

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Botanika



Bc. Tomáš Javorský

VLIV HRADNÍCH ZŘÍČENIN NA DIVERZITU VEGETACE V KRAJINĚ

EFFECT OF CASTLE RUINS ON DIVERSITY OF VEGETATION IN THE LANDSCAPE

Diplomová práce

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

Praha, 2013

Prohlášení:

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

V Praze, 14. 8. 2013

Tomáš Javorský

Poděkování

Poděkování patří mé školitelce za to, že se nebála vést práci takového zaměření, a také za trpělivost, kterou se mnou měla.

Nemenší měrou můj dík patří Mgr. Karlu Čížkovi za pomoc s určováním rostlin a Mgr. Miroslavu Kufnerovi za ohromnou časovou investici vloženou do mé diplomové práce a neocenitelnou pomoc, kterou mi poskytl v terénu. Nerad bych také opomněl Bc. Ninu Zemanovou, která mě vždy podporovala a povzbuzovala.

Díky patří pochopitelně i celé mé rodině a všem, kteří mě v době, kdy jsem psal tyto stránky, nezatěžovali žádnou prací.

ABSTRAKT

Zříceniny středověkých hradů neodmyslitelně spoluvytváří ráz české krajiny. Na několika málo pracích, které se tomuto tématu věnují, se navíc ukazuje, že jsou unikátním svébytným biotopem. Tato práce si proto kladla za cíl charakterizovat hradní vegetaci na zkoumaném vzorku třiceti lokalit, třiceti lesních zřícenin. Byly sepsány fytocenologické snímky, sbírány půdní vzorky, měřena hloubka půdních horizontů a sledován zápoj jednotlivých pater – to vše na třech plochách na každé lokalitě. Jedna z ploch zabírala hrad, druhé dvě byly v okolních lesích, každá vybrána jiným způsobem. Zvlášť byly snímkovány hradní zdi. Výsledky ukázaly, že hrady zvyšují diverzitu lesů nejen vyšším počtem druhů, ale též jiným druhovým složením – hrady mají poměrně velký soubor druhů s vysokou fidelitou právě k areálům zřícenin. Přibližně polovina jedinečnosti zřícenin se dá vysvětlit půdními vlastnostmi jako je vyšší pH, větší množství Ca a Mg, druhá polovina zůstává neobjasněna, přestože se testovaly různé vysvětlující proměnné. Jisté však je, že hradní zříceniny jsou z biologického hlediska výjimečné, jedinečné a jistě si zaslouží pozornost, kterou jim zatím dlužíme.

Klíčová slova: hrady, zdi, past land-use, ekofenomény, půdní analýza, lidský vliv

ABSTRACT

Medieval castle ruins undoubtedly create the face of the Czech landscape. Moreover, the few previous studies on this topic have shown that ruins are unique and extraordinary biotope. This work aims to characterize castle vegetation on thirty examined localities (thirty ruins). Phytosociological relevés and soil samples were collected, soil depth was measured and the cover of individual layers was observed – all of this on three spots on each locality. One of the places covered castle and the other ones the nearby forests (each one was chosen differently than the other). The castle walls were sampled separately. The results show that castles not only increase the diversity of forests by hosting a higher number of species but also by a different species composition – castles have a rather large set of species with high fidelity to ruins areas. Approximately half of the uniqueness of the ruins can be explained by the soil qualities, such as higher pH, higher quantity of calcium and magnesium, the other half remains unclear notwithstanding the usage of various explanatory variables. It is certain that castle ruins are from a biological point of view exceptional, unique and they surely deserve the attention which we owe them so far.

Key words: castle, walls, past land-use, ecological phenomenon, soil analysis, human impact

Hrad na hoře

Johann Wolfgang von Goethe
(překlad Jan Evangelista Nečas)

Skupena stojí nahoře
hromada hradních zdí,
o jejich dávných rytířích
povídá, kdo co ví.

Shořely brány, veřeje,
v tichu tam roste mech;
prolézti mohu každý kout
ve starých, spadlých zdech.

Bývalo v sklepě vína dost',
vzácného velice,
se džbány teď tam nechodí
veselá sklepnice.

Nestaví kolem na stoly
poháry v lesklý řad,
do láhví víno nelije
pro popy na obřad.

Na chodbě hochu-panoši
zavdati nedává,
za zběžný dar svůj zběžný dík
od něho nebrává.

Stromy a všechno trámoví
pohltil ohně šum,
schodiště, chodba, kaplička
sesypaly se v rum.

Když však jsem viděl s citerou
s láhvicí milou jít
za krásného dne jasného
na horský onen štít,

hned svět mi zdál se veselým,
jak by se měnil čas,
pustina tichá slavnostně
přítvářela se zas.

Jakoby hosté vcházeli
do širých, dlouhých kob,
jakoby ženich s nevěstou
přibyli z dávných dob;

jakoby v kapli vážný pop
k sezdání již se zvěd,
a ptal se: „Chcete svoji být?“
a my, že „ano“ hned.

Plynula píseň do srdce
v hlubinách zrozená,
svědecký úřad při svatbě
konala ozvěna.

A když pak sobě k večeru
pokoje každý přál,
v zářícím slunci srázný vrch
báječným svitem plál.

Sklepnice v paní zjasněla,
z panoše pán se stal;
trvalo to, než nalila,
a než on děkoval.

OBSAH

I Úvod	10
I.I Co je to hrad?	12
I.II Abiotické podmínky hradů	13
I.III. Vegetace na hradech	15
I.IV Refugia, ostrovy, ekofenomény	18
II Metodika	20
II.I Výběr lokality	22
II.II Fytocenologický snímek	24
II.III Půdní vzorky	26
II.IV Geologie podloží	28
II.V Výška a šířka zdiva	28
II.VI Hloubka půdního horizontu	28
II.VII Historie hradu	29
II.VIII Zpracování dat	29
III Výsledky	37
III.I Vyloučení přebytečných dat	38
III.II Zastupitelnost kontrolních ploch	39
III.III Vegetace	40
III.IV Rozdíly mezi typy ploch v druhovém složení a počtu druhů	43
III.V Zápoj stromového a keřového patra	47
III.VI Podobnost druhového složení	48
III.VII Samostatné analýzy zdí	51
III.VII Chemické vlastnosti půd	53
III.VIII Do jaké míry se vliv typu plochy a půdních vlastností překrývají?	57
III.IX Hloubka půdního horizontu	58
III.X Indikace podmínek prostřednictvím Ellenbergových hodnot	60

IV Diskuse	64
V Závěry	71
VI Použité zdroje	75
Příloha.....	83
Seznam zkoumaných hradů	83

I ÚVOD



Hrádek nad Klabavou

Kdokoliv chodí po krajinách českých, nemůže si nevšimnout, že kdejaký vršík, kdejaká skalka jsou korunovány více či méně se rozpadajícím pozůstatkem středověkého hradu. A nejen na místech vyvýšených, zříceniny feudálních sídel nalezneme i v nížinách, v lesích, u řek, ve všech fytogeografických regionech (Juříčková, 2005). Jsou neodmyslitelnou součástí české krajiny, tvoří jednu z jejích dominant, která přetrvává po staletí. Po staletí, po něž začala zvolna splývat s přírodou, takže je dnes často těžké říct, do jaké míry je stav onoho sídelního místa důsledkem práce člověka a do jaké míry se o něj zasloužily procesy přírodní.

Jisté je, že se jedná o velmi nápadný a specifický krajinný prvek, který pokrývá celou Evropu, země české velmi zhusta, ale na jiných světadílech najdeme jeho obdobu sotva (Hutson et al., 2009). Nelze se tedy divit dvěma faktům pronásledujícím problematiku středověkých hradů: 1) vždy přitahovaly pozornost nejen historiků a umělců, ale i přírodovědců, čili téměř každý botanik, zoolog i ekolog má určitou povědomost o výjimečnosti hradních lokalit; 2) jedinečnosti těchto stanovišť byly samostatné práce věnovány jen vzácně (Juříčková, 2005, Juříčková & Kučera, 2005, Ložek & Skalický, 1983, Brandes, 1996, Rüther, 2005), zřejmě také proto, že tento zajímavý problém nelze rozebírat s žádným mimoevropským badatelem.

Přesto se, v dnešní době nedestruktivní archeologie a snahy o souznění kultury s přírodou, dostáváme ke zkoumání hradů prostřednictvím biologických faktorů jaksi „z druhé strany“, prostřednictvím archeologů a památkářů (Kuna, 2004, Steinbauer et al., 2013). Dozvídáme se tak například, že umístění i zcela zaniklých hradů může vysledovat podle rozdílné vegetace stanoviště (Rüther, 2005, Beneš & Prach, 2004) – tedy středověké zříceniny hostí společenstva odlišná od těch vyskytujících se v okolní krajině (Ložek & Skalický, 1983), fungují jako refugia, jako ostrovy (Juříčková & Kučera, 2005). Juříčková (2005) dokonce definuje hradní ekofenomén díky jedinečným abiotickým podmínkám na hradech odlišujících se od okolí a to i přesto, že tradiční definice ekofenoménů nepočítá s jinými než přírodně vzniklými útvary (např. Ložek, 1988, Kučera, 2005). Pak by tedy zříceniny coby unikátní lokality měly vykazovat nejen flóru a faunu odlišnou od okolní „přirozené“ přírody, ale též určitou uniformitu mezi jednotlivými hrady.

Pokusil jsem se tedy ověřit, zda pozorování učiněná Juříčkovou (2005) na měkkýších, mají svůj ekvivalent i v chování cévnatých rostlin. Které vlivy jsou majoritní pro složení vegetace na zříceninách a jaké jsou ekologické vlastnosti druhů, které je osidlují, jsou pak další otázky, jimiž se obšírněji zabírám.

I.I Co je to hrad?

Pokud chceme zkoumat hradní zříceniny, musíme si nejprve definovat, co bude objektem našeho zájmu. Každý z nás má zcela jasnou představu o tom, co je hrad - vrcholně středověká opevněná stavba s obrannou funkcí (např. Cragoe, 2008). Naneštěstí se tato jasná představa začne rozpadat, pokud si uvědomíme, jak různorodé hradní rozvaliny jsou: Kde končí hrad a začíná tvrz? Co je to hradiště? Lze za hrad považovat i sídla, kde byly všechny stavby dřevěné?

Tyto a další otázky se nabízí. A protože vlastně neexistuje žádná jednoznačná definice hradu, uvádím na tomto místě stručný přehled vývoje středověkých feudálních sídel v Čechách.

Na začátku raného středověku stojí tzv. hradiště – opevněné sídliště s velkým rozsahem a značnou funkční diferenciací jednotlivých objektů (Durdík, 1995). Jedná se o předchůdce nejen vrcholně středověkého hradu, ale i města (Vondruška, 2007), jehož charakter skutečně mělo (Pokorný et al., 2006). Hradiště je jednotka vzniklá už v pravěku a zůstává vůdčím typem opevněného objektu v Čechách až do první třetiny 13. století. Bohužel tento termín, dnes běžně používaný, je vlastně chybný, neboť termín „hradiště“ je, ve správném smyslu, označením místa, kde stával hrad. Dobové písemné prameny nicméně tato místa označují jako „hrady“ (Kupka, 2001). Lépe by tedy bylo pro takové objekty používat termín „raně středověký hrad“. To jen dokazuje, jaký je v kastelologických definicích zmatek. Používejme přesto pro zmíněný typ sídel výrazu „hradiště“, jelikož je dlouhodobě zaveden, ač není úplně správný.

Za vlády Přemysla Otakara I. se na českém území začínají sporadicky objevovat první vrcholně středověké hrady, avšak až za vlády Václava I. a zejména Přemysla Otakara II. vzniká hustá funkční síť královských hradů (Durdík, 1995). Vrcholně středověký hrad je tedy opevněné sídlo definované datem své výstavby – mezi 13. stoletím a první polovinou století 16., a je menší rozlohy než hradiště (Trojan & Mráz, 1990). Hrad by mohl být zaměňován s tvrzí, oproti tvrzi však nebývá bezprostředně vázán na vesnické zázemí, přesto neexistoval v krajině osamoceně, byl propojen komunikacemi se svým vesnickým zázemím i vzdálenějšími trhy (Kuna & Tomášek, 2004). Přesto však existují i hrady městské, od svého založení umístěné uvnitř zástavby (Durdík, 1999).

Tvrz pak má být tedy také středověké opevněné sídlo, avšak menší než hrad (Trojan & Mráz, 1990, Čermák, 2004), které stávalo v blízkosti okolní vesnické zástavby (Kuna & Tomášek, 2004).

Zásadní přetržení vývoje hradní architektury v Čechách znamenaly husitské války, jimž padlo za oběť mnoho hradů, přičemž některé už nebyly nikdy opraveny. A konečně od počátku 16. století jsou u nás hrady zvolna nahrazovány objekty nového typu – zámky (Kupka, 2001).

Z uvedeného vyplývá, že v definicích je do určité míry chaos, který neumožňuje než pracovat s pojmem „hrad“ víceméně intuitivně.

Osobně jsem při výběru lokality nečinil rozdíl mezi hradem a tvrzí. Ovšem striktně jsem rozlišoval hrady/tvrze celodřevěné (které jsem zcela vynechal) a hrady/tvrze s budovami kamennými – jelikož složení zdiva (Gregerová, 2000) má zásadní vliv na půdní podmínky (Ložek & Skalický, 1983, Duchoslav, 2002). Více o vlastním výběru zřícenin uvedu v kapitole metodika.

I.II Abiotické podmínky hradů

Abiotické podmínky, zejména vlastnosti půdy, způsobené člověkem přetrvávají i několik set let po skončení bezprostředního působení a ovlivňují tak na dlouhou dobu složení flóry, potažmo i fauny daného místa (Dupouey et al., 2002). Není proto divu, že koncentrace určitých chemických prvků silně koreluje s množstvím historických artefaktů nalézáných v půdě (Parnella et al., 2002).

Bylo by tedy vhodné poznamenat něco málo k abiotickým podmínkám středověkých zřícenin, které se nemálo liší od podmínek okolí. Nemůžeme vyloučit, že by do určité míry tato rozdílnost mohla být způsobena preferenčním výběrem místa pro stavbu hradu, kteréžto je třeba samo v celém okolí jedinečné (srovnej Flinn et al., 2005). S tímto problémem se bylo nutné metodicky vyrovnat. Další pochybnosti mohou nastat v případě, že hrad byl vystavěn na místě již dříve existujícího osídlení – pak bychom si nemohli být jisti, zda stávající podmínky jsou výsledkem působení hradu, nebo staršího vlivu (popř. jejich kombinace). Naštěstí stavba hradu nebyla jednoduchá a povrchní záležitost, ale znamenala výrazný otřes pro lokalitu. Místo bylo zcela vykáceno a půda obvykle odstraněna až na skálu, čímž byl vliv

jakéhokoliv předchozího osídlení zcela smazán (Ložek & Skalický, 1983, Nová & Karlík, 2010). Následovala doba působení vlivu osídlení, která byla dříve či později ukončena a nastalo zarůstání hradu, čímž se ruina začlenila do okolního lesa, přičemž stromové porosty zřícenin dnes často paradoxně zastávají přirozenější skladbu než okolní monokultury (Beneš & Prach, 2004).

Ohledně chemického složení půdy je známo, že na dlouhodobější lidský vliv poukazuje následující:

- fosfor – místa osídlená člověkem mají půdy s vyšším obsahem fosforu než okolí a jiné rozložení fosforu v jednotlivých frakcích (Hutson et al., 2009, Kopecký & Vojta, 2009, Dupouey et al., 2002)
- dusík – vyšší koncentrace dusíku a zároveň nižší poměr C:N indikují silnější lidský vliv (Dupouey et al., 2002, Kopecký & Vojta, 2009, Vojta, 2007, Ložek & Skalický, 1983)
- vápník – je otázkou staveb pojených maltou, čili typicky právě vrcholně středověkých hradů
v místech bývalých staveb, byť dnes třeba zcela zarovnaných se zemí, je jeho koncentrace mnohonásobně vyšší než v okolí (Ložek & Skalický, 1983, Rütther, 2005)
- pH – půdy, které byly kdysi pod lidským vlivem, vykazují zásaditější půdní reakci (Dupouey et al., 2002, Rütther, 2005, Vojta 2007)

Hrady však mají atypické abiotické podmínky nejen skrze půdní vlastnosti, ale též díky tomu, čím jsou tak nápadné v krajině – díky pozůstatkům zdi. Člověk tak změnil původní stanoviště nejen chemicky, ale zásadně i morfologicky (Hooke, 2000). Zdi mohou skýtat výslunné teplé biotopy a zároveň stín, vlhkost a vyrovnanější teplotní podmínky, záleží na orientaci zdi a jejím rozdělení na korunu a vertikálu (Duchoslav, 2002, Juříčková & Kučera, 2005, Láníková & Lososová, 2009). Zdi jsou často považovány za sekundární habitaty pro vegetaci skal a přírodních kamenných povrchů a bývají s nimi také často srovnávány (Duchoslav, 2002, Láníková & Lososová, 2009). Ovšem v některých rysech se od sebe značně odlišují, zejména tím, že zdi mají, oproti přirozeným skalám, jakousi přidanou hodnotu a tou je pojivo. To se zaprvé rozpadá a vytváří tak vhodný substrát pro rostliny a zadruhé se jedná obvykle o vápennou maltu, která umožňuje růst také

bazofilnějších druhů i mezi horninami s kyselou reakcí (Ložek & Skalický, 1983). Významnost pojiva pro rostliny potvrzuje to, že zdi bez pojiva byly zřídka osidlovány (Duchoslav, 2002). Dále zdi mají oproti skalám přece jen malou mohutnost, což působí dosti extrémní mikroklimatické výkyvy (Duchoslav 2002), mají méně mikrohabitátů (Láníková & Lososová, 2009) – obvykle se rozlišuje jen vertikála a horizontála (tj. koruna) zdi (Procházková & Duchoslav, 2004), případně ještě můžeme uvažovat patu zdi, kde se setkáváme s druhy ze zední vertikály a zároveň s druhy z okolí (Duchoslav, 2002). Každopádně na korunách zdí bývají nalézány především terofyty, suchomilné druhy, s vyššími nároky na světlo (Juříčková & Kučera, 2005), zatímco na vertikálních bocích se objevují zejména hemikryptofyty a fanerofyty kladoucí vyšší nároky na vlhkost (Duchoslav, 2002).

