roce 1835 rozhodnuto o snížení doby obmýetí v pařezinách na 30, v některých porostech i na 15 let (Novák & Tlapák, 1974; Döner & Müllerová, 2014). Ještě v první polovině 19. století byl podíl pařezin výrazně vyšší než vysokokmenného lesa. Podle Obstova lesního hospodářského plánu z roku 1864 je z celého revíru Koda les vysoký či v převodu veden pouze na 0,6 % plochy. V tomto revíru v oddělení I.- Nad Skalky, kde se nachází studovaná lokalita, je udáván průměrný věk porostu 6 let, a průměrně zde rostlo 8,4 výstavek na hektar. Stav lesů nebyl podle tohoto plánu ideální. Jako jeden z důvodů je udávána nadměrná těžba a nedostatečné vylepšování porostu v pařezinách, ve kterých vznikaly mezery způsobené malou výmladností (Döner & Müllerová, 2014). S vybudováním železnice z Prahy do Plzně v roce 1862 se však začalo dovážet uhlí, význam palivového dříví poklesl a pařeziny se částečně převáděly na nepravé kmenoviny (Horáčková & Tichý, 2014). Obstův plán reflektuje a předpokládá přechod z lesa nízkého na les střední a postupně vysoký. Vzhledem k přírodním poměrům v revírech na karlštejnsku se však nepředpokládá přechod většiny lesů na toto hospodaření, ale pouze lokalit k tomu vhodných. Takové lokality se nacházely pouze na

1,2 % z celkové rozlohy lesní půdy (Döner & Müllerová, 2014). Ve skutečnosti však byla mnohem větší část lesních porostů postupně převedena na vysoký les se zapojenými korunami. Dřívější jemná mozaika porostů různého stáří se místy změnila na homogenní stejnověký les s odlišnými ekologickými podmínkami (Van Calster et al., 2007; Wiegmann & Waller 2006). Často bylo redukováno či výrazně změněno původní druhové složení stromového patra (Decocq et al. 2005). Významnější však bylo nahrazování pařezin nepůvodními dřevinami výsadbou či sítí, a to smrkem zejména na stinnějších stanovištích, borovicí černou a akátem na stanovištích výsušných, dále modřínem a částečně i původním dubem (Horáčková & Tichý, 2014). Podle evidence z roku 1936 dosáhl na karlštejském panství podíl nepůvodního, vysazovaného smrku 20 % z redukované zásoby. Předstihl tím i habr s 13 % a dostal se na druhé místo za dub s 21 %. Borovice černá zaujímala necelá 3 % (Novák & Tlapák, 1974). Po vyhlášení rezervace v roce 1952 byl podíl nepůvodních jehličnanů dále snižován až na současných cca 7 %. Současný stav druhové a skladby je znázorněn na obr.5. Rozsah lesní půdy NPR Koda byl v polovině 19. století téměř stejný jako dnes (Horáčková & Tichý, 2014). Co se týče zásoby dřevní hmoty v rezervaci, ještě v roce 1936 byla průměrná zásoba 44,5 m³/ha, dnes je 169 m³/ha. Během 70letého vývoje se změnily původně světlé lesy s četnými holinami o průměrném zakmenění 0,6 na lesy s průměrným zakmeněním 0,9, tedy vysoce zapojené, s vysokým stupněm zastínění spodních pater, včetně přízemní vegetace. To pochopitelně znamenalo značnou změnu lesních ekosystémů (Anonymus, 2013). Díky obhospodařování pařezinovým způsobem je dnes velká část porostů v NPR Koda dvouetážová, kde 1. etáž tvoří výstavky a 2. etáž tvoří stromy, které byly obhospodařovány výmladkovým způsobem. Stejně tomu je i na studované ploše na východním svahu vrchu Za Lípou, kde je porost 14/7 (viz obr. 6). Na studované ploše jsou lesy obhospodařovány výmladkovým hospodařením s největší pravděpodobností dlouhá staletí. Jelikož převod nízkých lesů na lesy vysoké probíhal až po roce 1864, kdy byl podle Obstova plánu průměrný věk na této lokalitě 6 let a dnešní výstavky mají věk cca 140 let, je na této lokalitě prakticky vyloučena přítomnost vysokého lesa v posledních dvou staletích.



Obr. 5: Současné druhové zastoupení dřevin v NPR Koda. Zdroj: Anonymus (2013)



Obr. 6: Porostní mapa NPR Koda, znázorňující věkovou strukturu lesů. Zdroj: Anonymus (2013)

3 Metodika

Tato diplomová práce je součástí rozsáhlejšího výzkumu lesních ekosystémů v CHKO Český kras, prováděného zejména s cílem zhodnotit význam výmladkového hospodaření na biodiverzitu. V srpnu 2017 byla založena nová lokalita pro tento výzkum a hlavním cílem této práce bylo na vybraných plochách detailně charakterizovat vegetaci, čímž byl zaznamenán výchozí stav pro plánovaný experiment. Byla použita shodná metodika jako na lokalitě Voskop (Hroník, 2014).

3.1 Popis celkového experimentu

Jak již bylo uvedeno v kapitole o historii rezervace, NPR Koda je území, na jehož velké části se až do dnes dochovaly výmladkové lesy. Současná podoba východního svahu vrchu Za Lípou, na kterém bude experiment probíhat, je výsledkem velmi specifického, intenzivního a dlouhodobého managementu, který zahrnoval nejen pravidelnou těžbu dřeva, jejíž následná obnova porostů probíhala pařezovou výmladností, ale i pastvu dobytka a hrabání steliva. Dochoval se zde tedy zachovalý výmladkový les s jedinečným druhovým složením a strukturou. Následkem dlouhodobé absence těžebních zásahů v těchto lesích však došlo na velké části NPR Koda, a také na studované lokalitě, k úplnému zapojení porostů. Proto je vhodné navázat na dřívější management výmladkového hospodaření provedením zásahů vedoucích k prosvětlení porostů a přispět tak k dlouhodobému udržení přírodovědné hodnoty tohoto cenného objektu. Účelem tohoto zásadního kroku je toto společenstvo dlouhodobě udržet v příznivém stavu. Vzhledem k nedostatečným zkušenostem s tímto způsobem péče bohužel nedokážeme zcela přesně odhadnout jaký vliv bude mít na jednotlivé vzácné druhy rostlin a živočichů. Proto byly založeny zkusné plochy, které by poskytly základní znalosti o vlivu pařezinového hospodaření na různé složky živé přírody. V roce 2013 již byla založena zkusná plocha na vrchu Voskop v Českém krasu (Hroník, 2014) a v roce 2017 byla založena druhá zkusná plocha na vrchu Za Lípou, která je zpracována v této práci.

Projekt, který bude na Voskopu i Za Lípou dlouhodobě probíhat pod vedením Mgr. Petra Karlíka, bude zahrnovat širokou škálu přírodovědných oborů. Jeho cílová podoba vyplyne z monitoringu výchozího stavu, který je pro lokalitu Za Lípou zaznamenán v této práci. Po zaznamenání výchozího stavu se porost postupně smýtl a bude následovat samotný monitoring. Délka monitoringu by měla být alespoň 15 let. Toto smýcení bude znamenat

obnovu hospodářského tvaru středního lesa, který je vzhledem k cílům zvýšení vertikální diferenciacie lesa a zvýšení biodiverzity v porostech vhodnější než les nízký. Experiment se na lokalitě Za Lípou bude týkat zejména dubohabřin (svaz *Carpinion* Issler 1931), částečně s přechodem do teplomilných doubrav (svaz *Quercion pubescenti-petraeae* Braun-Blanquet 1932), nalézajících se na horní partii svahu. Oproti západně orientované spíše xerothermní lokalitě na vrchu Voskop, byla plocha na vrchu Za Lípou záměrně vybrána na východním svahu s mezofilnějším charakterem. Důvodem je možnost následné generalizace výsledků z těchto lokalit.

3.2 Terenní a laboratorní práce

3.2.1 Vymezení zkusných ploch

Počátkem srpna roku 2017 byly za pomoci laserového dálkoměru vyznačeny rohové stromy šesti zkusných pruhů, které budou po dvojicích v intervalu deseti let postupně odtěženy s ponecháním vybraných výstavků. Pruhy byly vymezeny tak, aby orientace svahu byla u všech sjednocena na východ. Šířka pruhů je 25 m a délka se pohybuje mezi 100 m a 140 m, v závislosti na délce svahu. Kompletní hranice pruhů byly vyznačeny svislým pruhem na hraničních stromech.

V každém pruhu bylo od 2. srpna do 5. září vymezeno 5 kruhových zkusných ploch o poloměru 8,5 m (227 m²). Velikost snímků byla zvolena na základě návaznosti na již zmíněné probíhající výzkumy výmladkového hospodaření na vrchu Voskop v Českém krasu. Ve zkusných plochách byl současně zaznamenán aktuální stav vegetace pomocí fytoocenologických snímků, obsahujících seznam druhů rostlin a jejich pokryvnosti. V blízkém okolí vyznačených pruhů, kde nebude těžba prováděna, bylo vymezeno dalších 10 zkusných ploch, které budou sloužit jako kontroly (viz obr. 7). Při výběru těchto kontrolních ploch byla dodržována minimální vzdálenost 10 metrů od vymezených pásů, aby byl minimalizován vliv okrajového efektu. Severně na vymezené pásy experimentální plochy navazují dvě paseky, na kterých byl již management obnovy středního lesa proveden. Na těchto pasekách byly vymezeny další trvalé plochy, kde byl zaznamenán aktuální stav vegetace a stanovištních poměrů. Na pasece vzdálenější od vymezených pruhů, označena jako PASEKA 1, byly vymezeny dvě zkusné plochy a na pasece blíže k vymezeným pruhům, označené jako PASEKA 2, byly vymezeny 4 zkusné plochy. Zkusné plochy na pasekách byly vybrány na základě délky svahu a možnostech terénu tak,

aby opět snímky byly homogenní. Na PASECE 1, kde se přibližně v polovině nachází malý selský lom, byly vymezeny pouze 2 plochy. Horní plocha je díky omezenému prostoru obdelníková, na rozdíl od všech ostatních ploch. Velikost snímku však odpovídá 227 m². U obou pasek bohužel nebyl zaznamenán výchozí stav před smýcením, které proběhlo před zadáním této diplomové práce. Tato data jsou proto v této práci zmíněna jen okrajově. Vyhodnocení dat z pasek proběhne ve spolupráci se školitelem v příštích letech.

Celkem tedy bylo během vegetační sezóny 2017 vymezeno 46 ploch. V jejich středu byly zatlučeny dřevěné kolíky a na nejbližším stromě bylo barvou provedeno označení plochy vodorovným pruhem kolem stromu a číslem plochy, směřujícím k vyznačenému středu. Následně byly středy ploch trvale fixovány zatlučením ocelových geodetických bodů, což je nutný předpoklad pro zdárný dlouhodobý průběh pokusu. Označení ploch a jejich středů je zobrazeno na obrázku č. 7.

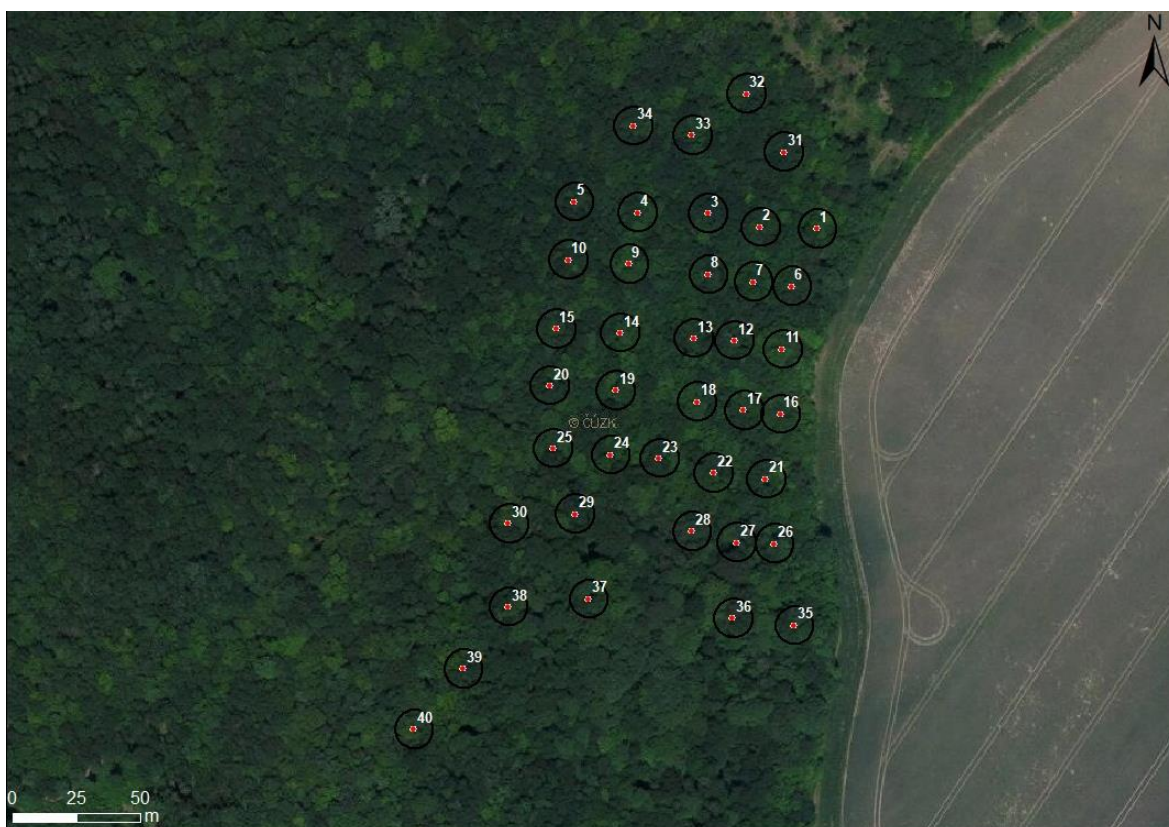


Obr. 7: Ukázka způsobu označení zkusných ploch a jejich středů.

Číslování zkusných ploch bylo provedeno vzestupně proti svahu postupně podle zkusných pásů (viz obr. 8). Trvalé plochy byly vybírány tak, aby byla dosažena co nejvyšší

homogenita zahrnutého terénu a vegetace, aby v rámci plochy nedocházelo k náhlým změnám. Umístění ploch bylo také omezeno velikostí pásů.

