

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



POROVNÁNÍ EPILITICKÉ BRYOFLÓRY NA TŘECH
HORNINOVÝCH TYPECH (HADEC, ORTORULA A
GRANULIT) V BLANSKÉM LESE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zpracovatel: David Paštyka

Vedoucí práce: Ing. Lucie Zemanová

Praha, 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Paštyka David

Krajinářství

Název práce

Porovnání epilithické bryoflóry na třech horninových typech (hadec, ortorula a granulit) v Blanském lese

Anglický název

Comparison of epilithic bryoflora on the three rock types (serpentine, orthogneiss and granulite) in Blanský Forest

Cíle práce

Cílem práce je porovnání epilithických společenstev mechorostů v různých stádiích sukcese na třech vybraných horninových typech - hadec, světlý granulit, ortorula - ve srovnatelných klimatických podmínkách v Blanském lese. Konkrétně se jedná o tyto horninové typy: hadce v přírodní rezervaci Holubovské hadce a ortorula a granulit v přírodní rezervaci Dívčí kámen a na jejím okraji. Dané lokality jsou v těsné blízkosti. Vybrané horniny se liší svým chemismem, strukturou, texturou, způsobem a rychlostí zvětrávání. Předpokládá se, že tyto rozdíly se budou odrážet i ve složení mechorostů a intenzita rozdílů se bude měnit v průběhu sukcese mechorostů podle stupně zvětrávání horniny a hromadění humusové vrstvy. Budou řešeny tyto základní otázky: 1. Je bryoflóra na Holubovské hadcích bazifilní, odpovídá její složení sníženému poměru Ca:Mg, nebo se neliší od ostatních horninových typů? 2. Jak probíhá sukcese mechorostů na jednotlivých horninových typech? 3. Existují rozdíly ve složení mechorostů mezi jednotlivými horninovými typy? 4. Pokud tyto rozdíly existují, stírají se v průběhu sukcese v důsledku hromadění humusu, nebo jsou naopak rozdíly patrnější ve skladbě terestrických mechorostů v pozdějších stádiích sukcese? Práce bude doplněna rešerší o chemismu hadců a jeho vlivu na skladbu vegetace.

Metodika

Data budou odebírána na třech různých klimaticky srovnatelných lokalitách zastupujících tři různé horninové typy: Holubovské hadce, ortorula a granulit na Dívčím kameni. Na všech lokalitách bude nejprve pořízen seznam epilithicky a terestricky rostoucích mechorostů. Následně bude provedeno fytoocenologické snímkování epilithických společenstev za použití rámečku o rozměrech 20 x 20 cm. Snímky budou umístovány tak, aby pokryly průběh sukcese epilithických společenstev ovlivněné zvětráváním horniny a hromaděním humusu. V každém snímku bude zaznamenána pokryvnost jednotlivých druhů mechorostů podle Braun-Blanquetovy stupnice a dále environmentální faktory: lokalita a druh horniny, orientace snímku, výška snímku nad zemí, zástin, typ substrátu (např. skála, balvan), povrch horniny (hladký, mělce členitý, hluboce členitý), výška humusové vrstvy, míra zvětrávání horniny (nezvětralá, navětralá, silně zvětralá). Data budou vyhodnocena pomocí ordinálních analýz.

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

Dívčí kámen, Holubovské hadce, mechorosty, společenstva, sukcese

Doporučené zdroje informací

- Dierßen K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. – Bryophytorum Bibliotheca, Stuttgart: 289pp.
- Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.) (2001): Katalog biotopů České republiky. – Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha: 307pp.
- Smith A. J. E. (2004): The moss flora of Britain and Ireland. 2nd edition. – Cambridge University Press, Cambridge: 1024pp.
- Briscoe L. R. E., Harris T. B., Broussard W., Dannenberg E., Olday F. C. & Rajakaruna N. (2009): Bryophytes of adjacent serpentine and granite outcrops on the Deer Isles, Maine, U. S. A. – Rhodora 111: 1-20.
- Brady K. U., Kruckeberg A. R. & Bradshaw Jr. H. D. (2005): Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. - Annual review of ecology, evolution and systematics, Vol 36, 243-266.
- Albrecht J. eds. (2003): Chráněná území ČR - Českobudějovicko. - Agentura ochrany a přírody krajiny ČR: 808 pp.
- Chytrý M. eds. (2009): Vegetace České republiky 2: Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. - Academia, Praha: 524 pp.
- Whittaker R. H. (1954): The ecology of serpentine soils. - Ecology, Vol 35: 258-288.
- Hejtman B. (1962): Petrografie metamorfovaných hornin. - Nakladatelství československé akademie věd, Praha: 538 pp.
- Proctor J. & Woodell S. R. J. (1971): The plant ecology of serpentine. - Journal of ecology, Vol 59: 375-395.
-

Vedoucí práce

Zemanová Lucie, Ing.

Elektronicky schváleno dne 15.4.2014

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Lucie Zemanové, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce.

V Praze, dne 15. 4. 2014

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat nejprve mé vedoucí, Ing. Lucii Zemanové za cenné připomínky, rady, pomoc při vyhodnocování statistiky a především za vstřícný přístup. Dále bych chtěl poděkovat RNDr. Janu Jehličkovi, CSc. za pomoc s geologickou částí a Prof. RNDr. Jiřímu Váňovi DrSc. za pomoc při určování obtížněji určitelných druhů mechorostů.

V Praze, dne 15. 4. 2014

Abstrakt

Porovnání epilitické bryoflóry na třech horninových typech (hadec, ortorula a granolit) v Blanském lese

Hadce mají specifické vlastnosti. Jsou zvláštní především svým chemickým složením. Nízký poměr Ca: Mg a vysoký obsah těžkých kovů negativně ovlivňuje růst rostlin. Proto se na hadci z řad cévnatých rostlin vyskytuje mnoho hadcových endemitů, kteří se na stres adaptovali. Mechorosty ve vztahu k hadci nebyly zvláště studovány, tématu se věnuje pouze málo studií. Tato práce se zabývá srovnáním mechorostů na hadci, ortorule a granulitu v těsném sousedství, což skýtá relativně srovnatelné podmínky pro složení mechorostů. Celkem bylo na horninových typech pořízeno 130 fytoecologických snímků, představujících různá stádia sukcese podle tloušťky humusové vrstvy. Celkem bylo nalezeno 39 druhů mechorostů, z toho 25 druhů mechorostů na hadci, 19 druhů mechorostů na ortorule a 20 mechorostů na granulitu, přičemž 15 druhů mechorostů se vyskytovalo pouze na hadci. Bylo zjištěno, že bryoflóra hadců se od zbylých typů hornin nejvíce liší v raných stádiích sukcese, kdy mechorosty přicházejí do přímého kontaktu s horninou, což se projevovalo výskytem bazifilních druhů. Tyto rozdíly ve druhovém složení se v průběhu sukcese a hromadění humusu stírají a tak je vegetace v pokročilých stádiích sukcese velmi podobná mezi všemi třemi horninovými typy, s převahou běžných terestrických druhů jako *Polytrichum formosum* nebo *Dicranum scoparium*.

Klíčová slova

Dívčí Kámen, Holubovské hadce, mechorosty, společenstva, sukcese

Abstract

Comparison of epilithic bryoflora on the three rock types (serpentine, orthogneiss and granulite) in Blanský Forest

The serpentinite has specific features. They are special mainly for its chemical composition. Low Ca: Mg ratio and high content of heavy metals have negative effect on plant growth. Therefore, there are many serpentinite endemits among vascular plants, well adapted to the stress. Bryophytes in relation to the serpentinite had been little studied. Only few studies focuses on this theme. Present study deals with the comparison of bryophytes on serpentinite, granulite and orthogneiss adjacent to each other, which offers relatively comparable conditions for the composition of bryophytes. Total number of 130 vegetatiton samples were recorded representing different successional stages according to thickness of humus layer. Total number of 39 species of bryophytes, including 25 species on serpentinite, 19 species on orthogneiss and 20 species on granulite, with 15 species of bryophytes occurred only on serpentinite, was recorded. It was found that the serpentine bryoflora differs from other rock types most in the early stages of succession, when bryophytes come into direct contact with the substrata and it is obvious from the presence of basiphilous species. These differences in species composition disappear during succession and accumulation of humus and vegetation is later very similar between all three rock types, with predominance of common terrestrial species as *Polytrichum formosum* or *Dicranum scoparium*.

Keywords

Dívčí Kámen, Holubovské hadce, bryophytes, communities, succession

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Cíl práce.....	3
3. Metodika práce	4
4. Charakteristika studované oblasti	9
4.1. Vymezení studované oblasti	9
4.2. Geologie a geomorfologie.....	11
4.3. Charakteristika hornin	13
4.4. Pedologie.....	14
4.5. Klimatické poměry.....	14
4.6. Hydrologické a hydrogeologické podmínky	15
4.7. Vegetace.....	15
4.8. Ochrana přírody	17
4.9. Lesnictví a současné využití území.....	17
5. Literární rešerše – Hadcová vegetace	19
5.1. Úvod.....	19
5.2. Geologie	19
5.3. Chemické faktory	19
5.4. Fyzikální činitelé.....	21
5.5. Hadcoví specialisté – ekologie a adaptace	22
5.6. Projevy adaptace	23
5.7. Život na hadci.....	25
5.8. Mechorosty a hadcové prostředí	25
5.9. Závěr rešerše	26
6. Výsledky	26
6.1. Úvod.....	26
6.2. Seznam nalezených mechorostů	27

6.3.	Souhrn	29
6.4.	Ordinační analýzy	30
6.5.	Porovnání dle vztahu ke kyselosti.....	35
6.6.	Porovnání dle životních strategií.....	36
7.	Diskuze	37
8.	Závěr	40
9.	Seznam použité literatury	41
9.1.	Literatura	41
9.2.	Internetové zdroje.....	45
10.	Seznam příloh.....	46

1. Úvod

Holubovské hadce, nacházející se v CHKO Blanský les patří k nejvýznamnějším hadcovým lokalitám v ČR. Na komplexu reliktních hadcových borů se nachází vzácné rostlinné druhy s významnou faunou bezobratlých. Chemismus hadců ovlivňuje růst a přizpůsobení rostlin těmto specifickým podmínkám. Pozoruhodný je především vysoký výskyt endemitů na hadci. Hlavním předmětem této studie jsou mechorosty rostoucí na hadci (serpentinizovaná ultrabazika).

2. Cíl práce

Cílem práce je porovnání epilithických společenstev mechorostů v různých stádiích sukcese na třech vybraných horninových typech – hadec, granulit, ortorula – ve srovnatelných klimatických podmínkách v okolí Holubova v Blanském lese. Dané lokality jsou v těsné blízkosti, rozmístěny přibližně v délce 1,5 km.

Konkrétně se jedná o tyto horninové typy: hadce v přírodní rezervaci Holubovské hadce a ortorula a granulit v přírodní rezervaci Dívčí Kámen a na jejím okraji. Vybrané horniny se liší svým chemismem, strukturou, texturou, způsobem a rychlostí zvětrávání. Studie vychází z předpokladu, že tyto rozdíly se budou odrážet i ve složení mechorostů a intenzita rozdílů se bude měnit v průběhu sukcese mechorostů podle stupně zvětrávání horniny a hromadění humusové vrstvy.

Budou řešeny tyto základní otázky: 1. Je bryoflóra na Holubovských hadcích specializovaná, bazofilní, nebo je její složení pouze výsledkem většího stresu plynoucího z nepříznivého poměru Ca: Mg, případně se neliší od ostatních horninových typů? 2. Jak probíhá sukcese mechorostů na jednotlivých horninových typech? 3. Existují rozdíly ve složení mechorostů mezi jednotlivými horninovými typy? 4. Pokud tyto rozdíly existují, stírají se v průběhu sukcese v důsledku hromadění humusu, nebo jsou naopak rozdíly patrnější ve skladbě terestrických mechorostů v pozdějších stádiích sukcese?

Práce je doplněna rešerší o chemismu hadců a jeho vlivu na skladbu vegetace.

3. Metodika práce

Data byla odebírána na třech různých lokalitách od června roku 2013 do října téhož roku. Lokality mají srovnatelné klimatické podmínky. Nacházejí se podél toku Křemžského potoka v těsné blízkosti a v téměř stejné nadmořské výšce (450-500 m). Lokality zastupují tři různé horninové typy: Holubovské hadce, ortorula a granulit na Dívčím Kameni. Na každé lokalitě jsem odebral vzorek horniny a ověřil správnost jejího určení.

Na všech lokalitách jsem provedl fytoocenologické snímkování epilitických společenstev za použití rámečku o velikosti 20x20 cm, rozděleného na čtyři stejně velké čtverce (viz obr. 14 a 15). Snímky jsem umisťoval tak, aby byl jejich povrch co nejvíce homogenní a zároveň pokryly celý průběh sukcese epilitických společenstev ovlivněné zvětráváním horniny a hromaděním humusu (tedy od nezvětralého povrchu až po humusem vyplněné spáry skal a štěrby mezi balvany). V každém snímku jsem zaznamenal pokryvnost jednotlivých druhů mechorostů podle Braun-Blanquetovy stupnice a dále environmentální faktory, jako lokalita, druh horniny, orientace ke světovým stranám, sklon snímku, nadmořská výška, výška snímku nad zemí, zástin, typ substrátu (skála, balvan, skalní spára vertikální/horizontální), textura horniny (hladká, mělce členitá, hluboce členitá), výška humusové vrstvy, míra zvětrání horniny (povrchově zvětralá, navětralá, silně zvětralá). Při snímkování jsem použil tyto pomůcky: rámeček o velikosti 20x20cm, kompas, gps, fotoaparát, nůž, obálky na odebrané vzorky a tužku.

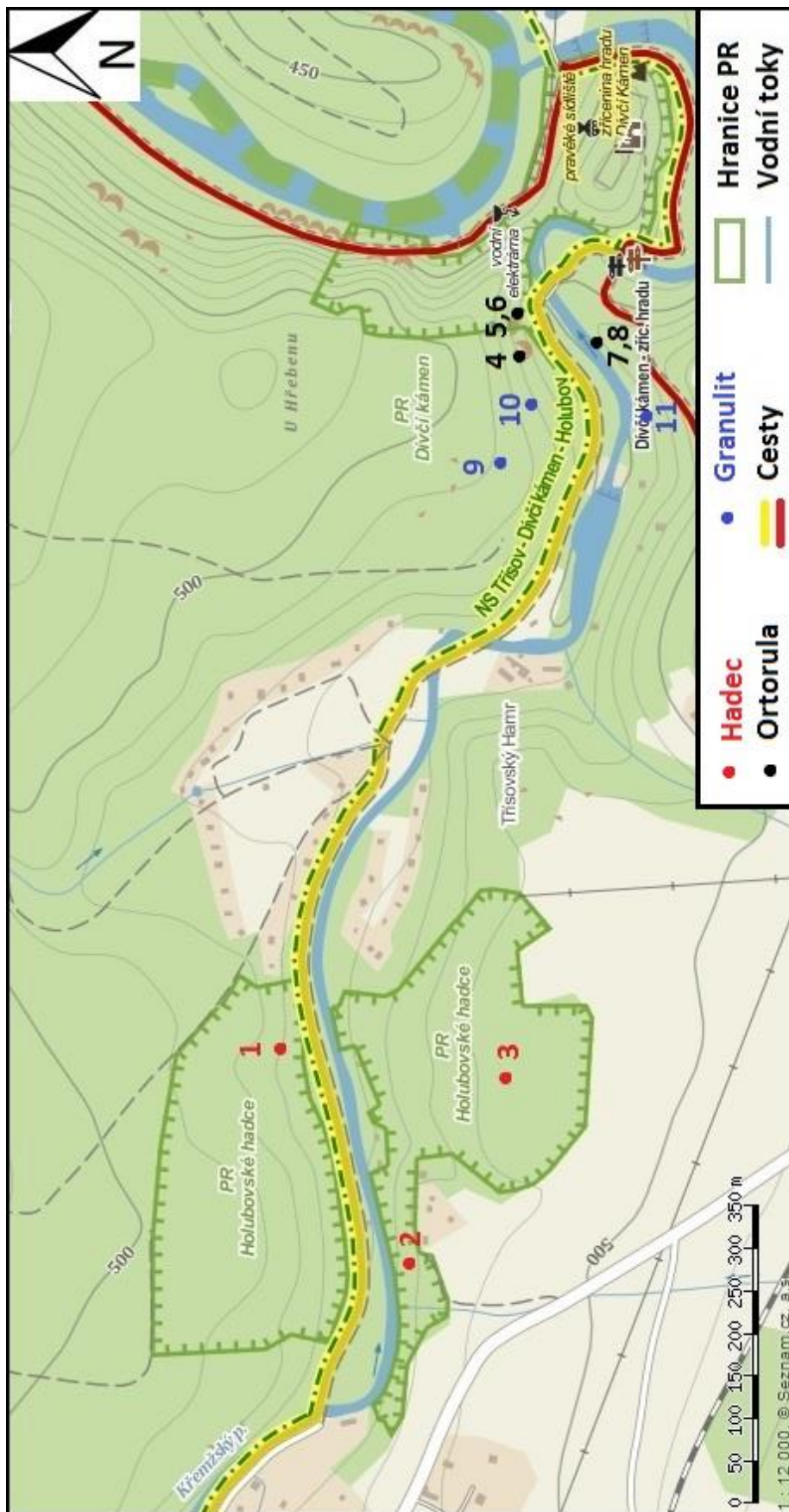
Mechorosty jsem určoval pod mikroskopem pomocí této určovací literatury: Nebel et Phillippi (2000), Nebel et Phillippi (2005), Paton (1999), Smith (2004) a pomocí online klíče Kučery (2009). Určené druhy jsem pak zaznamenal do seznamu nalezených mechorostů (viz kapitola 6.2 Seznam nalezených mechorostů). Platné vědecké názvy mechorostů a stupeň ohrožení mechorostů jsem sjednotil podle Kučery et al. (2012). V seznamu nalezených mechorostů nejprve uvádím platný vědecký název, platný český název, stupeň ohrožení podle Červeného listu Kučery et al. (2012). V práci jsou použity tyto zkratky:

LC (*Least Concern*) – neohrožené taxony

LR-nt (*Lower Risk – near threatened*) – taxony blízké ohrožení

Názvy cévnatých rostlin jsem sjednotil podle Klíče ke květeně České republiky (Kubát et al. 2002).