Zdi jsou, na rozdíl od skal, vytvořeny lidským, nelze se tedy divit, že na nich nalézáme vysoký podíl nepůvodních druhů (Láníková & Lososová, 2009), ostatně na hradních zříceninách je obecně vysoká koncentrace zavlečených rostlin (Dehnen-Schmutz, 2004). Na druhou stranu co se týká ohrožených druhů květeny skal, ty se na zdech uchylují jen velmi neochotně, náhodně a obvykle pouze dočasně (Láníková & Lososová, 2009). Celkově vzato, na zdech se pravidelně vyskytují dva typy rostlinných druhů – specifické „zední“ druhy a druhy se širokou ekologickou amplitudou, které se vyskytují v okolí jako generalisté (Duchoslav, 2002). Zdá se tudíž, že úroveň zachovalosti zdiva zříceniny by měla ovlivňovat druhové složení, a to způsobem zachovalejší zdivo – více druhů (viz. Juříčková, 2005).

I.III. Vegetace na hradech

Podíváme-li se na problematiku vegetace z hlediska „past land-use“ (to jest bývalého využití krajiny) více zešíroka, zjistíme, že je hojně zkoumána a je jí věnována velká pozornost (např. Koerner et al., 1997, Honnay et al., 1999, Bossuyt et al., 1999, Baumann & Poschlod, 2008, Bellemare et al., 2002, Verheyen et al., Růther & Walentowski, 2008). Bohužel, většina zmíněných studií se zabývá ne příliš vzdálenou historií – maximálně dvě stě let nazpět. Ačkoliv najdou se i výjimky – dnes už takřka legendární je práce zabývající se lokalitou bývalé *Villa rustica* z doby římského osídlení (cca 1. – 3. st. AD) v lesích severovýchodní Francie (Dupouey et al., 2002). Studují se lesy (Hermy et al., 1999, Flinn et al., 2005), bezlesí

(Baumann, 2006, Poschlod et al., 2008, Errikson, 1998), zaniklé vesnice (Kopecký & Vojta, 2009, Vojta, 2007)... ale zříceniny hradů, to je *terra incognita*.

Práce o hradních rostlinách však existují. Nicméně jedná se povětšinou buď o uvádění druhů vyskytujících se na konkrétních zříceninách ve srovnání s okolím (o žádný větší soubor studovaných lokalit se však nejedná – Beneš & Prach, 2004), nebo o výpis taxonů vyskytujících se s vysokou frekvencí na zříceninách vycházející z osobní zkušenosti a pozorování autorů, obvykle vynikajících floristů (Ložek & Skalický, 1983). Nemohu také nezmínit, že se setkáme i s některými fytocenologickými jednotkami, definovanými Milanem Chytrým (2009), které byly popsány právě na hradních lokalitách.

Níže tedy uvádím společenstva a druhy v literatuře popsané jako „hradomilné“.

Z knihy „*Vegetace České republiky 2 (ruderalní, plevelová, skalní a suťová vegetace)*“ (Chytrý, 2009) jmenuji ty jednotky, u nichž jsou jako stanoviště jmenovány i hrady. Ze třídy *Asplenietea trichomanis* – vegetace skal, zdí a stabilizovaných sutí se jedná prakticky o celý svaz *Cystopteridion* (zejména o asociaci *Cystopteridetum fragilis* – diagnostické druhy: *Cystopteris fragilis*, *Asplenium trichomanes*, *Epilobium collinum*). Třída *Artemisietea vulgaris* zahrnuje svaz *Onopordion acanthii*, který se nachází na „suchých vesnických rumištích, skládkách a ruderalizovaných mezích a stráních, často v blízkosti hradů a hradních zřícenin nebo ve vinohradech;“ z tohoto svazu je na hradech častá asociace *Potentillo argenteae-Artemisietum absinthii*. Rovněž asociace *Cymbalarietum muralis* ze svazu *Cymbalario muralis-Asplenion* se vyskytuje na „zdech zámeckých zahrad, na městských hradbách, hradech a hradních zříceninách...“

Co jednotlivých literaturou uváděných druhů se týče, byl na hradních zříceninách pozorován zvýšený výskyt:

bazofilních druhů, což je dáno přítomností malty ve zdivu (Gregerová, 2000) a jeví se nápadněji u hradů na kyselém podloží (Ložek & Skalický, 1983)

Inula conyza, *Viola collina*, *Fragaria moschata*,
Asplenium ruta-muraria, *Gymnocarpium robertianum*,
Cystopteris fragilis, *Erysimum odoratum*, *Veronica prostrata*,
Viola hirta

teplomilných druhů, které se v nižších polohách vyskytují i na kyselém podloží, ale v polohách vyšších se ukrývají na vápníkem obohacená stanoviště

Arabis glabra, *Vicia pisiformis*, *Fragaria viridis*,
Epilobium collinum, *Melica transsilvanica*, *Artemisia scoparia*,
Veronica teucrium, *Rhamnus catharticus*, *Sorbus aria*,
Ulmus minor, *Brychypodium pinnatum*, *Phleum phleoides*

na živiny náročných druhů

Campanula trachelium, *Asarum europaeum*,
Cardamine impatiens, *Hepatica nobilis*, *Pulmonaria obscura*,
Mercurialis perennis, *Sanicula europaea*

původně pěstovaných druhů, které na zříceninách vytrvaly do dnešních dob (Dehnen-Schmutz, 2004), kdy se mohou i z původního centra na hradě šířit do okolí

Agrimonia eupatorium, *Cynoglossum officinale*,
Anthriscus cerefolium, *Libanotis pyrenaica*,
Artemisia absinthium, *Valeriana officinalis*, *Alyssum murale*,
Corydalis lutea, *Cymbalaria muralis*, *Eranthis hyemalis*,
Hedera helix, *Vinca minor*, *Daphne mezereum*,
Hesperis matronalis, *Sedum spurium*,
případně v blízkém okolí *Taxus baccata* užívaný k výrobě
zbraní

synantropních druhů, neboť i málo navštěvované hrady jeví ovlivnění člověkem, přičemž se jedná o druhy, jejichž výskyt na zřícenině je často izolovaný na desítky kilometrů od další lokality (Ložek & Skalický, 1983)

Anthemis tinctoria, *Geranium columbinum*, *Lappula squarrosa*,
Nepeta cataria, *Sanguisorba minor*, *Stachys germanica*...

Výše uvedené druhy byly extrahovány z následujících prací: Brandes, 1996, Beneš & Prach, 2004, Ložek & Skalický, 1983, Rütther, 2005.

I.IV Refugia, ostrovy, ekofenomény

Refugia, ostrovy, ekofenomény, to vše zříceniny hradů jsou (Juříčková & Kučera, 2005). Pokud ovšem hrady fungují jako refugia, pak pro jaké druhy? Zcela jistě umožňují v dané lokalitě přežít druhům, které se v okolí nenachází a mají další lokalitu výskytu vzdálenou na desítky kilometrů (Ložek & Skalický, 1983), čímž zvyšují diverzitu krajiny ve středním měřítku. Že by však skýtaly útočiště pro taxony obecně ohrožené, není příliš časté (Láníková & Lososová, 2009). Jinými slovy neočekává se, že zříceniny budou hostit globálně vzácné druhy (srovnej Motti & Stinca, 2011), jejichž přirozené biotopy mizí, nikoliv, hrady hostí víceméně běžné druhy květeny, avšak na místech, kde by se tyto z krajinného mezoměřítka vůbec vyskytovat neměly.

Zajímavé je, že hrady se na jednu stranu chovají jako neorefugium sensu Nekola (Juříčková, 2005) – jsou lokalitou výskytu synantropních a nepůvodních taxonů více než okolní krajina (Dehnen-Schmutz, 2004). Na druhou stranu však složení vegetace zřícenin ve stromovém patře je daleko přirozenější a původnější (Beneš & Prach, 2004). Zdali je tomu tak i v bylinném, popřípadě keřovém patře, není zatím ověřeno, vždyť stromové patro reaguje v jiném časovém měřítku než bylinné (Hermy et al., 1999). Takže se zdá, že z hlediska lokální refugiálnosti jsou zříceniny poměrně nevybíravé – umožňují pospolitý růst novodobých synantropů (Ložek & Skalický, 1983), pozůstatků po vegetaci z dob osídlení hradu (Decocq et al., 2004) i druhů tzv. starých lesů (Hermy et al., 1999, Flinn et al., 2005).

Jak se to ale má s hrady coby ekologickými fenomény? Koncept ekofenoménu („Gipfelphänomen“) se poprvé objevuje v roce 1918 u Scharfettera (Jeník, 1970), do české geobotanické literatury jej zavedl Jeník. Jedná se o charakteristický soubor stanovišť a procesů s typickou flórou a faunou podmíněný geologickými a hydrologickými poměry, reliéfem a klimatem (Ložek, 1988). Taková místa obvykle hostí mezní, reliktní endemické druhy apod. a mají typicky ostrovní charakter (Kučera, 2005). Původně byly ekofenomény chápány pouze jako přirozeně vzniklé eventy, až Juříčková (2005) je rozšířila i o antropogenně podmíněná stanoviště – definovala tzv. „hradní fenomén“ na základě rozboru měkkýší fauny. Z hlediska flóry však tento dosud potvrzen nebyl.

Bylo řečeno, že hrad, pokud je tedy i z hlediska vegetace ekologickým fenoménem, má ostrovní charakter (McArthur & Wilson, 1967, Brandes, 1996).

Ze všeho, co bylo uvedeno je zřejmé, že zříceniny středověkých sídel projevují abiotickou i biotickou odlišnost od matrix okolní krajiny. Díky tomu zasluhují pozornost, které se jim dostává jen sporadicky.

V této práci bych rád ověřil a zjistil:

- a) zda se vegetace hradních zřícenin při zkoumání většího souboru lokalit odlišuje od vegetace okolních lesů, a je tedy prvkem zvyšujícím diverzitu krajiny
- b) jeví-li flóry hradů vzájemnou podobnost jen málo ovlivněnou lokálními podmínkami
- c) jaké ekologické vlastnosti mají taxony, popřípadě celá společenstva, která jeví větší fidelitu ke zříceninám, a jaké jsou nejdůležitější faktory způsobující specifitu hradů
- d) jaký je význam zbytků zdí na hradech

II METODIKA



Preitenstein

V průběhu vegetačních sezón roků 2009 – 2012 jsem prováděl terénní část práce. Vyvolil jsem 30 lokalit (viz. níže), na nichž jsem sbíral data.

Na každé lokalitě byly vybrány 3 plochy –

- a) plocha přímo na zřícenině
(označena jako plocha „hradní“, v grafech „Castle“)
- b) plocha vzdálená 300 metrů od zříceniny
(označena jako plocha „300 m vzdálená“, v grafech „M 300“)
vybíral jsem ji tak, že jsem ustupoval od hradu takovým směrem, aby byla co možná nejlépe zachovaná nadmořská výška a ráz krajiny (abych např. nedošel z lesa do rybníka).
- c) plocha připomínající svými podmínkami podmínky na zřícenině
(označena jako plocha „podobná“, v grafech „Sim“)
tento typ plochy byl vybrán zcela subjektivně na základě podobnosti nejvýraznějších prvků – pro příklad byl-li hrad na bulžňákovém výchozu, i podobná plocha byla na výchozu téže horniny, pokud byl hrad na břehu rybníka, též podobná lokalita byla vybrána na břehu rybníka;
vzdálenost od ostatních ploch nebyla definována, v praxi však tato plocha nikdy nebyla od hradní plochy vzdálena méně než 300 metrů a dále než 3 kilometry;
je pravda, že takovýto způsob výběru by u každého badatele vynesl jinou plochu, význam této podobné plochy spočíval ve srovnání původních podmínek na hradě („takto by to dnes vypadalo i na hradě, kdyby tam nikdy hrad nebyl postaven“), nemůžu pochopitelně zaručit, že jsem vybíral plochu podle stejných parametrů jako středověcí stavitelé místo, kde chtěli vybudovat hrad, ale lepší způsob, jak toho dosíci, asi neexistuje.

Na každé ploše pak bylo provedeno několik úkonů:

- a) pořízení fytoocenologických snímků
- b) odebrání půdních vzorků
- c) odhad průměrné výšky a šířky zbylého zdiva (jen na hradních plochách)
- d) měření hloubky půdního profilu (jen na sedmi lokalitách)

O každém z těchto úkonů bude následovně psáno.

II.1 Výběr lokality

Výběr lokality v tomto případě znamená výběr vhodného hradu. Při volbě hradu jsem vycházel z knih *Hrady, zámky a tvrze české* (Sedláček, 1892), *Zříceniny hradů, tvrzí a zámků – západní Čechy* (Durdík & Sušický, 2005) a webu *Hrady.cz* (Čížek, 2009).

Pro práci bylo klíčové vybrat takové zříceniny, aby tvořily alespoň trochu homogenní skupinu. Středověké hrady je však možné rozdělovat do okruhů podle nejrůznějších kritérií (např. Durdík, 1995; Trojan & Mráz, 1990). Žádné z těchto hledisek však nebylo možno pro výzkum bez výhrad použít zejména z toho důvodu, že nezohledňovalo současný stav. A přitom pro výzkum vegetace je dost zásadním rozdílem, je-li hrad turistickou atrakcí na okraji vsi, nebo je-li prakticky zapomenutý uprostřed lesů. Bylo tedy nutno definovat si kritéria, která odrážela hlediska nejen stavebně-historická, ale též, řekněme, vegetačně-ekologická:

- a) poloha v rámci republiky
aby se omezil vliv geografického rozšíření jednotlivých druhů (Hendrych, 1984), byly lokality umístěné, co nejbližší sobě to bylo možné, tj. v západních Čechách (viz. příloha)
- b) turistický ruch
ovlivnění sešlapem, šířením propagulí synantropních druhů a dalšími efekty lidské činnosti se liší podle míry návštěvnosti zřícenin (Čepelová & Münzbergová, 2012), bylo tedy třeba z tohoto úhlu pohledu skupinu homogenizovat

zvolil jsem hrady s extenzivní návštěvností (tj. takové, které nepodléhají správě jako památkový objekt) – jednak se tam dá očekávat přirozenější vegetace než u těch intenzivně navštěvovaných a pravidelně udržovaných a jednak toto rozhodnutí mělo i praktické důvody (není třeba domluvy se správcem, návštěvníci nepřekáží práci...)

pozn.: tento faktor, jak dává logika a potvrzuje praxe, silně souvisí s velikostí a zachovalostí hradu, se vzdáleností od vsi či města a s dostupností

c) zachovalost

jak uvádí název práce a jak již bylo několikrát zmíněno, ke zkoumání jsem vybíral pouze zříceniny středověkých hradů bez recentní systematické údržby patrné na zdivu, bez pomocných konstrukcí jako jsou přístřešky, podpěrné sloupy apod. a bez dalších dostaveb typu schodišť, vyhlídkových plošin atd. (srovnej Růther, 2005)

vybrány byly však pouze ty zříceniny, u nichž bylo možné v terénu nalézt ještě alespoň nepatrné zbytky zdiva – tedy zcela vyřazeny byly hrádky, jež měly všechny stavby zbudované v době obývání ze dřeva – víme totiž, že takové hrady se chovají, minimálně co do ovlivnění půdních vlastností, jinak než hrady zděné (Ložek & Skalický, 1983)

d) vzdálenost zástavby

nebyla při výběru nijak specificky definována, dbalo se jen na to, aby zřícenina nebyla plynule napojená na soudobou zástavbu

e) zápoj stromového patra

pro zkoumání byly vybrány pouze zříceniny s vyvinutým stromovým patrem (nešťastnou výjimku tvoří *Lazurová hora*, kam jsem dorazil po průklestu) – totiž les a bezlesí skýtají rozdílné podmínky pro šíření a přežívání různých druhů (Honnay et al., 1999), proto bylo vhodné i z tohoto úhlu pohledu výběr homogenizovat; a zatímco u nelesních hradů by bylo ne zcela jednoduché zjišťovat, zdali je bezlesí přirozené, či

udržované člověkem a jak je staré, u lesních zřícenin si můžeme být jisti, že les už na daném místě pár let je (a též je to mimochodem pěkný ukazatel neudržovanosti hradu)

Mezi soubor vybraných druhů byly přijaty i dvě bývalé tvrze (Kašovice, Mydlná), které byly původně v poněkud jiných podmínkách (viz. kapitola I.I), nicméně všechny požadavky pro výběr lokality byly i zde splněny. Přesto je třeba vést toto v patrnosti, neboť je v takových případech možné, že ve vzdálenosti 300 metrů od zříceniny byla ještě vesnice, což zanechává památky ve vlastnostech půdy (Vojta, 2007).

II.II Fytocenologický snímek

Jedním z prvních problémů při vymýšlení metodiky bylo určení velikosti fytocenologických snímků – bude lepší používat vždy a všude snímek stejné velikosti, nebo je legitimnější na každé lokalitě přizpůsobit velikost snímku rozměrům odpovídající zříceniny? Nakonec bylo rozhodnuto zapisovat snímky obou typů a navíc ještě na „hradní“ ploše byly samostatně snímkované zdi (viz. obr. č. 1).