Kontrolní plochy byly vybírány tak, aby co nejvěrněji odpovídaly základnímu souboru snímků. Z Jejich výběr byl omezen velikostí svahu s jednotnou orientací ke světovým stranám a složením jednoduchým složením stromového patra.



Obr. 8: Mapa zobrazující lokalizaci a označení trvalých zkusných ploch. Zdroj: podkladové mapy ČÚZK.

3.2.2 Popis vegetace

Fytcenologické snímkování bylo prováděno současně s vymezováním zkusných ploch během srpna 2017. Jednotlivé druhy byly určovány s pomocí publikací Kubát et al. (2002) a Rothmaler (2009) a následně byla odhadnuta jejich pokryvnost s použitím rozšířené Braun-Blanquetovy stupnice (Tab.1).

Na plochách bylo rozlišováno patro bylin, juvenilních dřevin, keřů a stromů. Druhy byly do těchto pater zařazeny podle následující stupnice. Uvedené rozměry pro rozlišení juvenilních dřevin a keřového patra však nebyly ověřovány přesným měřením, jsou tedy pouze orientační.

E1 (bylinné patro) – je tvořeno semennými a vyššími výtrusnými bylinami a polokeřky, jejichž výška dosahuje zpravidla do 1 m, může však sahat i výše (např. *Calamagrostis epigejos*) (Moravec et al. 1994).

Juvenilní dřeviny – stromy a keře, dosahující výšky bylinného patra (Knollová & Michalcová 2013).

E2 (keřové patro) – je tvořeno dřevinami, jejichž výška se pohybuje v intervalu 1–3 m. Kromě keřů zahrnuje toto patro také mladé exempláře stromů (Moravec et al. 1994).

E3 (stromové patro) – je tvořeno stromy dosahujícími výšky nejméně 3 m (Moravec et al. 1994).

Tab. 1: Tabulka Braun-Blanquetova stupnice (Braun-Blanquet 1964)

r	ojetiněle (obvykle 1 rostlina), pokryvnost zanedbatelná
+	roztroušeně, pokryvnost zanedbatelná
1	roztroušeně až dosti hojně, pokryvnost 1–5 %
2m	hojně, pokryvnost přibližně 5 % (pro druhy, které se vyskytují s velkou četností ale malou pokryvností (trávy apod.))
2a	pokryvnost 5–15 %
2b	pokryvnost 15–25 %
3	pokryvnost 25–50 %
4	pokryvnost 50–75 %
5	pokryvnost 75–100 %

Fytocenologické zápisy spolu s pokryvnostmi jednotlivých etází byly následně přepsány do databázového programu Turboveg for Windows.

3.2.3 Půdní vlastnosti, sklon, orientace

Na podzim 2017 proběhl odběr půdních vzorků pro rozbor fyzikálních a chemických vlastností půdy ze všech zkusných ploch. Na každé ploše byl získán jeden směsný vzorek odebraný na 4 různých místech dané plochy z humusového horizontu. Směsné vzorky byly následně sušeny na vzduchu v laboratoři, očištěny od zbytků organického a jiného nežádoucího materiálu a přesety přes síto o velikosti ok 2 mm. Vzniklá jemnozem byla použita pro měření pH a stanovení totálního obsahu prvků v půdě.

Půdní reakce neboli pH označuje kyselost půdy a je dána přítomností a aktivitou iontů vodíku. Hodnota pH mimo jiné ovlivňuje také příjem živin rostlinami. Některé ionty se vlivem pH sráží a jejich příjem je tak omezen či zcela znemožněn. Podle hodnoty pH tedy je možné předpokládat, jaké živiny v půdě jsou pro rostliny dostupné a jaké nikoliv. Měření pH půdního roztoku bylo provedeno pomocí pH metru. Přístroj byl nejprve zkalibrován použitím kalibračních pufrů o známé a přesné hodnotě pH. Půdní roztok byl připraven smícháním 10 g zkoumané jemnozeme a 25 ml destilované vody. Směs se nechala 30 minut usadit a následně byl vzorek znovu promíchán a nechán 1 minutu odstát. Poté byla do roztoku ponořena elektroda pH metru a změřená hodnota zaznamenána. Takto bylo postupováno u všech 40 vzorků. Stupnice pH je zobrazena v tab.2.

Tab. 2: Půdní reakce – pH (H₂O) (Moravec et al. 1994)

< 3,5	velmi silně kyselé
3,5 – 4,5	silně kyselé
4,5 – 5,5	středně kyselé
5,5 – 6,5	mírně kyselé
6,5 – 7,2	neutrální
7,2 – 8,0	mírně zásadité
8,0 – 8,5	středně zásadité
8,5 – 9,0	silně zásadité
9,0 <	velmi silně zásadité

K druhé analýze směsných vzorků byl použit rentgenový analyzátor Delta. Analyzátor byl propojen s počítačem a po vložení vzorku do detekčního přístroje a spuštění měření, se výsledek zobrazil v počítačovém softwaru *EveryWAN Remote Support Personal Edition*. U každého vzorku byla provedena trojice měření, ze které byla následně vypočítána průměrná hodnota. Po analyzování všech vzorků byla naměřená data exportována do formátu programu Microsoft Excel. Rentgenový analyzátor stanovuje totální obsah přítomných prvků a uvádí je v hmotnostních procentech v jednotkách ppm (parts per million), znamenající 10⁻⁴ % či hmotnost složky v mg na 1 kg soustavy. Naměřené hodnoty byly následně porovnány se zastaralou vyhláškou č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Tato vyhláška stanovuje maximálně přípustné hodnoty rizikových prvků v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu. Naměřené výsledky jsou dobře porovnatelné s hodnotami stanovenými pro ostatní půdy metodou rozkladu v lučavce královské, které

jsou uvedeny ve vyhlášce (viz tab.3). Dále byly hodnoty porovnány s aktuální platnou vyhláškou 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Tato vyhláška udává preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg/kg sušiny).

Tab. 3: Obsah rizikových prvků v půdách (mg.kg-1) – Maximálně přípustné hodnoty (rozklad lučavkou královskou). (Vyhláška 13/1994 Sb.), preventivní hodnoty (Vyhláška 153/2016 Sb.)

Prvky	Vyhláška 13/1994 Sb.		Vyhláška 153/2016 Sb.	
	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Běžné půdy
As	30	30	15	20
Be	7	7	1,5	2
Cd	0,4	1	0,4	0,5
Co	25	50	20	30
Cr	100	200	55	90
Cu	60	100	45	60
Hg	0,6	0,8	0,3	0,3
Mo	5	5		
Ni	60	80	45	50
Pb	100	140	55	60
V	150	220	120	130
Zn	130	200	105	120

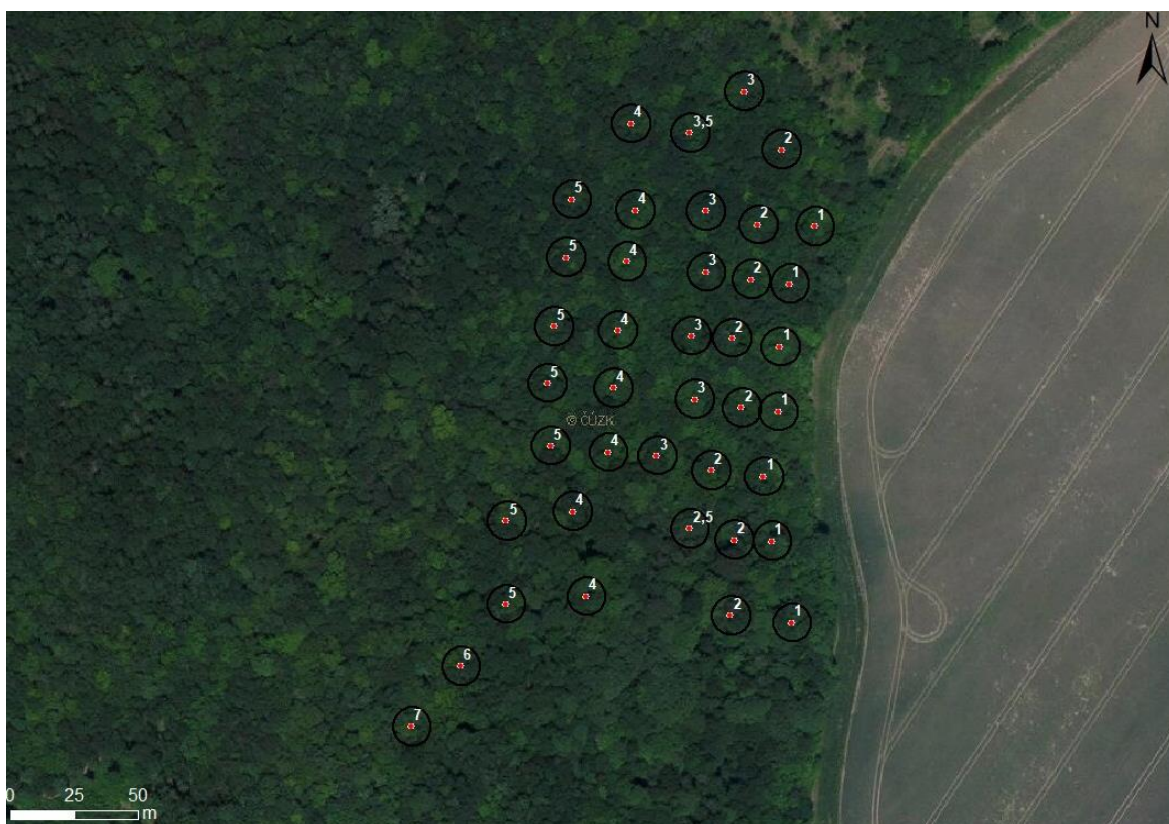
Dále byly na všech plochách odebrány 2 Kopeckého válečky o standardním objemu 100 cm³ (průměr 56,4 mm, výška 40 mm). Pro možnost porovnání výsledných hodnot s hodnotami zemědělské půdy a pasek byly odebrány také 2 válečky z pole pod studovanou lokalitou a 12 váleček z pasek v těsné blízkosti studované plochy. Všechny válečky s půdou byly po odebrání zváženy pro zjištění momentní vlhkosti. Následně byly umístěny na trvale mokré filtrační papír, po dobu 2 dní se nechaly nasákovávat a byly opět zváženy. Poté byly válečky přesunuty do sušičky, kde se při teplotě 95 °C sušily až do konstantní hmotnosti a zváženy. Od všech měření byla nakonec odečtena hmotnost samotných váleček. Schopnost půdy zadržovat vodu (water holding capacity – WHC) byla vypočtena ze vzorce:

$WHC = (hmotnost\ nasáknuté\ půdy - hmotnost\ vysušené\ půdy) \times 100 / hmotnost\ vysušené\ půdy$ (Karlík & Poschold, 2009).

Dne 8. března 2018 byla na všech zkusných plochách měřena hloubka půdy. Měření bylo provedeno ocelovým drátem o tloušťce 6 mm a délce 1 m, který byl upraven pro pohodlnou manipulaci a opatřen špicí pro snadnější vniknutí do půdy. Měření bylo realizováno v 16 bodech na každé ploše. V každém kvadrantu snímku byly realizovány 4 vpichy, z důvodu lepšího odhadu průměrné hloubky půdy na ploše. Tato metodika pomohla vyloučit extrémy, spočívající ve zjištění nulových hodnot případným naražením na ojedinělý menší kámen či kořen. Z 16 naměřených hodnot z každé plochy byl pro potřeby analýz vypočten jejich průměr a medián.

Orientace zkusných ploch byla zjišťována pomocí buzoly, nasměrováním po spádnici svahu ze středu jednotlivých snímků. Sklon byl měřen pravítkem kombinovaným s úhloměrem, ke kterému byla připevněna olovnice. Samotné měření sklonu bylo uskutečněno s odstupem od zájmové plochy, kdy byla v natažené ruce rovina pravítka srovnána s horizontem svahu a hodnota sklonu odečtena na stupnici úhloměru.

Nakonec byla pro účely analýz každé zkusné ploše přiřazena hodnota 1–7, která zastupuje její polohu na svahu. Hodnotou 1 byly označeny nejnižše položené snímky a hodnotou 7 plochy umístěné v nejvyšších partiích svahu. Tato klasifikace je zobrazena na obrázku č. 9.



Obr. 9: Mapa zobrazující klasifikaci snímků podle polohy ve svahu. Zdroj: podkladové mapy ČÚZK.

3.2.4 Zpracování dat

3.2.4.1 Editace dat

V terénu nasbíraná data z fytoocenologických snímků byla zadána pomocí databázového programu Turboveg for Windows (Hennekens, 1996) a následně byla v programu Juice 7.0 (Tichý, 2002) upravena do fytoocenologické tabulky. Pro účely této databáze byly ponechány druhy podle určení, a v některých případech nomenklatura nemusí odpovídat používané publikaci Kubát et al. (2002), např. *Tanacetum corymbosum*. Juvenilních jedinci rodu *Quercus* nebyly z důvodu obtížnosti bližší determinace dále řazeny do druhů a všechny jsou tedy označeny *Quercus* sp. Pro analýzy již byla nomenklatura sjednocena podle Kubát et al. (2002). V softwaru Juice 7.0 byly dále dopočítány průměrné Ellenbergovy indikační hodnoty pro jednotlivé plochy.

Jako další proměnná prostředí byla dopočítána hodnota potenciálního přímého slunečního záření (PDSI). K jejímu výpočtu byly použity údaje o zeměpisné šířce, sklonu a expozici. Výpočet byl proveden přidáním cosinů úhlů mezi sluncem a povrchem plochy v 15minutových intervalech po celý den. Výpočet na základě popisu Jeníka & Rejmánka (1969) byl proveden pro 21. den každého měsíce v období od prosince do června. Ze softwaru Turboveg for Windows byla získána data o pokryvnosti jednotlivých etází a počtu druhů ve snímku.

3.2.4.2 Analýza dat

3.2.4.2.1 Úprava fytoocenologické tabulky

Fytoocenologické snímky exportované z programu Turboveg for Windows byly nahrány do softwaru Juice 7.0, v němž byla vytvořena a editována výsledná fytoocenologická tabulka. Pro větší přehlednost tabulky byly druhy rozříděny podle jednotlivých etází. V bylinném patře byly ještě dále rozděleny do svazů *Carpinion betuli*, *Quercinion pubescenti-petraeae*, podle publikace Chytrý (2013), a ostatní druhy. Dále byla v softwaru Juice porovnávána data z fytoocenologických snímků z lokality Voskop a Za Lípou. Porovnání lokalit proběhlo tak, že ze snímků z každé lokality byl vytvořen jeden sloupec synoptické tabulky. Pro tyto sloupce byla zjištěna frekvence výskytu jednotlivých druhů a byla vypočtena fidelita pomocí phi koeficientu (Chytrý et al., 2002). Fidelita (= věrnost) druhu určuje stupeň vázanosti daného taxonu na určitou vegetační jednotku. Vysoká fidelita tedy znamená

vysoký výskyt na jedné ploše, ale současně o to menší výskyt na ploše druhé. Pomocí synoptické tabulky byly tedy zjištěny hlavní odlišnosti vegetace mezi lokalitami.