Místa odebraných vzorků na daných lokalitách jsem zaznamenával do mapky. Všechna stanoviště odebíraných vzorků jsou bezejmenná, proto jsem je do schématu stanovišť (Mapa 1) označil čísly. Každému horninovému typu je pro přehlednost přiřazena jiná barva.



Mapa 1: Schématická mapka stanovišť zmiňovaných v této práci, 1:12 000, upraveno autorem (Seznam a. s., 2012)

Data ze škrtačího seznamu jsem přepsal do tabulky aplikace MS Excel.

Druhov \acute{a} data byla zaznamen \acute{a} v \acute{a} na pomocí Braun-Blanquetovy stupnice:

r	1-3 exempl \acute{a} ře
+	m \acute{e} n \acute{e} než 1%
1	1-5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%

Pro použit $\acute{ı}$ v ordina \acute{c} n $\acute{ı}$ ch anal \acute{y} z \acute{a} ch byly hodnoty stupnice p \acute{r} evedeny na hodnoty 1-7.

Ve statistick \acute{y} ch anal \acute{y} z \acute{a} ch byl zkoum \acute{a} n vliv t \acute{e} chto prom \acute{e} n \acute{n} ych p r ost r ed $\acute{ı}$:

Typ horniny: kvalitativn $\acute{ı}$ prom \acute{e} n \acute{n} \acute{a} – H \acute{a} dec, Ortorula, Granulit

Typ substr \acute{a} tu: kvalitativn $\acute{ı}$ prom \acute{e} n \acute{n} \acute{a} – Skala, Balvan

Typ polohy: kvalitativn $\acute{ı}$ prom \acute{e} n \acute{n} \acute{a} – Bok, Police, Vrch

Sever: ordin \acute{a} ln $\acute{ı}$ stupnice – 0 (J), 0,5 (JV, JZ), 1 (V, Z), 1,5 (SV, SZ), 2 (S)

V \acute{y} ška: kvantitativn $\acute{ı}$ - v \acute{y} ška sn $\acute{ı}$ mku nad zem $\acute{ı}$ (v cm)

Textura: ordin \acute{a} ln $\acute{ı}$ stupnice – 1 (hladk \acute{a}), 2 (m \acute{e} lce \acute{c} lenit \acute{a}), 3 (hluboce \acute{c} lenit \acute{a})

Zv \acute{e} tr \acute{a} n $\acute{ı}$: ordin \acute{a} ln $\acute{ı}$ stupnice – 1 (povrchov \acute{e} zv \acute{e} tral \acute{a}), 2 (zv \acute{e} tral \acute{a})

Z \acute{a} stin: ordin \acute{a} ln $\acute{ı}$ stupnice – 1 (bez z \acute{a} stinu), 2 (\acute{c} \acute{a} ste \acute{c} n \acute{y} z \acute{a} stin), 3 (pln \acute{y} z \acute{a} stin)

Nejprve byly kontrolov \acute{a} ny korelace mezi prom \acute{e} n \acute{n} ymi p r ost r ed $\acute{ı}$. Pro v \acute{y} po \acute{c} et korelac $\acute{ı}$ byly kvalitativn $\acute{ı}$ prom \acute{e} n \acute{n} \acute{e} p \acute{r} evedeny na dummy prom \acute{e} n \acute{n} \acute{e} s hodnotami 1 a 0.

Ordina \acute{c} n $\acute{ı}$ anal \acute{y} zy

Vztah druhov \acute{e} ho složen $\acute{ı}$ k prom \acute{e} n \acute{n} ým p r ost r ed $\acute{ı}$ byl analyzov \acute{a} n mnohorozm \acute{e} r \acute{n} ymi technikami za použit $\acute{ı}$ funkc $\acute{ı}$ z knihovny ‚vegan‘. Druhov \acute{a} data obsahovala velk \acute{e} m \acute{n} o \acute{z} stv $\acute{ı}$ nulov \acute{y} ch hodnot a sn $\acute{ı}$ mku, kter \acute{e} nesd $\acute{ı$ lely \acute{z} adn \acute{e} druhy. Použit $\acute{ı}$ euklidovsk \acute{e} , nebo Chi-square vzd \acute{a} lenosti u takov \acute{y} ch dat zpravidla ned \acute{a} v \acute{a} v n \acute{a} sledn \acute{y} ch ordina \acute{c} n $\acute{ı}$ ch anal \acute{y} z \acute{a} ch v \acute{e} rohodn \acute{e} v \acute{y} sledky (Legendre et Gallagher 2001), co \acute{z} bylo ov \acute{e} řeno v \acute{y} sledky detrendovan \acute{e} koresponden \acute{c} n $\acute{ı}$ anal \acute{y} zy (DCA).

Volba vhodné ordinační techniky byla posouzena na základě výsledků pořadové korelace podél gradientů proměnných prostředí za použití funkce ‚rankindex‘. Vzhledem k nevhodnosti použití metrických technik bylo rozhodnuto o použití redundanční analýzy (Legendre et Anderson 1999) založené na Gowerovu indexu nepodobnosti (db-RDA, distance-based redundancy analysis), který je rovněž vhodný pro modelování ekologických gradientů a je dobře použitelný pro smíšený efekt kvalitativních a kvantitativních proměnných (Faith et al. 1987).

Gowerův index (Gower 1971):

$$d[jk] = \left(\frac{1}{M}\right) \sum \frac{abs(x[ij] - x[ik])}{\max(x[i]) - \min(x[i])}$$

kde M = počet sloupců.

Faktory byly rozloženy na dummy proměnné, aby bylo možné zjistit, které hladiny faktorů představují signifikantní rozdíly pro druhové složení. Vzhledem k nízké korelaci mezi jednotlivými proměnnými (vyjma rozložených hladin jednotlivých faktorů) byly proměnné v přímé ordinaci zadávány bez ohledu na jejich pořadí, neboť vzhledem k vyváženému designu nebylo předpokládáno vzájemné ubírání variability mezi proměnnými v důsledku vzájemné korelace. Dále byly provedeny dílčí ordinace (db-RDA s Gowerovým indexem) na snímcích z jednotlivých typů hornin za použití postupného výběru proměnných (funkce ‚step‘ s obousměrným výběrem). O použití vhodného indexu bylo rozhodnuto na základě nejvyšší korelace proměnných prostředí s maticemi nepodobností vypočítané pomocí funkce ‚rankindex‘ (euklidovská, mannhatanská, Bray-Curtisova, Gowerova, Kulczynského). Hladina významnosti pro jednotlivé proměnné byla testována analýzou variance s permutačním testem pro 999 permutací.

Sukcesní řady byly vymodelovány pomocí Huisman-Olff-Frescova modelu (Huisman et al. 1993) pomocí funkce ‚HOF‘ z knihovny ‚eHOF‘. Pro model byla použita poissonova distribuce. Zahrnuty byly druhy vyskytující nejméně dvakrát. Jako gradient sukcese stanoviště byla použita proměnná Humus, na kterou byla nalezena signifikantní odpověď u druhů na hadcích i granulitu (na rozdíl od ortoruly, blíže viz kapitola Výsledky). Křivky odpovědi druhů na gradient humusu byly vyneseny do grafů. Dále jsem klasifikoval druhy podle vztahu k aciditě/bazicitě,

substrátu a podle životních forem dle Dierβena (2001). Na základě této klasifikace jsem vytvořil grafy.

4. Charakteristika studované oblasti

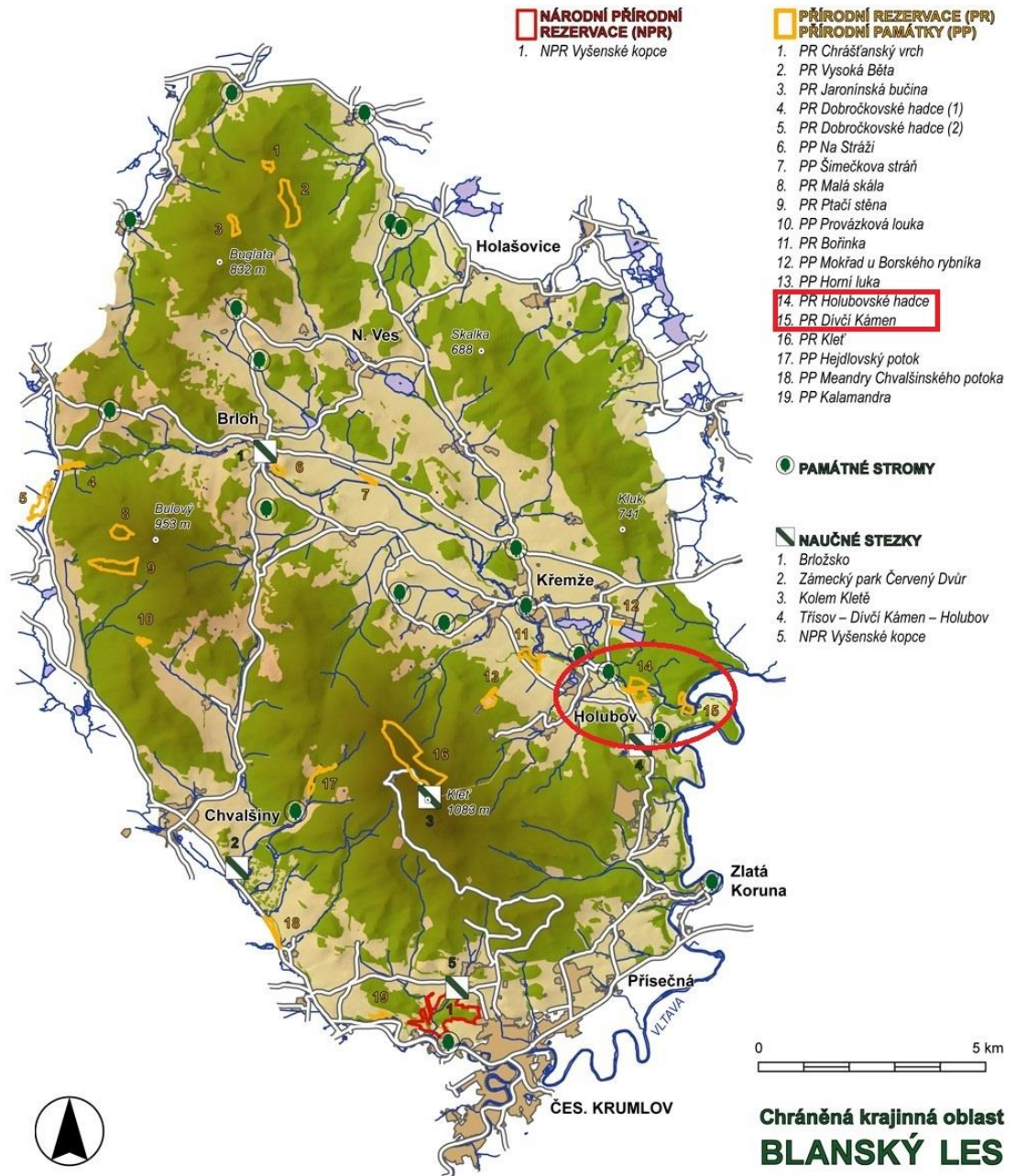
4.1. Vymezení studované oblasti

Studovaná oblast se nachází východně od obce Holubov, na východní straně CHKO Blanský les. Střední osu mého zájmového území tvoří Křemžský potok, na jehož březích se nachází všechny tři stanoviště. Rozkládají se podél potoka v rozpětí přibližně 1,5km. Prvním stanovištěm ve směru proudu toku Křemžského potoka jsou hadcové skalky v Přírodní rezervaci Holubovské hadce. Dále po proudu se nachází Přírodní rezervace Dívčí Kámen s žulovým a rulovým podkladem. Zde se Křemžský potok vlévá do řeky Vltavy. Celé území se nachází v nadmořské výšce mezi 450-500m.



Mapa 2: Lokalizace CHKO Blanský les na mapě ČR, upraveno autorem. Tmavě zeleně jsou vyznačeny CHKO, naopak NP jsou vyznačeny světle zelenou barvou. (AOPK ČR 2014)

CHKO Blanský les



Mapa 3: CHKO Blanský les s vyznačenou zájmovou oblastí, upraveno autorem. (Ochrana přírody a krajiny v České republice, 2014)

Chráněná krajinná oblast Blanský les byla zřízena vyhláškou Ministerstva kultury ČSR č. 197/1989 Sb., dne 8. prosince 1989. CHKO se nachází v Jihočeském kraji, v severní části okresu Český Krumlov. Jeho rozloha je 212,35 km². Lesní půdní fond zaujímá 56,5%, zemědělský půdní fond 32,5%, vodní plochy 2,5%, zastavěná území 1,2% a ostatní plochy 7,3%. Nejnižší bod

CHKO je Vltava u Cáby (420 m n. m.), nejvyšším je vrchol Klet' (1084 m n. m., viz obr. 22). Území CHKO není příliš narušeno negativními antropogenními vlivy. Jsou zde zachovalá přirozená lesní společenstva a zajímavá a druhově pestrá fauna a flóra, daná výskytem vápencových a hadcových ostrovů. Na území CHKO je vyhlášeno celkem 19 zvláště chráněných území. Mezi ně patří PR Holubovské hadce a PR Dívčí Kámen, ve kterých byla situována má studie.

PR Holubovské hadce

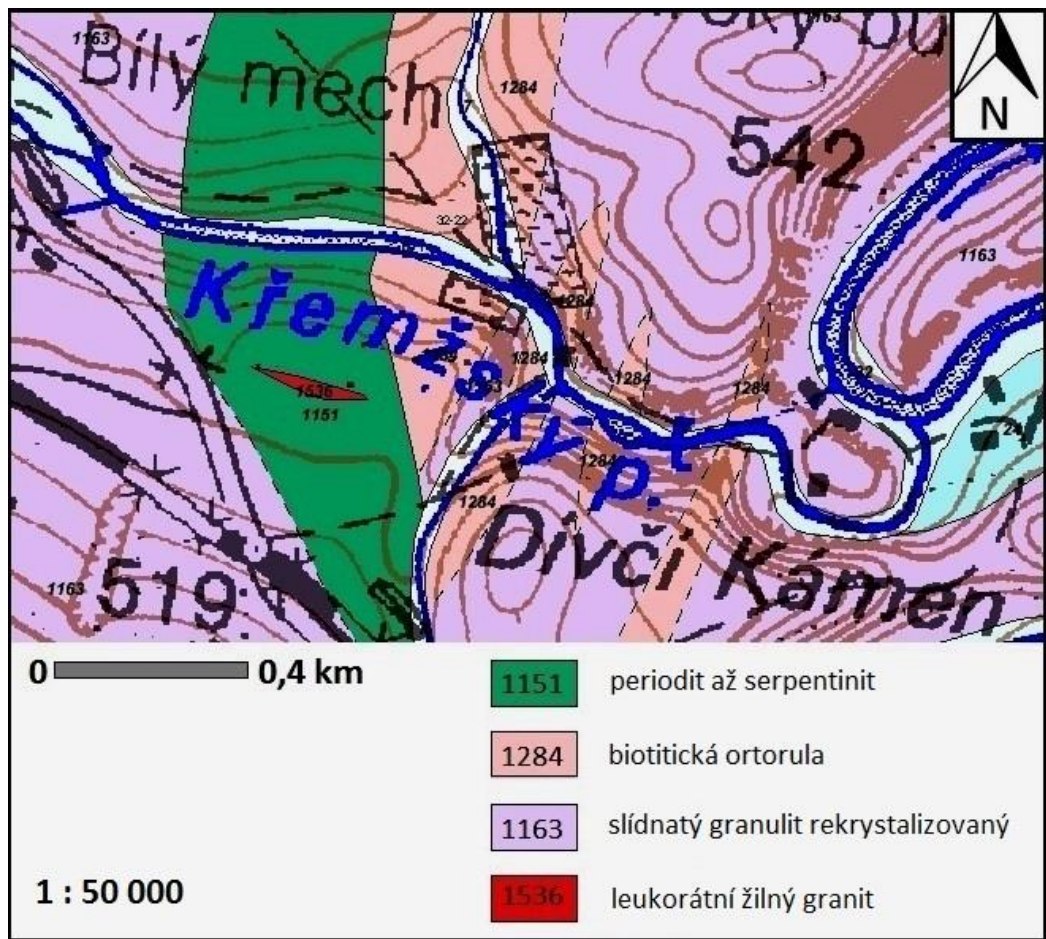
Přírodní rezervace byla vyhlášena roku 1972, na rozloze 15,68 ha. Nachází se v nadmořské výšce 458-501m. Jedná se o pozoruhodný komplex reliktních hadcových borů (viz obr. 16) a vegetace štěrbin hadcových substrátů, na kterých se vyskytují vzácné rostlinné druhy a významná fauna bezobratlých.