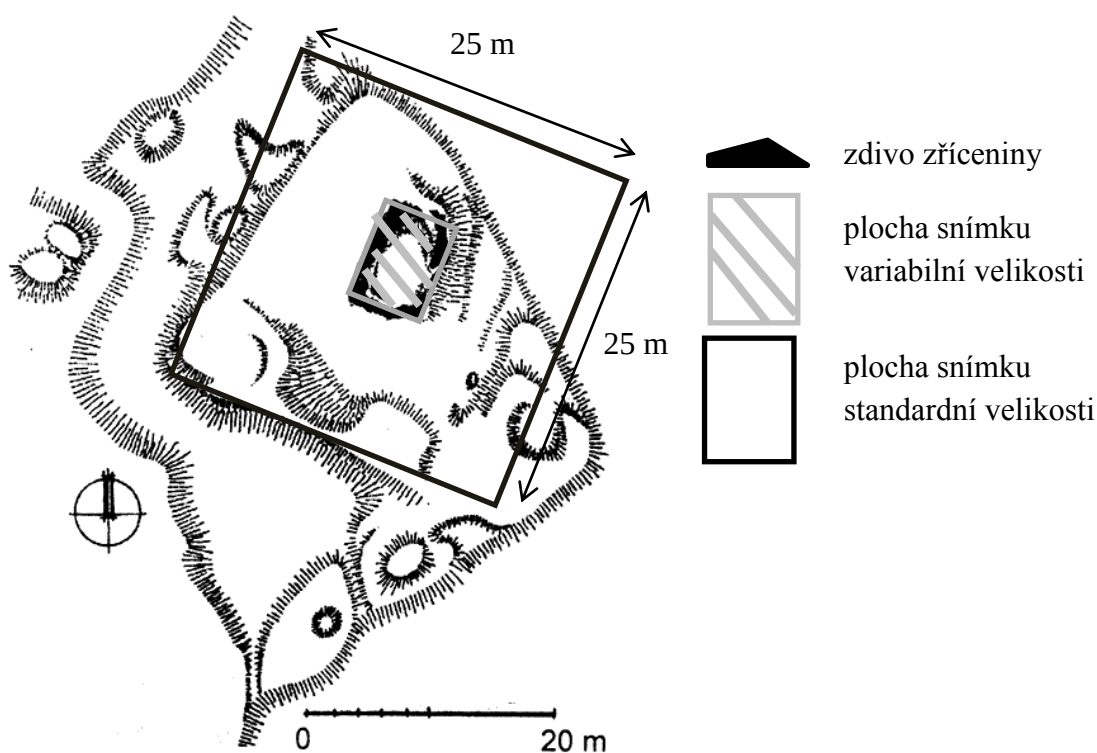
Ve všech snímcích byla odhadnuta pokryvnost všech druhů na nich zaznamenaných cévnatých rostlin, a to ve stupnici uvedené v tabulce č. 1, celkový zápoj bylinného patra (v procentech), celkový zápoj keřového patra (v procentech) a celkový zápoj stromového patra (též v procentech). Do bylinného patra byli započítáni všichni jedinci nižší jednoho metru, do stromového jedinci vyšší než tři metry, do keřového pak zbytek (Moravec, 1994).

3 typy užívaných snímků:

- a) snímek zdi
v grafech označován „Wall“
pořizován (pochopitelně) pouze na hradní ploše
jeho rozměr byl omezen rozměry pozůstatků zdiva; pokryvnost jednotlivých
taxonů a celkový zápoj bylinného patra byly odhadovány kolmo
na plochu zdiva (tak jsem se srovnal s tím, že některé zdi měly vertikální

i horizontální část, zatímco jiné byly zříceny do takřka neznatelného valu)

- b) snímek variabilní velikosti
v grafech označován „Var“
pořizován na všech třech typech ploch („Castle“, „M300“ i „Sim“)
jedná se o snímek určený vnitřními rozměry hradního zdiva
velikost a orientace snímku je vždy shodná jen pro trojici ploch na jedné lokalitě
- c) snímek standardní velikosti
v grafech označován „St“
pořizován na všech třech typech ploch („Castle“, „M300“ i „Sim“)
snímek má rozměry 25 x 25 metrů
umístován byl vždy tak, že snímek variabilní velikosti ležel uvnitř něj



Obr. č. 1 Náskres umístění fytoocenologických snímků kolem zříceniny

Tabulka č. 1

Pokryvnostní škály

HODNOTY POKRYVNOSTNÍ ŠKÁLY	ODPOVÍDAJÍCÍ PROCENTUÁLNÍ POKRYVNOST
r	0,001 – 1 %
1	1 – 10 %
2	11 – 25 %
3	26 – 75 %
4	76 – 100 %

Nomenklatura byla použita podle Klíče ke květeně České republiky (Kubát, 2002), podle něž a také Květeny ČR (Slavík, 2010) byly rostliny určovány.

II.III Půdní vzorky

V rámci každé plochy fytoocenologického snímku byl odebrán směsný půdní vzorek (Moravec, 1994). Půda byla odebrána i ze „zdi“, čím je myšlena jemná suť u paty zdi, v případě takřka úplně rozpadlých zdí pak již vyvinutý horizont na jejich vrchu. Půda byla ponechána na vyschnutí, následně rozdrcena a proseta sítem o velikosti oka 2 mm, z toho pak ještě cca 3 g byly opětovně drceny a prosety na jemnější velikost částic, a to sítem o velikosti oka 0,1 mm. U takto upravených vzorků byly provedeny analýzy ověřující:

pH

množství N

množství celkového C

množství uhličitánů

množství organického C

množství P

množství Ca

množství Mg

Stanovení proběhlo podle následujících metodik:

pH

5 – 10 ml jemnozemě se extrahuje v rotační třepačce pětinasobným množstvím vyluhovacího roztoku (pro aktuální pH převařené deionizované vody, pro výměnné pH 0,1M roztoku KCl , event. 0,01M CaCl₂). Po ustálení se získaná suspenze měří při stálém míchání kombinovanou pH elektrodou s teplotní korekcí. Viz. Zbíral (1995).

Uhlík a dusík

Vzorek se navažuje do cínových lodiček (navážka 10 - 30 mg) a automatickým dávkovačem aplikuje do spalovací trubice analyzátoru CHN Carlo Erba NC 2500. Zde se vzorek spálí v proudu čistého kyslíku při teplotě 1020°C v přítomnosti oxidu chromitého jako katalyzátoru. Vzniklé oxidy uhlíku a dusíku po průchodu spalovací trubicí jsou vedeny redukčními trubicemi (Cu, 650°C) do separačních kolon, kde se oddělí voda a oxid uhličitý. Jako nosný plyn je použito helium. Obsah separovaných plynů je stanoven vodivostním detektorem, pro vyhodnocení signálu je použit software Eager 200 fy CE Instruments.

Pro stanovení podílu organického uhlíku v karbonátových půdách se provádí ještě druhá analýza vzorku po rozkladu kyselinou chlorovodíkovou a odkouření uvolněného oxidu uhličitého.

Detaily viz.: Monar (1998) a Ehrenberger et al. (1973)

Fosfor, vápník a hořčík

Vzorky jemnozemě se extrahují skupinovým extrakčním činidlem Mehlich II obsahujícím fluorid amonný (pro zvýšení rozpustnosti fosforu vázaného na kovy), chlorid amonný (pro podporu desorpce draslíku, vápníku a hořčíku), kyselinu octovou a chlorovodíkovou (k nastavení kyselé reakce roztoku). Po extrakci na rotační třepačce je půdní suspenze zfiltrována přes hustý filtrační papír a čirý roztok analyzován.

Obsah fosforu se stanovuje fotometrickou analýzou jako fosfomolybdenová modř po redukci kyselinou askorbovou v prostředí kyseliny sírové a vinanu antimonylo-draselného. Intenzita modrého zbarvení je měřena fotometrem UV-vis Spectrometer Unicam UV4-200.

Obsah vápníku a hořčíku se stanovuje metodou absorpční atomové spektrometrie v prostředí kyseliny sírové a chloridu lanthanitého pro eliminaci vlivu síranů a kovů v extraktu.

K analýzám v oblasti atomové spektrometrie byl použit AAS Spektrometer 9200X Unicam.

Detailněji: Zbíral (1995), Moore & Chaoman (1986), Murphy & Riley, (1962)

II.IV Geologie podloží

Ke zjišťování hornin tvořících podloží jednotlivých ploch jsem užíval on-line lokalizační aplikaci České geologické služby (www.geology.cz).

II.V Výška a šířka zdiva

Na každé snímkané hradní ploše jsem zaznamenával odhadnutou průměrnou výšku a průměrnou šířku zdiva zříceniny.

II.VI Hloubka půdního horizontu

Hloubka půdního horizontu byla měřena pouze v sezóně 2012 – tj. u 7 lokalit (viz. příloha). Na každé vyznačené ploše fytoecologického snímku jsem náhodně na pěti místech zarazil palicí do země železnou tyč o průměru cca 1 cm a délce 60 cm. Z pěti získaných hodnot jsem vypočítal průměr. Pouze pro snímek vegetace zdi nebyla měřena hloubka půdního horizontu, počítalo se s hodnotou 0.

II.VII Historie hradu

Data o historii hradů, jako je doba založení a doba opuštění sídla, byla získána z knihy *Zříceniny hradů, tvrzí a zámků – západní Čechy* (Durdík & Sušický, 2005) a webu *Hrady.cz* (Čížek, 2009)

II.VIII Zpracování dat

Získaná data byla následně zpracovávána v programech sady Microsoft Office 2010 (Microsoft Corporation, 2013), Canoco for Windows 4.5 (Braak & Šmilauer, 2002), Turboveg for Windows (Hennekens & Joop, 2001), JUICE (Tichý & Holt, 2006) a R (Crawley, 2007)

Zaznamenávání dat

Data jsem zaznamenával do programu Turboveg for Windows (Hennekens & Joop, 2001).

Úprava dat

Nejprve jsem upravil data v programu JUICE (Tichý & Holt, 2006) - úprava spočívala v korekci synonymních názvů jednotlivých druhů a správného zařazení do jednotlivých vegetačních pater. Také jsem si z tohoto programu exportoval data pro jednotlivá patra a data jen pro některé snímky, jak bylo potřeba pro analýzy.

Korekce proměnných prostředí, doplnění proměnných, binární kódování proměnných (lokalit, typů ploch a velikostí ploch) jsem provedl v programu Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, 2013).

Testování modelů v CANOCO a v R

Abych nepopisoval u každé jednotlivé analýzy stále znova nastavení, která se opakovala, uvádím vše společně zde a dále už nezmiňuji.

CCA – snížení váhy vzácných druhů, bez transformací, testování permutačním Monte Carlo testem (plný model, 499 permutací)

RDA – bez transformací, centrování a standardizování přes snímky

K testování modelů v programu CANOCO jsem u Monte Carlo permutačního testu vždy užíval možnost ručního výběru testovaných proměnných – tak jsem mohl zjišťovat vliv jednotlivých proměnných na celkovou variabilitu datového souboru, postupně zahrnovat jednotlivé proměnné a testovat vliv těch zbývajících na zbytkovou variabilitu souboru apod.

U jednorozměrných analýz jsem vždy nejprve ověřil normalitu rozdělení dat Shapiro – Wilkovým testem. V případě nenormálního rozdělení jsem zkoušel data transformovat odmocninově a logaritmicke – pokud ani poté nebylo rozdělení normální, používal jsem Kruskal – Wallisův neparametrický test (pro data s diskretní vysvětlující proměnnou) či Spearmanův korelační koeficient (pro data se spojitou vysvětlující proměnnou).

Testování vlivu velikosti plochy

V programu CANOCO (Braak & Šmilauer, 2002), jsem provedl nejprve kanonickou korespondenční analýzu (CCA). Zahrnuty byly všechny snímky kromě snímků ze zdí („Wall“), z druhového výběru pak všechny druhy cévnatých rostlin vyskytující se v daných snímcích. Jako proměnné prostředí jsem zvolil velikost plochy. Jako kovariáty byly zadány jednotlivé lokality. Testoval jsem v blocích definovaných lokalitami. Obdobně jsem testoval také interakci velikosti plochy a typu plochy (zde jako kovariáty navíc i velikost plochy a typ plochy).

V programu R jsem provedl analýzu variance (ANOVA) počtu druhů v závislosti na velikosti plochy. Testováno Fisherovým testem. Stejným způsobem jsem provedl i testování závislosti počtu druhů na interakci mezi velikostí a typem plochy. K následnému mnohonásobnému porovnání jsem použil Tukeyho metodu

U hradních snímků variabilní velikosti jsem navíc ještě testoval Spearmanovým korelačním koeficientem závislost počtu druhů na rozměrech snímku.

Vzájemné porovnání dvou kontrolních ploch

Nejprve jsem si pro lepší představu srovnal snímky standardní velikosti z plochy podobné a 300 m vzdálené. Prováděl jsem CCA pro ověření závislosti druhového složení – celkového i po jednotlivých patrech. Protože se ukázalo, že rozdíl je ve druhovém složení celkovém a ve složení stromového patra (viz. kap. III.II), zajímalo mě, jestli je celkový rozdíl dán právě jen stromovým patrem. Takže jsem udělal ještě stejnou analýzu všech pater s vyloučením stromového. Dále následovala ANOVA pro srovnání počtu druhů (také celkově i zvlášť po patrech) a redundanční analýzu (RDA) ke zjištění rozdílu v půdních vlastnostech.

Analýza vegetace

Určování diagnostických, konstantních a dominantních druhů jsem prováděl v programu JUICE. Použité byly všechny snímky standardní velikosti („Castle“, „Sim“ a „M300“) i snímky ze zdí a na nich se vyskytující druhy cévnatých rostlin. Pro diagnostické druhy jsem nastavil požadavek fidelity k danému typu plochy vyšší než 20 %, pro konstantní druhy požadavek frekvence výskytu v daném typu plochy přes 50 % a pro dominantní druhy požadavek pokryvnosti v daném typu plochy přes 25 %.

Testování rozdílu druhového složení a počtu druhů mezi jednotlivými typy snímků

Jako první jsem provedl v programu CANOCO detrendovanou korespondenční analýzu (DCA). Zahrnuty byly pouze snímky standardní velikosti a snímky ze zdí, z druhového výběru pak všechny druhy cévnatých rostlin vyskytující se v daných snímcích. Byla snížena váha vzácných druhů.

Následovala kanonická korespondenční analýza (CCA). Vyloučil jsem snímky variabilní velikosti a snímky ze zdí. Testoval jsem všechny tři typy ploch zároveň i po dvojicích párově. Jako kovariáty posloužily jednotlivé lokality. Testováno v blocích definovaných lokalitami.

Provedl jsem také stejné analýzy samostatně pro jednotlivá patra – pro patro bylinné, stromové a keřové.

Následně jsem v programu R testoval závislost počtu druhů na typu plochy. Díky nenormálnímu rozdělení dat jsem prováděl Kruskal – Wallisův neparametrický test pro všechny typy ploch zároveň – v případě průkazného výsledku pak znovu párově pro všechny dvojice typů ploch. Do počtu druhů byly zahrnuty všechny druhy cévnatých

rostlin ve všech patrech vyskytující se v daných snímcích, ze snímků byly zahrnuty pouze hradní, podobné a 300 m vzdálené snímky. Takto jsem počet druhů testoval v souboru snímků standardní velikosti i v souboru snímků variabilní velikosti.

Totéž jsem provedl se započtením druhů pouze bylinného, keřového a stromového patra.

Testování rozdílu v zápoji E2 a E3 mezi typy ploch

V programu R jsem provedl Kruskal – Wallisův neparametrický test rozdílu v zápoji stromového patra mezi typy ploch. Byly zahrnuty pouze snímky standardní velikosti z hradu, podobné a 300 m vzdálené plochy. Totéž jsem provedl při porovnání zápoje keřového patra mezi jednotlivými typy ploch. V případě průkazného výsledku jsem testoval stejným způsobem po dvojicích typů ploch.

Zjišťování podobnosti ploch

Pro zjištění podobnosti druhové diverzity snímků standardní velikosti jsem používal Jaccardův index (Moravec, 1994)

kde c je počet druhů společných oběma plochám

A počet druhů na ploše A

B počet druhů na ploše B

Nechal jsem jej spočítat v programu R v balíku Vegan pro dvojice snímků standardní velikosti typu „Castle“ – „Sim“ a „Castle“ – „M300“ pro každou lokalitu. Následně jsem v R Shapiro – Wilkovým testem prověřil normalitu rozdělení tohoto indexu. Hodnoty Jaccardova indexu pro dvojici snímků „Castle“ – „M300“ vykazovaly normální rozdělení, pro testování jejich závislosti na různých proměnných (viz. níže) jsem používal t-test. Dvojice snímků „Castle“ – „Sim“ však měla hodnoty Jaccardova indexu rozdělené nenormálně, proto jsem jejich korelaci se zvolenými proměnnými (viz. níže) testoval Spearmanovým korelačním koeficientem.

Vypočítal jsem pro každou lokalitu rozdíl zápoje stromového patra mezi snímky standardní velikosti na hradě a na 300 m vzdálené ploše (respektive na hradě a na podobné ploše) a prostřednictvím modelu lineární regrese jsem pozoroval závislost hodnoty Jaccardova indexu na tomto rozdílu zápoje.

Dále jsem prostřednictvím modelu lineární regrese stejným způsobem zkoumal závislost hodnoty Jaccardova indexu na roku opuštění hradu, průměrné výšce zdiva zříceniny, vzdušné vzdálenosti od nejbližšího lidského sídla a pěší vzdálenosti od nejbližší turistické značky.

Také jsem pro každou lokalitu zjistil, zda je geologické podloží na hradě a na 300 m vzdálené ploše stejné, či různé. Jelikož na deseti lokalitách je geologické podloží různé a na dvaceti stejné, vybral jsem náhodně deset lokalit majících stejné geologické podloží a všech deset majících různé podloží a u tohoto podsouboru dvaceti případů jsem provedl analýzu variance. Tento náhodný výběr a následnou ANOVA jsem provedl čtyřikrát (výsledky byly vždy stejné). Analyzoval jsem závislost hodnoty Jaccardova indexu na „stejnosti“ či „různosti“ geologického podloží. Testoval jsem Fisherovým testem. I v případě dvojice „Castle“ – „Sim“ bylo na dvaceti lokalitách stejné geologické podloží a na deseti různé, čili postupoval jsem stejným způsobem, jen testování jsem provedl Kruskal – Wallisovým testem.

Testování počtu druhů a druhového složení zdí

Nejprve jsem prováděl v CANOCO CCA pro zjištění rozdílu druhového složení mezi zdí a ostatními typy plochy, a to nejprve jednotlivě, párově, vždy pro dvojice typů ploch a následně se zahrnutím všech typů ploch (což posloužilo i jako základ grafu). Nastavil jsem jednotlivé lokality jako kovariáty a testoval v blocích definovaných lokalitami. To jsem udělal pro všechny druhy a pak i samostatně pro jednotlivá patra. Rovněž jsem v programu R analyzoval závislost počtu druhů (celkově i zvlášť pro jednotlivá patra) mezi zdmi a ostatními typy ploch. Testoval jsem rozdíly párově neparametrickým Kruskal – Wallisovým testem. Tytéž testy jsem provedl pro snímky standardní velikosti + snímky ze zdí i pro snímky variabilní velikosti + snímky ze zdí.

V CANOCO jsem také provedl CCA pro zjištění souvislosti průměrné výšky a průměrné šířky zdiva zříceniny s druhovým složením. Do modelu byly zahrnuty všechny snímky ze zdí a všechny druhy cévnatých rostlin vyskytující se na daných snímcích.

Proměnnými prostředí byly výška a šířka zdiva. Dále jsem prověřil závislost počtu druhů na zdi na průměrné výšce zdiva zříceniny – v programu R jsem vytvořil lineární model závislosti počtu druhů na zdi na průměrné výšce zdiva, testoval jsem t-testem. Stejně jsem testoval závislost počtu druhů na zdi na průměrné šířce zdiva.