3.2.4.2.2 Jednorozměrné statistické analýzy

Statistické vyhodnocení jednotlivých proměnných prostředí bylo provedeno v programu STATISTICA. V rámci této práce bylo na lokalitě Za Lípou naměřeno či vypočítáno celkem 48 proměnných prostředí. Pro 28 z nich jsou již naměřená data i na lokalitě Voskop (Hroník, 2014) a data z obou lokalit byla porovnána. Pro všechny proměnné prostředí byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka (SD). U proměnných, jejichž hodnoty máme naměřeny z lokality Za Lípou i lokality Voskop bylo zjišťováno, zdali se navzájem signifikantně liší či nikoliv. Nejdříve bylo zjištěno, zda mají data normální rozdělení, k čemuž byl použit Shapiro-Wilkův test pro zjišťování normality s hladinou významnosti $p=0,05$. Test normality byl proveden u každé lokality pro všechny proměnné zvlášť. Pokud rozdělení alespoň u jedné z lokalit nebylo normální, byl použitý neparametrický, Kruskal-Wallisův H test. V případě, že bylo rozdělení u obou lokalit normální, byl použit parametrický F-test (ANOVA). Dále byly pro vybrané proměnné vytvořeny krabicové grafy, pro lepší znázornění rozdílů naměřených hodnot z obou lokalit.

3.2.4.2.3 Mnohorozměrné statistické analýzy

Data z fytoocenologických snímků ze zkusných ploch byla analyzována pomocí softwaru CANOCO 5. Tyto analýzy nám pomohly vysvětlit některé závislosti rozložení jednotlivých druhů s ohledem na vlastnosti prostředí. Nejdříve bylo zjištěno, jaké vztahy mezi sebou vzájemně mají různé proměnné prostředí. Použita k tomu byla nepřímá lineární analýza PCA, kde byly proměnné prostředí zobrazeny jako „species“. V rozhodování, zda použít lineární či unimodální metodu nám pomohla délka gradientu. Při nepřímé ordinaci nejde o naměřené proměnné prostředí, ale o všechny potenciální gradienty prostředí, které strukturují vegetaci, tedy o jakousi celkovou heterogenitu souboru. Je-li velikost nejdelšího gradientu více než 4, je třeba použít unimodální metodu. Pokud je jeho délka menší než 3, pak je obvykle vhodnější metoda lineární (Herben & Münzbergová, 2003). V mém případě byla délka gradientu (SD) značně pod hodnotou 3, proto byla použita metoda lineární. Předpoklad lineární odezvy druhů je také v souladu se skutečností, že byla analyzována pouze jedna relativně malá lokalita s poměrně homogenními stanovištními poměry. V dalším kroku již bylo analyzováno druhového složení. K tomu byla použita nepřímá

lineární analýza PCA s logaritmickou transformací pokryvností druhů (potlačuje význam dominantních druhů s vysokou pokryvností), s centrováním a standardizací dat, která zobrazuje strukturu druhového složení (vzájemné vztahy mezi jednotlivými druhy). Centrování a standardizace druhů znamená, že hodnoty každého druhu budou vyjádřeny v relativních jednotkách. Tento typ standardizace obecně dává větší váhu vzácným a málo pokryvným druhům.

Pro přesnější vysvětlení závislosti výskytu druhů na proměnných prostředí byla dále provedena přímá lineární analýza (RDA), kde statisticky zjišťujeme významnost naměřených hodnot konkrétních vlastností prostředí. Pro tuto analýzu byla opět použita logaritmická transformace dat, data byla standardizována a centrována. Statistickou průkaznost analýz zobrazuje výsledek permutačního testu (hodnota p), který udává pravděpodobnost chyby I. druhu. Hodnota tohoto testu se pohybuje v intervalu 0–1 a jeho přesnost je dána počtem permutací. V našem případě jsme nechali přednastavenou hodnotu permutací tj. 499. Aby byl test statisticky průkazný, musí být hodnota $p < 0,05$.

Vzhledem k velkému množství zjištěných prvků a dalších environmentálních proměnných byly pro účely přímých analýz separovány pomocí funkce „*Forward selection of expl. variables*“ jen ty proměnné, které nejvíce přispívají k vysvětlení variability vegetace. Vybrané proměnné byly následně použity pro tvorbu výsledného diagramu RDA, zobrazujícího vztah mezi těmito proměnnými a druhy.

4 Výsledky

4.1 Flóra a vegetace

Na lokalitě Za Lípou byly provedeny fytoocenologické zápisy na 40 zkusných plochách. Lokalita se nachází v prvním a druhém vegetačním stupni, kde by měl v přirozené dřevinné skladbě převládat dub, což odpovídá reálnému zjištěnému stavu. Z hlediska aktuální vegetace spadají fytoocenologické snímky do svazu *Carpinion betuli*, přičemž v horní části výzkumné plochy jsou patrné přechody do teplomilných doubrav. Fytoocenologické zápisy jsou uvedeny v tabulce č.4.

Tab. 4: Fytoocenologická tabulka: nomenklatura dle Kubát et al. (2002)

		000000000111111111222222222233333333334
		1234567890123456789012345678901234567890
Stromové patro E3:		
<i>Carpinus betulus</i>	[1]	534335544355542555445554.555334443543542
<i>Quercus petraea</i>	[1]	144432333543444432233.23232.224244223242
<i>Acer campestre</i>	[1]	.1.211...21.2...222.2...3121321.1.231.13
<i>Sorbus torminalis</i>	[1]	+...2...1.....21....2...23...3...32.3
<i>Fagus sylvatica</i>	[1]	.....1.....2.2.....
<i>Tilia cordata</i>	[1]	.....3.3.....12...22.42....3.....1.....
<i>Acer platanoides</i>	[1]	.....2.....
<i>Fraxinus excelsior</i>	[1]	.....3.....2.....
<i>Cornus mas</i>	[1]	1..+2.....
Keřové patro E2:		
<i>Cornus mas</i>	[4]	.....22....2.....123.....2.....+1
<i>Acer campestre</i>	[4]	.....1.....1.....1.....
<i>Carpinus betulus</i>	[4]	.....1...2.....
<i>Crataegus species</i>	[4]	.....1.....1.....
Juvenilní dřeviny:		
<i>Acer campestre</i>	[7]	211.2111++1++1111+1+1111+++222++++++11+
<i>Acer platanoides</i>	[7]	rrrrr+++++rr++++r++++r+++++tr+++++
<i>Crataegus species</i>	[7]	rrrr2+r+.++++rrr++++r.++rrr+++++r.+++
<i>Euonymus europaea</i>	[7]	...r.....+.r+.....+r+
<i>Fraxinus excelsior</i>	[7]	+rr...++++.rrrr+++++1+++++11+++211
<i>Ligustrum vulgare</i>	[7]	.....+r.....++
<i>Prunus spinosa</i>	[7]	...r.....r.....r.....
<i>Quercus species</i>	[7]	+211+11112++11+++++r...+1+11+.++++
<i>Rhamnus cathartica</i>	[7]	.....r....+.r.r.r.r.+++
<i>Ulmus glabra</i>	[7]	.r.....r.....r+.....2+
<i>Lonicera xylosteum</i>	[7]	.rrr+.++r..r+.++r+r+++..r1.r+++r+++
<i>Cornus mas</i>	[7]	+rr.r+r+r+.r+r..+.r+r+r.r+++..r1+
<i>Fagus sylvatica</i>	[7]	r.r...++++.1+rr+++r.++++r.+1+.r...22+...
<i>Tilia cordata</i>	[7]	.rr.r.r+r...+r.r.....+...+.....
<i>Carpinus betulus</i>	[7]	.r+r.++++.++r+.++++rrrrr...r+r...+1
<i>Tilia platyphyllos</i>	[7]	.r.r...r.....r+.+.r.....
<i>Sorbus torminalis</i>	[7]	.rr....+r.....r.....
<i>Acer pseudoplatanus</i>	[7]	r.....r.....+.....
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	[7]	.r.....r.....
<i>Prunus avium</i>	[7]	.....r...r+11+r

Bylinné patro E1:**Carpinion betuli:**

<i>Asarum europaeum</i>	[6]	+r+11++111+++++11111111++++++1++ .1+++1
<i>Carex digitata</i> var. <i>digitata</i>	[6]	++++.++++.r+++r++++++r+.r+.r1++r.r+.+
<i>Dactylis polygama</i>	[6]	+.r..r+.r..+.+++++.rr.r+.+.1...rr++1r
<i>Fragaria moschata</i>	[6]	.r.r+++.+r+.+.rr..r...+.r..+r+++ .r+++
<i>Galium odoratum</i>	[6]	2+122+1++++111+11211111++121+11+1+++++
<i>Galium sylvaticum</i>	[6]	r...r..r.....r...r.....+......r
<i>Hepatica nobilis</i>	[6]	11112++11++11+111111121+111+1+1+++1+++1
<i>Poa nemoralis</i>	[6]	.+112.++1++++++2+++1+r+++1+1.++++1
<i>Stellaria holostea</i>	[6]	+.r..+.++++.r++..2+++.1+++.2.+r1+..21+
<i>Viola reichenbachiana</i>	[6]	.r.+++++r+++rr.+++++r+rr+r+.+.++++r+
<i>Hieracium murorum</i>	[6]	.r.....r.....r....r....r.....
<i>Lathyrus vernus</i>	[6]	+1++++++1++++++11+r+1+1+.++++++
<i>Melittis melissophyllum</i>	[6]	.r...r...rr..+++.+r+++rrrr.....r..++
<i>Maianthemum bifolium</i>	[6]+......+
<i>Melica nutans</i>	[6]	.rr.....rr.....r.r.....+.r...r+.r..
<i>Neottia nidus-avis</i>	[6]	.....r.....r.....r.....
<i>Sanicula europaea</i>	[6]	.r.r.rrr..r...r.r...+.+.rr.....r+....
<i>Polygonatum multiflorum</i>	[6]+......+

Quercinion pubescenti-petraeae:

<i>Pyrethrum corymbosum</i>	[6]	rrr.rrr.r..r.rrrr..r.rr.r.rr...rrr....r.
<i>Viola mirabilis</i>	[6]	...r..+.r..+++.r++..+++.r..+.1..++++.
<i>Polygonatum odoratum</i>	[6]	.r.rr.....+.rr2r+++.r+r..r+.rr..rr
<i>Primula veris</i>	[6]	.r..r.rr+.r...r...r.....rr...rr+
<i>Carex montana</i>	[6]	+.r...r...r.....+.r.....
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	[6]	.....r.....

Ostatní druhy:

<i>Alliaria petiolata</i>	[6]	r+.++++.11...+.++++.r+12..r31+2++r.1+++
<i>Bromus benekenii</i>	[6]	+r+r+++++.++++.++++++r+++++1++++r++
<i>Chaerophyllum temulum</i>	[6]	r.+11+.++1+.r+++.+++1.+112r.r31+2+1r.1+++
<i>Elymus caninus</i>	[6]	...r...+.r.....+.r.....+
<i>Galium aparine</i>	[6]	....+.r.....+.r.....+
<i>Geum urbanum</i>	[6]	....r..++.....rr..+++r..+++.+++
<i>Lilium martagon</i>	[6]	...r.....rr..r...r.r.r.....r.r...
<i>Mercurialis perennis</i>	[6]	+++1+++++1+++++11++1++++1r++21++11.+11+1
<i>Pulmonaria obscura</i>	[6]	rrr+1r+++1+++++r+++++r+++++r+++++
<i>Rosa canina</i> s.lat.*	[6]	r+rr+.+.rrr+rrr.r..r.rr.rr+.r+++r.rrr
<i>Actaea spicata</i>	[6]	.....rr.....
<i>Hedera helix</i>	[6]	+.rrr..r.r.r..r.rr.rrrrr..rrr..r+.+.r...
<i>Viola collina</i>	[6]	...r.r..+.r...+r...+r...+.+.+.+.r...
<i>Campanula rapunculoides</i>	[6]	+rrrrr..r.r...rrrrr+.r...+.r...r...
<i>Carex muricata</i> + <i>pairae</i>	[6]	+rrr+++++.+.r...+r...+r...+r...+r...r
<i>Cephalanthera damasonium</i>	[6]	r.r..r.....r.r.r..r.r.r.....r.r.....
<i>Luzula luzuloides</i>	[6]	.....r.....r.....
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	[6]	...r...r.....r.....r.....
<i>Moehringia trinervia</i>	[6]	...r.....+.r.....+.r.....
<i>Ranunculus auricomus</i> s.lat.*	[6]	...1+.....r.....

Druhy přítomné pouze v 1 snímku:

Quercus robur [1] 1: 1; *Betula pendula* [1] 36: 3; *Prunus avium* [1] 36: 1; *Fraxinus excelsior* [4] 30: +; *Lonicera xylosteum* [4] 30: +; *Fagus sylvatica* [4] 21: 1; *Betula pendula* [7] 9: r; *Corylus avellana* [7] 5: r; *Pyrus pyraeaster* [7] 39: r; *Fragaria vesca* [6] 28: r; *Campanula trachelium* [6] 21: r; *Campanula persicifolia* [6] 17: +; *Brachypodium sylvaticum* [6] 3: r; *Daphne mezereum* [6] 36: r; *Clinopodium vulgare* [6] 23: r; *Allium species* [6] 30: r; *Berberis vulgaris* [6] 30: r; *Lapsana communis* [6] 30: +; *Aegopodium podagraria* [6] 26: +; *Galeopsis species* [6] 25: r; *Ribes species* [6] 5: r; *Taraxacum species* [6] 32: r; *Rumex species* [6] 35: r; *Vicia species* [6] 40: r;

Vysvětlivky:

Označení pater u druhů přítomných pouze v 1 snímku.

[1] – stromové patro E3

[4] – keřové patro E2

[6] – bylinné patro E1

[7] – juvenilní dřeviny

Carpinion betuli – diagnostické druhy svazu *Carpinion betuli* Issler 1931 (Chytrý, 2013).