PR Dívčí Kámen

Přírodní rezervace byla vyhlášena roku 1952, na rozloze 4,82 ha. Nachází se v nadmořské výšce 440-475m. Jde o reliktní bor na ortorulovém skalním hřbetu nad soutokem Křemžského potoka s Vltavou. Součástí přírodní rezervace je zřícenina hradu Dívčí Kámen (viz obr. 21).

4.2. Geologie a geomorfologie

Blanský les je z velké části tvořen kyselými horninami pestré série moldanubika, převážně kambrického stáří a variské hlubinné vyvřeliny. Celé území se nachází na horizontálně uložené čočce o rozměrech 22x14 km, s odhadovanou mocností 1,5 km (Albrecht et al. 2003). Čočka je tvořena převážně slídnatým granulitem, který doplňuje pyroxenický granulit. V centrální části CHKO, v oblasti Holubovské hadce, se nachází serpentinizovaná ultrabazika, hadce. V nich se místy vyskytují drobná tělesa eklogitů a pyroxenitů. Podložím Dívčího Kamene je ortorula. V jižní a jihovýchodní části oblasti, která spadá do českokrumlovské pánve, se v podloží vyskytují krystalické vápence, amfibolity, grafitické horniny a erlány. Severovýchodní okraj oblasti vyplňují převážně miocenní sedimenty. V severní části CHKO je naleziště vltavinů. Na severní hranici jsou rozšířeny pleistocenní prachovce a sprašové hlíny (Albrecht et al. 2003).



Mapa 4: Studovaná oblast, výřez z geologické mapy 1: 50 000, upraveno autorem (Česká geologická služba, 2013)

Území CHKO je součástí Šumavské soustavy Českého masivu a zasahuje do geomorfologického celku Šumavské podhůří. Celá oblast je rozčleněná erozí vodních toků a denudací na soustavu nižších horských hřbetů, jednotlivých tvarů kopcovitého reliéfu a ploch kotlinových i ostře zaříznutých údolí (Albrecht et al. 2003). Nejvyšším vrcholem je Klet' s nadmořskou výškou 1084 m. Masiv Blanského lesa tvoří dva hřbety šumavského směru, které odděluje údolí Křemžského potoka. Na východě je CHKO ohraničena údolím Vltavy, které je v některých místech ostře zaříznuté. Zde je třeba zmínit dominantu, 56 m vysoký granulitový ostroh s ortorulovým podložím v nižších partiích, Dívčí Kámen. Průměrná nadmořská výška kotlin je 550 m, hřbetů 750 m (Albrecht et al. 2003). Z kryogenních forem, vzniklých mrazovým zvětráváním ve skalních horninách, byly v oblasti Blanského lesa nalezeny různé druhy mezoforem, jako kamenné eluvium, kamenné moře, mrazové puklinové rýhy a příkopy, izolované skály

a skalní hradby, pseudokary, mrazové srázy a mrazové sruby (Chábera 1982). Kryogenní kamenné eluvium je povrch pokrytý úlomky hornin uvolněných od pevné skály. Nachází se ve vyšších nadmořských výškách, např. na Kleti. Zde se také nachází izolované skalní věže, vzniklé mrazovým zvětráváním.

4.3. Charakteristika hornin

Hadec neboli serpentinit je metamorfovaná přeměněná hornina. Vznikl přeměnou ultrabazických hlubinných vyvřelin procesem zvaným serpentinizace (Babůrek et al. 2006). Je složen převážně ze serpentinových minerálů, jako jsou antigorit a chryzotil. Serpentin často obsahuje zbytky olivínu, ale i jiné železato-hořečnaté minerály, jako granát, pyroxen, amfibol, slída, nebo chromit (Pellant 1992). Také obsahuje stopové množství těžkých kovů, jako nikl, chrom, kobalt. Je to hrubě až středně zrnitá hornina. Kompaktní, obvykle žilkovaná vláknitým serpentinem. Má tmavou barvu, místy s černými, zelenými nebo červenými ploškami.

Granulit je považován za silně metamorfovaný granit nebo migmatit. Obsahuje křemen, živec, granát, biotit, kyanid, v menší míře pak pyroxen, sillimanit, rutil, zirkon, apatit. V tělesech granulitů je možné pozorovat cizorodá tělesa hornin svrchního zemského pláště – perioditů a serpentinitů (Babůrek et al. 2006). Je to hrubě až středně zrnitá hornina. Má masivní nebo výrazně páskovanou texturu.

Ortorula vzniká metamorfózou a deformací starších granitových hornin. Obsahuje křemen, živec, slídu a v menší míře amfibol. V hornině bývá vyvinuta plantární až lineární deformační textura a to buď plástevnatá, okatá nebo stébelnatá (Babůrek et al. 2006). Jedná se o světle zbarvenou horninu s různou zrnitostí. Má všesměrnou, plošně paralelní nebo páskovanou texturu.

Chemické složení jednotlivých hornin se liší. Dle obsahu oxidu křemičitého (SiO_2) uvažujeme čtyři základní kategorie hornin. Kyselé, s obsahem SiO_2 větším, než 65%, středně kyselé s obsahem SiO_2 od 52 do 65%, zásadité, neboli bazické s obsahem SiO_2 od 44 do 52% a ultrabazické, které mají méně než 44% SiO_2 . Na základě chemických analýz podle Hejtmana (1962) jsem z jednotlivých

vzorků vypočetl průměrný obsah oxidu křemičitého v jednotlivých horninách. **Hadec** s obsahem 41,5% SiO₂ se řadí mezi ultrabazické horniny. **Granulit** s obsahem 75,5% SiO₂ a **ortorula** s obsahem 71% SiO₂ naopak mezi kyselé horniny. O specifikách chemismu hadce je pojednáno v rešerši.

4.4. Pedologie

V půdním pokryvu převládají hnědé a hydromorfní půdy. Hnědá půda neboli kambizem vzniká zvětráváním granulitů, ortorul a pararul. Vzniku dále napomáhá působení erozní činnosti vody. V oblasti nad 600 m n. m., kde jsou nižší teploty a více srážek, jsou nejvíce rozšířené hnědé půdy kyselé. Ty se vyskytují i na obhospodařovaných půdách v okolí Brloha. Na svahovinách vápenců se vyvinuly rendziny, které hostí bohatou vegetací. Na hadcích se vyvinuly mělké nasycené kambizemě, místy se slabými projevy oglejení. Hnědé půdy kyselé, slabě glejové až glejové, se nachází v dlouhodobě vodou nasycené zóně, tedy v rovinách, údolích a depresích. V severní části CHKO jsou kambizemě doprovázeny pseudogleji.

4.5. Klimatické poměry

CHKO Blanský les spadá do dvou klimatických oblastí, které odděluje hranice 800 m n. m. Jeho nižší část spadá do mírně teplé klimatické oblasti, vyšší část do chladné klimatické oblasti. Blanský les leží v dešťovém stínu Šumavy. Z toho důvodu je oblast poměrně chudá na srážky. Roční srážkový úhrn na Kleti, nejvyšším vrcholu Blanského lesa, je pouze 720 mm. Přitom ve stejné nadmořské výšce na Šumavě jsou srážky téměř dvojnásobné. V Křemžské kotlině je to pak pouhých 560 mm. Dále je oblast ovlivňována tzv. alpským fénem, který zvyšuje teplotu vzduchu.



Obrázek 1: Schéma vzniku proudění suchého a teplého vzduchu, tzv. alpský fén (AOPK ČR, 2014)

Průměrná teplota na Kleti je 4,7 °C, v nejnižších polohách kolem 7°C. Oblast je poměrně chudá na sníh. Klimatickou zvláštností Kleti je dosti dlouhá doba trvání slunečního svitu – 1702 hodiny za rok, která souvisí s relativně nízkou průměrnou oblačností v závětrí Šumavy (Albrecht et al. 2003).

4.6. Hydrologické a hydrogeologické podmínky

Celá CHKO Blanský les náleží k povodí Vltavy, která tvoří východní hranici CHKO v délce 12 km v hlubokém údolí s průměrným spádem 3,2 % (Albrecht et al. 2003). Dlouhodobý průměrný průtok Vltavy dosahuje $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, nedaleko pod hranicí CHKO, ve vodoměrné stanici Březi. Území je dále odvodněno zejména Chvalšinským a Křemžským potokem. Křemžský potok, levostranný přítok Vltavy, leží v údolnici celé mé studované oblasti a celou ji odvodňuje. Vlévá se do něj několik přítoků, mezi ty významnější patří např. Olešnice. Většina toků byla v minulosti upravena melioračními zásahy.

Blanský les spadá do hydrogeologického rajonu č. 631 „Krystalinikum v povodí Horní Vltavy a Úhlavy“. Z hlediska chemismu jsou podzemní vody z odběrů na zalesněných svazích Kletě slabě mineralizované (cca $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), podzemní vody ze studní a vrtů v okolí Křemže mají mineralizaci slabou až střední (do $900 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, Albrecht et al. 2003).

4.7. Vegetace

Blanský les pojímá pestrou škálu stanovišť. Hlavními jsou kostřavové bučiny asociace *Festuco altissimae-Fagetum*. Vzácněji se vyskytují květnaté bučiny

s kyčelnicí devítílistou asociace *Dentario enneaphylli-Fagetum*. Na chudších stanovištích se nachází acidofilní bikové bučiny asociace *Luzulo-Fagetum*. Ve vyšších polohách Kletě se vyskytují třtinové bučiny *Calamagrostio villosae-Fagetum*, s významnou ječmenkou evropskou (*Hordelymus europaeus*) nebo alpským migrantem dřípatkou horskou (*Soldanella montana*). V severozápadní části oblasti se nacházejí suťové lesy *Tilio-Acerion*, kde je možno nalézt např. oměj vlčí mor (*Aconitum lycoctomum*) nebo kapradinu laločnatou (*Polystichum aculeatum*). V oblasti Holubovských hadců jsou vyvinuté **hadcové bory** asociace *Asplenio cuneifolii-Pinetum*. Dominantním druhem světlého stromového patra je borovice lesní (*Pinus sylvestris*), často zakrslého vzrůstu (Chytrý et al. 2001). Na jedné z posledních lokalit ČR zde má útočiště sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*, viz obr. 12). Dále zde nalezneme hadcový endemit hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*, viz obr. 13). Mechové patro může někdy pokrývat i více než polovinu půdního povrchu. Je tvořeno mezofytickými druhy mečů, např. *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium* a *Pleurozium schreberi* (Chytrý et al. 2001). Nad kolmými svahy Vltavy se vyskytují doubravy svazu *Quercion petraeae*, menší toky pak doprovází jasanovo-olšové luhy podsvazu *Alnenion glutinoso-incanae*.

Nelesní biotopy jsou zastoupeny mezofilními ovsíkovými loukami (*Arrhenatherion elatioris*), vlhkými pcháčovými loukami (*Calthion palustris*) a vysokobylinnými tužebníkovými lody (*Filipendulenion*). Na zemědělsky využívaných loukách se uplatňují bezkolencové louky svazu *Molinion caeruleae*. Významným typem suchých bezlesých stanovišť jsou širokolisté suché trávníky svazu *Bromion erecti* s výskytem lísky obecné (*Corylus avellana*), vousatkou prstnatou (*Bothriochloa ischaemum*) nebo jaterníkem podléškou (*Hepatica nobilis*).

Ve vodních společenstvech v řečišti Vltavy se objevuje např. lakušník vodní (*Batrachium aquatile*). Na rybnících jsou porosty okřehků (*Lemnion minoris*) a na jejich okrajích mokřadní společenstva. Vzácnějšími druhy těchto biotopů jsou např. vrbina kytkokvětá (*Lysimachia thyrsoiflora*) nebo všivec ladní (*Pedicularis sylvatica*).

4.8. Ochrana přírody

Na území CHKO Blanský les je vyhlášeno mnoho maloplošných zvláště chráněných území. Je zde jedna národní přírodní rezervace (NPR Vyšenské kopce), deset přírodních rezervací (PR Bořinka, PR Dívčí Kámen, PR Dobročkovské hadce, PR Holubovské hadce, PR Chrást'anský vrch, PR Jaronínská bučina, PR Klet', PR Malá Skála, PR Ptačí stěna, PR Vysoká Běta) a osm přírodních památek (PP Hejdlvovský potok, PP Horní luka, PP Kalamandra, PP Meandry Chvalšinského potoka, PP Mokřad u Borského rybníka, PP Na Stráži, PP Provázková louka, PP Šimečkova stráž).

CHKO je rozděleno do tří zón, dle stupně ochrany. První zóna CHKO zaujímá rozlohu 244 ha (tj. 1,2% celkové rozlohy), rozloha druhé zóny je 5074 ha (tj. 23,9% rozlohy), třetí zóna zaujímá 15917 ha (tj. 74,9% rozlohy, Ochrana přírody 2010). Do první zóny spadají ZCHÚ a další významné lokality, do druhé zóny patří především rozsáhlé komplexy bučin a vápencové výchozy.

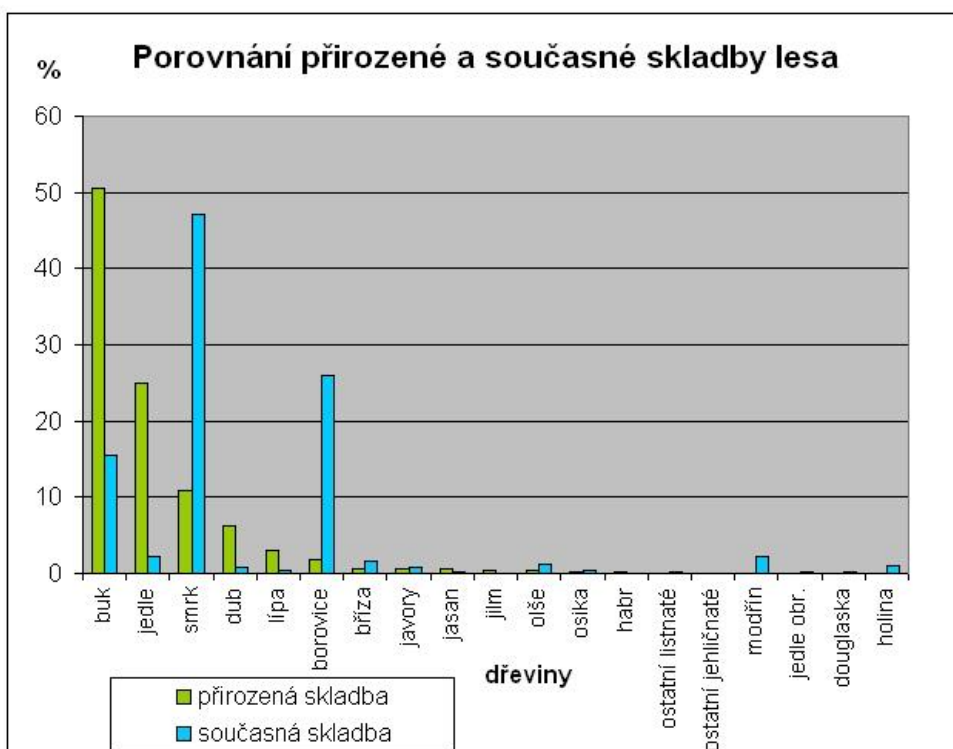
V celé CHKO roste 21 památných stromů a to Lípa srdčitá, lípa velkolistá, dub letní a morušovník. Na Podnovoveském rybníku a v Borovských Uhlířích se nachází zvláště chráněné památné aleje.