Testování rozdílu v půdních vlastnostech mezi typy ploch

Při testování půdních vlastností můžeme bez obav zahrnout nejen vzorky z hradů, 300 m vzdálených ploch a podobných ploch, ale také ze zdí, neboť sběr půdních vzorků byl, na rozdíl od snímkování u vegetace, prováděn u zdí stejným způsobem jako u ostatních typů ploch.

V programu CANOCO jsem provedl analýzu hlavních komponent (PCA). Jako druhová data byly vybrány všechny měřené půdní vlastnosti, ohledně snímků byly tedy zahrnuty vzorky z hradu, z podobné plochy, ze 300 m vzdálené plochy a ze zdi. Provedl jsem standardizaci přes druhy.

Následně jsem v programu CANOCO provedl redundanční analýzu (RDA). Jako druhová data byly vybrány všechny měřené půdní vlastnosti, ohledně snímků byly zahrnuty jen vzorky ze zdí, z hradu a ze 300 m vzdálené plochy. Snímky z plochy podobné byly vyřazeny kvůli shodnosti se snímky z plochy 300 m vzdálené. Jako proměnné prostředí byly vybrány typy ploch („Wall“, „Castle“ a „M300“). Jako kovariáty jsem zadal jednotlivé lokality. Test v blocích lokalit.

Testování vlivu půdních vlastností na druhové složení snímků

V programu CANOCO jsem provedl kanonickou korespondenční analýzu (CCA). Do modelu byly zahrnuté všechny snímky standardní velikosti a snímky ze zdí a všechny druhy cévnatých rostlin vyskytující se na daných snímcích. Proměnné prostředí tentokrát představovaly všechny měřené půdní vlastnosti. Kovariátami byly jednotlivé lokality. Testováno v blocích lokalit. Nejdříve jsem prostřednictvím ručního výběru proměnných testoval postupně průkaznost vlivu jednotlivých půdních vlastností na celkovou variabilitu souboru. Do modelu jsem pak vybral pouze ty proměnné (půdní vlastnosti), které měly průkazný vliv na druhové složení snímků.

Stejným způsobem jsem postupoval i při testování druhů jednotlivých pater – bylinného, keřového a stromového.

Testování společného vlivu typů ploch a půdních vlastností

Pro objasnění, do jaké míry se vliv typů ploch a půdních vlastností na druhové složení vegetace překrývají, jsem provedl následující analýzy:

1) CCA závislosti druhového složení na typu plochy

zahrnuty byly snímky standardní velikosti z hradu, podobné plochy a plochy 300 m vzdálené, ne snímky ze zdí kvůli odlišným rozměrům, jednotlivé lokality jako kovariáty, testováno v blocích lokalit

2) CCA závislosti druhového složení na půdních vlastnostech

zahrnuty byly všechny půdní vlastnosti nehledě na průkaznost, snímky standardní velikosti z hradu, podobné plochy a plochy 300 m vzdálené, jednotlivé lokality jako kovariáty, testováno v blocích lokalit

3) CCA závislosti druhového složení na půdních vlastnostech po odečtení vlivu typu plochy

zahrnuty byly všechny půdní vlastnosti nehledě na průkaznost, za kovariáty byly zadány jednotlivé lokality a typy ploch „Castle“, „Sim“ a „M300“, testováno v blocích lokalit

Tyto analýzy jsem provedl pro všechny druhy zároveň i po jednotlivých vegetačních patrech zvlášť.

Ze znalosti celkového vlivu půd a vlivu půd po odečtení vlivu lokalit jsem vypočítal část celkové variability souboru dat druhového složení, která je vysvětlována zároveň typem plochy i půdními vlastnostmi.

Testování hloubky půdního horizontu

Pro testování hloubky půdních horizontů jsem používal pouze podsoubor snímků ze sedmi lokalit (viz. kap. II.VI).

V programu R jsem provedl analýzu variance (ANOVA) hloubky horizontů v jednotlivých typech ploch („Castle“, „Sim“ a „M300“). Pro mnohonásobné porovnání jsem použil Tukeyho metodu.

Následně jsem spočítal rozptyl v naměřených hodnotách hloubky půdního horizontu pro každý snímek. U těchto hodnot jsem pak provedl ANOVA zmíněných rozptylů měřených

hloubek u jednotlivých typů ploch („Castle“, „Sim“ a „M300“). Testování jsem prováděl postupně, pro každý pár typu ploch zvlášť, Fisherovým testem.

V R jsem ještě vytvořil lineární model závislosti počtu druhů na hloubce horizontu a také model závislosti počtu druhů na rozptylu naměřených hloubek na ploše. Obojí jsem testoval t-testem.

Dále jsem v programu CANOCO provedl CCA, přičemž jsem do modelu zahrnul snímky standardní velikosti z hradu, podobné plochy a plochy 300 m vzdálené (ale jen ze sedmi lokalit, jak bylo zmíněno), ohledně druhů všechny druhy cévnatých rostlin vyskytující se na daných snímcích. Za proměnnou prostředí sloužila hloubka půdního horizontu. Nebyly nastaveny žádné kovariáty. Kromě toho jsem provedl CCA závislosti druhového složení na rozptylu naměřených hloubek, opět bez kovariát.

Zjišťování Ellenbergových indikačních hodnot

V programu JUICE jsem nechal spočítat průměrné Ellenbergovy indikační hodnoty (EIH) pro světlo, teplotu, kontinentalitu, vlhkost, půdní reakci a živiny pro každý snímek.

U takto získaných hodnot jsem postupně v programu R provedl analýzu variance (ANOVA) EIH u jednotlivých typů snímků („Wall“, „Castle“, „Sim“ a „M300“). K testování jsem použil Tukeyho metodu mnohonásobného porovnání.

III VÝSLEDKY



Osvračín

V této kapitole se konečně dostáváme k vlastním výstupům praktické části práce. Výsledky uvádím postupně tak, jak na sebe logicky navazují.

III.I Vyloučení přebytečných dat

Jak bylo psáno v metodice, každá plocha byla snímkována dvakrát – dvěma velikostmi snímků. Bylo třeba rozhodnout, které snímky používat pro následující analýzy, zda se projeví odlišnost ve druhovém složení mezi oběma velikostmi snímků – variabilním a standardním, nebo zda jsou oba typy vzájemně zaměnitelné.

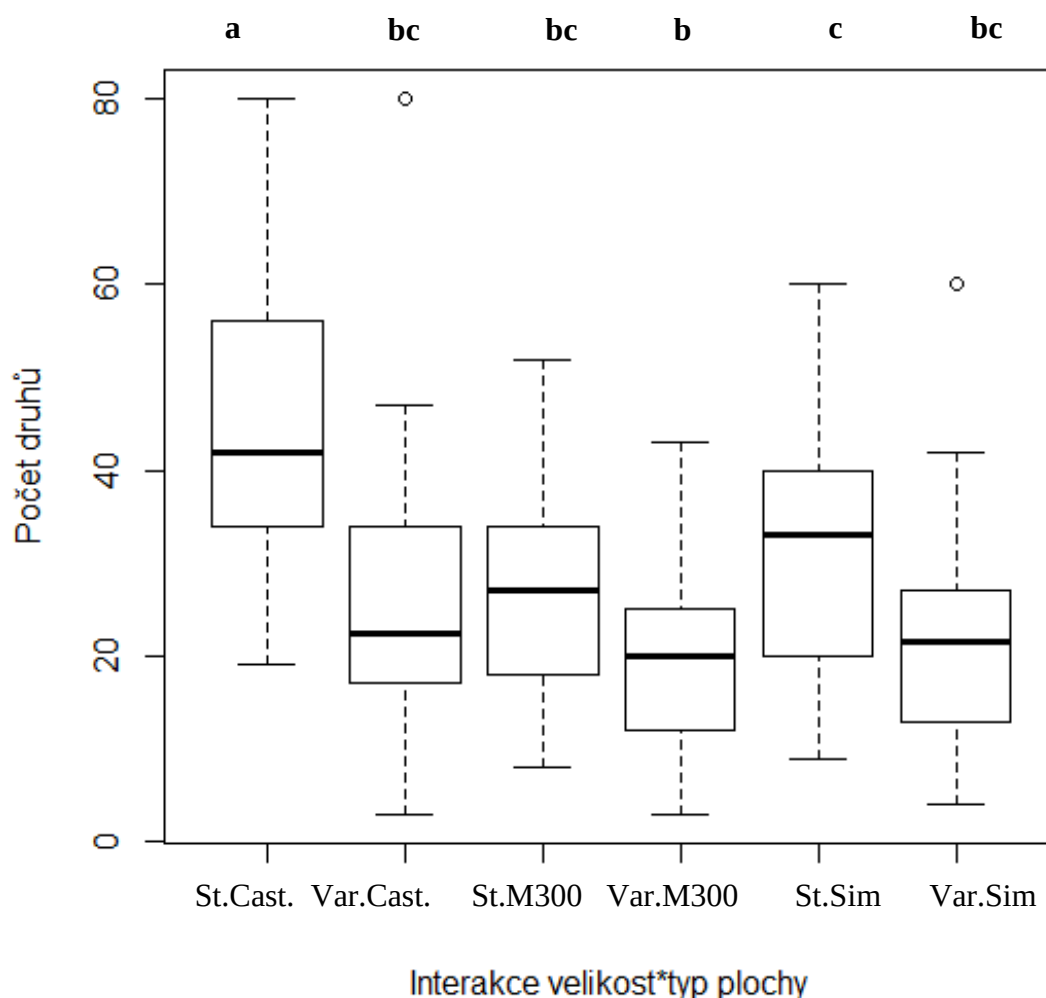
Nejprve se věnujme závislosti počtu druhů na velikosti plochy. Nepřekvapivě se prokázalo, že snímky standardní velikosti mají více druhů než snímky variabilní velikosti (p -hodnota $< 0,002$; $df = 1$; df error = 178), vždyť také snímky standardní velikosti v sobě zahrnovaly i snímky variabilní (viz. kap. II.II). Co se pak týká závislosti počtu druhů na interakci velikosti a typu plochy, ta je na hranici průkaznosti (p -hodnota = 0,057; $df = 2$; df error = 177). Když si přesto srovnáme jednotlivé snímky ohledně počtu druhů, jisté průkazné rozdíly zaznameneáme (viz. obr. č. 2).

Za pozornost stojí, že rozdíl v počtu druhů mezi snímkem variabilní a standardní velikosti jsem zaznamenal pouze na plochách hradních. Počet druhů na hradě s velikostí snímku roste (p -hodnota $< 0,002$; $df = 1$; df error = 28). Hrad je tedy zřejmě poměrně heterogenní prostředí, kdy každým zvětšením plochy zahrneme nový mikrohabitat osídlený specifickými druhy.

Přistupme k výsledkům analýzy druhového složení. Zjistilo se, že mezi snímky variabilní velikosti a standardní velikosti není průkazný rozdíl (p -hodnota = 0,832; $df = 1$; df error = 149).

Rovněž jsem otestoval vliv interakce velikosti plochy („St“, „Var“) a typu plochy („Castle“, „M300“, „Sim“). Výsledná p -hodnota = 1,000 ($df = 2$; df error = 145).

Tedy velikost snímku nemá vliv na zastoupení jednotlivých druhů, ale má vliv na počet druhů. Ovšem pouze v případě hradních ploch. Pro analýzy druhového složení proto dále mohu používat jen snímky standardní velikosti. Při analyzování počtu druhů je však třeba být opatrný a věnovat pozornost i snímkům velikosti variabilní.



Obr. č. 2 Počet druhů v závislosti na interakci velikosti a typu plochy

III.II Zastupitelnost kontrolních ploch

Díky tomu, že jsem měl ke snímkům z hradů vždy dvě kontrolní plochy z okolních lesů – plochu podobnou a plochu 300 m vzdálenou, zajímalo mě, jestli mělo význam vybírat kontrolní plochy dvěma způsoby, nebo by stačila pouze jediná kontrolní plocha.

Provedl jsem proto CCA srovnání těchto kontrolních ploch na základě druhového složení celkového i po jednotlivých patrech. Stejně jsem srovnal analýzou variance i počet druhů. A nakonec ještě rozdíl v půdních vlastnostech prostřednictvím CCA. Výsledky uvádím v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2

Rozdíl jednotlivých proměnných mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou; proměnné průkazně se lišící mezi typy ploch jsou vyznačeny tučně

	p-hodnota	df	df error
celkové druhové složení	0,002	1	29
celkový počet druhů	0,520	1	58
druhové složení E1	0,412	1	29
počet druhů E1	0,458	1	58
druhové složení E2	0,146	1	29
počet druhů E2	0,991	1	58
druhové složení E3	0,002	1	29
počet druhů E3	0,904	1	58
půdní vlastnosti	0,406	1	29

Rozdíl v celkovém druhovém složení je dán právě jen rozdílem ve stromovém patře (po jeho odstranění z analýzy se už podobná a 300 m vzdálená plochy neliší – p-hodnota = 0,307; df = 1; df error = 29). Tedy plochy podobná a 300 m vzdálená se prakticky liší jen ve složení stromového patra, což je dále diskutováno. Pro následující analýzy z toho plyne jejich vzájemná zastupitelnost v počtu druhů a složení bylinného a keřového patra.

III.III Vegetace

Nyní se podívejme zvlášť na složení vegetace na jednotlivých typech ploch. V programu JUICE jsem zjistil pro každý typ plochy druhy diagnostické, konstantní a dominantní.

Jako diagnostické druhy jsou uvedeny ty, jejichž fidelita k danému typu plochy je vyšší než 20 %. Druhy s fidelitou vyšší 30 % jsou vyznačeny tučně.

Jako konstantní druhy jsou uvedeny ty, jejichž frekvence výskytu v daném typu plochy přesahuje 50 %. Pokud by u některého byla frekvence vyšší než 75 %, byl by značen tučně.

Dominantní druhy pak jsou tu ty, jejichž pokryvnost v daném typu plochy převyšuje 25 %.

Typ plochy „Zed“

Diagnostické druhy: *Taraxacum species*, *Ajuga genevensis*, *Asplenium ruta-muraria*, *Campanula trachelium*, *Geranium robertianum*, *Poa nemoralis*, *Potentilla reptans*, *Trifolium arvense*, *Verbascum densiflorum*, *Acer campestre*;

Konstantní druhy: *Geum urbanum*

Dominantní druhy: *Fraxinus excelsior*; *Sambucus nigra*; *Aegopodium podagraria*, *Campanula trachelium*, *Mercurialis perennis*, *Poa nemoralis*

Typ plochy „Hrad“

Diagnostické druhy: *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Tilia platyphyllos*, *Crataegus laevigata*, *Geranium robertianum*, *Geum urbanum*, *Hepatica nobilis*, *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Acer pseudoplatanus*, *Robinia pseudacacia*, *Sorbus torminalis*, *Ulmus glabra*; *Acer pseudoplatanus*, *Cornus sanguinea*, *Fraxinus excelsior*, *Lonicera xylosteum*, *Prunus spinosa*, *Robinia pseudacacia*, *Sambucus nigra*, *Ulmus glabra*; *Achillea millefolium*, *Anthriscus sylvestris*, *Arum maculatum*, *Astragalus glycyphyllos*, *Campanula trachelium*, *Carex muricata*, *Chelidonium majus*, *Clinopodium vulgare*, *Crepis biennis*, *Dentaria bulbifera*, *Galium album*, *Heracleum sphondylium*, *Lamium maculatum*, *Lapsana communis*, *Lathyrus species*, *Lolium perenne*, *Myosotis sylvatica*, *Plantago media*, *Poa nemoralis*, *Polygonatum multiflorum*, *Polygonatum odoratum*, *Ranunculus acris*, *Ribes uva-crispa*, *Stellaria media*, *Tanacetum corymbosum*, *Taraxacum species*, *Thymus pulegioides*, *Torilis japonica*, *Trifolium pratense*, *Urtica dioica*, *Verbascum lychnitis*, *Veronica chamaedrys*, *Viola hirta*, *Viola species*

Konstantní druhy: *Dryopteris filix-mas*, *Fragaria vesca*

Dominantní druhy: *Acer pseudoplatanus*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Pinus sylvestris*; *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*,

Frangula alnus, Fraxinus excelsior; Brachypodium pinnatum, Dactylis glomerata, Galium odoratum, Lamium maculatum, Mercurialis perennis, Poa nemoralis, Senecio fuchsii, Stellaria holostea, Urtica dioica, Vincetoxicum hirundinaria; Fraxinus excelsior

Typ plochy „300 m vzdálená“

Diagnostické druhy: *Picea abies; Populus tremula; Ajuga reptans, Avenella flexuosa, Calamagrostis epigejos, Carex pilulifera, Dryopteris carthusiana, Hylotelephium jullianum, Luzula luzuloides, Vaccinium myrtillus; Abies alba, Acer pseudoplatanus, Sorbus aucuparia*

Konstantní druhy: *Senecio fuchsii, Urtica dioica*

Dominantní druhy: *Fraxinus excelsior, Picea abies, Pinus sylvestris, Quercus petraea, Tilia cordata; Avenella flexuosa, Calamagrostis epigejos, Milium effusum, Poa nemoralis, Urtica dioica, Vaccinium myrtillus*

Typ plochy „Podobná“

Diagnostické druhy: ***Sorbus aucuparia; Betula pendula, Milium effusum, Rumex acetosella,*** *Picea abies, Larix decidua, Sambucus racemosa; Avenella flexuosa, Calamagrostis epigejos, Daucus carota, Dryopteris carthusiana, Galeopsis bifida/tetrahit, Hieracium laevigatum, Impatiens noli-tangere, Oxalis acetosella, Persicaria hydropiper, Senecio fuchsii; Fagus sylvatica, Picea abies, Quercus petraea, Sambucus racemosa*

Konstantní druhy: *Dryopteris filix-mas, Mycelis muralis, Poa nemoralis, Urtica dioica*

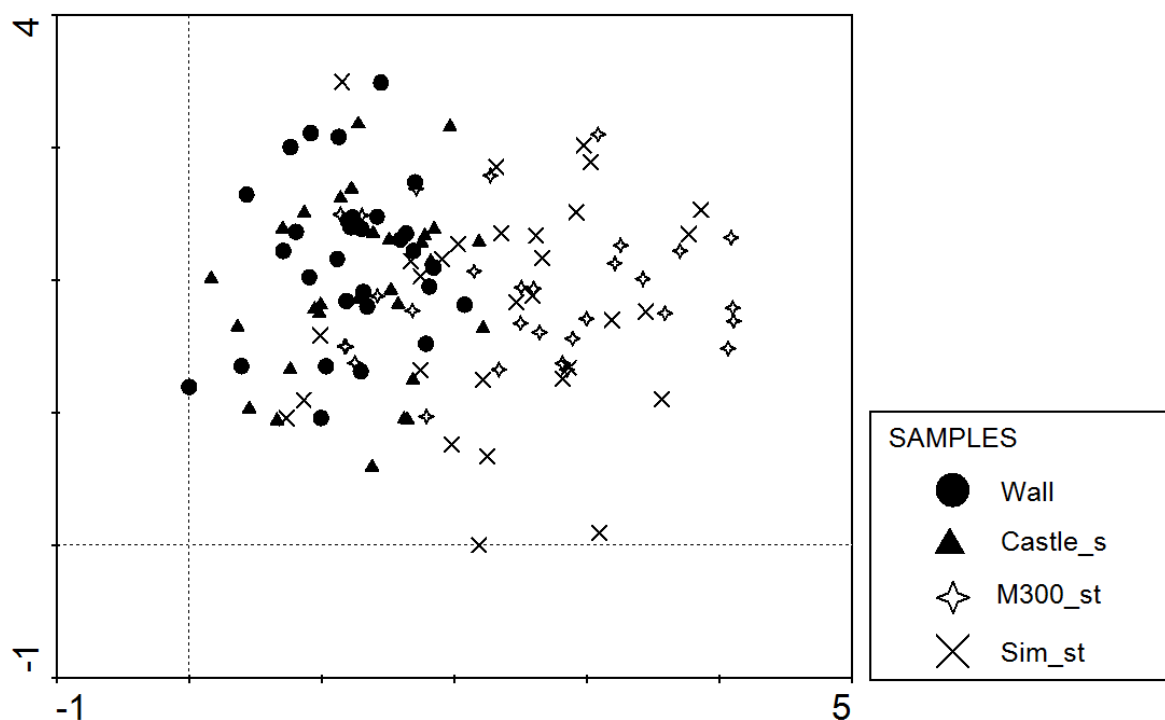
Dominantní druhy: *Fagus sylvatica, Pinus sylvestris, Quercus petraea, Ulmus glabra; Avenella flexuosa, Brachypodium sylvaticum, Calamagrostis epigejos, Dactylis glomerata, Lamium maculatum, Mercurialis perennis, Urtica dioica, Vaccinium myrtillus*

Je vidět, že hradní plocha má mnoho druhů, které jsou s ní pevně svázány, které mají vysokou fidelitu, více než ostatní typy ploch.