Quercinion pubescenti-petraeae – diagnostické druhy svazu *Quercinion pubescenti-petraeae* Br.-Bl. 1932 (Chytrý, 2013).

V tabulce č. 5 je zobrazeno porovnání druhového složení lesního podrostu lokality Za Lípou a lokality na vrchu Voskop (Hroník, 2014) formou synoptické tabulky. V tabulce je zobrazeno vždy 15 nejtypičtějšých druhů pro danou lokalitu, tedy druhů s nejvyšší fidelitou. U všech vybraných druhů je fidelita vyšší než 40.

Tab. 5: Synoptická tabulka zobrazující fidelitu a frekvenci vybraných druhů z lokalit Za Lípou a Voskop. U každé lokality jsou uvedeny dvě hodnoty. První z nich je fidelita (vyjádřená hodnotou pHí koeficientu) a druhá, psaná drobným písmem (uvedená v exponentu), je frekvence druhu v rámci lokality (%).

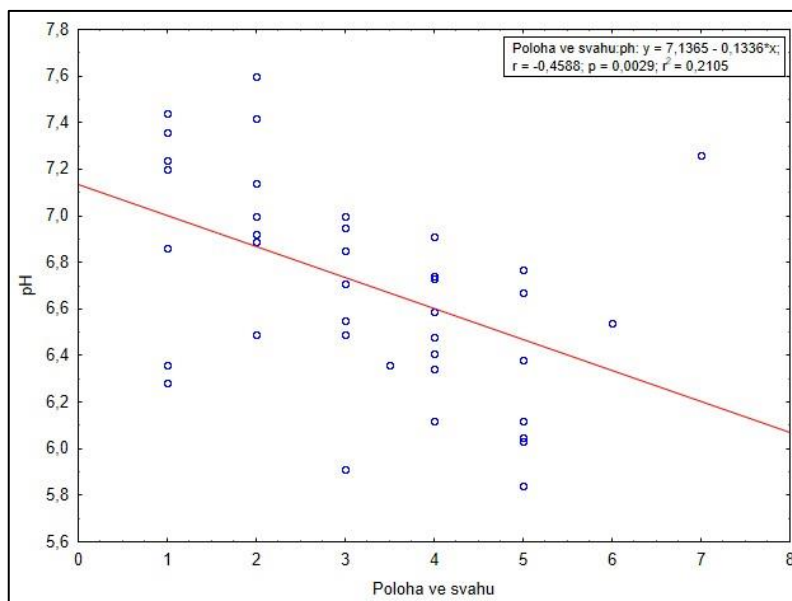
Lokalita	Voskop	Za Lípou
Počet snímků	40	40
<i>Carex humilis</i>	90.5 ⁹⁰	--- .
<i>Cotoneaster integerrimus</i>	87.5 ⁹²	--- 5
<i>Cornus sanguinea</i>	79.5 ⁷⁸	--- .
<i>Sesleria caerulea</i>	79.5 ⁷⁸	--- .
<i>Securigera varia</i>	77.5 ⁷⁵	--- .
<i>Teucrium chamaedrys</i>	75.4 ⁷²	--- .
<i>Veronica chamaedrys</i>	69.4 ⁶⁵	--- .
<i>Euphorbia cyparissias</i>	69.4 ⁶⁵	--- .
<i>Asperula tinctoria</i>	69.4 ⁶⁵	--- .
<i>Sorbus torminalis</i>	67.7 ⁸⁰	--- 12
<i>Campanula persicifolia</i>	66.1 ⁶⁵	--- 2
<i>Galium glaucum</i>	59.7 ⁵²	--- .
<i>Brachypodium pinnatum</i>	59.7 ⁵²	--- .
<i>Mycelis muralis</i>	55.8 ⁴⁸	--- .
<i>Hieracium murorum</i>	55.3 ⁷²	--- 18
<i>Pulmonaria obscura</i>	---	100.0 ¹⁰⁰
<i>Asarum europaeum</i>	---	97.5 ⁹⁸
<i>Chaerophyllum temulum</i>	---	83.8 ⁸²
<i>Galium odoratum</i>	---	83.8 ¹⁰⁰
<i>Alliaria petiolata</i>	---	72.3 ⁷²
<i>Stellaria holostea</i>	---	69.4 ⁶⁵
<i>Viola reichenbachiana</i>	---	67.7 ⁸⁸
<i>Dactylis polygama</i>	---	65.5 ⁶⁰
<i>Carex digitata</i> var. <i>digitata</i>	---	65.1 ⁸⁵
<i>Hedera helix</i>	---	56.0 ⁵²
<i>Melittis melissophyllum</i>	---	55.8 ⁴⁸
<i>Polygonatum odoratum</i>	---	52.0 ⁴⁸
<i>Geum urbanum</i>	---	49.9 ⁴⁵
<i>Tilia cordata</i>	---	48.0 ⁵⁵
<i>Lathyrus vernus</i>	---	45.8 ⁹⁸

4.2 Stanovištní poměry

4.2.1 Obecné půdní vlastnosti

4.2.1.1 Hodnoty pH

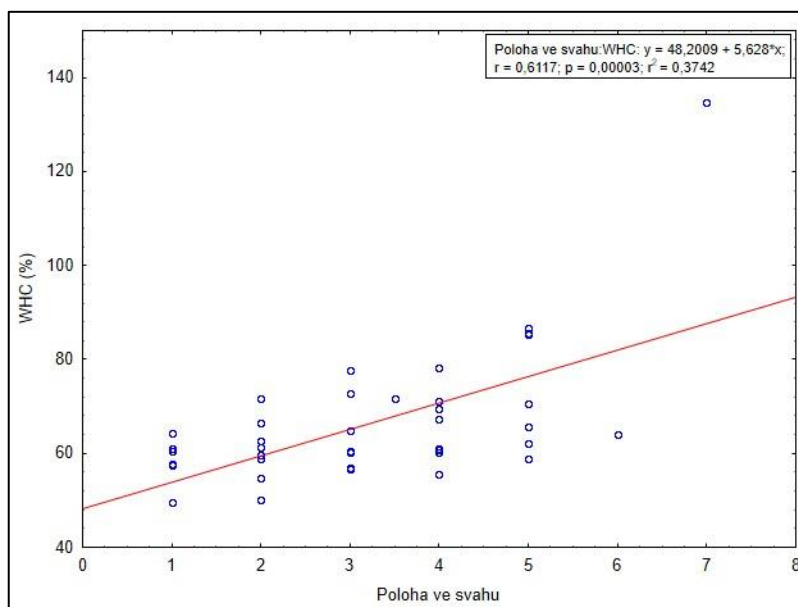
Naměřené hodnoty pH se pohybují v rozmezí od 5,84 do 7,6, tedy od mírně kyselých až po mírně zásadité (Moravec et al. 1994). Ve vztahu k poloze ve svahu se projevil pozitivní trend, tedy plochy umístěné ve spodních částech svahu mají signifikantně vyšší pH, než plochy ve vyšších partiích (viz obr.10).



Obr. 10: Závislost pH půdy na umístění plochy ve svahu.

4.2.1.2 Vodní kapacita půdy

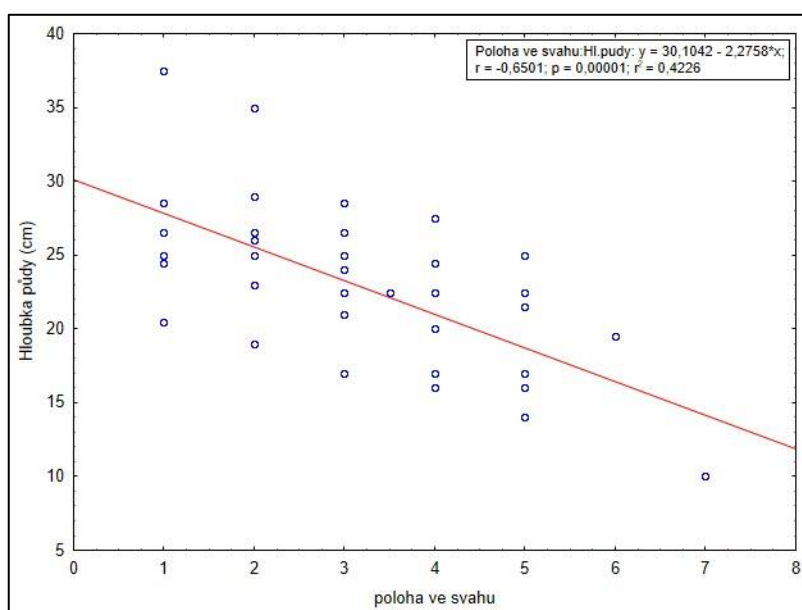
Schopnost půdy zadržovat vodu (water holding capacity – WHC) se napříč plochami pohybovala v rozmezí mezi 40 a 90 % a vykazuje pozitivní korelaci s polohou plochy ve svahu (viz obr.11). Výše položené plochy tedy mají vyšší schopnost zadržování vody v půdě. Výrazně se lišila plocha č.40, na které byla WHC naměřena 135 %.



Obr. 11: Závislost WHC na umístění plochy ve svahu.

4.2.1.3 Hloubka půdy

Vypočítaný medián z 16 měření pro každou plochu se na lokalitě pohyboval v rozmezí 10–37,5 cm. Naměřená hloubka půdy vykazuje negativní trend s polohou ve svahu, což znamená, že ve spodních partiích svahu je půda signifikantně hlubší než ve vyšších polohách (viz obr.12).



Obr. 12: Závislost hloubky půdy na umístění plochy ve svahu.

4.2.2 Prvky v půdě

Zjištěné prvky v půdě, jejich statistické ukazatele a srovnání obsahu rizikových prvků na studované ploše na vrchu Za Lípou s vyhláškou č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí, která stanovuje maximálně přípustné hodnoty rizikových prvků (mg/kg sušiny) v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu a s aktuální platnou vyhláškou 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Tato vyhláška udává preventivní hodnoty obsahů rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg/kg sušiny). Lokalita Za Lípou se nachází z pohledu vyhlášky 13/1994 Sb. na „ostatní půdě“ a dle vyhlášky 153/2016 Sb. na „běžné půdě.“ Výsledky jsou tedy porovnávány s těmito hodnotami. Prvky jsou seřazeny podle mediánu na základě jejich naměřeného množství v půdě od nejvíce zastoupených po nejméně zastoupené. Tabulka 6 udává prvky s největším zastoupením v půdě v gramech na kilogram sušiny.

Tab. 6: Nejvíce zastoupené prvky v půdě a jejich statistické ukazatele. Hodnoty jsou uvedeny v jednotkách g.kg-1.

Prvek	Statistické ukazatele naměřených hodnot			
	median	prumer	max	min
LE	648.18	647.31	757.83	588.90
Si	225.08	228.26	301.67	102.80
Al	48.80	48.56	58.53	36.07
Fe	31.40	31.38	38.08	24.77
Ca	19.93	19.41	45.66	6.25
K	13.08	12.94	17.34	7.54
Ti	4.76	4.73	5.90	3.66
Mn	1.19	1.26	3.38	0.72
P	1.13	1.17	2.76	0.00

V tabulce 7 jsou uvedeny prvky zastoupené v nižších množstvích. Jejich hodnoty jsou uvedeny v miligramech na kilogram sušiny. Následující prvky byly pod detekční hranicí rentgenového analyzátoru Delta a nejsou v tabulkách uvedeny: Mg, Cl, Co, Mo, In, Sn, Sb, Ba, W, Au, Hg, Tl, Bi, U.

Tab. 7: Prvky zastoupené v půdě v menších množstvích a jejich statistické ukazatele v porovnání s maximální přípustnou hodnotou dle vyhlášky č. 13/1994 Sb a s preventivní hodnotou z vyhlášky č. 153/2016 Sb. Všechny hodnoty jsou uvedeny v jednotkách mg.kg-1.

Prvek	Statistické ukazatele naměřených hodnot				Vyhláška 13/1994 Sb.		Vyhláška 153/2016 Sb.	
	median	prumer	max	min	Lehké půdy	Ostatní půdy	Lehké půdy	Běžné půdy
S	669.33	704.03	2808.00	0.10				
Zr	262.50	259.42	446.00	123.67				
Zn	146.17	154.23	297.00	94.33	130	200	105	120
Rb	94.33	94.12	125.33	67.33				
Sr	71.17	72.01	85.33	59.33				
Pb	64.83	67.70	143.67	44.67	100	140	55	60
Cr	52.33	45.50	96.00	0.10	100	200	55	90
Cu	42.83	44.34	57.67	32.00	60	100	45	60
Ni	42.67	40.89	68.00	0.10	60	80	45	50
As	23.67	24.17	37.33	17.67	30	30	15	20
Y	20.00	25.85	75.00	0.10				
Th	14.67	15.23	29.67	0.10				
Cd	0.10	0.35	10.00	0.10	0.4	1	0.4	0.5
Se	0.10	0.21	1.33	0.10				
Ag	0.10	1.15	9.00	0.10				

4.2.3 Ostatní měřené proměnné prostředí

Na lokalitě byly změřeny či dopočítány i další proměnné prostředí – proměnné související s expozicí lokality (sklon, orientace, PDSI), ukazatele biodiverzity a Ellenbergovy indikační hodnoty. Tyto proměnné jsou zobrazeny v tabulce č.11.

Tab. 8: Environmentální proměnné na vrchu Za Lípou.