CHKO Blanský les je v seznamu evropsky významných lokalit, **Natura 2000**. Tomu přispívá především výskyt chráněných druhů rostlin a živočichů. Jedná se o rostlinu hořeček český (*Gentianella praecox* subsp. *bohemica*), motýla přástevníka kostivalového (*Callimorpha quadripunctaria*), rybu vranku obecnou (*Cottus gobio*), mihuli potoční (*Lampetra planeri*), plže vrkoče útlého (*Vertigo angustior*), netopýra velkého (*Myotis myotis*) a rysa ostrovida (*Lynx lynx*).

4.9. Lesnictví a současné využití území

Lesy jsou hlavní prvek určující ráz CHKO. Zaujímají plochu 12 200 ha, což je 56% celkové rozlohy. Jde především o komplexy listnatých a smíšených podhorských lesů, které spadají do jedlobukového a bukového lesního vegetačního stupně. V zájmové oblasti u Holubova se nachází vzácné hadcové bory.

Blanský les býval hraniční prales. Počátky odlesňování v důsledku kolonizace území lze datovat do 12. století. Lidé chtěli získat zemědělskou půdu, těžít dřevo a pást dobytek. Devastace byla výrazná a současný stav lesních porostů je značně pozměněn. V minulosti byl dominantní dřevinou buk. Ten však uvolňoval místo ekonomicky výhodnějšímu smrku a dnes je v lesích cca 70% jehličnanů. Na zvýšení podílu listnatých stromů správa CHKO stále pracuje. Současnou skladbu tvoří smrk ztepilý (47%), borovice lesní (26%), buk lesní (16%), jedle bělokorá (2%, AOPK ČR 2014).



Obrázek 2: Graf přirozené a současné skladby lesa, (AOPK ČR 2014)

Současné využití území

CHKO Blanský les se využívá k zemědělství, lesnictví (uvedeno výše), těžbě a rekreaci. Zemědělská půda je intenzivně obhospodařována v centrální části, extenzivně pak na okrajích. V lomech Plešovice a Zrcadlová huť probíhá těžba světlého granulitu. V neposlední řadě je CHKO místem pro rekreaci a sport.

5. Literární rešerše – Hadcová vegetace

5.1. Úvod

Hadce přitahují pozornost vědců už velice dlouho. Že jde o něco výjimečného lze poznat už na první pohled. Hadcové oblasti jsou asi nejnápadnější zdálky, díky ostrému kontrastu hadcové a okolní – velice rozdílné – vegetace (Brady et al. 2005). Berglun (2005) popsala hadcové půdy jako snadno rozeznatelné ostrovy s neúrodnou půdou nebo útesy.

5.2. Geologie

Zvláštnost hadce spočívá v jeho složení. Hadec je v podstatě železo-magnesitý silikát $(\text{Fe, Mg})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Pro vznik hadce je typický relativně nízký tlak, teplota mezi 100-300 °C a pH větší než 10 (Brooks ex Kazakou et al. 2008). Hadcové půdy jsou tvořeny zvětráváním ultrabazických hornin složených minimálně 70% bazickými nebo hořečnatoželeznatými minerály. Vzniká metamorfózou peridotitu. Ten se nachází ve vyvřelých horninách v plášti země. Jednou z hlavních složek peridotitu je olivín. Dalšími složkami, méně obsaženými než olivín, jsou pyroxen a amfibol. Díky tomu jsou v hadci přítomny i vápník, hliník, sodík a nikl a také mnoho chromitu (Zimák 2005). Jelikož obsah těchto prvků se mění, variace ve složení se odráží v různé barvě horniny od lesklé zelené, namodralé až téměř k černé.

5.3. Chemické faktory

Pravděpodobně nejvlivnější faktor na život rostlin na hadci je ten chemický (Kruckeberg ex Brady et al. 2005). Uvedu zde hlavní hypotézy.

(1) Nízká hladina hlavních makronutrientů

Hadec je živinově velmi chudý, právě proto, že se mu nedostávají hlavní prvky. Gordon a Lipman (ex Whittaker 1954) objevili v hadcových půdách nízkou hladinu prvků dusíku, fosforu a draslíku. Vlamis (1949) ukazuje na příkladu ječmenu, že nedostatek těchto prvků limituje jeho růst. Poté co do

hadcových půd přidal fosfát, zvýšil se růst ječmenu. To nám jasně potvrzuje, že nedostatek těchto prvků limituje růst rostlin, ale je to pouze malý důkaz pro vysvětlení špatného růstu rostlin na hadci.

(2) Zásaditost

Gordon a Lipman (ex Whittaker 1954) uvádí, že zásaditá reakce hadcových půd přispívá k neplodnosti. Toto vysvětlení ale bylo vyvrácené jako neprůkazné, neboť v Kalifornii, kde se výzkum prováděl, je mnoho nehadcových půd zásaditých a přesto úrodných.

(3) Nízká dostupnost molybdenu

Nedostatek molybdenu se projevuje omezením růstu rostliny. Walker zjistil, že většina kalifornských hadců trpí jeho nedostatkem (Walker ex Whittaker 1954). To může částečně přispívat k nízké plodnosti, ale určitě není hlavním faktorem.

(4) Toxicita těžkých kovů

V hadcích je obsaženo nadměrné množství chromu (Cr), kobaltu (Co) a niklu (Ni). Těžké kovy, přítomné ve zvýšené míře v hadcových půdách, působí na většinu rostlin toxicky (Proctor et Woodell 1971). Způsobují zpomalení růstu. Například zvýšená koncentrace niklu může inhibovat dělení buněk v kořenových meristémech u netolerantních rostlin, má negativní vliv na fotosyntézu, respiraci a regulaci transpirace (Berglund et al. 2003).

(5) Nízký poměr Ca: Mg

Obecně přijímaným názorem je, že zásadní a největší vliv na růst rostlin má koncentrace vápníku ve vztahu k hořčíku (Proctor et Woodell 1971). Už Loew and May (ex Whittaker 1954) tvrdili, že pro dobrý růst rostlin je důležitý poměr Ca: Mg alespoň roven jedné. U rostlin rostoucích na hadci je tento poměr často nižší než 0,4. Nízký obsah vápníku a vysoký obsah hořčíku v půdě má původ v bohaté Mg mineralogii hadců (Burt et al. ex Kazakou et al. 2008). Na toto téma bylo provedeno mnoho pokusů. Walker (ex Whittaker 1954) experimentoval s různými poměry Ca: Mg v půdě. Vzal několik květináčů a do nich nasypal

substrát s různou koncentrací Ca (5-80%) a Mg (19-94%). Do nich zasadil dva typy rostlin. Hadcový endemit a nehadcový druh. Růst nehadcového druhu úměrně koreloval s hladinou Ca, zatímco na hadcový endemit neměla koncentrace prvků v půdě téměř žádný vliv. Vlamis (1949) zjistil, že lepší růst rostlin zajistí přidáním prvků N, P, K, ale především Ca. Naproti tomu přidáním Mg se výsledky zhoršily. Tím potvrdil, že především poměr Ca: Mg je příčinou špatného růstu rostlin. Nízký obsah vápenatých iontů v hadcových půdách a jejich vztah s ionty hořčnatými je pravděpodobně nejdůležitější příčinou neobyvatelnosti hadcových půd pro většinu rostlin (Brady et al. 2005). Nelze však všechno svádět pouze na poměr Ca: Mg. Jde o celý komplex chemických a fyzikálních faktorů nazývaný „hadcový syndrom“ (Kruckeberg ex Kazakou et al. 2008).

5.4. Fyzikální činitelé

K chemickým faktorům se dále přidávají fyzikální činitelé. Rostliny musejí odolávat nehostinným podmínkám, kterými jsou:

(6) Strmé a skalnaté výchozy

Hadcové oblasti jsou často situovány ve strmých a poměrně skalnatých výchozech. To podporuje erozi a odnášení živin z půdy. Výsledkem pak jsou mělké půdy s minimálním obsahem jílu v půdě.

(7) Sucho

V mělkých půdách s nízkým obsahem jílu se voda obtížně drží. Hornina je tmavá a může dosahovat teploty až 50°C, tím dochází k jejímu vysušování (Kolář et Vít 2008). Chiarucci (2004) tvrdí, že sucho může být často pro rostliny větším stresem, než obsah těžkých kovů.

Shrnutím těchto faktorů dojdeme k závěru, že se rostliny na hadci potýkají s nedostatkem živin, suchem a vysokou toxicitou.

5.5. Hadcoví specialisté – ekologie a adaptace

Hadcová půda je neobvyklá, často ostře oddělená od okolních nehadcových lokalit. Za její specifickou vegetaci jsou zodpovědné chemické a fyzikální faktory popsané výše. Whittaker (1954) definoval tři kolektivní rysy ekologie hadců.

- (1) Nízká produktivita rostlin
- (2) Vysoká míra endemismu
- (3) Odlišný typ vegetace od sousedních oblastí

Hadcový ekosystém je charakteristický velkým počtem místních a oblastních endemitů, které přitahují velký zájem (Walker 1954). Kruckeberg (ex Brady et al. 2005) vypočítal, že rozloha hadců v Kalifornii činí pouze 1% z celkové rozlohy, přesto obsahuje 10% endemických druhů vyskytujících se na celém území. Na hadcových půdách se vyvinula výrazná vegetace, kterou je možné rozdělit do dvou skupin (Reeves et al. 1999).

- (1) Hadcoví endemité rostoucí výhradně na hadcových půdách
- (2) Hadeč-tolerující druhy, které jsou schopny růst na hadcových půdách, ale lépe rostou jinde.

Stebbins (1942) navrhl dva typy hadcových endemitů:

- (a) Ubývající druhy

Druhy, které se dříve vyskytovaly v širokém okolí a nyní jsou omezené na hadcové biotopy, kvůli výskytu silnějších konkurentů.

- (b) Ostrovní druhy

Druhy, které pochází z několika izolovaných jedinců, přizpůsobené specifickému prostředí.

5.6. Projevy adaptace

Rostliny žijící na hadci se musí přizpůsobit nehostinnému prostředí. Adaptace se projevují skrze tyto vlastnosti:

(1) Menší vzrůst a rozsáhlý kořenový systém

Hadcové rostliny si vytvářejí rozsáhlejší kořenový systém. Tím si zajistí větší možnosti odběru vlhkosti a živin z půdy. Pokud investují do rozvoje kořenů, již jim nezbude dostatek zdrojů na rychlý růst nadzemních částí. Adaptace na stres je stojí pomalejší růst a celkově menší vzrůst. Tento princip se v ekologii nazývá trade-off. Ten zjednodušeně říká, že za každou výhodu v jednom směru se platí nevýhodou v jiném směru. Rune (1953) popisuje rostliny rostoucí na hadci, ve srovnání s těmi nehadcovými jako trpasličí formy s rozšířeným kořenovým systémem. U nás si drobné hadcové formy získaly specifické pojmenování „nanismy“. V minulosti se jimi intenzivně zabýval Rudolf Dvořák, který v roce 1935 vydal knihu *Nanismy, trpasličí formy rostlinné* (Dvořák 1935). Popsal v ní 279 případů nanismů na Mohelské hadcové stepi.

Dalšími morfologickými zvláštnostmi jsou kompaktní habitus, či xeromorfní tendence u listů.

(2) Tolerance nízkého poměru Ca: Mg

- (a) Selektce, neboli schopnost přijímat Ca i při vysoké koncentraci Mg v půdě.

Hadcové druhy mají schopnost absorbovat více vápníku a méně hořčíku než nehadcové druhy (Walker at al. 1955). Dále jsou schopny vybraný vápník přesunout do listů a hořčík vyloučit pomocí kořenového systému (O'Dell et Claassen 2006).

- (b) Tolerance nedostatku Ca a (nebo) toxicity Mg

Hadcové druhy lépe tolerují vysokou koncentraci hořčíku. To potvrzuje i pokus Marrse a Proctora (1976), kteří porovnali toleranci

hořčíku u tří druhů rostlin a zjistili, že hadcové druhy měly vyšší požadavek na přítomnost hořčíku než nehadcové druhy.

(c) Luxus konzumace Mg

Hadcové rostliny mají nejen vyšší toleranci k hořčíku, ale dokonce i potřebu jeho vyšší konzumace (Madhok et Walker 1969).

(3) Adaptace na vysoký obsah těžkých kovů

Důležitou adaptací je schopnost rostlin kontrolovat příjem hořčíku. Z řady studií, jejichž výčet udává Brady et al. (2005), vyplynulo, že pokud ve shodných podmínkách na serpentinitovém substrátu pěstujeme obě edafické rasy, hadcový typ dokáže přijímat méně Mg a více Ca ve srovnání se svým nehadcovým protějškem. Některé rostliny mají mechanismus pro akumulaci těžkých kovů v netoxické formě (Berghun 2005). Baker popsal 4 kategorie rostlin odolávající těžkým kovům (Baker ex Kazakou et al. 2008):

(a) Rostliny s absencí příjmu těžkých kovů

Rostliny omezují příjem a transport těžkých kovů. Vysokou akumulaci těžkých kovů lze nalézt pouze v jejich kořenech.

(b) Akumulační

Rostliny mají schopnost translokace a hromadění vysoké hladiny kovů v nadzemní části rostliny a to jak při nízké tak i při vysoké koncentraci kovů v půdě. Rostliny přitom nevykazují příznaky toxicity.

(c) Hyperakumulační

Rostliny hromadí ve svých výhonech stokrát více kovů než normální rostliny. Jejich chování se označuje jako extrémní v příjmu kovů. Rostliny s touto schopností vyvolaly vysoký zájem vědecké

veřejnosti, zejména ve vztahu k jejich možnému použití v sanaci těžkých kovů u kontaminovaných půd (Wang et al. 2005).

(d) Indikační

Rostliny vykazují střední odpověď na vysokou koncentraci kovů v půdě. Vztah mezi obsahem prvku v půdě a rostlině je téměř lineární.

5.7. Život na hadci

Proctor a Woodell (1971) uvádějí, že neznají jediný hadcový druh, který by nebylo možné kultivovat v běžných podmínkách. Proč se tedy některé druhy vyskytují pouze na hadcích? Nejdůležitějším faktorem, který „nedovolí“ některým serpentinofytům opustit hadcovou oblast je pravděpodobně konkurence (Kruckeberg ex Brady et al. 2005). Rostliny rostoucí na hadci jsou typickým příkladem stres-tolerantních druhů. V ekologii jde o takzvané S-stratégy, kteří dávají raději přednost stresu, než soubojí s kompetitory, C-stratégy. Hadcové půdy jsou tedy útočištěm pro slabé kompetitory.

5.8. Mechorosty a hadcové prostředí

Cévnaté rostliny jsou ve vztahu k hadci dobře prozkoumané. Botanici po celém světě věnovali mnoho pozornosti právě serpentinům (Baker et al. 1992). I přes četné studie však mechorosty získaly minimální pozornost (Briscoe et al. 2009). Sigal (1975) odhaduje, že to, co je známé o cévnatých rostlinách se vztahuje rovněž na mechorosty, ale endemismus není u této skupiny běžným jevem. Počet známých hadcových endemitů ve světě se omezuje pouze na Kalifornský *Pseudoleskeella serpentinensis* (Shevock ex Briscoe et al. 2009). Je pravděpodobné, že počet hadcových endemitů bude o něco vyšší, ale je jisté, že mechorosty vykazují nízký počet endemitů v odpovědi jak na hadcové prostředí, tak i na jiné extrémní stanoviště (Shaw et al. 1987). Naopak cévnaté rostliny bývají v hadcovém prostředí specializované (Chytrý 2009).

Cévnaté rostliny přijímají vodu kořeny. Ten však mechorosty nemají. Namísto něj mají rhizoidy, které slouží pouze jako přichytná vlákna. Jejich

funkcí není přijímat vodu a minerály. Převážné množství vody získávají mechorosty z atmosféry, pouze malé množství ze substrátu (Váňa 2006). Mechorosty nemají oproti cévnatým rostlinám vyvinuta vodivá pletiva, proto u nich nelze předpokládat adaptaci spočívající v efektivním přesunu látek po těle rostlinky (Briscoe et al. 2009). Anatomická stavba mechorostů tedy vylučuje, aby se adaptovaly na hadcové prostředí stejně jako cévnaté rostliny.

5.9. Závěr rešerše

Hadcové lokality se od sebe liší a s tím i schopnosti růstu rostlin na nich. To hlavně díky měnícímu se obsahu složek, především vápníku, hořčíku, draslíku a těžkých kovů. V poslední době se o vlivu hadcových půd na cévnaté rostliny dozvídáme více. Navzdory prokazatelnému vlivu poměru Ca: Mg na většině hadcových půd, stále víme poměrně málo o mechanismech odolnosti rostlin a přesném toxickém účinku hořčíku na neadaptované druhy (Reeves et al. 2007). Mechorosty jsou však ve vztahu k hadci stále velmi málo prozkoumané.