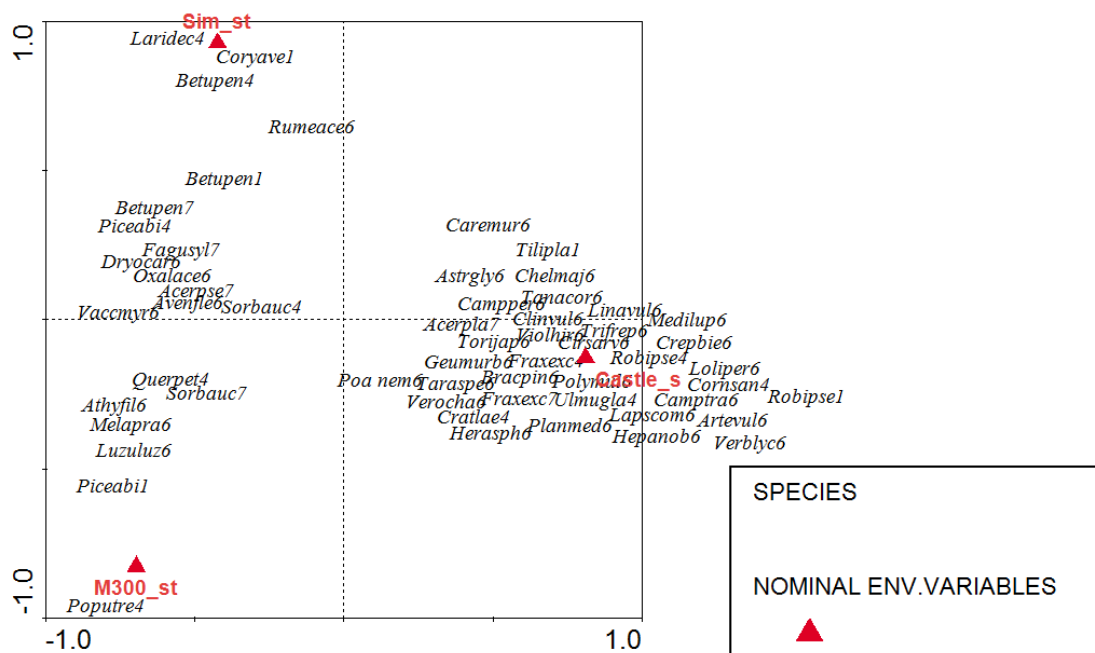
III.IV Rozdíly mezi typy ploch v druhovém složení a počtu druhů

Základem této práce bylo ověřit, jestli se vůbec hrad svým druhovým složením liší od okolí.

Už z rozložení dat se zdá, že hrad se od okolí liší (viz. obr. č. 3). Skutečný důkaz o odlišnosti hradu však podává až přímá analýza – CCA. Ukázalo se, že se liší nejen hradní plocha od podobné (p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29) a 300 m vzdálené (p-hodnota = 0,002, df = 1; df error = 29), ale i tyto dvě plochy z okolí jsou nepodobné (p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29). Ovšem rozdíly mezi hradem a okolím jsou mnohem větší než mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou – viz. obr. č. 4, kdy první osa grafu (totožná vlastně s rozdílem hrad – okolí) vysvětluje 3,5 % celkové variability, zatímco druhá osa už jen 1,3 % variability v druhových datech. Snímky ze zdi nebyly do přímých analýz zahrnuty, jelikož je považují za problematické a nesrovnatelné s ostatními zejména díky jejich různorodé velikosti a umístění na povrchu zdi (viz. kap. II.II). Vráťím se k nim až později.



Obr. č. 3 DCA snímků na základě druhového složení; zahrnuté všechny druhy ve všech patrech



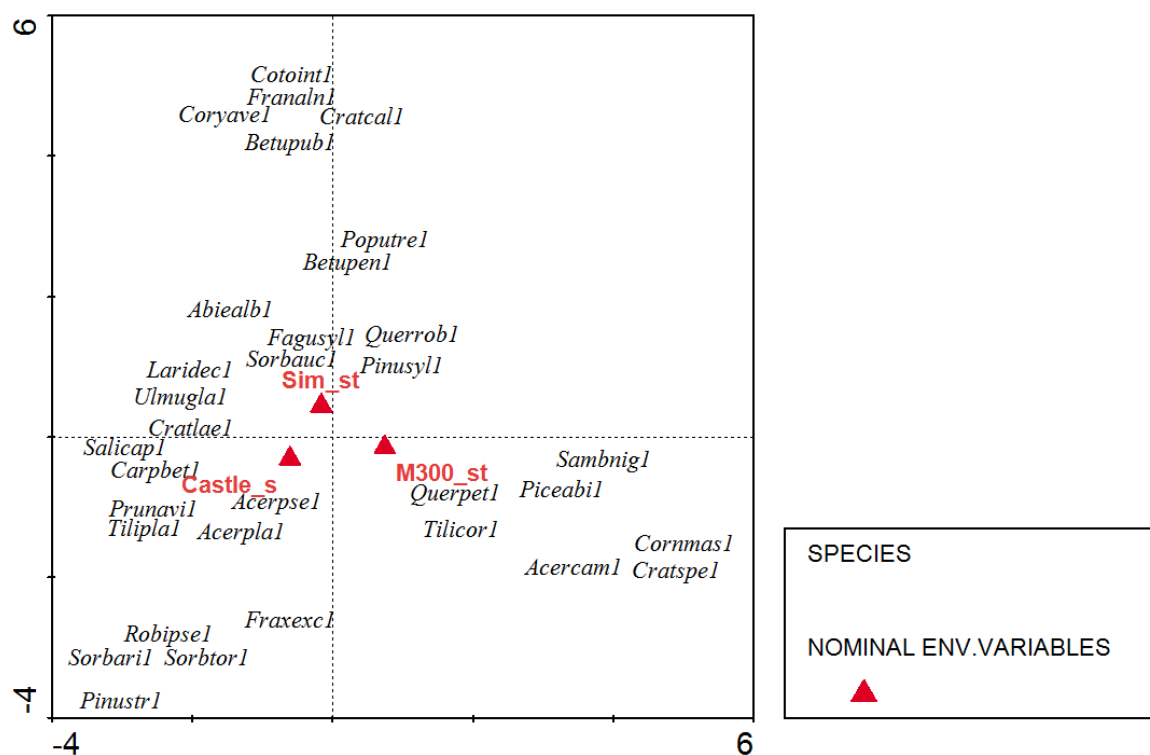
Obr. č. 4 CCA; vliv typu plochy na druhové složení; 1. osa vysvětluje 3,5 % celkové variability, 2. osa 1,3 %; lokality jako kovariáty

Jiná situace nastává, pokud neanalyzujeme všechny druhy zároveň, ale po jednotlivých patrech.

Analýza stromového patra nepřináší žádnou změnu – všechny typy ploch se od sebe průkazně (p -hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29) odlišují (viz. obr. č. 5). Obě kanonické osy dohromady vysvětlují 4,7 % variability.

Když ale analyzujeme samostatně bylinné patro, zjistíme, že hrad je stále odlišný od podobné plochy (p -hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29) i od plochy 300 m vzdálené (p -hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29), ale rozdíl mezi podobnou plochou a plochou 300 m vzdálenou už není průkazný (p -hodnota = 0,842; df = 1; df error = 29). Podíváme-li se na analýzu hradu oproti 300 m vzdálené ploše (která byla použita i jako základ grafu viz. obr. č. 6), kanonická osa vysvětlí 3,5 % variability.

Keřové patro se pak chová následujícím způsobem – průkazný je jen rozdíl mezi hradem a podobnou plochou (p -hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29), ne mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota = 0,146; df = 1; df error = 29) ani mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota = 0,138; df = 1; df error = 29).



Obr. č. 5 CCA; vliv typu plochy na složení stromového patra; 1. osa vysvětluje 3,4 % celkové variability, 2. osa 1,3 %; lokality jako kovariáty

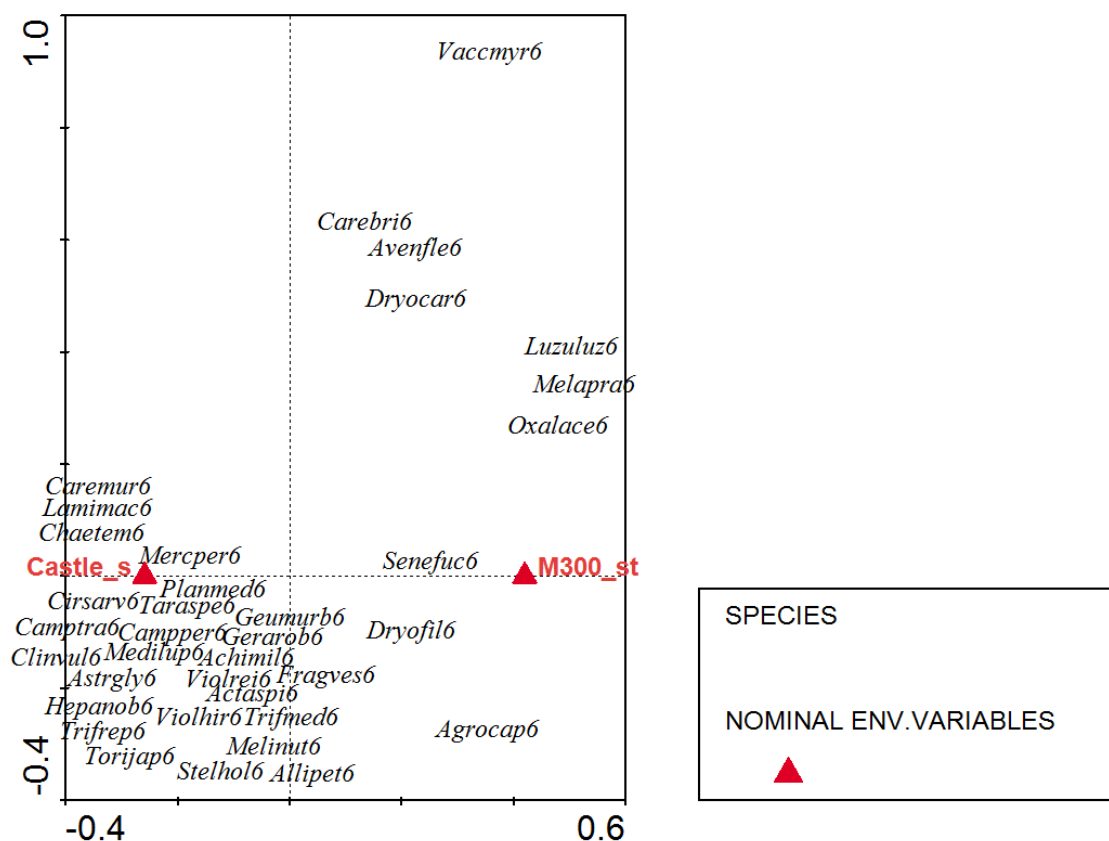
Podívejme se na počty druhů. Pokud provedeme analýzu variance všech druhů napříč patry, zjistíme, že hrad se liší od obou ploch z okolí, které ale jsou vzájemně zastupitelné (viz. obr. č. 7).

Rovněž testujeme-li pouze počet druhů v bylinném patře, je zřetelná odlišnost hradu od 300 m vzdálené plochy (p -hodnota $< 0,002$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$) a hradu od podobné plochy (p -hodnota $< 0,002$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$), zatímco tyto dvě okolní plochy mají srovnatelné množství druhů bylinného patra (p -hodnota $= 0,335$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$) – obr. č. 8.

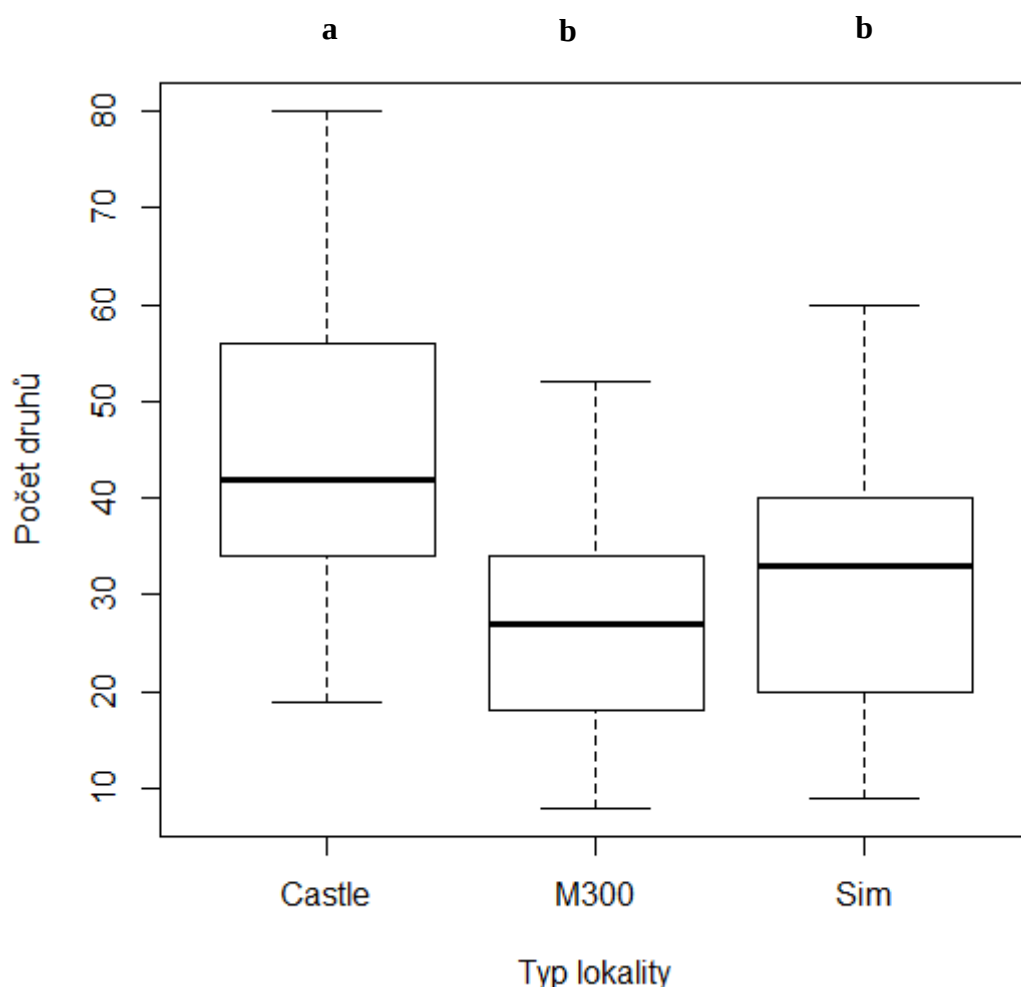
V počtu druhů stromového patra se liší hrad od plochy 300 m vzdálené (p -hodnota $< 0,002$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$), ale už ne od podobné plochy (p -hodnota $= 0,332$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$) a rozdíl není ani mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota $= 0,187$; $df = 2$; $df \text{ error} = 87$) – viz. obr. č. 9.

Keřové patro nemá rozdíly mezi jednotlivými typy lokalit v počtu druhů (p-hodnota = 0,395; df = 2; df error = 87).

Ovšem, jak už bylo zmíněno, v počtu druhů musíme zohlednit i snímky variabilní velikosti. U těchto snímků není rozdíl mezi typy ploch v celkovém počtu druhů (p-hodnota = 0,157; df = 2; df error = 87), v počtu stromů (p-hodnota = 0,358; df = 2; df error = 87) ani v počtu keřů (p-hodnota = 0,832; df = 2; df error = 87). Ale v počtu bylin hradní plocha převyšuje plochy 300 m vzdálenou (p-hodnota = 0,030; df = 2; df error = 87), jiné rozdíly nejsou (Sim×Castle p-hodnota = 0,193; df = 2; df error = 87; Sim×M300 p-hodnota = 0,677; df = 2; df error = 87).