Proměnné prostředí	prumer	SD
Pokryvnost mechů (%)	1,10	0,38
Pokryvnost E1 (%)	26,18	14,75
Pokryvnost E2 (%)	4,88	9,62
Pokryvnost E3 (%)	89,45	5,43
Zápoj (%)	96,45	3,49
Počet druhů celkem (ks)	35,03	4,72
Počet druhů v E1 (ks)	21,63	3,01
Shannonův index	2,34	0,31
Momentní vlhkost (%)	47,96	8,88
Sklon svahu (°)	15,15	4,49
Orientace	91,38	7,84
Světlo (Ellenberg)	4,46	0,23
Teplota (Ellenberg)	5,72	0,09
Kontinentalita (Ellenberg)	3,80	0,12
Vlhkost (Ellenberg)	4,78	0,10
Půdní reakce (Ellenberg)	6,97	0,13
Živiny (Ellenberg)	5,42	0,24
PDSI: 21.12.	1,51	0,19
PDSI: 21.1.	2,13	0,23
PDSI: 21.2.	3,46	0,24
PDSI: 21.3.	5,10	0,21
PDSI: 21.4.	6,69	0,14
PDSI: 21.5.	8,10	0,08
PDSI: 21.6.	8,74	0,04

4.3 Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz

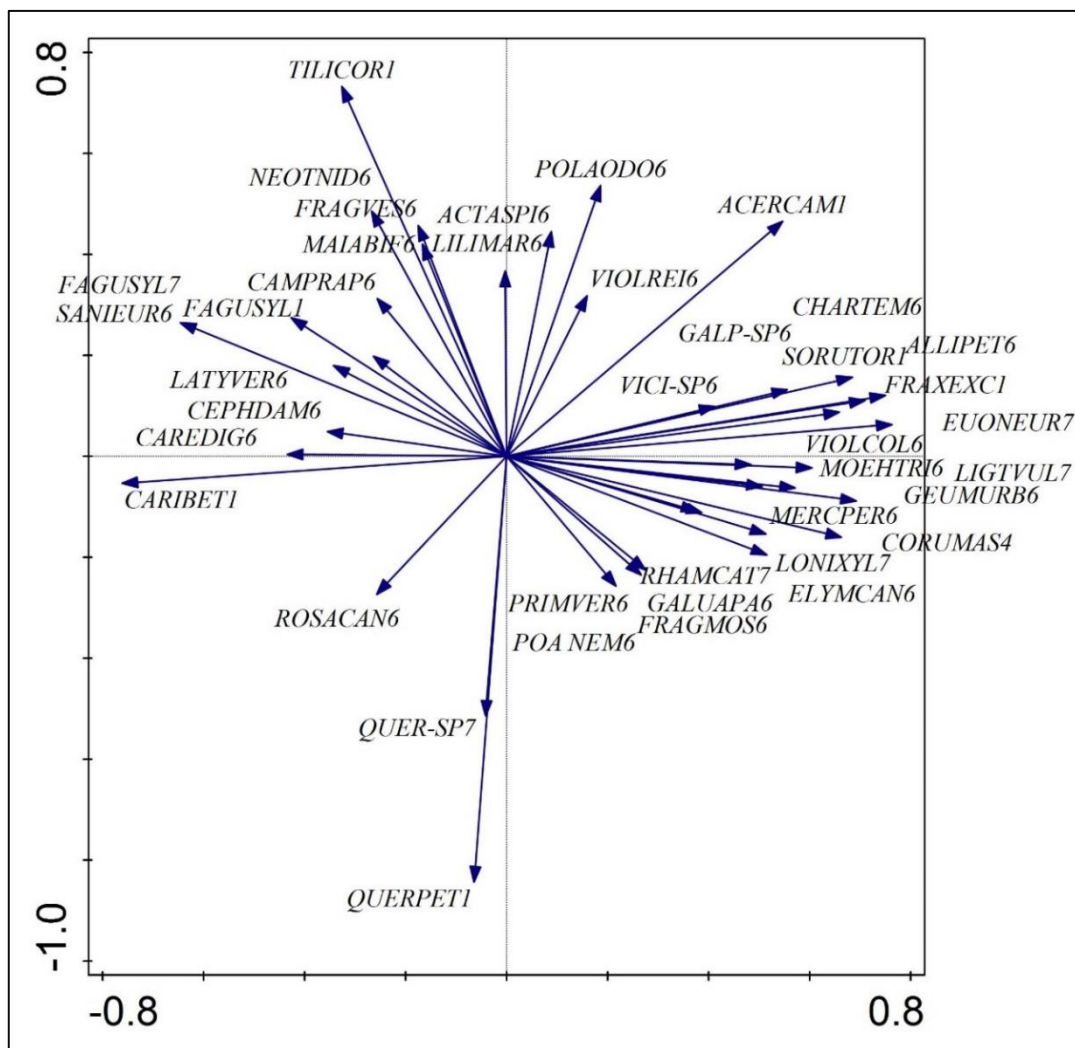
Obě dvě nepřímé analýzy (PCA a otočená PCA) a procenta variability vysvětlené prvními čtyřmi osami jsou shrnuty v následující tabulce (Tab.8). Tato procenta jsou důležitá pro zjištění úspěšnosti analýzy. Čím výraznější je v datech systematická variabilita, tím vyšší procento celkové variability je shrnuto prvními několika osami.

Tab. 9: Ordinační nepřímé analýzy PCA. Tabulka zahrnuje číselné označení, popis analýz a procenta variance vysvětlující čtyřmi osami.

číslo analýzy	Popis ordinační nepřímé analýzy	% variance (kumulativní)			
		osa 1	osa 2	osa 3	osa 4
1	PCA - log. transformace, standardizace a centrování dat	19.91	32.65	42	49.5
2	otočená PCA	33.73	49.65	59.4	68.8

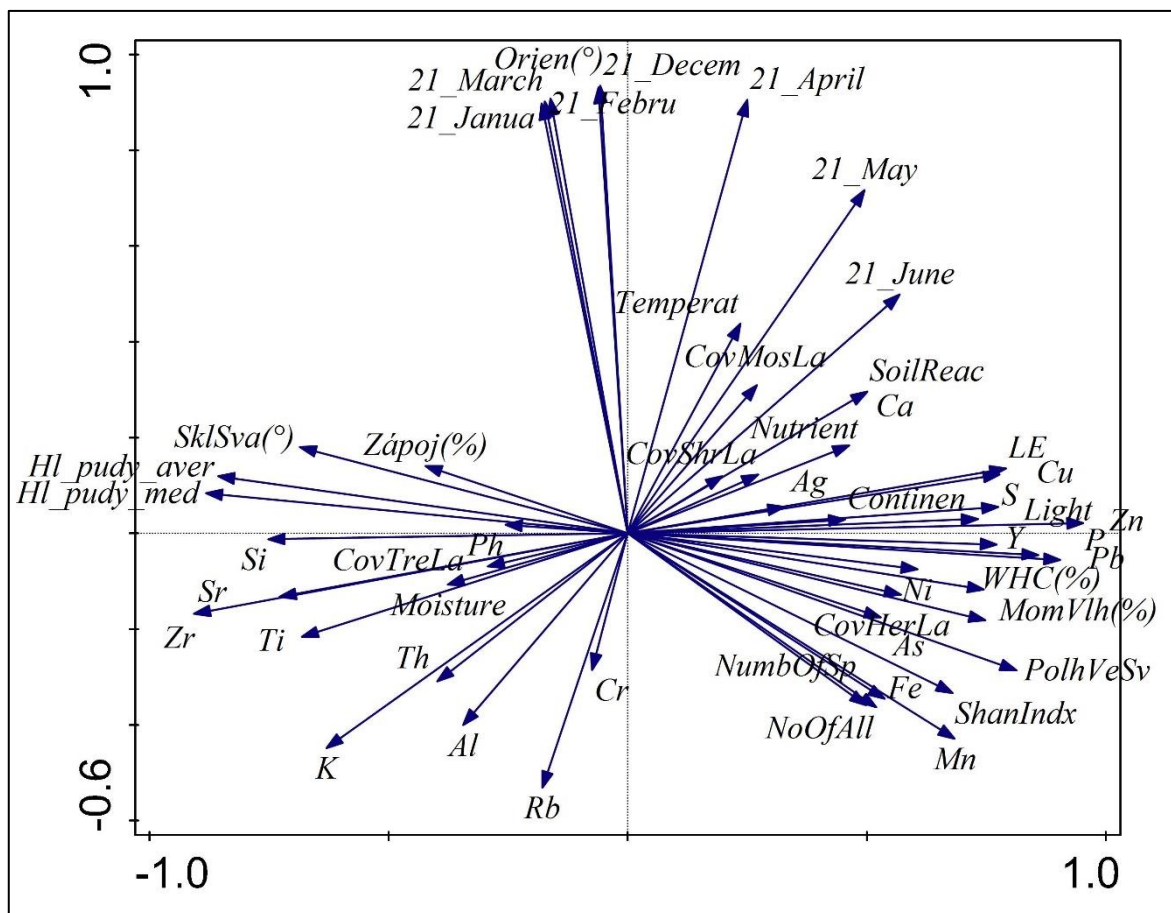
K lepšímu odhadu, které proměnné prostředí nejlépe vysvětlují výskyt jednotlivých druhů se však musíme zaměřit na vybrané grafické výstupy z provedených analýz.

Obr.13 zobrazuje výsledek nepřímé lineární analýzy PCA s nastavenou logaritmickou transformací pokryvností, standardizací a centrováním dat. Z rozložení jednotlivých druhů a na základě znalosti jejich ekologických požadavků můžeme soudit, že vodorovná osa x rozděluje druhy na spíše suchomilné, nitrofilní a ruderální na pravé straně diagramu a hájové druhy (druhy dubohabřin či květnatých bučin) na levé straně. Osa y pak s největší pravděpodobností odráží světelné podmínky v porostu. V diagramu je zobrazeno 40 nejlépe fitujících druhů.



Obr. 13: Ordinační diagram nepřímé lineární analýzy PCA. Analýza byla provedena s logaritmickou transformací, standardizací, centrováním dat a diagram zobrazuje 40 nejlépe fitujících druhů.

Obr.14 zobrazuje výsledek nepřímé lineární analýzy PCA, kde jsou proměnné prostředí označeny jako „species“ a hledáme pozitivní či negativní korelace mezi těmito proměnnými. Do grafu byly použity všechny naměřené i dopočítané proměnné a na základě jeho výsledku byly některé vzájemně podobné proměnné z dalších analýz vyřazeny. Např. z hodnot PDSI byly zachovány pouze krajní hodnoty (21.January a 21.June), u hloubky půdy budeme dále používat pouze hodnotu mediánu. Z grafu je např. dobře patrná negativní korelace WHC a hloubky půdy či negativní korelace pokryvnosti stromového patra (E3) a bylinného patra (E1).

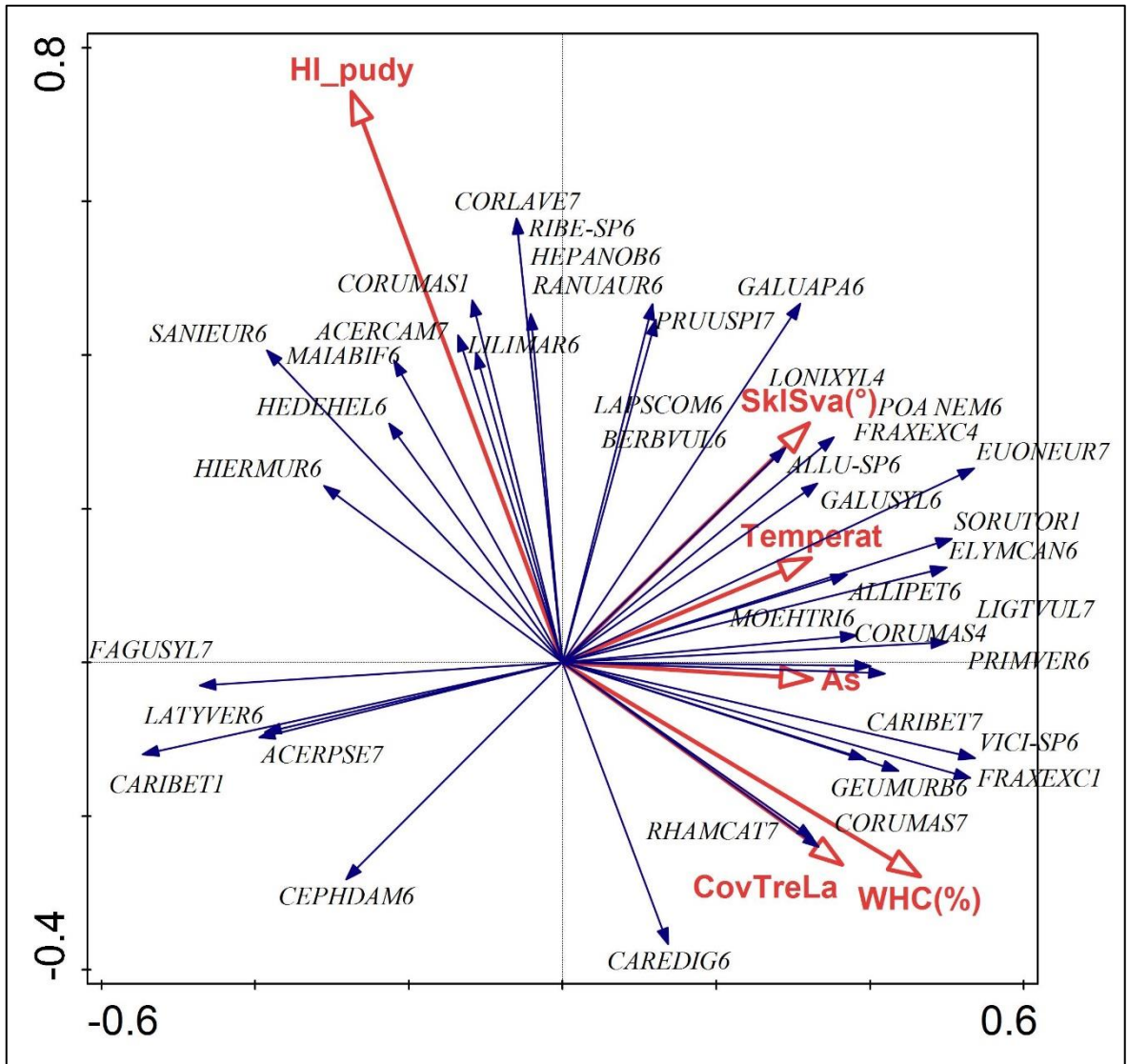


Obr. 14: Ordinační diagram analýzy PCA, kde jsou proměnné prostředí zobrazeny jako „species“. Analýza zobrazuje všechny zjištěné proměnné prostředí.

Pro přesnější vysvětlení závislostí byla dále provedena přímá analýza (RDA), kde statisticky zjišťujeme významnost naměřených hodnot daných vlastností prostředí. K tomuto testu byly použito 6 proměnných, vysvětlujících největší podíl variability: hloubka půdy, klon svahu, WHC, pokryvnost stromového patra (E1), Ellenbergova hodnota teploty a množství astatu v půdě.

Tab. 10: Ordinační přímá analýza RDA. Tabulka zahrnuje číselné označení, popis analýz a procenta variance vysvětlující čtyřmi osami.

číslo analýzy	Popis ordinační nepřímé analýzy	% variance (kumulativní)			
		osa 1	osa 2	osa 3	osa 4
1	RDA - log. Transformace, standardizace a centrování dat	29.61	52.74	68.55	80.58



Obr. 15: Ordinační biplot RDA analýzy s log. transformací, standardizací a centrováním dat.