6. Výsledky

6.1. Úvod

Celkově bylo zaznamenáno 130 snímků, 40 na hadci, 40 na ortorule a 50 na granulitu. Bylo nalezeno 39 druhů mechorostů, z toho 34 druhů mechů a 5 druhů játrovek. Nepodařilo se nalézt žádné ohrožené druhy. Nejvzácnějším druhem byla játrovka *Frullania tamarisci*, která je dle červené knihy řazena mezi taxony blízké ohrožení, LR-nt (*Lower Risk – near threatened*). Zde předkládám seznam všech nalezených mechorostů, kde uvádím nejprve platný vědecký název, platný český název a stupeň ohrožení. Dále pak tabulku mechorostů s průměrnou frekvencí druhů ve snímku.



Obrázek 3: *Frullania tamarisci* na jednom ze snímků. Foto David Paštyka

6.2. Seznam nalezených mechorostů

Játrovky:

Bazzania trilobata (L.) Gray (incl. var. *depauperata* (Müll. Frib.) Grolle) – rohozec trojlaločný, LC

Frullania tamarisci (L.) Dumort. – kovanec tamaryškový, LR-nt [C1]

Metzgeria conjugata Lindb. – kroknice spojená, LC

Plagiochila porelloides (Torr. ex Nees) Lindenb. – kaprad'ovka podhořankovitá, LC

Scapania nemorea (L.) Grolle – kýlnatka hajní, LC

Mechy:

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. – rokýtek obecný, LC

Aulacomnium androgynum (Hedw.) Schwägr. – klamonožka hlávkoplodá, LC

Brachythecium reflexum (Starke) (Sciuro-hypnum reflexum) Ignatov et Huttunen (Starke Schimp.) – baňatka zakřivená, LC

Bryum capillare Hedw. – prutník chluponosný, LC

Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. – rohozub nachový, LC

Ctenidium molluscum (Hedw.) Mitt. – hřebenitka měkkounká, LC

Cynodontium sp. - psízubec
Dicranum montanum Hedw. – dvouhrotec chlumní, LC
Dicranum polysetum Sw. ex Anon. – dvouhrotec čeřitý, LC
Dicranum scoparium Hedw. – dvouhrotec chvostnatý, LC
Fissidens dubius P. Beauv., var. *dubius* – krondlovka klamná, LC
Hedwigia ciliata (Hedw.) P. Beauv. – těhovec bezžebrý, LC
Heterocladium heteropterum (Brid.) Schimp. – různolístek nestejnokřídlý, LC
Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp. – rokytník lesklý, LC
Hypnum cupressiforme Hedw. (annot. 25), var. *cupressiforme* – rokyt cypřišový, LC
Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra (*Eurhynchium praelongum* (Hedw.) Schimp.) – trněnka prodloužená, LC
Isothecium alopecuroides (Lam. ex Dubois) Isov. – plazivec obecný, LC
Isopterygium elegans (*Pseudotaxiphyllum elegans*) (Brid.) Z. Iwats. – bělovec úhledný, LC
Leucobryum glaucum (Hedw.) Ångstr. – bělomech sivý, LC
Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr. – bělozubka ocáskovitá, LC – only in var. *sciuroides*
Paraleucobryum longifolium (Hedw.) Loeske – širožebrec dlouholistý, LC
Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T. J. Kop. – měřík příbuzný, LC
Plagiomnium undulatum (Hedw.) T. J. Kop. – měřík čeřitý, LC
Plagiothecium curvifolium Schlieph. ex Limpr. – lesklec křivolistý, LC
Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp., var. *denticulatum* – lesklec zubatý, LC
Plagiothecium laetum Schimp. – lesklec příjemný, LC
Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt. – travník Schreberův, LC
Pohlia sp. – paprutka
Polytrichum formosum Hedw. (*Polytrichastrum formosum* (Hedw.) G. L. Sm.) – ploník ztenčený, LC
Rhabdoweisia fugax (Hedw.) Bruch et Schimp. – pruhovka nestálá, LC
Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske – srpnatka háčkovitá, LC
Schistidium apocarpum (Hedw.) Bruch et Schimp. – klanozoubek obecný, LC
Tetraphis pellucida Hedw. – čtyřzoubek průzračný, LC
Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp. – zpeřenka tamaryšková, LC

Seznam druhů včetně zkratk použitých v analýzách, vztahu k aciditě, životní strategie a průměrné frekvence na jednotlivých horninových typech je uveden v příloze (viz tab. 5).

6.3. Souhrn

Hadec byl osnímkován čtyřiceti snímky. Ve všech snímcích se pokryvnost mechorostů pohybovala okolo 50%, u lišejníků do 5%. Na hadci jsem našel 25 druhů mechorostů, z toho 22 mechů a 3 játrovky (mechy *Amblystegium serpens*, *Ctenidium molluscum*, *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Fissidens dubius*, *Hedwigia ciliata*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme*, *Isothecium alopecuroides*, *Isopterygium elegans*, *Kindbergia praelonga*, *Leucobryum glaucum*, *Leucodon sciuroides*, *Plagiomnium affine*, *Plagiomnium undulatum*, *Plagiothecium curvifolium*, *Plagiothecium laetum*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum formosum*, *Rhabdoweisia fugax*, *Schistidium apocarpum*, *Sanionia uncinata* a játrovky *Frullania tamarisci*, *Metzgeria conjugata*, *Plagiochila porelloides*), přičemž 15 druhů mechorostů se vyskytovalo pouze na hadci (viz tab. 5).

Ortorula byla osnímkována čtyřiceti snímky. Ve všech snímcích se pokryvnost mechorostů pohybovala okolo 75%, u lišejníků do 5%. Na ortorule jsem našel 19 druhů mechorostů, z toho 17 mechů a 2 játrovky (mechy *Brachythecium reflexum*, *Bryum capillare*, *Cynodontium* sp., *Dicranum montanum*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Isopterygium elegans*, *Leucobryum glaucum*, *Paraleucobryum longifolium*, *Plagiothecium denticulatum*, *Plagiothecium laetum*, *Pleurozium schreberi*, *Pohlia* sp., *Polytrichum formosum*, *Rhabdoweisia fugax*, *Sanionia uncinata*, *Thuidium tamariscinum* a játrovky *Bazzania trilobita*, *Metzgeria conjugata*), přičemž 3 druhy mechorostů se vyskytovaly pouze na ortorule (viz tab. 5).

Granulit byl osnímkován padesáti snímky. Ve všech snímcích se pokryvnost mechorostů pohybovala okolo 70%, u lišejníků do 5%. Na granulitu jsem našel 20 druhů mechorostů, z toho 18 mechů a 2 játrovky (mechy *Aulacomnium androgynum*, *Ceratodon purpureus*, *Cynodontium* sp., *Dicranum montanum*, *Dicranum scoparium*, *Hedwigia ciliata*, *Heterocladium heteropterum*, *Hypnum*

cupressiforme, *Isopterygium elegans*, *Leucobryum glaucum*, *Paraleucobryum longifolium*, *Plagiothecium denticulatum*, *Plagiothecium laetum*, *Pohlia* sp., *Polytrichum formosum*, *Rhabdoweisia fugax*, *Sanionia uncinata*, *Tetraphis pellucida* a játrovky *Bazzania trilobita*, *Scapania nemorea*), přičemž 5 druhů mechorostů se vyskytovalo pouze na granulitu (viz tab. 5).

6.4. Ordinační analýzy

Korelace proměnných prostředí byly porovnány v korelační matici (viz tab. 1). Výsledky tradičně používané DCA (viz tab. 2) ukázaly, že použití Chi-square vzdálenosti mezi snímky není vhodnou mírou pro výpočet variability mezi snímky, neboť prvními dvěma kanonickými osami nebyla zachycena prakticky žádná variabilita. Byl tedy hledán vhodný index nepodobnosti mezi snímky pro použití v ordinačních analýzách. Výpočet pořadových korelací mezi maticemi nepodobnosti druhových dat vypočítanými pomocí různých metrických i nemetrických vzdáleností (euklidovská, manhatanská, Gowerova, Bray-Curtisova, Kulczynskeho) a gradienty zaznamenaných proměnných prostředí prostřednictvím funkce ‚rankindex‘ ukázal, že vzhledem k vyšším korelacím bude vhodnější použití nemetrických vzdáleností (viz tab. 3). Nejvyšší korelace byla nalezena u Gowerova indexu, a proto byl použit v db-RDA na místo standardně používaného Bray-Curtisova indexu nepodobnosti. Ordinační analýzou bylo vysvětleno 17,7% celkové variability v druhových datech.

Dílčí ordinační analýzy (db-RDA s Gowerovým indexem nepodobnosti) pro jednotlivé druhy hornin ukázaly značné rozdíly v odpovědi druhů na proměnné prostředí. Zatímco u hadce byly signifikantními proměnnými pouze Humus a Substrát (faktor s hladinami Skály a Balvany) a u ortoruly nebyla nalezena žádná signifikantní odpověď, u granulitu byly naopak nalezeny signifikantní vztahy k většině proměnných ve vztahu k sukcesi, pozici snímku i k zástinu (viz tab. 4).

Sukcesní řady byly modelovány podle gradientu proměnné Humus zvlášť pro hadec a granulit. Pro ortorulu sukcesní řada modelována nebyla, neboť se nepotvrdila signifikantní odpověď druhů na žádnou z proměnných. V raných stádiích sukcese na hadcích se objevovaly druhy: *Frullania tamarisci*, *Fissidens*

dubius, *Hedwigia ciliata*, *Isopterygium elegans*, *Leucodon sciuroides*, *Schistidium apocarpum*, *Sanionia uncinata*, postupně přibývaly druhy *Hypnum cupressiforme*, *Metzgeria conjugata*, *Dicranum polysetum*, *Dicranum scoparium*, *Rhabdoweisia fugax*, *Hylocomium splendens*, *Plagiochila porelloides* a nakonec zcela převládly druhy *Plagiomnium affine* a *Polytrichum formosum* (viz obr. 5).

Na granulitu se v raných stádiích sukcese objevovaly druhy *Bazzania trilobata*, *Aulacomnium androgynum*, *Isopterygium elegans*, *Leucobryum glaucum*, *Plagiothecium laetum*, *Pohlia* sp., postupně přibývaly druhy *Cynodontium* sp., *Rhabdoweisia fugax*, *Sanionia uncinata*, *Hypnum cupressiforme* a nakonec zcela převládly druhy *Dicranum scoparium* a *Polytrichum formosum* (viz obr. 7).

Tabulka 1: Korelační matice proměnných prostředí

	Hadec	Ortorula	Granulit	Skály	Bok	Police	Vrch	Sever	Výška	Textura	Humus	Zvětrání	Zástin	Lišejníky
Hadec														
Ortorula	-0,44													
Granulit	-0,53	-0,53												
Skály	0,13	-0,22	0,08											
Bok	0,12	-0,01	-0,11	0,07										
Police	-0,25	0,15	0,10	0,13	-0,66									
Vrch	0,14	-0,16	0,02	-0,29	-0,50	-0,32								
Sever	-0,20	0,20	0,00	-0,08	0,03	0,15	-0,21							
Výška	-0,09	0,07	0,03	0,36	0,18	0,02	-0,24	0,14						
Textura	0,11	0,15	-0,26	0,17	-0,12	0,09	0,05	-0,17	0,03					
Humus	-0,29	0,29	-0,01	-0,21	-0,39	0,18	0,29	-0,12	-0,16	0,39				
Zvětrání	0,24	-0,19	-0,05	0,26	0,03	-0,02	-0,01	-0,23	0,04	0,31	0,05			
Zástin	-0,34	-0,18	0,50	-0,03	-0,04	0,09	-0,06	0,11	0,13	-0,21	-0,03	-0,13		
Lišejníky	0,02	-0,02	0,00	0,26	0,30	0,04	-0,43	0,10	0,25	-0,04	-0,39	0,16	0,08	

Tabulka 2: Výsledky DCA na druhových datech

	DCA 1	DCA 2	DCA 3	DCA 4
Eigenvalues	1,000	1,000	0,954	0,923
Decorana values	1,000	1,000	0,971	0,942
Axis lengths	1,000	1,000	10,311	6,700

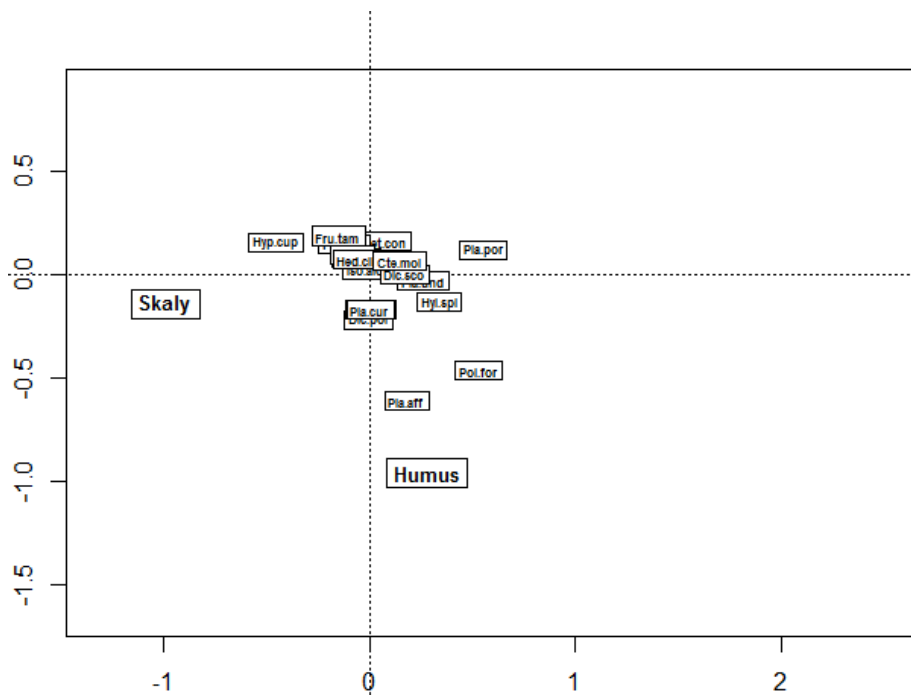
Tabulka 3: Hodnoty pořadových korelací mezi druhovými daty a gradientem prostředí daným zaznamenanými proměnnými; zkratky pro typy indexů nepodobnosti: euc = euclidovský, man = manhattanský, bray = Bray-Curtisův, jac = Jackardův, gow = Gowerův, kul = Kulczinského

euc	man	bray	jac	gow	kul
0,1021858	0,1592707	0,1043451	0,1043451	0,1706925	0,1043203

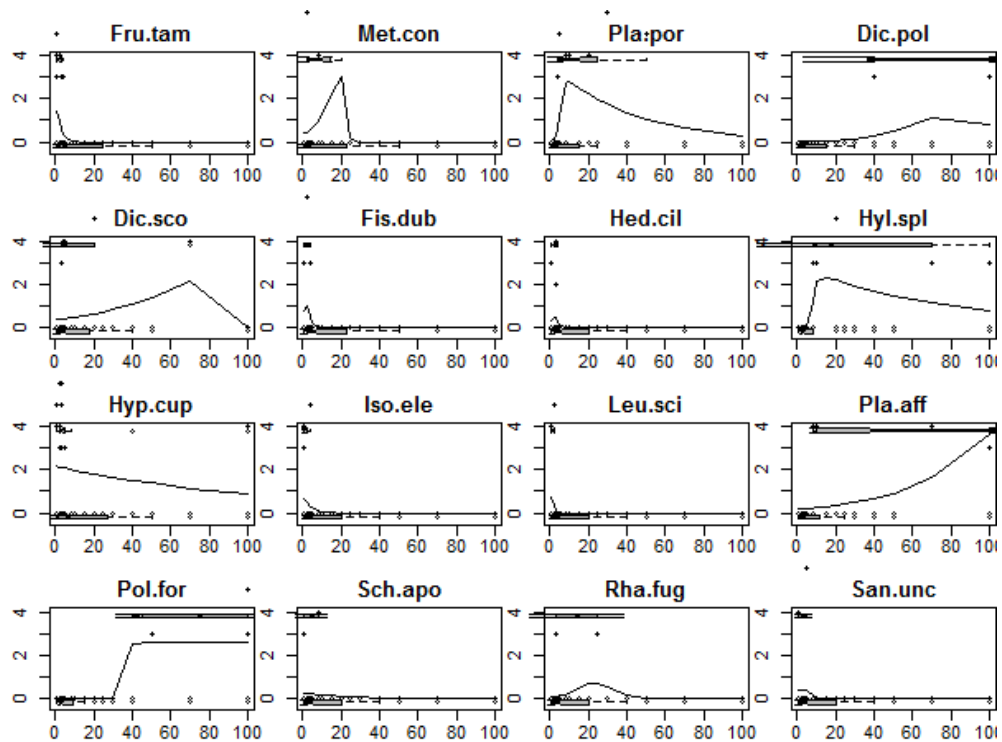
Tabulka 4: Výsledek db-RDA; *** (p<0.001), ** (p<0.01), * (p<0.05), (p<0.1, marginálně signifikantní), n. s. (p>0.1, není signifikantní)