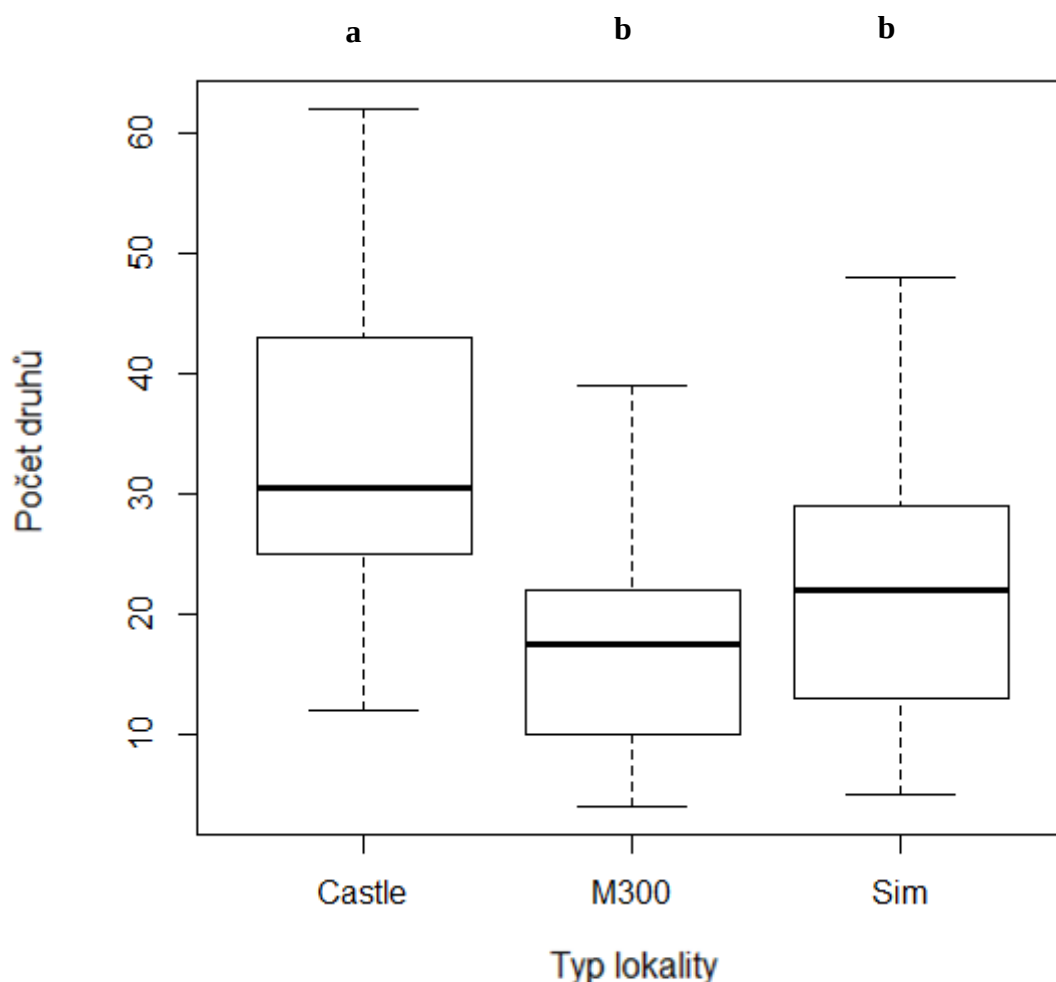
Obr. č. 6 CCA; vliv typu plochy na složení bylinného patra; 1. osa vysvětluje 3,6 % celkové variability, 2. osa 5,7 %; lokality jako kovariáty; zahrnuty jen snímky z hradu a 300 m vzdálené plochy, protože snímky z podobné plochy a plochy 300 m vzdálené se neliší v druhovém složení E1



Obr. č. 7 Závislost počtu druhů na typu plochy u snímků standardní velikosti; průkazný rozdíl mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota < 0.002 ; $df = 2$; df error = 87), mezi hradem a podobnou plochou (p -hodnota < 0.002 ; $df = 2$; df error = 87), nikoliv mezi oběma nehradními plochami (p -hodnota = 0,408; $df = 2$; df error = 87)

III.V Zápoj stromového a keřového patra

Ověřoval jsem, jestli se liší typy ploch v zápoji stromového a keřového patra. K tomu účelu jsem použil Kruskal-Wallisův neparametrický test. Stromové patro nevykázalo žádnou rozdílnost v zápoji napříč lokalitami (p -hodnota = 0,2293; $df = 2$; df error = 87), ale patro keřů už odlišnost projevilo. Tato odlišnost vznikla při srovnání zápoje keřového patra mezi hradní a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota = 0,00643; $df = 2$; df error = 87), ostatní plochy se nerozlišily (SimXCastle p -hodnota = 0,074; $df = 2$; df error = 87; SimXM300 p -hodnota = 0,507; $df = 2$; df error = 87). Na hradech je tedy hustší keřové patro oproti 300 m vzdálené ploše.



Obr. č. 8 Závislost počtu druhů bylinného patra na typu plochy u snímků standardní velikosti; průkazný rozdíl mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota < 0.002; $df = 2$; df error = 87) a mezi hradem a podobnou plochou (p -hodnota < 0.002; $df = 2$; df error = 87)

III.VI Podobnost druhového složení

Zajímalo mě, zda je podobnost druhového složení na hradech a v okolí vázána nějakým parametrem, zda jsou si například plochy z hlediska vegetace podobnější, pokud je hrad dlouho opuštěn a podobně. K tomu účelu jsem spočítal u každé lokality pro dvojici ploch „Hrad“ – „M 300“ a „Hrad“ – „Sim“ Jaccardovy indexy podobnosti (více viz. kapitola II.VIII). Hodnoty Jaccardova indexu pro jednotlivé lokality uvádím v tabulce č. 3.

Tyto hodnoty jsem pak zkoušel korelovat s různými proměnnými. Jednalo se o rozdíl zápoje stromového patra mezi snímkem na hradě a snímkem na 300 m vzdálené ploše, o rok opuštění hradu, o průměrnou výšku zdí (poukazující na turistickou zajímavost lokality – dle předpokladu že čím vyšší zbytky zdiva, tím přitažlivější pro turisty), o vzdušnou vzdálenost

zříceniny od nejbližší vesnice, o pěší vzdálenost od nejbližší turistické značky a o „stejnost“ či „různost“ geologického podloží na hradě a na 300 m vzdálené ploše. p-hodnoty testů viz. tab. č. 4. Ani u jedné z těchto testovaných proměnných se neprokázala jakákoliv souvislost s hodnotou Jaccardova indexu.

Tabulka č. 3

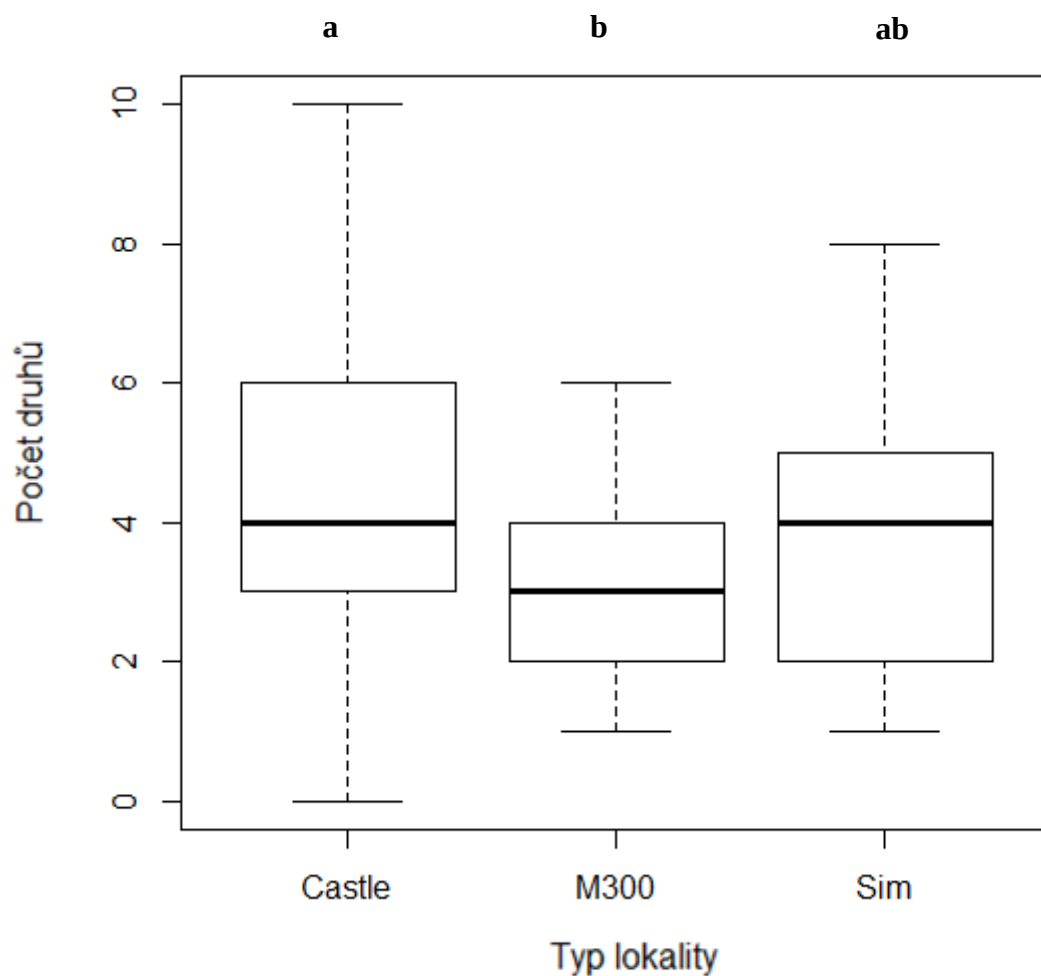
Hodnoty Jaccardova indexu (JI) pro jednotlivé lokality mezi plochami z hradu a 300 m vzdálenými (vypočteno ze snímků standardní velikosti)

JI „Castle“ – „M300“	JI „Castle“ – „MSim“	Jméno hradu (lokalita)
0,8672417	0.9290779	Angerbach
0,8318294	0.7866042	Budětice
0,9080063	0.9566584	Himlštejn
0,741435	0.9098233	Kašovice
0,9387112	0.9161844	Klabava
0,8696319	0.9279261	Kokšín
0,875366	0.8426035	Kraslice
0,945134	0.8478823	Křikava
0,9545496	0.8911614	Kynžvart
0,9081309	0.8727811	Lacembok
0,8815455	0.7403393	Lazurová hora
0,9642406	0.841422	Lopata
0,8829293	0.764609	Mydlná
0,7981175	0.7365734	Netřeb
0,8579172	0.7921847	Nevděk
0,8541569	0.8269112	Nový Herštejn
0,7139704	0.7688718	Osvračín
0,727232	0.8315037	Podmokly
0,9152563	0.9430216	Potštejn
0,8114754	0.5508665	Prácheň
0,9434389	0.9225584	Preitenstein
0,7817266	0.792176	Pušperk
0,8771579	0.7499306	Ruchomperk
0,9200758	0.9563872	Řebřík
0,9228872	0.8717827	Skála
0,7961382	0.8380708	Soustov
0,9204166	0.8842999	Starý Herštejn
0,8587935	0.807015	Sviňomazský hrádek
0,8307958	0.8394194	Štědrý hrádek
0,8795901	0.7770894	Vrtba

Tabulka č. 4

Korelace jednotlivých proměnných s hodnotami Jaccardova indexu (JI) hodnotícího podobnost hradu a jeho okolí; čísla v tabulce jsou p-hodnoty; počet stupňů volnosti je vždy $df = 1$ a reziduální počet stupňů volnosti je $df_{error} = 28$

	JI „Castle“ – „M300“	JI „Castle“ – „Sim“
ROZDÍL ZÁPOJE E3	0,090	0,219
ROK OPUŠTĚNÍ HRADU	0,096	0,872
PRŮMĚRNÁ VÝŠKA ZDÍ	0,239	0,114
VZDÁLENOST OD VSI	0,115	0,512
VZDÁLENOST OD TURISTICKÉ ZNAČKY	0,098	0,673
STEJNOST/RŮZNOST PODLOŽÍ	0,244	0,860



Obr. č. 9 Závislost počtu druhů stromového patra na typu plochy u snímků standardní velikosti; průkazný rozdíl pouze mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou ($p\text{-hodnota} < 0.002$; $df = 2$; $df_{error} = 87$)

III.VII Samostatné analýzy zdí

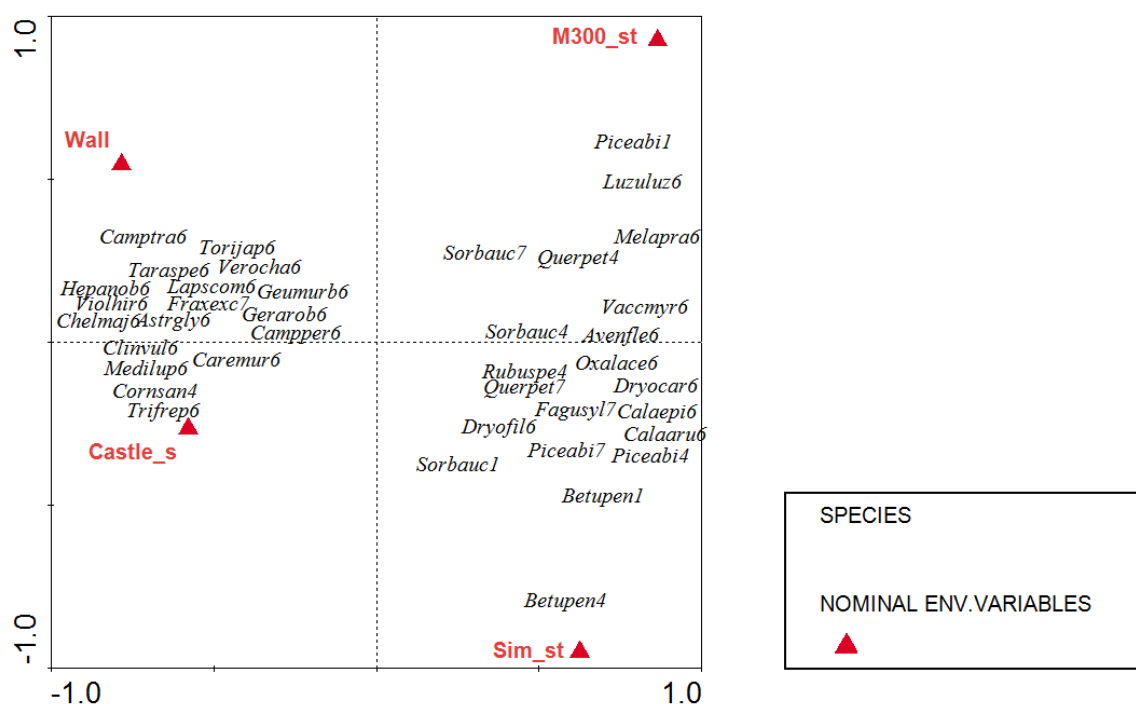
Srovnáváme-li druhové složení zdí se snímky z ostatních ploch, které mají standardní velikost, musíme vzít v úvahu nerovnost velikosti snímků, z toho důvodu byly zatím snímky zdí opomíjeny. Přesto není vhodné zdi odstavit zcela. Abych vyhověl oběma těmto protichůdným tendencím, rozhodl jsem se věnovat analýze zdí samostatnou kapitolu.

Ostatně DCA zachycující i snímky ze zdí už byla zmiňována (viz. obr. č. 3). CCA všech druhů se zahrnutím i snímků ze zdí pak znázorňuje obr. č. 10. Vezmeme-li v potaz všechny druhy, ukáže se, že zeď se liší druhovým složením od hradu (p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29), od 300 m vzdálené plochy (p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29) i od plochy podobné (p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29). Analyzujeme-li po patrech, bylinné patro odliší zeď od všech ostatních typů ploch (Wall×Castle p-hodnota = 0,006; df = 1; df error = 29; Wall×M300 p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29; Wall×Sim p-hodnota = 0,002; df = 1; df error = 29). Ve stromovém patře není rozdíl mezi zdí a jakoukoliv z ostatních ploch (Wall×Castle p-hodnota = 0,326; df = 1; df error = 29; Wall×M300 p-hodnota = 0,07; df = 1; df error = 29; Wall×Sim p-hodnota = 0,118; df = 1; df error = 29). V patře keřovém je rozdíl pouze mezi zdí a podobnou plochou s p-hodnotou = 0,03; df = 1; df error = 29 (Wall×Castle p-hodnota = 0,062; df = 1; df error = 29; Wall×M300 p-hodnota = 0,362; df = 1; df error = 29).

Ohledně počtu druhů na snímcích standardní velikosti mají zdi celkově průkazně méně druhů ve srovnání s hrady (p-hodnota < 0,002; df = 3; df error = 116). Ve srovnání s podobnou plochou p-hodnota = 0,62 (df = 3; df error = 116); ve srovnání s 300 m vzdálenou plochou p-hodnota = 1,00 (df = 3; df error = 116). V bylinném patře má zeď také průkazně méně druhů než hradní plocha (p-hodnota < 0,002; df = 3; df error = 116). Ve srovnání s podobnou plochou je p-hodnota = 1,000 (df = 3; df error = 116) a ve srovnání s 300 m vzdálenou plochou p-hodnota = 0,481 (df = 3; df error = 116). Ve stromovém patře má zeď průkazně méně druhů než ostatní plochy – hradní (p-hodnota < 0,002; df = 3; df error = 116), podobná (p-hodnota < 0,002; df = 3; df error = 116) a 300 m vzdálená (p-hodnota = 0,035; df = 3; df error = 116). V keřovém patře má zeď druhů méně jen ve srovnání s hradem (p-hodnota < 0,002; df = 3; df error = 116). Podobná (p-hodnota = 0,141; df = 3; df error = 116) a 300 m vzdálená plocha (p-hodnota = 0,351; df = 3; df error = 116) mají srovnatelné množství keřů.