4.4 Porovnání s lokalitou na vrchu Voskop

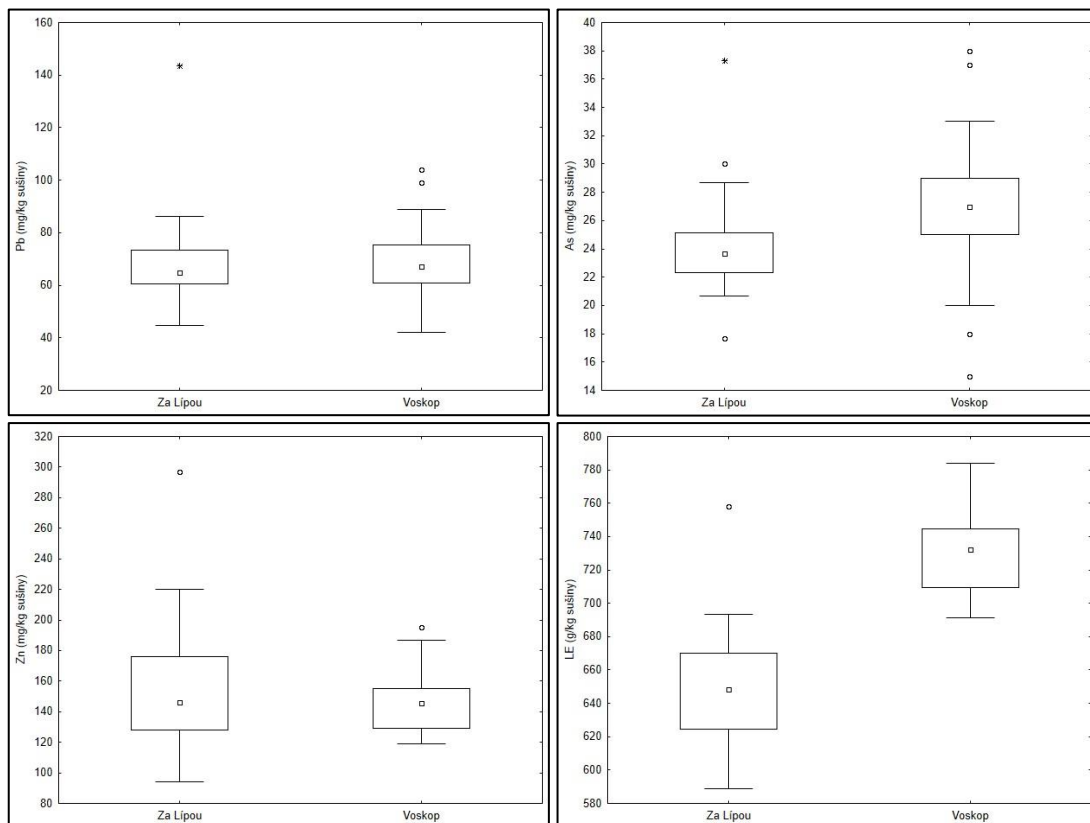
V této podkapitole je statisticky testováno, zda jsou hodnoty naměřených proměnných prostředí na lokalitě Za Lípou signifikantně odlišné od hodnot na lokalitě Voskop, publikované v diplomové práci Hroníka (2014). Hodnoty průměru a směrodatné odchylky na obou lokalitách a následné porovnání vybraným statistickým testem zobrazuje tabulka č.10.

Tab. 11: Naměřené environmentální proměnné v porovnání s hodnotami naměřenými na lokalitě Voskop. Pro porovnání byl použit parametrický F-test nebo neparametrický Kruskal-Wallisův H-test, v závislosti na normalitě dat. Zobrazena je také signifikance testů (p).

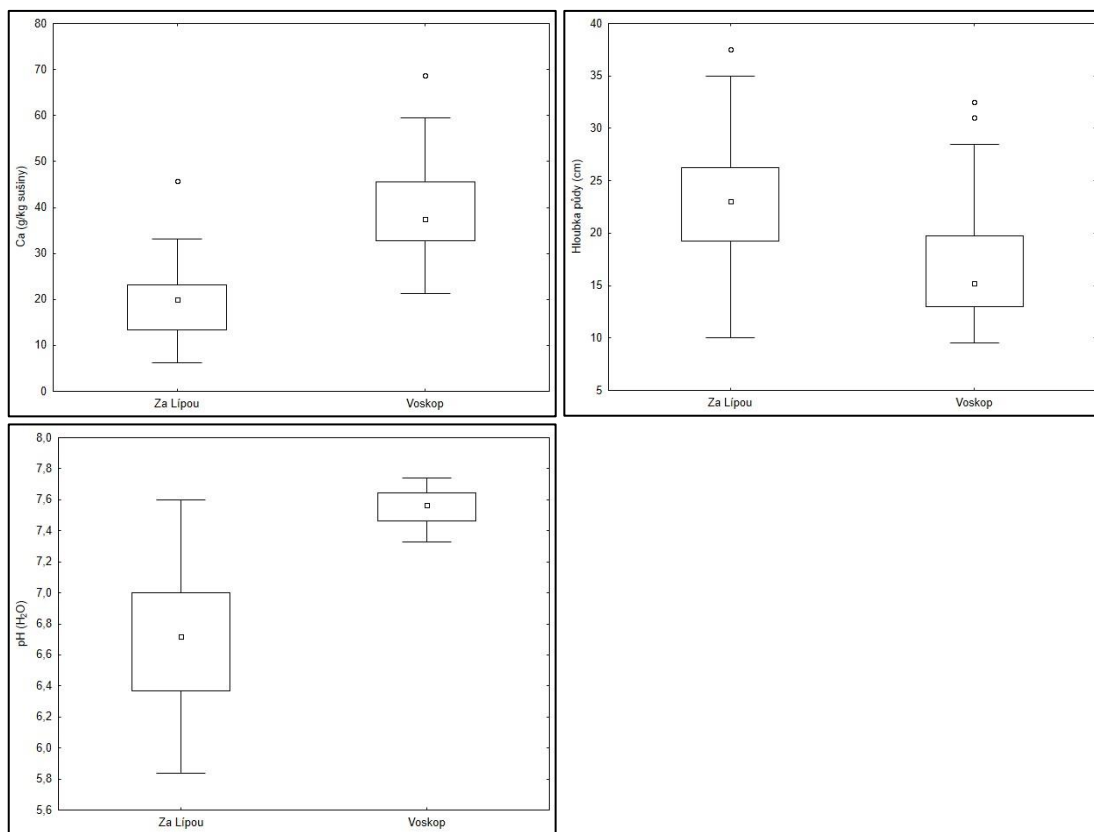
Proměnné prostředí	Za Lípou		Voskop		Výsledky testů		
	průměr	SD	průměr	SD	F	KW-H	p
ph	6,71	0,46	7,55	0,12	127,12		<0,001
Počet druhů v E1 (ks)	21,63	3,01	26,68	4,81	31,67		<0,001
Shannonův index	2,34	0,31	3,09	0,21	162,99		<0,001
LE (g/kg sušiny)	647,31	33,58	729,59	22,84	164,24		<0,001
Si (g/kg sušiny)	228,26	37,20	144,08	22,32	150,59		<0,001
Al (g/kg sušiny)	48,56	5,77	40,98	5,32	37,37		<0,001
Fe (g/kg sušiny)	31,38	3,15	30,01	3,66	3,25		0,075
Ca (g/kg sušiny)	19,41	8,09	39,85	9,92		49,34	<0,001
K (g/kg sušiny)	12,94	2,63	6,96	1,30	166,01		<0,001
Ti (g/kg sušiny)	4,73	0,54	3,93	0,51	46,68		<0,001
Mn (g/kg sušiny)	1,26	0,46	1,03	0,42		10,83	0,001
P (g/kg sušiny)	1,17	0,59	1,25	0,23	0,61		0,438
S (mg/kg sušiny)	704,03	548,40	1403,90	318,31		35,37	<0,001
Zr (mg/kg sušiny)	259,42	69,55	200,40	25,31	25,43		<0,001
Zn (mg/kg sušiny)	154,23	38,01	145,95	17,73		0,25	0,617
Rb (mg/kg sušiny)	94,12	12,76	70,70	8,87	90,82		<0,001
Sr (mg/kg sušiny)	72,01	7,38	54,73	4,71		56,05	<0,001
Pb (mg/kg sušiny)	67,70	15,66	67,95	13,00	0,20		0,655
Cr (mg/kg sušiny)	45,50	27,44	16,08	30,50		25,54	<0,001
Cu (mg/kg sušiny)	44,34	6,97	34,85	5,55		29,06	<0,001
Ni (mg/kg sušiny)	40,89	12,09	38,40	9,87		1,75	0,186
As (mg/kg sušiny)	24,17	3,11	26,95	4,60		16,00	<0,001
Y (mg/kg sušiny)	25,85	20,77	19,55	9,92		0,59	0,444
Th (mg/kg sušiny)	15,23	6,91	4,65	5,30		37,60	<0,001
Hloubka půdy (cm)	22,85	5,49	17,16	6,15		16,68	<0,001
Pokryvnost E3 (%)	89,45	5,43	55,63	13,83		58,36	<0,001
Pokryvnost E2 (%)	4,88	9,62	10,70	15,47		11,50	<0,001
Pokryvnost E1 (%)	26,18	14,75	33,50	15,62		5,13	0,024

4.4.1 Porovnání vybraných proměnných prostředí

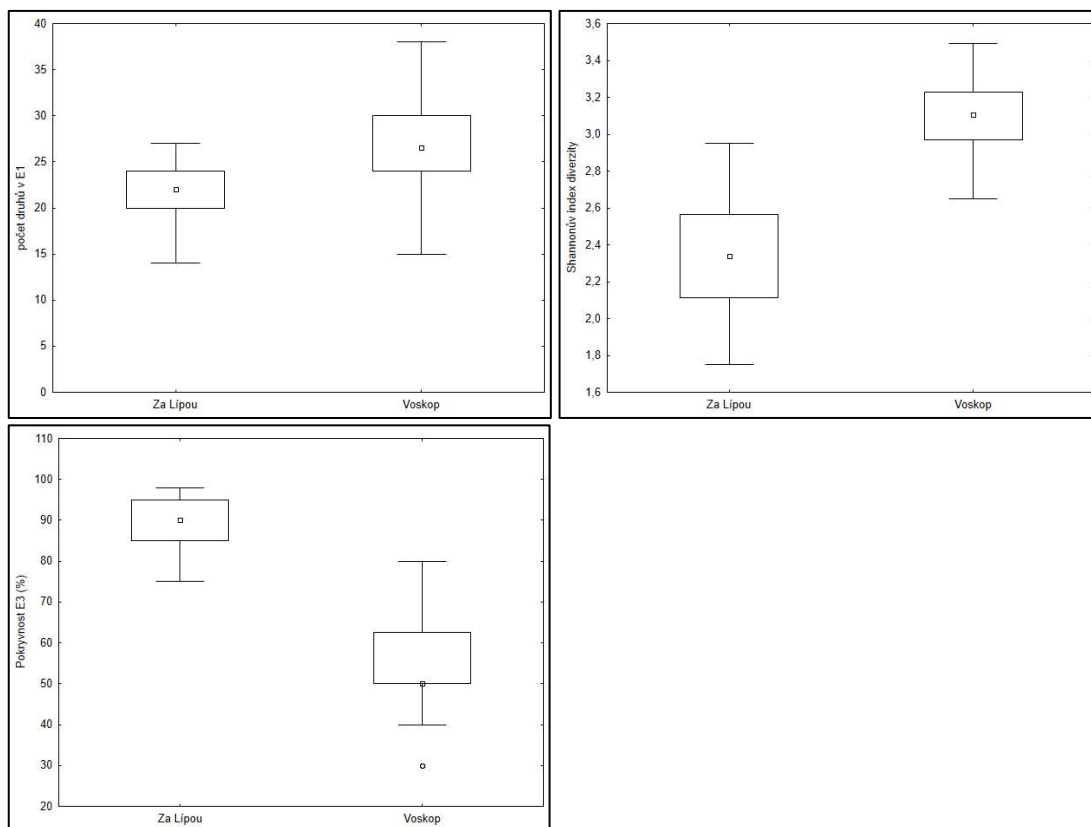
Na základě tab.10 bylo vybráno 10 proměnných prostředí, které se na obou lokalitách buď významně lišily nebo jinak napomáhají vysvětlit řešenou problematiku. Výsledky zobrazené formou krabicových grafů jsou rozděleny do 3 skupin.



Obr. 16: Skupina krabicových grafů, ve které jsou porovnány 3 rizikové prvky, které na lokalitě Za Lipou přesahují hodnotu z aktuální vyhlášky 153/2016 Sb. a LE (light elements). V grafu je čtverečkem zobrazen medián, boxem je vymezen první a třetí kvartil a dále je zobrazen rozsah hodnot. Pokud se vyskytovaly odlehle hodnoty, jsou označeny kolečkem, extrémní hodnoty jsou značeny hvězdičkou.



Obr. 17: Skupina grafů zobrazující pH, hloubku půdy a množství Ca v půdě. V grafu je čtverečkem zobrazen medián, boxem je vymezen první a třetí kvartil a dále je zobrazen rozsah hodnot. Pokud se vyskytovaly odlehlé hodnoty, jsou označeny kolečkem.



Obr. 18: Skupina grafů zobrazující diverzitu E1 a pokryvnost E3, která má na diverzitu vliv. V grafu je čtverečkem zobrazen medián, boxem je vymezen první a třetí kvartil a dále je zobrazen rozsah hodnot. Pokud se vyskytovaly odlehlé hodnoty, jsou označeny kolečkem.

5 Diskuze

5.1 Flóra a vegetace

Za jedno vegetační období v roce 2017 bylo na lokalitě Za Lípou v rámci zkusných ploch určených pro následný dlouhodobý experiment potvrzeno 83 taxonů cévnatých rostlin. Z toho je 74 druhů, 1 agregát (*Rubus fruticosus* agg.) a 8 rodů (*Vicia* sp., *Rumex* sp., *Crataegus* sp., *Quercus* sp., *Allium* sp., *Galeopsis* sp., *Ribes* sp., *Taraxacum* sp.). Na základě těchto snímků si lze udělat představu o druhovém složení východního svahu vrchu Za Lípou. Ze zjištěných 83 taxonů je 9 druhů z Červeného seznamu (Grulich, 2012). Jsou to druhy *Sorbus torminalis*, *Cornus mas*, *Cotoneaster integerrimus*, *Melittis melissophyllum*, *Neottia nidus-avis*, *Lilium martagon*, *Cephalanthera damasonium*, *Primula veris* a *Pyrus pyraster*. Všechny tyto druhy jsou vedeny jako C4a – druhy vyžadující pozornost, taxony blízké ohrožení.