Proměnná	Všechny horniny	Hadec	Ortorula	Granulit
Hornina				
Hadec	3,36***			
Ortorula	1,25*			
Granulit	-			
Substrát				
Skály	1,93**	10,1**	n. s.	n. s.
Balvany	-	-	-	-
Pozice				
Bok	1,99**	n. s.	n. s.	6,94***
Police	n. s.	n. s.	n. s.	4,10*
Vrch	-	-		
Sever	1,18	n. s.	n. s.	n. s.
Výška	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
Textura	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
Humus	2,12**	6,25**	n. s.	6,29**
Zvětrání	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
Zástin	1,39*	n. s.	n. s.	5,00**
Lišejníky	1,50**	n. s.	n. s.	3,98*
Celkem	17,7	16,4	0,00	28,8

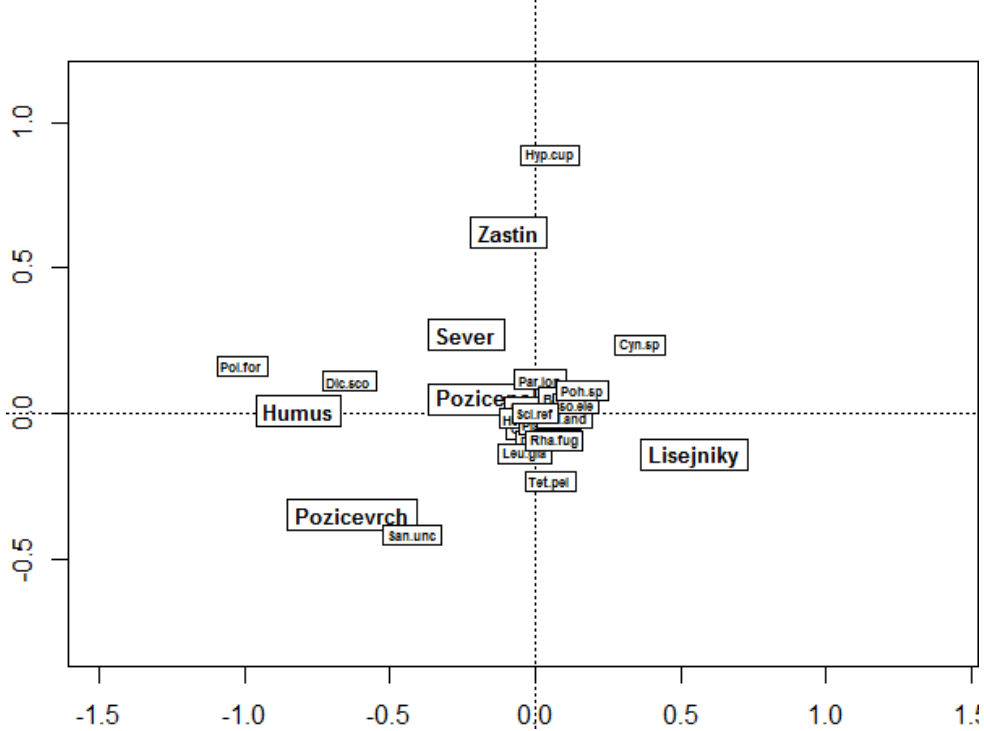
Obrázek 4: Ordinační diagram db-RDA na snímcích z hadce



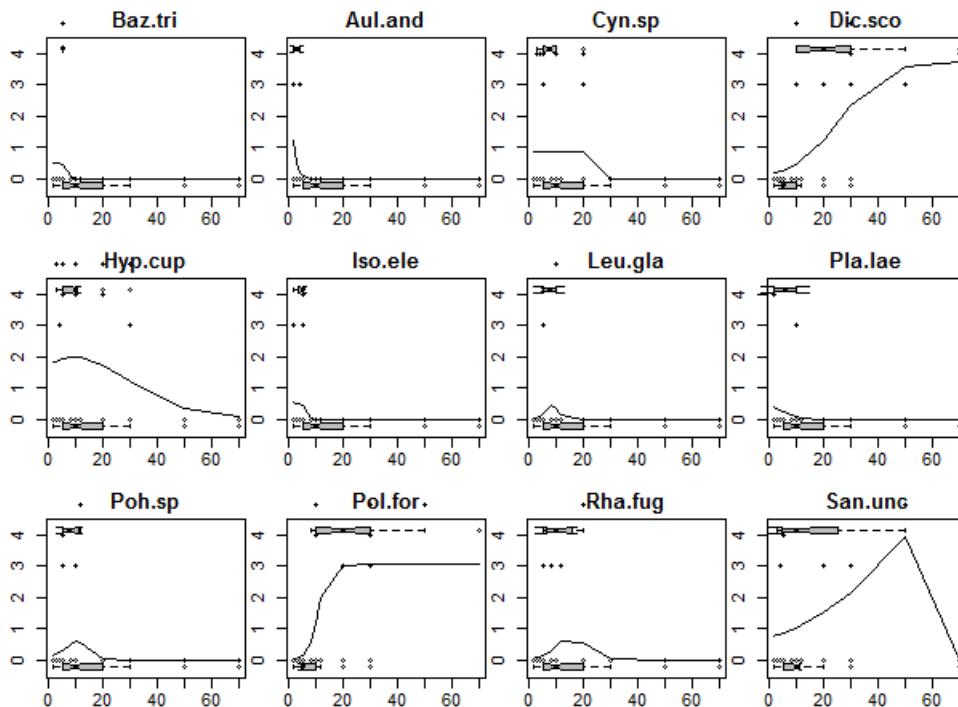
Obrázek 5: Species response curves podle gradientu Humus na družích z hadce (frekvence > 2 druhy); v grafu na ose x výška humusové vrstvy v mm, na ose y relativní pokryvnost druhu podle Braun-Blanquetovy stupnice frekvence a abundance; body = pokryvnost druhů podél gradientu Humus vyznačena bodově; krabicový graf = distribuce pokryvností druhů podél gradientu Humus



Obrázek 6: Ordinační diagram db-RDA na snímcích z granulitu



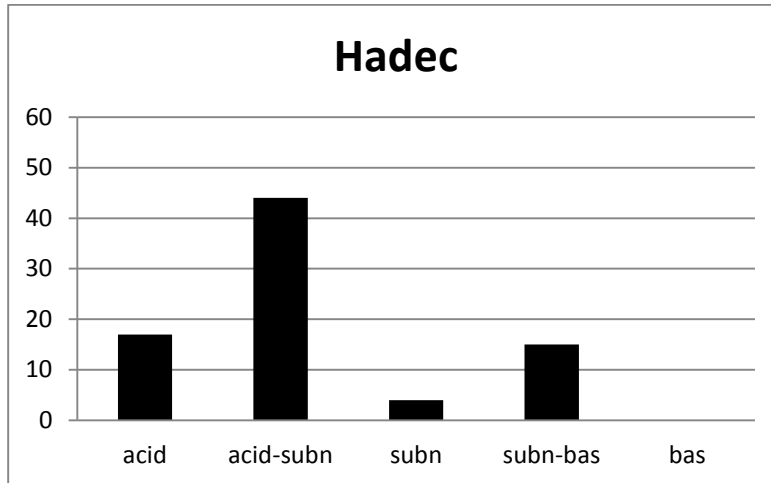
Obrázek 7: Species response curves podle gradientu Humus na druzích z granulitu (frekvence > 2 druhy); v grafu na ose x výška humusové vrstvy v mm, na ose y relativní pokryvnost druhu podle Braun-Blanquetovy stupnice frekvence a abundance; body = pokryvnost druhů podél gradientu Humus vyznačena bodově; krabicový graf = distribuce pokryvnosti druhů podél gradientu Humus



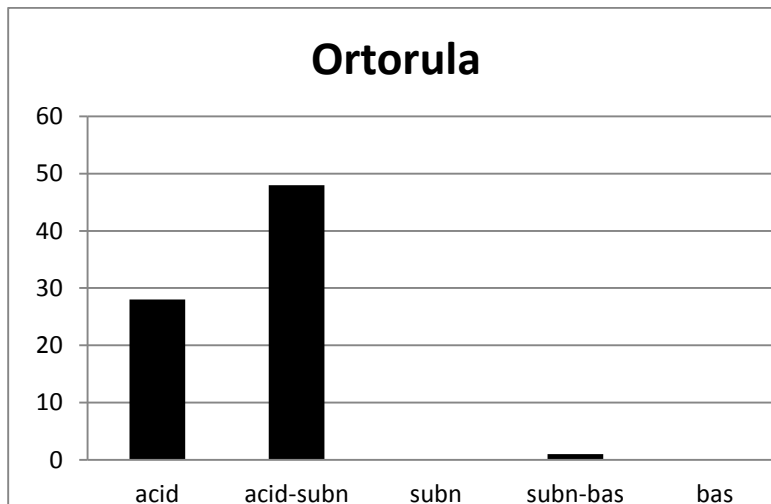
6.5. Porovnání dle vztahu ke kyselosti

Grafy ukazují frekvenci výskytu u jednotlivých typů hornin ve vztahu ke kyselosti. Acid = druhy acidofilní, acid-subn = druhy acidofilní až subneutrofilní, subn = druhy neutrofilní, subn-bas = druhy subneutrofilní až bazofilní, bas = bazofilní.

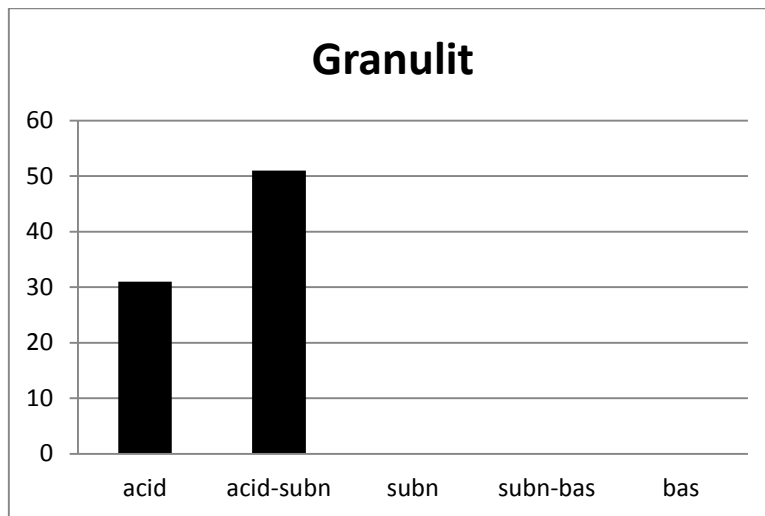
Obrázek 8: Graf frekvence výskytu ve vztahu ke kyselosti, hadec.



Obrázek 9: Graf frekvence výskytu ve vztahu ke kyselosti, ortorula.



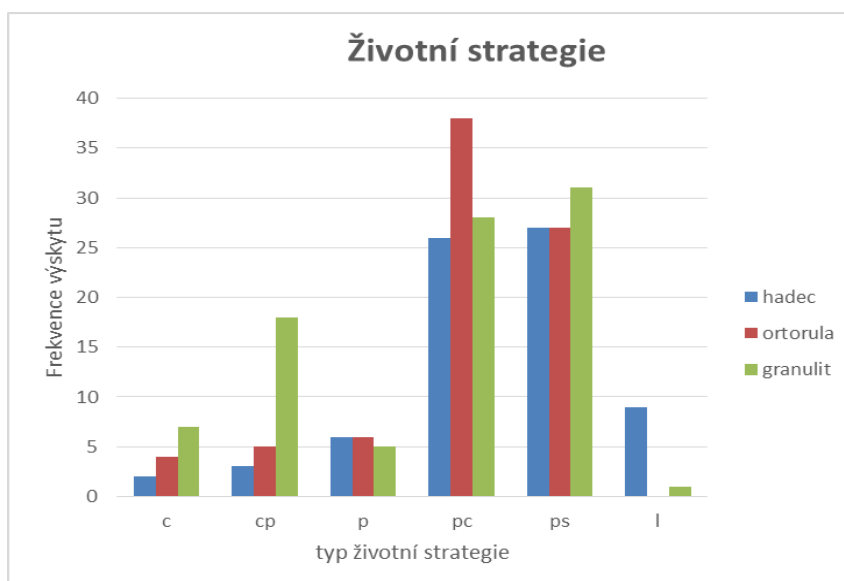
Obrázek 10: Graf frekvence výskytu ve vztahu ke kyselosti, granulit.



6.6. Porovnání dle životních strategií

Graf ukazuje frekvenci výskytu jednotlivých životních strategií dle typu horniny. c=kolonisti, cp=pionýrští kolonisti, p=vytrvalé, pc=konkurenční a vytrvalé, ps=stres tolerantní, l=dlouho žijící. Kolonisti a pionýrští kolonisti se vyznačují potencionální životností několika let, mají velmi četné a lehké spory. Vytrvalé, konkurenční a vytrvalé a stres tolerantní se vyznačují potencionální životností mnoha let, mají velmi četné a lehké spory a nízké reprodukční úsilí. Dlouho žijící se vyznačují potencionální životností mnoha let, mají několik velkých spor.

Obrázek 11: Frekvence výskytu jednotlivých životních strategií dle typu horniny, c = kolonisti, cp = pionýrští kolonisti, p = vytrvalé, pc = konkurenční a vytrvalé, ps = stres tolerantní, l = dlouho žijící.



7. Diskuze

Tato práce se zabývá především vlivem hadce na mechorosty. Jak bylo řečeno v rešerši, prostředí hadce je pro mnoho rostlin stresující, ať už jde o nízký poměr Ca: Mg, toxicitu těžkých kovů nebo nepříznivé fyzikální činitele.

Výsledky této studie korespondují s výsledky studie Briscoe et al. (2009). Briscoe porovnává druhy mechorostů v Deer Isle v Maine (USA). V lomech s podobnými ekologickými vlastnostmi bylo nalezeno celkem 55 druhů mechorostů, z toho 43 mechorostů na hadci a 26 na žule, přičemž 29 se vyskytovalo pouze na hadci. V mé práci jsem našel celkem 39 druhů mechorostů, z toho 25 druhů na hadci, 19 na ortorule a 20 na granulitu, přičemž 15 druhů se vyskytovalo pouze na hadci (viz tab. 5). Bryoflóra hadců byla tedy druhově nejbohatší a nejvíce se lišila od bryoflóry ostatních dvou horninových typů. Toto je ovšem do značné míry třeba vysvětlovat bazicitou hadcového prostředí, kde tyto rozdíly byly způsobeny zejména vyšším podílem subneutrofytů a bazifytů. Briscoe (2009) uvádí, že by mohlo jít o vhodnější prostředí pro kolonizaci pomalu rostoucích druhů. Oproti tomu, studie Lewise, která byla provedena v British Columbia, Kanada (Lewis et al. ex Briscoe et al. 2009), ukázala jako druhově bohatší nehadcovou bryoflóru. Z celkového počtu 93 nalezených druhů mechorostů bylo 43 nalezeno na hadci a 50 na jiném substrátu. Autor však naznačuje, že výsledky mohly být více ovlivněny mikroklimatem, nežli typem půdy.

Sigal (1975) odhaduje, že to, co je známé o cévnatých rostlinách se vztahuje rovněž na mechorosty, ale endemismus není u této skupiny běžným jevem. To dokazuje nízký počet známých hadcových endemitů ve světě, kdy je znám pouze Kalifornský *Pseudoleskeella serpentiniensis* (Shevock ex Briscoe et al. 2009). Oproti tomu cévnaté rostliny bývají v hadcovém prostředí specializované. Chytrý (2009) uvádí, že se zde vyskytuje zpravidla méně než deset druhů cévnatých rostlin. Na lokalitě jsem našel endemity *Asplenium cuneifolium* (sleziník hadcový, viz obr. 12) a *Dianthus carthusianorum* subs. *cappilliofrons* (hvozdík kartouzek hadcový, viz obr. 13). Díky nízkému počtu cévnatých rostlin se

vyskytuje více mechorostů. Jak uvádí Chytrý (2009), mechové patro je téměř vždy vyvinuto a jeho pokryvnost se pohybuje od 10 do 80%. Já jsem vyhodnotil jako průměrnou pokryvnost snímků cca 55%. Ostatní horniny měly vyšší pokryvnost, ortorula cca 75% a granulit cca 70%. Hadce obtížně zvětrávají (Chytrý 2009) a tak hůře vzniká humusová vrstva, čemuž přisuzuji jeho nižší pokryvnost oproti ostatním dvěma horninovým typům.