Srovnáme-li však počty druhů ploch variabilní velikosti a zdí, neobjevíme žádnou závislost při použití všech druhů (p-hodnota = 0,609; df = 3; df error = 116), u keřového patra taktéž ne (p-hodnota = 0,924; df = 3; df error = 116), ale u patra stromového už má zeď méně druhů oproti podobné ploše s p-hodnotou = 0,030; df = 3; df error = 116 (jinde se zeď neliší: Wall×Castle p-hodnota = 0,502; df = 3; df error = 116, Wall×M300 p-hodnota = 0,667; df = 3; df error = 116). U počtu druhů bylinného patra zjistíme, že zeď více druhů než podobná plocha (p-hodnota = 0,049; df = 3; df error = 116) i než plocha 300 m vzdálená (p-hodnota = 0,003; df = 3; df error = 116), od hradu se neliší (p-hodnota = 0,869; df = 3; df error = 116).

Pokud se zmiňuji o zdech, jako další se nabízí otázka, jestli výška či šířka zdi ovlivňuje druhové složení a počet druhů na ní. Je nutno poznamenat, že výškou a šířkou se myslí průměrná výška a šířka. Výsledky byly takové, že ani výška zdi (p-hodnota = 0,543; df = 1; df error = 28), ani jejich šířka (p-hodnota = 0,835; df = 1; df error = 28) nemají vliv na počet druhů na zdi. A ani na jejich druhové složení (pro výšku p-hodnota = 0,064; df = 1; df error = 28; pro šířku p-hodnota = 0,170; df = 1; df error = 28).



Obr. č. 10 CCA; vliv typu plochy na druhové složení, zahrnutý i snímky ze zdí; 1. osa vysvětluje 3,5 % celkové variability, 2. osa 1,1 %; lokality jako kovariáty

III.VII Chemické vlastnosti půd

Poté, co jsem ověřil, jaký je vztah druhového složení k typům ploch, je čas zaměřit se na sledované půdní vlastnosti, protože právě ty se zdají být nejdůležitějším faktorem, skrze nějž působí hrad na vegetaci (Dupouey et al., 2002). Ovšem při porovnání půdních vlastností nesmíme opomenout zařadit také vzorky ze zdi.

Nejprve jsem provedl analýzu hlavních komponent (viz. obr. č. 11). Z grafu se zdá, že hradní plochy a zdi jsou, co do půdních vlastností, dosti heterogenní v porovnání s oběma plochami z okolí, které tvoří víceméně jednotlitý shluk. Pravděpodobně je to efekt bohatosti hradních lokalit a zdiva na takřka všechny zkoumané prvky (v jejichž konkrétním množství se však jednotlivé zříceniny liší) v porovnání s chudými (tedy relativně) půdami z okolí.

Následně jsem prostřednictvím RDA prověřil, jaké jsou rozdíly mezi jednotlivými typy ploch:

Castle×M300 p-hodnota = 0,002 (df = 1; df error = 58)

Castle×Sim p-hodnota = 0,002 (df = 1; df error = 58)

Castle×Wall p-hodnota = 0,002 (df = 1; df error = 58)

Wall×M300 p-hodnota = 0,002 (df = 1; df error = 58)

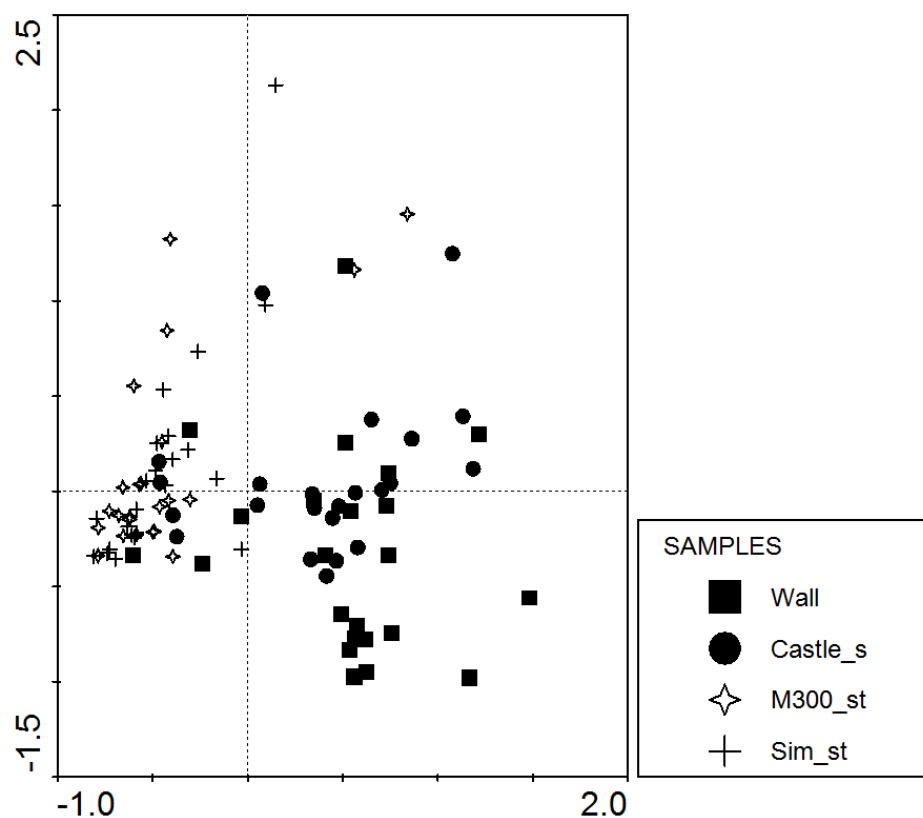
Wall×Sim p-hodnota = 0,002 (df = 1; df error = 58)

a, jak už víme, M300×Sim p-hodnota = 0,406 (df = 1; df error = 58)

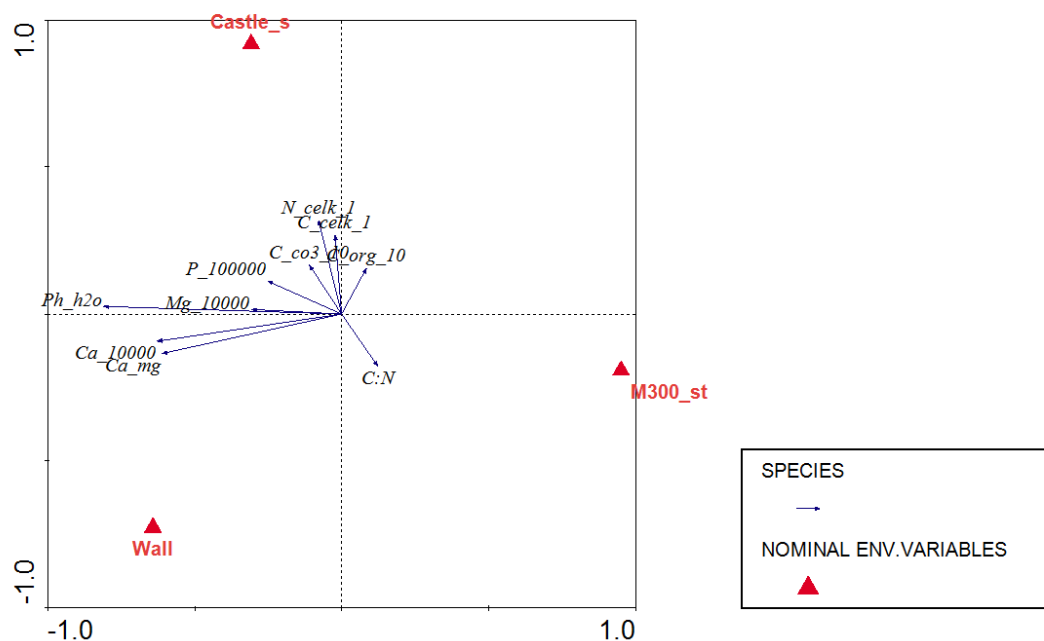
Jelikož se vzorky půdy z podobné a 300 m vzdálené plochy neliší, do celkové redundanční analýzy, která srovnává všechny typy ploch zároveň byly zahrnuty jen vzorky z plochy 300 m vzdálené (graficky viz. obr. č. 12), kanonické osy společně vysvětlí 21,9 % variability v souboru půdních vlastností. Kromě toho rozdíl vystižený 1. osou představuje vůbec nejdůležitější gradient v datech (tato první osa vysvětlí 19,3 % variability, zatímco první z neomezených os jen 17,2 %).

Podívejme se nyní přímo, kolik variability v druhovém složení vegetace jsme schopni vysvětlit prostřednictvím měřených půdních vlastností. Přitom se také přesvědčíme, které z oněch půdních charakteristik mají vůbec vliv na druhové složení a které naopak rozložení vegetace nijak neovlivňují.

Provedl jsem kanonickou korespondenční analýzu a p-hodnoty pro jednotlivé půdní vlastnosti uvádím v tabulce č. 5. Pro srovnání jsem tutéž analýzu provedl také jen pro druhy bylinného, stromového a keřového patra.



Obr. č. 11 PCA snímků na základě chemických vlastností půd; zahrnuté všechny půdní vlastnosti



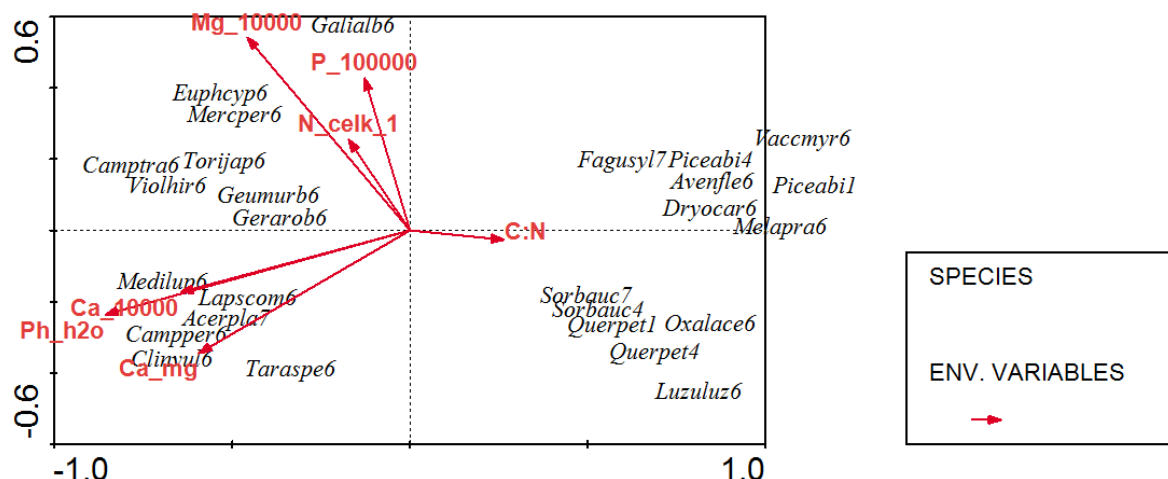
Obr. č. 12 RDA, vliv typu plochy na půdní vlastnosti; 1. osa vysvětluje 19,3 % celkové variability, 2. osa 2,5 % variability; lokality jako kovariáty, snímky z podobných ploch (Sim) zahrnutý nejsou, protože není rozdíl mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou v půdních vlastnostech

Tabulka č. 5

Vliv jednotlivých půdních vlastností na druhové složení při testování jednotlivých pater; čísla v tabulce jsou p-hodnoty; počet stupňů volnosti je vždy $df = 1$ a reziduální počet stupňů volnosti je vždy $df_{error} = 89$

PŮDNÍ VLASTNOST	VŠECHNA PATRA	BYLINNÉ PATRO	STROMOVÉ PATRO	KEŘOVÉ PATRO
pH v H ₂ O	0,002	0,002	0,002	0,002
pH v KCl	0,002	0,002	0,002	0,002
množství Ca	0,002	0,002	0,002	0,002
množství Mg	0,002	0,002	0,044	0,002
poměr množství Ca : Mg	0,002	0,002	0,002	0,002
množství P	0,018	0,016	0,202	0,122
množství N	0,008	0,018	0,018	0,386
množství C	0,052	0,062	0,034	0,722
poměr množství C : N	0,042	0,048	0,012	0,324
množství uhličitánů	0,114	0,208	0,034	0,730
množství organického C	0,124	0,028	0,448	0,462

Obr. č. 13 je pak grafickým znázorněním výsledků. Všechny průkazné vlastnosti půd vysvětlí celkem 9,40 % variability obsažené v souboru dat druhového složení snímků. U bylinného patra vysvětlí průkazné půdní charakteristiky 10,77 % variability, u stromového 9,16 % a u keřového 6,11 %. Druhové složení ve všech zkoumaných vegetačních patrech reaguje vždy na pH, množství Ca, množství Mg a poměr Ca:Mg. Bylinné patro ještě závisí na množství P, množství N, množství organického C a poměru C:N; stromové patro navíc na množství N, celkovém množství C, poměru C:N a množství uhličitánů; při nerozlišení na patra se kromě „základních“ charakteristik projeví ještě množství P, množství N a poměr C:N.



Obr. č. 13 CCA, vliv půdních vlastností na druhové složení; bez rozlišení vegetačních pater; 1. osa vysvětluje 3,84 % celkové variability, 2. osa 1,12 % variability; lokality jako kovariáty

III.VIII Do jaké míry se vliv typu plochy a půdních vlastností překrývají?

Když jsem shrnul vliv typu plochy a vliv půdních vlastností na vegetaci, následně mě zajímalo, do jaké míry se tyto dva efekty překrývají. Pro objasnění tohoto jsem do analýz nezahrnul snímky ze zdí kvůli již zmiňovanému problému s nesterijnou velikostí a umístěním snímků. Proto bylo třeba provést ještě samostatně CCA vlivu půdních vlastností na druhové složení s vyloučením snímků zdí. CCA vlivu typu plochy na vegetaci už byla zmíněna výše a dále jsem provedl ještě dvě analýzy: CCA vlivu půdních vlastností na druhové složení s typem plochy jako kovariátou a CCA vlivu typu plochy na vegetaci s průkaznými půdními vlastnostmi jako kovariátami. Do těchto analýz byly použité všechny měřené půdní vlastnosti. Tabulka č. 6 ukazuje celkovou vysvětlenou variabilitu při jednotlivých analýzách.

Tabulka č. 6

Celková variabilita druhového složení vysvětlená jednotlivými proměnnými se zahrnutím různých kovariát

	TYP PLOCHY („CASTLE“, „SIM“, „M300“)	PŮDNÍ VLASTNOSTI (VŠECHNY MĚŘENÉ)	PŮDNÍ VLASTNOSTI PO ODEČTENÍ VLIVU TYPU PLOCHY	TYP PLOCHY PO ODEČTENÍ VLIVU PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ	SPOLEČNÁ ČÁST
NA CELEK	4,76 %	13,44 %	10,90 %	2,22 %	2,54 %
NA E1	4,31 %	14,27 %	12,01 %	2,05 %	2,26 %
NA E2	4,95 %	13,70 %	10,96 %	2,21 %	2,74 %
NA E3	4,72 %	13,78 %	11,59 %	2,53 %	2,19 %

III.IX Hloubka půdního horizontu

Jak již bylo zmíněno v kapitole II.VI, hloubka půdních horizontů byla měřena jen v sezóně 2012 – na pouhých sedmi lokalitách.

Do následujících analýz, tak jako výše, nebyly zahrnuty snímky zdí, u nichž se předpokládala hloubka půdního horizontu rovna nule.

Provedl jsem Tukeyho test mnohonásobného porovnání, abych zjistil, jestli existuje nějaká závislost mezi typem plochy a hloubkou půdního horizontu. Ukázalo se, že nikoliv (M300×Castle p-hodnota = 0,939; df = 2; df error = 18; Sim×Castle p-hodnota = 0,988; df = 2; df error = 18; M300×Sim p-hodnota = 0,879; df = 2; df error = 18).

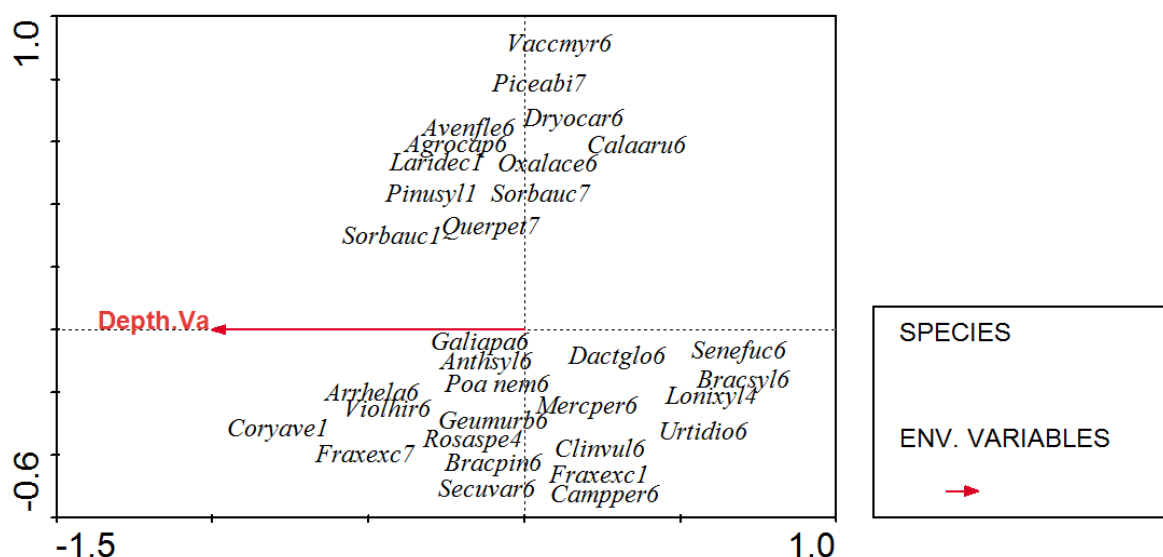
Zároveň jsem nenašel žádný vztah mezi hloubkou půdy a počtem druhů (p-hodnota = 0,763; df = 1; df error = 19).

Taktéž po provedení kanonické korespondenční analýzy, která měla odhalit, zdali hloubka půdního horizontu nějak ovlivňuje druhové složení snímků, jsem nezjistil kladnou odpověď (p-hodnota = 0,9620; df = 1; df error = 19).

Ještě jsem provedl srovnání rozptylů jednotlivých naměřených hodnot v rámci každého snímku. Zajímalo mě, jestli třeba hradní plochy nejsou v některém bodě extrémně hluboké

a v jiném zas extrémně mělké. Pro každou plochu jsem tedy spočítal rozptyl z jednotlivých měření a prostřednictvím analýzy variance pak srovnal, zda se liší rozptyl podle typu ploch. Výsledek byl opět negativní (p-hodnota = 0,9600; df = 2; df error = 18). Na rozptylu naměřených hloubek nezávisel ani počet druhů ve snímcích (p-hodnota = 0,117; df = 1; df error = 19), zato druhové složení snímků ano (p-hodnota = 0,004; df = 1; df error = 19) – viz. obr. č. 14.