Fytocenologické snímky byly porovnány s lokalitou Voskop, kde již tento experiment probíhá a plochy jsou založeny stejným způsobem. Na lokalitě Voskop bylo za vegetační období v roce 2013 v rámci zkusných ploch určených pro následný experiment potvrzeno 115 taxonů cévnatých rostlin (Hroník, 2014). Z toho je 107 druhů, 2 agregáty (*Carex muricata* agg., *Galium mollugo* agg.), 5 rodů (*Crataegus* sp., *Fragaria* sp., *Taraxacum* sp., *Tilia* sp., *Viola* sp.) a 1 poddruh (*Festuca ovina* ssp. *ovina*). Ze zjištěných 115 taxonů je 20 druhů z Červeného seznamu (Grulich, 2012). Z toho jsou dva druhy řazeny do kategorie silně ohrožených druhů C2 (*Sorbus aria*, *Quercus cerris*), 4 druhy do kategorie ohrožených druhů C3 (*Asperula tinctoria*, *Clematis recta*, *Juniperus communis*, *Polygala chamaebuxus*), 13 druhů vyžadujících pozornost, taxony blízké ohrožení C4a (*Anthericum ramosum*, *Berberis vulgaris*, *Carex humilis*, *Cephalanthera damasonium*, *Cornus mas*, *Cotoneaster integerrimus*, *Galium glaucum*, *Lilium martagon*, *Primula veris*, *Pyrus pyraster*, *Sorbus torminalis*, *Teucrium chamaedrys*, *Thymus praecox*) a 1 druh vyžadující pozornost, nedostatečně prostudovaný C4b (*Rosa elliptica*).

Z porovnání fytocenologických tabulek z těchto dvou lokalit je zřejmé, že na obou lokalitách se vyskytují diagnostické druhy svazu *Carpinion betuli* i *Quercinion pubescenti-petraeae*. Na obou plochách tedy dochází k přechodu mezi těmito biotopy. Nicméně na lokalitě Za Lípou je převaha druhů svazu *Carpinion*, zatímco na vrchu Voskop je více diagnostických druhů teplomilných doubrav svazu *Quercinion pubescenti-petraeae*.

Také ze synoptické tabulky (tab. 5) je dobře viditelný rozdíl mezi těmito lokalitami. Druhy s nejvyšší fidelitou na lokalitě Voskop patří z velké části mezi diagnostické druhy teplomilných doubrav a jsou charakteristické spíše pro xerothermní stanoviště. Naproti tomu druhy s nejvyšší fidelitou na lokalitě Za Lípou reprezentují mezofilní křídlo lesů svazu *Carpinion betuli*. Na vrchu Voskop také bylo zjištěno podstatně více taxonů i více vzácných taxonů, uvedených v Červeném seznamu (Grulich, 2012).

Tento rozdíl může mít více příčin. Zdá se, že primární příčinou je orientace ke světovým stranám. Na extrémnějších, západně orientovaných svazích na vrchu Voskop je růst dřevin výrazně limitován přítomností vody (podle typologické mapy OPRL zde převažuje edafická kategorie C – vysychavá). V důsledku zhoršených růstových podmínek jsou zde lesy světlejší. Oproti tomu na lokalitě Za Lípou není limitace vodou tak výrazná (podle typologické mapy OPRL zde převažuje edafická kategorie W – vápencová).

S růstovými poměry dřevin souvisí také pokryvnost stromové etáže E3. Ve třetí skupině grafů (obr. 18) byla porovnána druhová diverzita bylinného patra a pokryvnost stromové etáže (E3) na obou lokalitách. Na lokalitě Voskop byla zaznamenána větší druhová bohatost a zároveň nižší pokryvnost stromové etáže. Tento výsledek potvrzuje hypotézu pozitivního vlivu světlých lesů na diverzitu rostlin. Také z ordinačního diagramu analýzy PCA pro proměnné prostředí (obr.14) je patrná negativní korelace mezi počtem druhů a pokryvností stromové etáže. I řada jiných studií potvrdila, že světlo je významným ekologickým faktorem ovlivňujícím vzrůst, pokryvnost a druhové zastoupení vegetace lesního podrostu (Michna et al., 2013). Ve studii Goldbluma (1997) byl rovněž zjištěn větší počet druhů při větší otevřenosti korunového zápoje. Stejný výsledek ve své práci potvrdil i Martens et al. (1999), který považuje sluneční záření za nejdůležitější faktor druhového složení rostlin v lese.

Diverzita bylinného patra na lokalitě je tedy bohatší než na lokalitě Za Lípou, nicméně i lokalita Za Lípou je na české poměry druhově nadprůměrně pestrá (Chytrý, 2002). Na obou lokalitách se uplatňovalo a nyní opět uplatňuje výmladkové hospodaření, které v měřítku celých lesních komplexů podporuje přítomnost světlých lesních stanovišť. V případě, že by na lokalitách nebylo prováděno lesnické obhospodařování a byly by ponechány přirozenému vývoji, nebyla by umožněna regenerace světlomilného dubu. Následně by se více uplatnily dřeviny, které vytvářejí stinnější prostředí v podrostu (habr, buk). Pokud by byl používán hospodářský tvar lesa vysokého, doba obmytí by se

pohybovala kolem 100 let a světlá stanoviště by se v těchto lesích vyskytovala v podstatně menší míře. Z toho vyplývá, že celkový experiment probíhající na lokalitách Voskop a Za Lípou, který má za úkol obnovit výmladkové hospodaření, a tedy zapojené lesy celkově prosvětlit, bude mít pravděpodobně pozitivní vliv na diverzitu bylinného patra.

5.2 Stanovištní poměry

5.2.1 Obecné půdní vlastnosti

5.2.1.1 Hodnoty pH

Naměřené hodnoty pH mají poměrně velké rozmezí od 5,84 do 7,6, tedy od mírně kyselých až po mírně zásadité (Moravec et al. 1994). Ve vztahu k poloze ve svahu je pH mírně negativně korelováno, tedy plochy umístěné ve spodních částech svahu mají vyšší pH, než plochy ve vyšších partiích (viz obr.10). Vzhledem k tomu, že ve spodních částech svahu je také hlubší půda, a tedy předpokládaný nižší vliv matečné horniny, je tento výsledek překvapivý. Nicméně tato korelace není nijak silná, a navíc v tomto poměrně svažitém terénu má podstatný vliv i vyplavování bází dešťovými srážkami, a jejich posun po svahu dolů, což je možné vysvětlení mírně bazičtějších půd ve spodních částech svahu.

5.2.1.2 Vodní kapacita půdy

Schopnost půdy zadržovat vodu je zvláště v posledních letech, kdy jsou častější klimatické výkyvy, velice důležitá. Tato funkce má významný vliv na celkové hospodaření s vodou v krajině, snižuje riziko povodní atd. (Tesař et al., 2001). Na studované ploše na vrchu Za Lípou se vodní kapacita půdy (water holding capacity – WHC) pohybovala v rozmezí mezi 40 a 90 % a projevila se mírná pozitivní korelace s polohou ve svahu (viz obr.11). Výše položené plochy tedy mají vyšší schopnost zadržování vody v půdě. Výrazně se lišila plocha č.40, na které byla WHC naměřena 135 %. Na této ploše byla i půda na první pohled jiná, s mnohem vyšším podílem organické hmoty. Schopnost půdy vázat vodu je výrazně ovlivněna množstvím humusu v půdě. To je dáno především tím, že rozkládající se organická hmota v sobě dokáže vázat velké množství vody. Uvádí se například, že 1 kg humusu na sebe může navázat až 3 litry vody, zatímco u čistě minerální půdy je to jen 0,5 litru. Tento rozdíl je dán především velkým specifickým povrchem humusu (Úlehla, 1947).

Bylo také provedeno mnoho studií, kdy byl do půdy přidáván kompost a bylo pozorováno znatelné zvýšení schopnosti půdy zadržovat vodu, i když efekt nastane nejspíše až po delším časovém období (Kovaříček et al., 2010; Guisquiani et al., 1995).

Pro porovnání byla změřena hodnota WHC také na 2 roky starých pasekách, nacházejících se v těsné blízkosti studované plochy a na blízkém poli pod svahem. Výsledek porovnání je uveden v tabulce 12.

Tab. 12 Porovnání WHC 3 různých stanovišť. Hodnoty jsou uvedeny v %.

	počet vzorků	medián	průměr	SD	Max	Min
Lesní plochy	40	61,72	66,14	14,42	134,74	49,57
Paseky	6	62,07	63,50	11,93	81,92	52,66
Pole	1	30,07	30,07		30,07	30,07

Z porovnání těchto tří rozdílných stanovišť je zřejmá důležitost lesních půd pro zadržování vody v krajině. Schopnost lesních půd zadržovat vodu je dvakrát vyšší než půdy na poli. Ani na pasekách, které jsou dva roky odlesněné se hodnota WHC oproti lesním plochám téměř nezměnila.

5.2.1.3 Hloubka půdy

Průměrná hloubka půdy se na lokalitě pohybovala 10–37,5 cm a vykazovala negativní korelaci s polohou ve svahu, což znamená, že plochy ve spodních částech svahu mají signifikantně vyšší hloubku půdy. Pravděpodobným důvodem je vliv gravitace, obvykle za spolupůsobení atmosférických i biotických činitelů, kdy jsou sedimenty a ukládány při úpatí svahu a tvoří se hlubší půdy, případně až svahoviny. Atmosférickými činiteli jsou zejména srážky, které urychlují pohyb horninových částic po svahu v podobě ronů a splachu, a také střídavý mráz, který načechrává půdu a v podobě půdního či jehlového ledu nadzdvihuje i větší kusy hornin (Ložek, 2008).

Ve druhé skupině krabicových grafů (obr.17) je porovnáno pH, hloubka půdy a obsah Ca na lokalitě Za Lípou a Voskop. Z porovnání hodnot pH je zřejmé, že lokalita na vrchu Voskop je výrazně zásaditější než lokalita Za Lípou. Výrazně vyšší je také obsah vápníku v půdě. Naopak hloubka půdy je na vrchu Voskop menší. Jednou z příčin může být rozdílná matečná hornina. Z geologické mapy však vyplývá, že geologický podklad na obou lokalitách je totožný, je tvořen biodetritickými a organogenními vápenci,

biomikritovými až mikritickými hlíznatými vápence [ID: 529]. Možným vysvětlením je také vliv větru. Jelikož převládající směr větru v České republice je západní až severozápadní, svah na Voskopu je návětrný. Může tedy docházet k odnosu půdních částic, půda je mělká, a proto se může výrazněji projevit vliv matečné horniny, tedy vápence. Lokalita Za Lípou má naopak východní orientaci, svah je tedy závětrný a spíše se zde ve spodních částech vlivem gravitace tvoří hlubší půdy, až svahoviny.

Odlíšný je pravděpodobně také půdní typ. Na lokalitě Za Lípou se v horní části vyskytují mělké půdy – rendziny. Na vrcholové plošině s téměř nulovým sklonem, na které je umístěna plocha 40, se navíc vyskytuje půda odlišná než na všech ostatních plochách. Je mělká, velmi humózní a má výrazně vyšší WHC. Pravděpodobně se tedy jedná o A-C půdu (nemá B horizont). Vzniká zde nejspíš proto, že se A horizont vyvíjí přímo na ke zvětrávání velmi odolné matečné hornině.

Na svahu přecházejí rendziny do třídy luvisolů, konkrétně do půdního typu hnědozem. Nelze tedy vyloučit, že půda na lokalitě Za Lípou je ovlivněna přítomností spraší. Jejich výskyt v této oblasti lze s ohledem na reliéf očekávat. Dílčí indicií může být také zvýšený obsah křemíku v porovnání s lokalitou na vrchu Voskop. I podle dostupné pedologické mapy (1:200 000) jsou v těchto místech mapovány luvisol, konkrétně půdní typ hnědozem, které se typicky vyvíjejí právě na spraších.

Naproti tomu na lokalitě Voskop je převažujícím typem půdy na celé lokalitě rendzina.

5.2.2 Prvky v půdě

Z tabulky srovnání obsahu rizikových prvků v půdě na vrchu Za Lípou se starší vyhláškou 13/1994Sb. Ministerstva životního prostředí, která stanovuje maximálně přípustné hodnoty rizikových prvků v půdách náležejících do zemědělského půdního fondu a s aktuální vyhláškou 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu vyplývá, že obsah některých rizikových prvků je nadlimitní. Starší vyhláška 13/1994 je benevolentnější a naměřené hodnoty její limity nepřekračují. V diskuzi tedy bude dále uváděno pouze porovnání s aktuální vyhláškou 153/2016 Sb. V porovnání s preventivními hodnotami z aktuální vyhlášky je obsah astatu, olova a zejména zinku překročen. Medián a průměr ostatních měřených prvků je nižší, než udává tato vyhláška. Zaměříme-li se však na jednotlivé plochy a maximální naměřený obsah prvků v půdě, hranici udávající vyhláškou přesáhne prvků více. Maximální hodnota zinku

je v porovnání s aktuální vyhláškou více jak dvojnásobná, maximální naměřená hodnota olova také, hodnota kadmia také značně přesahuje a nad limitem jsou i chrom a nikl. Ačkoli maximální hodnota obsahu kadmia v půdě značně překročila hodnotu z vyhlášky, kadmium se objevilo pouze v jediném snímku a jeho přítomnost se nepodařilo nijak vysvětlit. Z ordinačního diagramu analýzy PCA zobrazeného na obrázku 14 je zřejmé, že obsah astatu, zinku i olova je pozitivně korelovaný s polohou ve svahu. Tyto prvky se tedy ve vyšších množstvích vyskytují zejména v horních partiích svahu, což nabízí hypotézu vyšší exponovanosti vrchních snímků vůči imisím. Vzhledem k dnešním přísným opatření proti produkci těchto látek je však nutné hledat i jiná vysvětlení. Při porovnání naměřených hodnot s podobnou lokalitou na vrchu Voskop (viz tab.13 a 14) je zřejmé, že hodnoty těchto tří rizikových prvků jsou i na druhé lokalitě velice podobné, případně i vyšší. Na základě tohoto porovnání lze soudit, že lokality mají přibližně podobnou imisní zátěž, která je pravděpodobně velkoplošná a je způsobena dálkovým přenosem imisí z berounské kotliny, která byla po dlouhá staletí centrem těžkého průmyslu. Provoz zejména železáren a cementáren je tak s velkou pravděpodobností příčinou zvýšeného obsahu rizikových prvků v půdě na velké části Českého krasu.