Hadce na území České republiky nemají vlastní druhy mechorostů, tedy druhy, které by byly vázány pouze na hadce. Složení bryoflóry je však na hadcích často velmi typické (Chytrý et al. 2009). Z mechorostů typických pro asociaci *Asplenietum cuneifolii* byly nalezeny játrovka *Frullania tamarisci* a akrokarpní mechy *Bryum capillare*, *Hedwigia ciliata*, *Schistidium apocarpum* a pleurokarpní druh *Hypnum Cupressiforme*. Výše zmíněné mechorosty se vyznačují dosti širokou ekologickou amplitudou ve vztahu k aciditě substrátu, obsahu živin i k vláhovým podmínkám a jsou schopny kolonizovat řadu substrátů obvykle ve středně suchých až suchých podmínkách (Dierßen 2001). Jejich obvyklá přítomnost na hadcích je tedy patrně dána jejich ekologickou nevyhraněností a velkou tolerancí k podmínkám prostředí.

Fyziologické procesy mechorostů rostoucích na hadcích dosud nejsou dobře prozkoumány. Vzhledem k absenci kořenového systému a vodivých pletiv nelze u mechorostů předpokládat adaptaci spočívající v efektivním přesunu látek po těle rostlinky, jaká byla nalezena u cévnatých rostlin (Briscoe et al. 2009). Tolerance k hadcovému prostředí bude tedy spočívat spíše v toleranci těchto mechorostů k prostředí, případně v efektivních metabolických procesech, jež jsou však u mechorostů obecně velmi málo prozkoumány.

Vztah nalezené bryoflóry k poměru Ca: Mg lze usuzovat pouze nepřímo ze vztahu těchto druhů k obsahu vápníku. Mezi nalezenými mechorosty se nevyskytují žádné vyhraněné kalcifyty, zároveň se však obvykle jedná o druhy, které snášejí vápnnité i nevápnnité substráty (Kučera 2009) a s nedostatkem vápníku se tak patrně vyrovnávají opět v důsledku vysoké míry tolerance k obsahu vápníku v substrátu.

Na všech horninových typech převažovaly druhy acidofilní až neutrofilní, na hadci se však zejména v raných stádiích sukcese uplatňovaly i druhy bazifilnější (jako např. *Fissidens dubius*, *Schistidium apocarpum*). Hlavní rozdíl ve složení hadcové bryoflóry oproti ostatním dvěma typům hornin se tedy projevu zejména u druhů v těsnějším kontaktu s hadcovým substrátem a s hromaděním humusu se tyto rozdíly stírají a složení mechorostů je podobné mezi všemi třemi typy hornin.

Na všech typech hornin převažovaly zejména v pozdějších sukcesních stádiích vytrvalé druhy schopné silné konkurence. Podíl stres-tolerantních vytrvalých druhů a druhů konkurenčních a vytrvalých byl na všech stanovištích poměrně vyrovnaný, na hadcích se však s mnohem větší frekvencí vyskytovaly dlouho žijící druhy, což bylo dáno zastoupením játrovek *Frullania tamarisci* a *Metzgeria conjugata* a acidofilními až neutrofilními mechy *Hedwigia ciliata* a *Leucodon sciuroides*. Převaha pionýrských druhů byla zaznamenána na granulitu. To může být dáno hrubší strukturou granulitu, který se tak lépe kolonizuje. Hlavní rozdíl v raných stádiích sukcese mezi hadcem a zbylými typy hornin spočívají v přítomnosti játrovek v raných stádiích sukcese, z nichž se nejčastěji vyskytovala *Frullania tamarisci*, která je dle červené knihy řazena mezi taxony blízké ohrožení. Epifytické játrovky se dle Chytrého (2009) na hadci často vyskytují, pokud má malou pokryvnost. To je podobné jako u cévnatých rostlin, kdy určité konkurenční druhy nejsou schopny snášet hadcové prostředí a jiné druhy tak oslabené konkurence využijí (Kruckeberg ex Brady et al. 2005). Navíc *Frullania tamarisci* oproti jiným druhům dokáže hromadit vodu. Spodní lalok lístku, někdy však pouze část fyloиду, může vytvářet specifický útvar sloužící k zadržování vody (Váňa 2006). Tento epifytický druh v minulosti značně ubyl v důsledku znečištění ovzduší. Mitchell et al. (2004) uvádí, že řada mechorostů, především pak epifytických, je značně citlivá na zvýšenou koncentraci dusíku v atmosféře.

Ordinační analýzou byly prokázány signifikantní rozdíly v druhovém složení mezi všemi třemi typy hornin. Dílčí ordinační analýzy db-RDA ukázaly značně rozdílné projevy vztahu bryoflóry ke sledovaným proměnným prostředí mezi všemi horninovými typy. U hadce byl nalezen signifikantní vliv typu substrátu

(balvan nebo skála) a výška humusové vrstvy, což znamená, že mechorosty na hadci reagovaly na průběh sukcese změnou druhového složení a zároveň se značně lišilo složení mechorostů mezi balvany a skalami. Z ordinačního diagramu (viz obr. 4) je patrné, že řada druhů preferovala spíše balvany, zatímco skály obrůstaly spíše menším počtem druhů, nejčastěji *Hypnum cupressiforme*. Ordinační analýza na snímcích z ortoruly neukázala žádný signifikantní vliv proměnných. Na ortorule se gradient humusu neprojevoval a skladba druhů je patrně ovlivňována jinými faktory. To může být dáno např. břidlicovitou odlučností horniny, kde i na malé ploše, jako je použitá velikost snímku 20x20 cm, jsou přítomny hladké plochy slabě zvětralé horniny i humusu, nahromaděného ve spárách a gradient se v tomto měřítku nemusí projevit. Ortorulové skály na Dívčím Kameni byly navíc ve vyšším stupni zazemnění nežli zbylé dvě horniny, čemuž nasvědčuje i průměrná výška humusu, která u ortoruly dosahovala 26mm, zatímco u hadce 17mm a u granulitu pouze 12mm.

8. Závěr

Bryoflóra na Holubovských hadcích je v ranějších stádiích sukcese tvořena mechorosty typickými pro asociaci *Asplenietum cuneifolium*. Jedná se většinou o druhy neutrofilní až bazifilní, avšak s velkou tolerancí k aciditě substrátu. Většina druhů této asociace je tedy adaptovaná na hadcový substrát díky své obecně široké ekologické amplitudě a v některých případech pravděpodobně těží ze snížené konkurence na hadcovém substrátu. Nízký poměr Ca: Mg se pravděpodobně projevuje zejména celkovou absencí kalcifytů a nevyhraněností bazifilních druhů k obsahu vápníků v substrátu. Bryoflóra hadců se od ostatních horninových typů nejvíce liší v raných stádiích sukcese. Rozdíl se v průběhu sukcese a hromadění humusu stírají a v pokročilých stádiích je sukcese víceméně podobná u všech třech horninových typů a obsahuje běžné druhy terestrických mechorostů, jako *Polytrichum formosum* nebo *Dicranum scoparium*.

Konkrétnější závěry by patrně přinesly chemické analýzy obsahu látek v mechorostech, především obsah Ca: Mg a těžkých kovů a porovnání obsahu látek v druzích rané sukcese, mající těsnější kontakt s horninou, s druhy pozdější sukcese. Takto založená studie by mohla být předmětem diplomové práce.

9. Seznam použité literatury

9.1. Literatura

ALBRECHT J. et al., 2003: Chráněná území ČR – Českobudějovicko, svazek VIII. – *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 36 s.*

BABŮREK J., PERTOLDOVÁ J., VERNER K. et JIŘIČKA J., 2006: Průvodce geologií Šumavy. – *NP Šumava, Česká geologická služba, 118 s.*

BAKER A. J. M., PROCTOR J. et REEVES R. D., 1992: The vegetation of ultramafic (serpentine) soils. – *Intercept, Andover, Hampshire, U. K., 509 s.*

BERGLUND N. A.-B., 2005: Postglacial Colonization and Parallel Evolution of Metal Tolerance in the Polyploid *Cerastium alpinum*. - *Swedish University of Agricultural Sciences, 65: 1-51.*

BERGLUND N. A.-B., DAHLGREN S. et WESTERBERGH A., 2003: Evidence for parallel evolution and site-specific selection of serpentine tolerance in *Cerastium alpinum* during the colonization of Scandinavia. - *New Phytologist 161: 199–209.*

BRADY K. U., KRUCKEBERG A. R. et BRADSHAW Jr. H. D., 2005: Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. - *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 36: 243-266.*

BRISCOE L. R. E., HARRIS T. B. et BROUSSARD W., 2009: Bryophytes of adjacent serpentine and granite outcrops on the Deer Isles, Maine, U. S. A. – *Rhodora, 111: 1-20.*

DIERBEN K., 2001: Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes.- *Bryophytorum Bibliotheca 56, 289 s.*

DVOŘÁK R., 1935: Nanismy (trpasličí formy rostlinné). – *Archiv Svazu pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, 152 s.*

- FAITH D. P., MINCHIN P. R. et BELBIN L., 1987:** Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. – *Vegetation* 69: 57-68.
- GOWER J. C., 1971:** A general coefficient of similarity and some of its properties. – *Biometrics* 27: 623-637.
- HEJTMAN B., 1962:** Petrografie metamorfovaných hornin. – *Nakladatelství československé akademie věd, Praha, 538 s.*
- HUISMAN J., OLFF H. et FRESCO L. F. M., 1993:** A hierarchical set of models for species response analysis. – *Journal of Vegetation Sciences* 4: 37-46.
- CHÁBERA S., 1982:** Geologické zajímavosti jižních Čech. – *Jihočeská vlastivěda, Jihočeské nakladatelství, 157 s.*
- CHIARUCCI A., 2004:** Vegetation Ecology and Conservation on Tuscan Ultramafic Soils. - *The Botanical Review* 69(3): 252-268.
- CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., 2001:** Katalog biotopů České republiky - *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 307 s.*
- CHYTRÝ M. eds., 2009:** Vegetace České republiky 2: Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace. – *Academia, Praha, 524 s.*
- KAZAKOU E., DIMITRAKOPOULOS P. G., BAKER A. J. M., REEVES R. D. et TROUMBIS A. Y., 2008:** Hypotheses, mechanisms and trade-offs of tolerance and adaptation to serpentine soils: from species to ecosystem level. - *Biological Reviews* 83:495–508.
- KOLÁŘ F., VÍT P., 2008:** Endemické rostliny českých hadců: I. Zvláštnosti hadcových ostrovů. - *Živa* 1/2008: 14-17.
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. et ŠTĚPÁNEK J., 2002:** Klíč ke květeně České republiky. – *Academia, Praha, 928 s.*

KUČERA J., VÁŇA J. et HRADÍLEK Z., 2012: Bryoflóra České Republiky: aktualizace seznamu a červeného seznamu a stručná analýza. - *Preslia* 84: 813-850.

LEGENDRE P. et ANDERSON M. J., 1999: Distance – based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. – *Ecological Monographs*, 69: 1-24.

LEGENDRE P. et GALLAGHER E. D., 2001: Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. – *Oecologia* 129: 271-280.

MADHOK O. P. et WALKER R. B., 1969: Magnesium Nutrition of Two Species of Sunflower. - *Plant Physiology* 44: 1016–1022.

MARRS R. H. et PROCTOR J., 1976: The Response of Serpentine and Non-Serpentine *Agrostis Stolonifera* to Magnesium and Calcium. - *Journal of Ecology*, Vol. 64, No. 3 (Nov., 1976), 953-964.

MITCHELL et al., 2004: Growth and Tissue Nitrogen of Epiphytic Atlantic Bryophytes: Effects of Increased and Decreased Atmospheric N Deposition. – *Functional Ecology* 18: 322-329.

NEBEL L. et PHILLIPPI G., 2000: Die Moose Baden – Württembergs. Band 1 (Bryophytina II, Andreaeales bis Funairales). – *Ulmer, Stuttgart*, 512 s.

NEBEL L. et PHILLIPPI G., 2000: Die Moose Baden – Württembergs. Band 2 (Bryophytina II, Schistostegales bis Hypnobryales). – *Ulmer, Stuttgart*, 529 s.

NEBEL L. et PHILLIPPI G., 2005: Die Moose Baden – Württembergs. Band 3 (Torfmoose, Lebermoose und Hornmoose). – *Ulmer, Stuttgart*, 487 s.

O'DELL R. E. et CLAASSEN V. P., 2006: Serpentine and nonserpentine *Achillea millefolium* accessions differ in serpentine substrate tolerance and response to organic and inorganic amendments. - *Plant and Soil* (2006) 279: 253–269.

PATON J. A., 1999: The Liverwort Flora of the British Isles. – *Devon.*, 626 s.

PELLANT CH., 1992: Rocks and minerals. - *Dorling Kindersley Ltd., London,* 256 s.

PROCTOR J. et WOODSELL S. R. J., 1971: The Plant Ecology of Serpentine: I. Serpentine Vegetation of England and Scotland. - *Journal of Ecology, Vol. 59, No. 2 (Jul., 1971), 375-395.*

REEVES R. D., BAKER A. J. M., BORHIDI A. et BERAZAÍN R., 1999: Nickel hyperaccumulation in the serpentine flora of Cuba. - *Annals of Botany 83: 29-38.*

REEVES R. D., BAKER A. J. M., BECQUER T., ECHEVARRIA G. et MIRANDA Z. J. G., 2007: The flora and biogeochemistry of the ultramafic soils of Goia's State, Brazil. - *Plant and Soil 293: 107-119.*

RUNE O., 1953: Plant life on serpentines and related rocks in the north of Sweden. - *Acta Phytogeographica Suecica 31: 1-139.*

SIGAL L. L., 1975: Lichens and mosses of California serpentines. – *M. A. thesis, Univ. California, San Francisco, CA., 156 s.*

SHAW A. J., ANTONOVISC J. et ANDERSON L. E., 1987: Inter and Intraspecific variation of mosses in tolerance to copper and zinc. – *Evolution 41: 1312-1325.*

SMITH A. J. E., 2004: The moss flora of Britain and Ireland, 2nd edition. – *Cambridge University Press, 1024 s.*

STEBBINS G. L., 1942: The Genetic Approach to Problems of Rare and Endemic Species. - *Madrono, 6: 241-272.*

VÁŇA J., 2006: Obecná bryologie. – *Univerzita Karlova v Praze, 187 s.*

VLAMIS J., 1949: Growth of lettuce and barley as influenced by degree of calcium saturation of soil. - *Sci. 67: 453-466.*

WALKER, R. B., 1954: The ecology of serpentine soils: II. Factors affecting plant growth on serpentine soils. - *Ecology, 35: 259-266.*

WALKER R. B., WALKER H. M. et ASHWORTH P. R., 1955: Calcium–Magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. - *Plant Physiology* 30: 214–222.

WANG A. S., RUFUS L. CH., ANGLE J. S. et McINTOSH M. S., 2005: Using Hyperaccumulator Plants to Phytoextract Soil Cd. - *Naturforsh* 60: 190–198.

WHITTAKER R. H., 1954: The Ecology of Serpentine Soils. - *Ecology*, Vol. 35, No. 2 (Apr., 1954), 258-288.

ZIMÁK J., 2005: Petrografie metamorfítů. – *Katedra ekologie PřF UP Olomouc*, 16 s.

9.2. Internetové zdroje

Agentura ochrany přírody a krajiny v České republice, 2014: Klimatické poměry, online: <http://blanskyles.ochranaprirody.cz/charakteristika-chko/klimaticke-pomery/>, cit. 10.3.2014.

Agentura ochrany přírody a krajiny v České republice, 2014: Lesnictví, online: <http://blanskyles.ochranaprirody.cz/charakteristika-chko/lesnictvi/>, cit. 15.2.2014.

Agentura ochrany přírody a krajiny v České republice, 2014: Mapa chráněných území, online: <http://www.ochranaprirody.cz/>, cit. 18.3.2014.

Česká geologická služba, 2013: Geologická mapa 1:50 000, online: http://mapy.geology.cz/geocr_50/, cit. 18.3.2014.

Kučera J. ed., 2009: Mechorosty České republiky, online: <http://botanika.bf.jcu.cz/bryoweb/klic/>, cit. 20.3.2014

Ochrana přírody, 2010: Chráněná krajinná oblast Blanský les, online: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/clanky/chanena-krajinna-oblast-blansky-les-cerstva-dvacitka.html>, cit. 15.2.2014.

Ochrana přírody a krajiny v České republice, 2014: Chráněná krajinná oblast Blanský les, online: http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=mapa&site=CHKO_blansky_les_cz, cit. 11.3.2014.

Seznam a. s., 2012: Turistická mapa 1:12 000, online: http://www.mapy.cz/#!x=14.351878&y=48.891492&z=14&d=muni_648_1&t=s&q=holubov&qp=10.573905_48.452213_20.302712_50.977361_6&l=16, cit. 8.3.2014.