Tab. 13: Porovnání nejvíce zastoupených prvků v půdě na studované lokalitě Za Lípou s lokalitou na vrchu Voskop (Hroník, 2014). Hodnoty jsou uvedeny v g/kg sušiny.

prvky	Za Lípou				Voskop			
	median	prumer	max	min	median	prumer	max	min
LE	648.18	647.31	757.83	588.90	732.20	729.59	784.20	691.50
Si	225.08	228.26	301.67	102.80	146.80	144.08	187.00	86.40
Al	48.80	48.56	58.53	36.07	41.30	40.98	53.30	27.20
Fe	31.40	31.38	38.08	24.77	30.33	30.01	38.20	21.13
Ca	19.93	19.41	45.66	6.25	37.48	39.85	68.65	21.34
K	13.08	12.94	17.34	7.54	6.88	6.96	9.79	3.66
Ti	4.76	4.73	5.90	3.66	3.97	3.93	4.90	2.50
Mn	1.19	1.26	3.38	0.72	0.96	1.03	2.58	0.53
P	1.13	1.17	2.76	0.00	1.29	1.25	1.79	0.80

Tab. 14: Porovnání méně zastoupených prvků v půdě na studované lokalitě Za Lípou s lokalitou na vrchu Voskop (Hroník, 2014). Hodnoty jsou uvedeny v mg/kg sušiny. Tučně jsou zvýrazněny hodnoty přesahující preventivní hodnotu uvedenou ve vyhlášce 153/2016 Sb.

prvky	Za Lípou				Voskop			
	median	prumer	max	min	median	prumer	max	min
S	669.33	704.03	2808.00	0.00	1368.00	1403.90	1951.00	760.00
Zr	262.50	259.42	446.00	123.67	204.00	200.40	257.00	154.00
Zn	146.17	154.23	297.00	94.33	145.50	146.00	195.00	119.00
Rb	94.33	94.12	125.33	67.33	72.00	70.70	88.00	47.00
Sr	71.17	72.01	85.33	59.33	55.50	54.70	65.00	40.00
Pb	64.83	67.70	143.67	44.67	67.00	68.00	104.00	42.00
Cr	52.33	45.48	96.00	0.00	0.00	16.10	91.00	0.00
Cu	42.83	44.34	57.67	32.00	34.00	34.90	45.00	25.00
Ni	42.67	40.88	68.00	0.00	35.00	38.40	58.00	21.00
As	23.67	24.17	37.33	17.67	27.00	27.00	38.00	15.00
Y	20.00	25.84	75.00	0.00	22.50	19.60	39.00	0.00
Th	14.67	15.23	29.67	0.00	0.00	4.70	15.00	0.00
Se	0.00	0.12	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag	0.00	1.06	9.00	0.00	0.00	0.60	22.00	0.00
Cd	0.00	0.25	10.00	0.00	0.00	0.70	28.00	0.00

5.3 Statistické vyhodnocení pomocí mnohorozměrných analýz

Na obrázku 13 je zobrazen výsledek lineární analýzy PCA, kde jsou druhy vyměněny za jednotlivé proměnné prostředí a hledáme pozitivní či negativní korelace mezi těmito proměnnými. Diagram byl použit zejména pro interpretaci rozdílů bylinného složení napříč jednotlivými plochami. Z diagramu je například zřejmé, že počet druhů v bylinném patře pozitivně ovlivňuje vyšší schopnost půdy zadržovat vodu (WHC) a poloha ve svahu. Naopak negativně je diverzita bylinného patra ovlivněna vyšší hloubkou půdy a vyšší pokryvností stromové etáže E3. Nejvíce druhů bylin tedy roste v horní části svahu, kde je půda mělká, ale má lepší schopnost zadržovat vodu a zároveň je zde nižší pokryvnost stromové etáže.

Obrázek 15 zobrazuje výsledek přímé lineární analýzy (RDA), kde bylo použito 6 statisticky nejvýznamnějších proměnných prostředí, tedy proměnných, které vysvětlily největší procento variability. U většiny z těchto proměnných je jejich význam na druhovou pestrost očekávatelný. Nicméně statisticky signifikantní vliv na variabilitu druhového složení bylinného patra projevil také obsah astatu v půdě, což se zatím nepodařilo nijak vysvětlit.

6 Závěr

Během vegetační sezóny v roce 2017 bylo vymezeno 46 trvalých zkusných ploch (40 v lese a 6 na pasekách), na kterých byl proveden podrobný popis vegetace a dále bylo zjištěno či dopočítáno 48 proměnných prostředí. Plochy z pasek nebyly v této práci vyhodnocovány. Z hlediska aktuální vegetace spadají fytocenologické snímky do svazu *Carpinion betuli* a celkově bylo na 40 zkusných plochách identifikováno 83 taxonů, z nichž je 9 z Červeného seznamu (Grulich, 2012). Fytocenologické snímky a zjištěné proměnné prostředí byly dále porovnány s lokalitou na vrchu Voskop (Hroník, 2014), která je založena stejným způsobem a probíhá na ní stejný výzkum. Na této lokalitě převažuje svaz *Quercion pubescenti-petraeae*, pokryvnost stromové etáže je nižší a byla zde zaznamenána vyšší biodiverzita bylinného patra i více chráněných druhů. Z porovnání obou lokalit vyplývá, že největší vliv na druhovou pestrost bylinného patra má orientace ke světovým stranám a množství světla v porostu (pokryvnost stromové etáže). Nicméně obě tyto lokality jsou druhově nadprůměrně pestré, což je pravděpodobně způsobeno tím, že se zde uplatňovalo a opět začíná uplatňovat výmladkové hospodaření.

Na základě měření vodní kapacity půd, která má pozitivní vliv na druhovou bohatost lesního podrostu, byla potvrzena důležitost lesních půd pro zadržování vody v krajině. V rámci lokality Za Lípou byla vodní kapacita lesních půd dvojnásobná než vodní kapacita půdy na blízkém poli. Ze zjištěných prvků v půdě přesahovala hodnota astatu, olova a zinku preventivní hodnotu z vyhlášky 153/2016 Sb. Na lokalitě Voskop však tyto hodnoty byly velice podobné a jedná se tedy nejspíše o velkoplošné imisní zatížení způsobené průmyslem v berounské kotlině v minulých stoletích.

7 Seznam literatury a použitých zdrojů

- Anonymus (2013): Plán péče o Národní přírodní rezervaci Koda na období 2013–2017. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- AOPK ČR (2008): Rozbory Chráněné krajinné oblasti Český kras k 31. 12. 2008. Depon. Správa Chráněné krajinné oblasti Český kras, Karlštejn: 175 s.
- Bouček B. (1941): Geologické výlety do okolí pražského. Melantrich, 202 pp., Praha.
- Braun-Blanquet J. (1964): Pflanzensozioologie: Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Auflage. Springer Verlag, Wien: 865 s.
- Culek M. (ed.) et al. (1996): Biogeografické členění České republiky. – Enigma, Praha, 347 pp.
- Čížek L., Šebek P., Bače R., Beneš J., Doležal J., Dvorský M., Miklín J., Svoboda M. (2016): Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy. Certifikovaná metodika.
- Decocq G., Aubert M., Dupont F., Bardat J., Wattez-Franger A., Saguez R. et al. (2005): Silviculture-driven vegetation change in a European temperate deciduous forest, 62, 313–323.
- Dörner P., Müllerová J. (2014): Od intenzivního pařezení k lesu ochrannému – analýza historického vývoje lesů na Karlštejnském panství. *Bohemia centralis* 32: 425–437. Praha.
- Goldblum D. (1997): The effects of treefall gaps on understory vegetation in New York State. *Journal of Vegetation Science* 8: s. 125-132.
- Grulich V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. *Preslia* 84: s. 631–645.
- Guisquiani P., Pagliai M., Gigliotti G., Businelli D., Benetti A. (1995): Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.*, no. 24, p. 175-182
- Hausmannová I., Heřman P., Jančaříková I., Ložek V., Mottl J., Moucha P., Slezák M., Tichý T., Urban T., Veselý J. (2012): Čtyřicet let cílevědomé péče o přírodu a krajinu Českého krasu. *Ochrana přírody* 2/2012
- Hennekens S. M. (1996): TURBO(VEG) User's
- Herben T., Münzbergová Z. (2003): Zpracování dat v geobotanických příkladech – Část I. Data o druhovém složení. Praha: 118 s. Dostupné: <http://web.natur.cuni.cz/~herben/uctexty.html>

- Hofmeister J. (2001): Jak si stojí dubohabrové lesy v CHKO Český kras. *Živa* 3/2001.
- Horáčková J., Tichý T. (2014): Květena a vegetace národní přírodní rezervace Koda v Českém krasu. *Bohemia centralis* 32: 51–154. Praha.
- Hroník P. (2014): Lesní vegetace vrchu Voskop v Českém krasu. „Nepublikováno“
Diplomová práce: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha.
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M. (eds.) (2001): Katalog biotopů České republiky. AOPK ČR, Praha. 262 pp.
- Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát J. (2002): Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. – *J. Veg. Sci.* 13: 79–90
- Chytrý M. (ed.) (2013): Vegetace České republiky 4. Lesní a křovinná vegetace. Academia, Praha: 441–443 s.
- Jeník J., Rejmánek M. (1969): Interpretation of direct solar irradiation in ecology. – *Arch. Met. Geoph. Biokl.ser. B*, 17: 413–428.
- Karlík P., Poschold P. (2009): History or abiotic filter: which is more important in determining the species composition of calcareous grasslands? *Preslia* 81: 321–340
- Knollová I., Michalcová D. (2013): Manuál aneb jak správně vytvořit databázi a zadávat data do Turbovegu 2.100: 28 s. Dostupné: <http://www.sci.muni.cz/botany/vegsci/dbase.php?lang=cz> (cit. 5. 4. 2014)
- Kovaříček P., Marešová K., Kollárová M., Vlášková M. (2010): Vliv kompostu na objemovou hmotnost, vodní kapacitu a hydraulickou vodivost substrátu. *Agritech Science* 4, č. 2, s. 1-8.
- Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J. (eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha: 928 s.
- Ložek V., Kubíková J., Špryňar P. (eds.) (2005): Střední Čechy. Chráněná území České republiky, Svazek XIII. AOPK ČR a EkoCentrum Brno, Praha. 904 pp.
- Ložek V. (2008): Hynutí lesů, hrozba eroze a svědectví svahovin. *Archiv plný pádných svědectví. Vesmír* 87, 856, 2008/12.
- Ložek V. (2011): Po stopách pravěkých dějů. Dokořán Praha. 182 s.

Ložek V. (2014): Přírodní poměry národní přírodní rezervace Koda a nástin její krajinné historie od konce posledního glaciálu na základě svědectví malakofauny. *Bohemia centralis* 32: 41–49. Praha.

Maděra P., Buček A., Úradníček L., Slach T., Friedl M., Machala M., Řepka R., Lacina J., Černušáková L., Volařík D. (2016): Starobylé výmladkové lesy – metodika inventarizace, evidence a péče. Certifikovaná metodika.

Martens S. N., Breshears D. D., Meyer C. W. (1999): Spatial distributions of understory light along the grassland:forest continuum: effects of cover, height, and spatial pattern of tree canopies. *Ecological Modelling* 126: s. 79–93

Michna M., Kučerová T., Douda J., Boublík K., Nechanská D. (2013): Vliv abiotických faktorů a stanovištních podmínek na podrostní vegetaci dubových pařezin v Českém krasu.

Moravec J. et al. (1994): *Fytocenologie*. Academia, Praha: 403 s.

Rothmaler W. (2009): *Exkursionsflora von Deutschland*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 753 s.

Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění (Regional phytogeographical division). In: Hejný S., Slavík B. (eds.): *Květena České socialistické republiky (Flora of the Czech Republic) 1*. Academia, Praha, pp 103–121

Szabó P., Müllerová J., Suchánková S., Kotačka M. (2015): Intensive woodland management in the Middle Ages: spatial modelling based on archival data. *Journal of Historical Geography* 48: 1–10.

Šamonil P. (2007): Diverzita půd na vápencích Českého krasu: klasifikace půd a komparace klasifikačních systémů. *Bohemia centralis* 28: 7-30. Praha.

Švihla V. et al. (2000): Plán péče pro Národní přírodní rezervaci Koda na období 2001-2010, schválen MŽP pod č. j. 19599/01-OOP/6201/01.

Tesař M., Šír M., Syrovátka O., Pražák J., Lichner L., Kubík F. (2001): Soil water regime in head water regions – observation, assessment and modelling. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 49 (6): 355–375.

Tichý L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: s. 451–453.

Úlehla V. (1947): *Napojme prameny*. Praha: Život a práce, 126 s.

Van Calster, H., Baeten, L., Verheyen, K., De Keersmaeker, L., Dekeyser, S., Rogister, J.E., et al. (2008): Diverging effects of overstorey conversion scenarios on the understorey vegetation in a former coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*, 256, 519–528.

Wiegmann S., Waller D. (2006): Fifty years of change in northern upland forest understories: Identity and traits of “winner” and “loser” plant species. *Biological Conservation*, 129, 109–123.

Legislativa:

Výnos č. 32.946/52-IV/5 Ministerstva školství věd a umění ze dne 13. března 1952. o zřízení státní přírodní rezervace „Koda“ k ochraně krajinného rázu, zvířeny a květeny.

Výnos 4947/72-II/2 ministerstva kultury České socialistické republiky ze dne 12. dubna 1972 o zřízení chráněné krajinné oblasti "Český kras", okres Beroun a Praha-západ, kraj Středočeský.

Vyhláška č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí ze dne 29. prosince 1993, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.

Vyhláška č. 153/2016 Sb. Ministerstva životního prostředí ze dne 9. května 2016 o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.

Internetové zdroje:

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky: Správa CHKO Český kras [online]. Verze 28. 3. 2013 (cit. 4. 4. 2014). Dostupné: <http://ceskykras.ochranaprirody.cz/>.

Vysoký Újezd u Berouna – Amatérská meteorologická stanice [online]. Dostupné: <http://www.vumeteo.cz/year.php> (cit. 7. 4. 2018)