10. Seznam příloh

Obr. 1	Schéma vzniku proudění vzduch.....	15
Obr. 2	Graf přirozené a současné skladby lesa.....	18
Obr. 3	<i>Frullania tamarisci</i>	27
Obr. 4	Ordinační diagram db-RDA pro hadec.....	33
Obr. 5	Gradient humusu na hadci	33
Obr. 6	Ordinační diagram db-RDA pro granulit	34
Obr. 7	Gradient humusu na granulitu	34
Obr. 8	Graf kyselosti – hadec	35
Obr. 9	Graf kyselosti – ortorula.....	35
Obr. 10	Graf kyselosti – granulit	36
Obr. 11	Graf životních strategií	36
Obr. 12	<i>Asplenium cuneifolium</i>	48
Obr. 13	<i>Dianthus carthusianorum</i> subsp. <i>capillifrons</i>	48
Obr. 14	Fytocenologický snímek.....	49
Obr. 15	Fytocenologický snímek.....	49
Obr. 16	PR Holubovské hadce.....	50
Obr. 17	Křemžský potok.....	51
Obr. 18	PR Holubovské hadce.....	51
Obr. 19	Žulové stanoviště.....	52
Obr. 20	Ortorulové stanoviště.....	53
Obr. 21	Zřícenina Dívčí Kámen	54
Obr. 22	Kleť.....	54
Mapa 1	Schématická mapa stanovišť	6
Mapa 2	Mapa ČR s lokalizací CHKO	9
Mapa 3	Mapa CHKO Blanský les	10
Mapa 4	Geologická mapa oblasti	12
Tab. 1	Korelační matice proměnných prostředí	31
Tab. 2	Výsledky DCA na druhových datech	31
Tab. 3	Hodnoty pořadových korelací	32
Tab. 4	Výsledek db-RDA	32
Tab. 5	Průměrná frekvence zastoupení druhů dle typu horniny	47

Tabulka 5: Seznam druhů včetně zkratk použitých v analýzách, vztahu k aciditě, životní strategie a průměrné frekvence na jednotlivých horninových typech. Druh, který se na dané hornině nevyskytoval má v tabulce hodnotu 0,000.

Latinský název	Zkratka	Vztah k aciditě	Živ. strat.	Hadec	Ortorula	Granulit
<i>Bazzania trilobata</i>	Baz.tri	acid	pc	0,000	0,013	0,015
<i>Frullania tamarisci</i>	Fru.tam	acid	l	0,019	0,000	0,000
<i>Metzgeria conjugata</i>	Met.con	subn	l	0,063	0,625	0,000
<i>Plagiochila porelloides</i>	Pla.por	subn-bas	ps	0,046	0,000	0,000
<i>Scapania nemorea</i>	Sca.nem	acid	p	0,000	0,000	0,008
<i>Amblystegium serpens</i>	Amb.ser	acid-subn	c	0,009	0,000	0,000
<i>Aulacomnium androgynum</i>	Aul.and	acid-subn	c	0,000	0,000	0,001
<i>Brachythecium reflexum</i>	Bra.ref	acid-subn	ps	0,000	0,016	0,000
<i>Bryum capillare</i>	Bry.cap	subn-bas	c	0,000	0,004	0,000
<i>Ceratodon purpureus</i>	Cer.pur	acid-subn	c	0,000	0,000	0,013
<i>Ctenidium molluscum</i>	Cte.mol	subn-bas	pc	0,001	0,000	0,000
<i>Cynodontium sp.</i>	Cyn.sp.	acid	cp	0,000	0,011	0,023
<i>Dicranum montanum</i>	Dic.mon	acid-subn	pc	0,000	0,009	0,003
<i>Dicranum polysetum</i>	Dic.pol	acid	pc	0,001	0,000	0,000
<i>Dicranum scoparium</i>	Dic.sco	acid-subn	pc	0,021	0,050	0,025
<i>Fissidens dubius</i>	Fis.dub	subn-bas	p	0,033	0,000	0,000
<i>Hedwigia ciliata</i>	Hed.cil	acid-subn	l	0,004	0,000	0,003
<i>Heterocladium heteropterum</i>	Het.het	acid-subn	p	0,000	0,000	0,008
<i>Hylocomium splendens</i>	Hyl.spl	acid-subn	pc	0,034	0,000	0,000
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Hyp.cup	acid-subn	ps	0,146	0,223	0,139
<i>Isoetecium alopecuroides</i>	Iso.alo	acid-subn	ps	0,001	0,000	0,000
<i>Isopterygium elegans</i>	Iso.ele	acid-subn	cp	0,014	0,004	0,004
<i>Kindbergia praelonga</i>	Kin.pra	acid-subn	p	0,001	0,000	0,000
<i>Leucobryum glaucum</i>	Leu.gla	acid	p	0,001	0,023	0,008
<i>Leucodon sciuroides</i>	Leu.sci	subn-bas	l	0,013	0,000	0,000
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	Par.lon	acid-subn	p	0,000	0,004	0,008
<i>Plagiomnium affine</i>	Pla.aff	acid-subn	pc	0,034	0,000	0,000
<i>Plagiomnium undulatum</i>	Pla.und	acid-subn	pc	0,009	0,000	0,000
<i>Plagiothecium curvifolium</i>	Pla.cur	acid	pc	0,001	0,000	0,000
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	Pla.den	acid-subn	pc	0,000	0,004	0,013
<i>Plagiothecium laetum</i>	Pla.lae	acid	ps	0,001	0,004	0,004
<i>Pleurozium schreberi</i>	Ple.sch	acid-subn	pc	0,001	0,029	0,000
<i>Pohlia sp.</i>	Poh.sp.	acid-subn	cp	0,000	0,001	0,012
<i>Polytrichum formosum</i>	Pol.for	acid	pc	0,033	0,092	0,095
<i>Rhabdoweisia fugax</i>	Rha.fug	acid	c	0,001	0,017	0,009
<i>Schistidium apocarpum</i>	Sch.apo	subn-bas	cp	0,004	0,000	0,000
<i>Sanionia uncinata</i>	San.unc	acid-subn	ps	0,019	0,053	0,107
<i>Tetraphis pellucida</i>	Tet.pel	acid	cp	0,000	0,000	0,008
<i>Thuidium tamariscinum</i>	Thu.tam	acid-subn	p	0,000	0,022	0,000

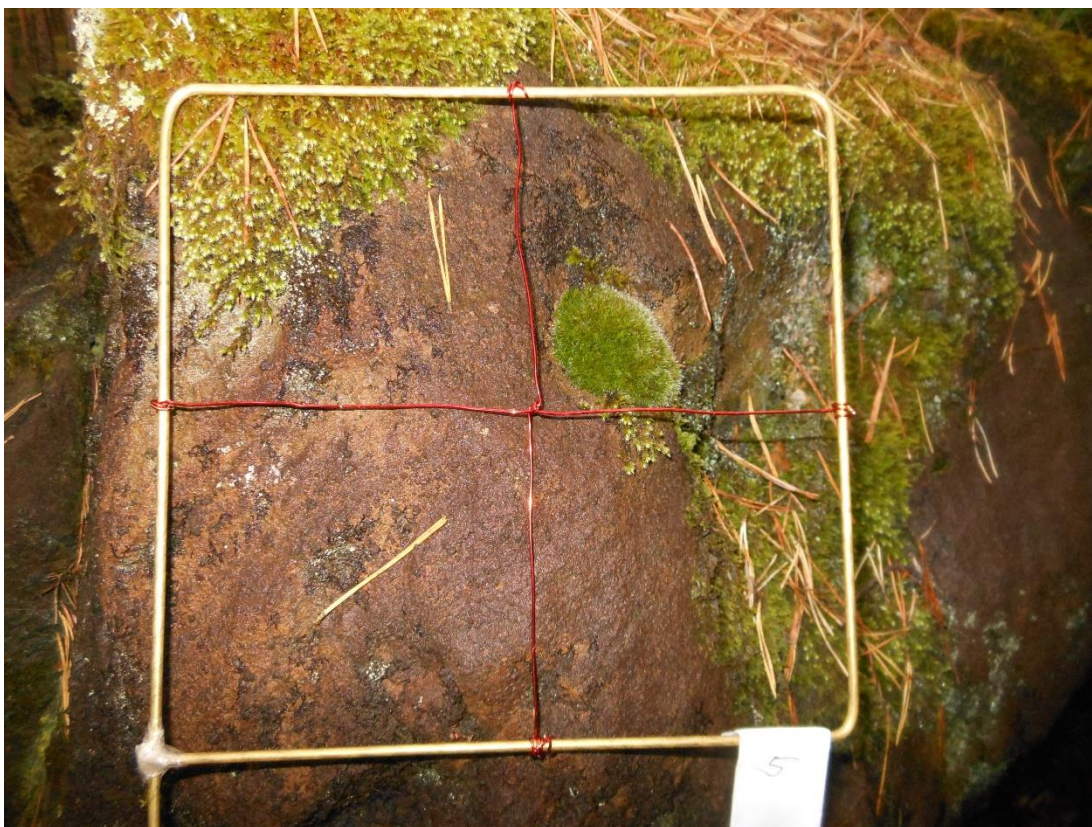
Obrázek 12: sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*). Foto David Paštyka



Obrázek 13: hvozdík kartouzek hadcový (*Dianthus carthusianorum* subsp. *capillifrons*). Foto David Paštyka



Obrázek 14: Fytocenologický snímek se zastoupením *Schistidium apocarpum*. Foto David Paštyka



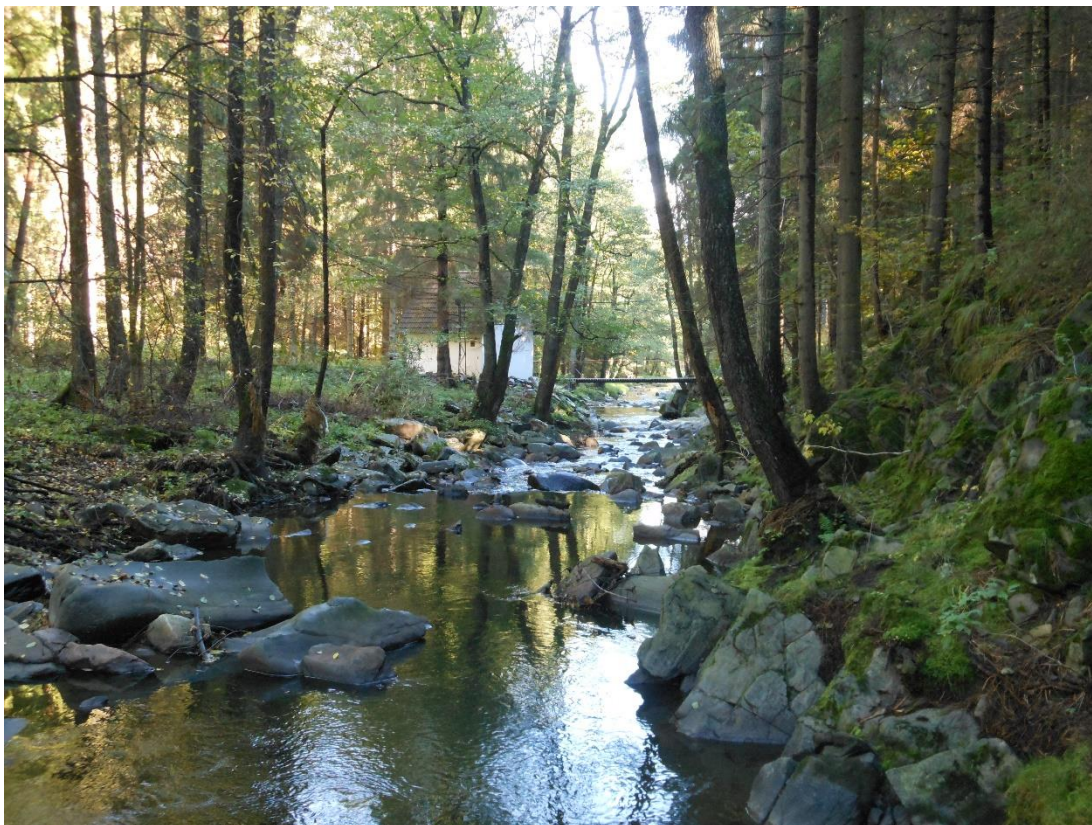
Obrázek 15: Fytocenologický snímek se zastoupením *Hypnum cupressiforme*. Foto David Paštyka



Obrázek 16: Pohled na PR Holubovské hadce. Foto David Paštyka



Obrázek 17: Křemžský potok v oblasti Holubovské hadce. Foto David Paštyka



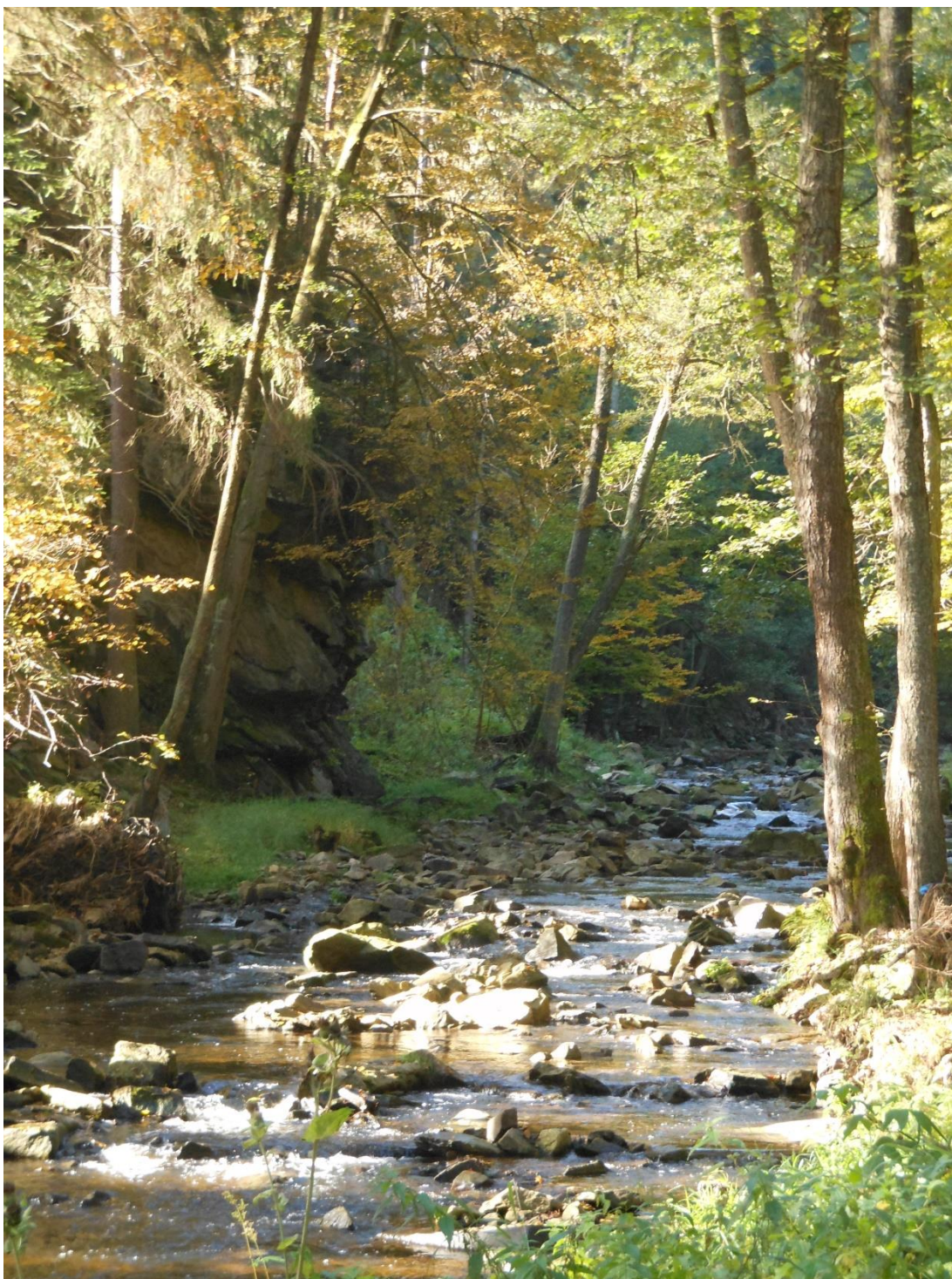
Obrázek 18: Holubovské hadce. Foto David Paštyka



Obrázek 19: Pohled na jedno ze žulových stanovišť. Foto David Paštyka



Obrázek 20: Pohled na jedno z ortorulových stanovišť v blízkosti Křemžského potoka. Foto David Paštyka



Obrázek 21: Pohled na zříceninu hradu PR Dívčí Kámen. Foto David Paštyka



Obrázek 22: Pohled na Klet', nejvyšší horu Blanského lesa. Foto David Paštyka