Tedy shrnuto, na tomto omezeném vzorku nemá hloubka půd nejmenšího vlivu kromě souvislosti rozptylu naměřených hloubek a druhového složení – z grafu se zdá, že s půdami, kde se velmi různily naměřené hloubky, se pojí zejména dřeviny. To vede k přesvědčení, že hustá kořenová síť bránila v některých místech zarážení měřicí tyče do země.



Obr. č. 14 CCA, vliv rozptylu naměřených hloubek půdního horizontu na ploše na druhové složení snímků; 1. osa vysvětluje 7,83 % celkové variability, 2. osa 11,91 % variability

III.X Indikace podmínek prostřednictvím Ellenbergových hodnot

O abiotických podmínkách se ale můžeme dozvědět nejen přímo z půdních rozborů, ale také prostřednictvím druhového. K tomu účelu byly pro každý snímek spočítány průměrné Ellenbergovy indikační hodnoty pro světlo, teplotu, kontinentalitu, vlhkost, půdní reakci a živiny. Ty pak byly zprůměrovány pro jednotlivé typy ploch – viz. tabulka č. 7.

Tabulka č. 7

Ellenbergovy indikační hodnoty pro jednotlivé typy ploch; pomocí písmen v každém sloupci je vyznačeno, které snímky se mezi sebou průkazně liší v daných hodnotách

	Světlo	Teplota	Kontinentalita	Vlhkost	pH	Živiny
ZEĎ - Průměr	5.45	5.43 a	3.77	4.88 a	6.50 a	5.78 ab
ZEĎ - Medián	5.52	5.46	3.72	4.94	6.53	5.92
ZEĎ - Min.	4.15	5.15	3.31	3.88	5.31	4.04
ZEĎ - Max.	7.10	5.74	4.48	5.45	7.17	6.95
HRAD - Průměr	5.35	5.37 a	3.81	5.01 ab	6.40 a	5.93 a
HRAD - Medián	5.32	5.37	3.80	4.96	6.49	5.98
HRAD - Min.	4.23	4.94	3.44	4.31	5.00	4.92
HRAD - Max.	6.56	5.70	4.28	5.69	7.09	6.94
M 300 - Průměr	5.17	4.98 b	3.87	5.12 b	5.11 b	5.25 b
M 300 - Medián	5.10	5.04	3.83	5.12	5.44	5.41
M 300 - Min.	4.40	4.17	3.42	4.56	3.00	2.50
M 300 - Max.	6.34	5.43	4.82	5.60	7.00	7.06
PODOBNÁ - Průměr	5.25	5.09 b	3.86	5.09 ab	5.26 b	5.33 b
PODOBNÁ - Medián	5.23	5.18	3.84	5.12	5.25	5.46
PODOBNÁ - Min.	3.55	4.11	3.36	4.04	2.75	2.75
PODOBNÁ - Max.	6.68	5.68	5.20	5.58	7.16	6.58

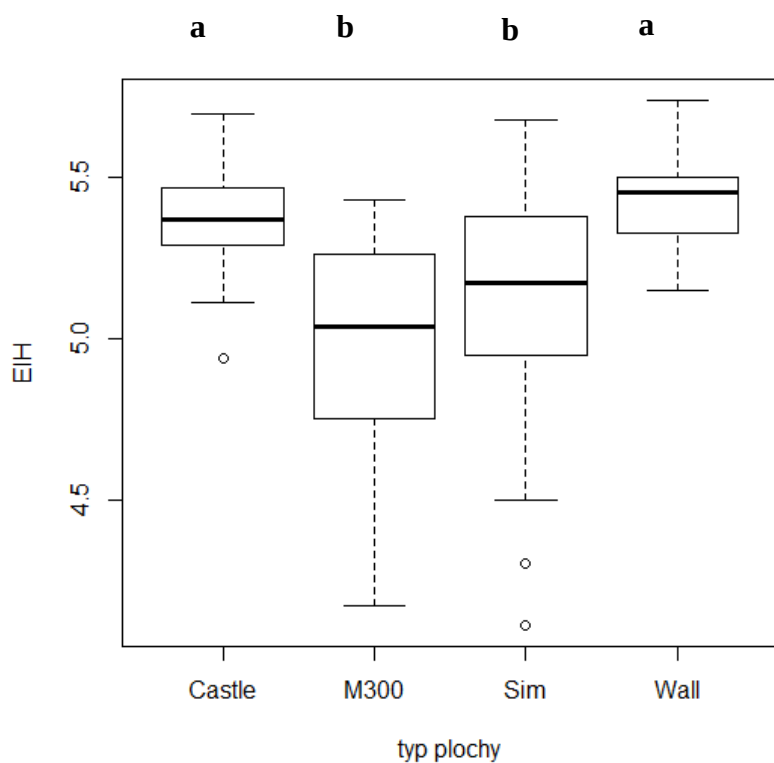
Podíval jsem se, jak se jednotlivé faktory prostředí vyjádřené prostřednictvím Ellenbergových hodnot liší mezi jednotlivými typy ploch. K tomu účelu jsem provedl Tukeyho HSD. Vysledovatelné rozdíly jsou pouze v hodnotách pro teplotu, vlhkost, půdní reakci a živiny. Tedy postupně:

Teplota – liší se mezi sebou všechny typy ploch (p -hodnota $< 0,002$; $df = 3$; $df\ error = 116$), vyjma hradu a zdi (p -hodnota = $0,831$; $df = 3$; $df\ error = 116$) a podobné a 300 m vzdálené plochy (p -hodnota = $0,428$; $df = 3$; $df\ error = 116$). Zdi a hrady vůbec jsou osidlovány více teplomilnými druhy než okolí (viz. obr. č. 15).

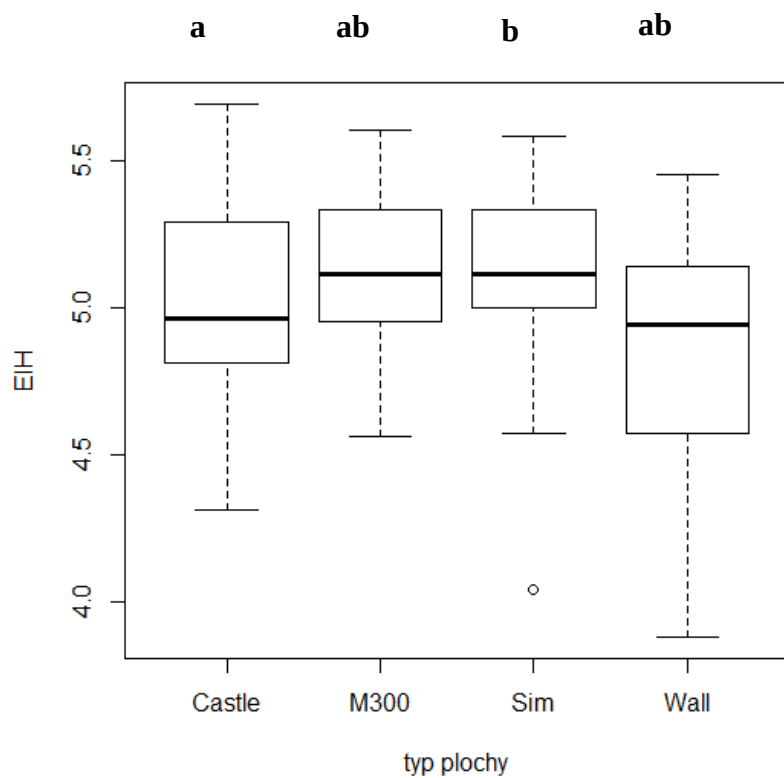
Vlhkost – rozdíl je pouze mezi zdí a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota = $0,030$; $df = 3$; $df\ error = 116$), přičemž na zdi zaznamenáváme suchomilnější druhy (viz. obr. č. 16). Mezi ostatními typy ploch nejsou průkazné rozdíly (Wall×Castle p -hodnota = $0,426$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Sim×M300 p -hodnota = $0,989$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Castle×M300 p -hodnota = $0,581$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Wall×Sim p -hodnota = $0,068$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Sim×Castle p -hodnota = $0,772$; $df = 3$; $df\ error = 116$).

Půdní reakce – opět se liší všechny typy ploch (p -hodnota $< 0,002$; $df = 3$; $df\ error = 116$) kromě hradu a zdi (p -hodnota = $0,967$; $df = 3$; $df\ error = 116$) a dvou ploch z okolí (p -hodnota = $0,903$; $df = 3$; $df\ error = 116$). Nepřekvapivě jsou hrady a jejich zdi charakteristické vysokým zastoupením bazofilních druhů, což se ostatně potvrdilo už při zkoumání měřených půdních vlastností (viz. obr. č. 17).

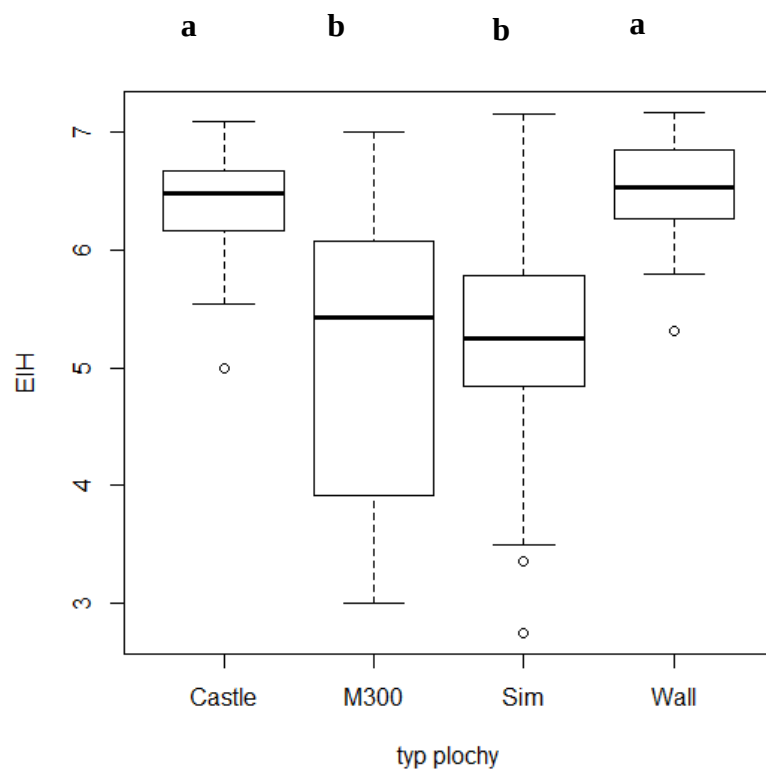
Živiny – zde se objevil rozdíl mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou (p -hodnota = $0,010$; $df = 3$; $df\ error = 116$) a mezi hradem a podobnou plochou (p -hodnota = $0,031$; $df = 3$; $df\ error = 116$). Ostatní jsou neprůkazné (Wall×Castle p -hodnota = $0,895$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Sim×M300 p -hodnota = $0,978$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Wall×M300 p -hodnota = $0,068$; $df = 3$; $df\ error = 116$; Wall×Sim p -hodnota = $0,165$; $df = 3$; $df\ error = 116$). Tedy hrad osidlují druhy, které mají optimum na živinami bohatších místech (viz. obr. č. 18).



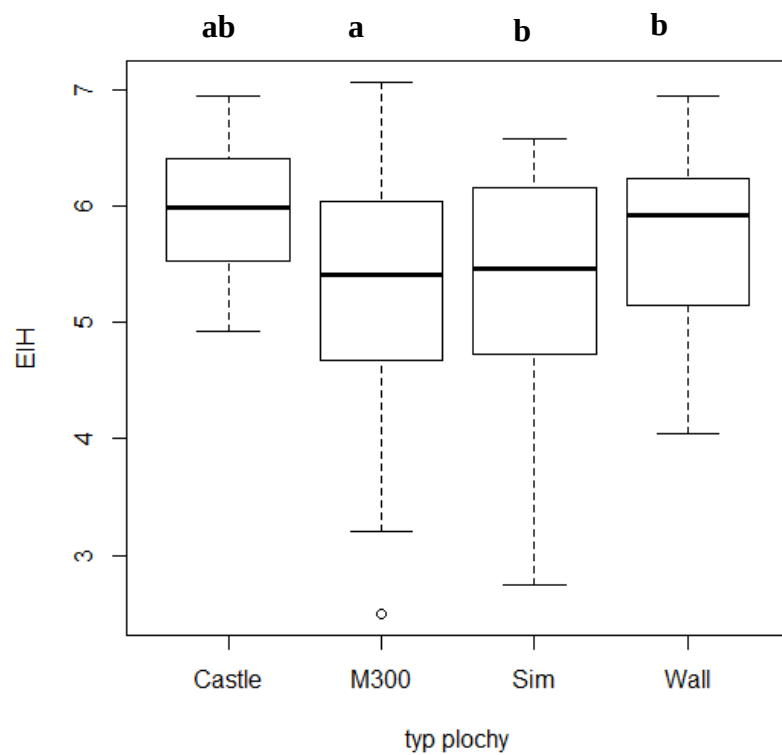
Obr. č. 15 Rozdílnost průměrných Ellenbergových indikačních hodnot pro teplotu pro jednotlivé typy ploch



Obr. č. 16 Rozdílnost průměrných Ellenbergových indikačních hodnot pro vlhkost pro jednotlivé typy ploch



Obr. č. 17 Rozdílnost průměrných Ellenbergových indikačních hodnot pro půdní reakci pro jednotlivé typy ploch



Obr. č. 18 Rozdílnost průměrných Ellenbergových indikačních hodnot pro živiny pro jednotlivé typy ploch

IV DISKUSE



Vrtba

Nyní je čas, abych se pokusil nějak sjednotit získaná zjištění a vyvodit z nich závěry.

Nejprve k metodice. Jak bylo psáno, na každé ploše jsem pořídil snímky dvou typů, snímky o dvou rozměrech – jeden o standardní velikosti vždy 25 m x 25 m a jeden přizpůsobený velikosti dané zříceniny. Ukázalo se, že jediný rozdíl mezi nimi je v počtu druhů na hradě – na hradních lokalitách druhů se zvětšováním plochy přibývá. Jiné rozdíly v rámci takto malých měřítek nejsou. Takže kdyby se používaly pouze snímky jedné velikosti, připravili bychom se o tento zajímavý efekt hradní plochy, ale o žádné jiné informace bychom nepřišli. Co se týká dvou kontrolních ploch vybíraných různým způsobem – ukázalo se, že se tyto plochy liší pouze ve složení stromového patra a v celkovém druhovém složení, což ale je efekt právě stromů. Vyvodil bych z toho závěr, že volba podobné plochy byla výrazně svedena složením stromového patra – na lokalitách, kde nebylo možné podobnou plochu vybrat podle určitého nápadného terénního rysu, jako je třeba bulžníkový výchoz nebo pozice na břehu rybníku, očividně výběr táhlo vyšší zastoupení listnatých stromů (jelikož i plochy hradní disponují převážně listnáči). Teď už však ke konkrétním závěrům.

IV.1 Druhové složení

Podařilo se potvrdit, že hrady jsou osidlovány jinými druhy rostlin než jejich okolí (např. Růther, 2005, Ložek & Skalický, 1983, Brandes, 1996), což bylo zásadní východisko této práce. Tento efekt jeví celá druhová skladba dohromady a pak i samostatně bylinné, keřové i stromové patro. Je důležité poznamenat, že jednotlivá patra mají odlišnou reakci na přítomnost hradu. To koresponduje s úvahou o rozdílném chování vegetačních pater v závislosti na stáří lesa podle Hermy & Verheyen (2007). Ovšem předpokládám, že skutečně lze věřit jen chování patra bylinného, neboť patro stromové (jak už jsem zmínil výše) není ani tak výsledkem výběru plochy jako spíš jeho příčinou a podobně to může být i s patrem keřovým (už proto, že někdy nebylo úplně jednoduché rozhodnout o zařazení dřeviny do toho či onoho patra).

Také v počtu druhů ve snímku hraje roli typ plochy. Snímky z hradu převyšují oba okolní snímky v druhové bohatosti. Opět se však zajímavým způsobem projevil efekt samostatných pater. Při celkovém zhodnocení (tzn. byla-li zahrnuta všechna patra) nebyl rozdíl mezi počtem druhů ve snímku z 300 m vzdálené a z podobné plochy, zatímco hradní snímek měl druhů více. Podle stejného modelu se chovalo i samostatné bylinné patro. Jenže

stromové patro ukázalo trend zcela jiný – tak jako u předchozích případů potvrdilo rozdíl v počtu druhů mezi hradem a 300 m vzdálenou plochou, tak jako u předchozích případů zamítlo odlišnost mezi 300 m vzdálenou a podobnou plochou, ale překvapivě neukázalo žádný rozdíl mezi hradem a podobnou plochou. Čili opět se setkáváme s tím, že podobná plocha byla při výběru pravděpodobně determinovaná stromovým patrem, nejen jeho složením, ale i pestrostí.

Podívejme se teď na konkrétní druhové složení hradních ploch a ekologické požadavky na nich rostoucích druhů. Nejprve se věnujme čistě bylinným druhům, kvůli jejich již zmíněné lepší výpovědní schopnosti.

Jak vyplývá z Ellenbergových indikačních hodnot průměrovaných pro snímek, na hradech je, oproti okolí, vyšší zastoupení bazifilních, na živiny náročnějších a teplomilných druhů. O zásaditosti hradních ploch vypovídají druhy jako *Clinopodium vulgare*, *Actea spicata*, *Campanula trachelium*, *Hepatica nobilis*..., o jejich obohacení živinami pak druhy *Geranium robertianum*, *Campanula trachelium*, *Lapsana communis*, *Clinopodium vulgare*, *Chelidonium majus*, *Carex muricata*, *Veronica chamaedrys*. ...; co se týká teplomilných druhů, nelze snad předpokládat, že na hradech by bylo fakticky tepleji, je to nejspíš efekt toho, že v chladnějších oblastech (což místa, kde probíhalo zkoumání bezesporu jsou) se teplomilné druhy váží na živinami bohatší lokality (Ložek & Skalický, 1983), ze sebraného datového souboru se jedná o druhy jako *Viola hirta* či *Brychypodium pinnatum*.

Mnoho druhů vázaných na hradní plochu je také více či méně synantropních – *Medicago lupulina*, *Geum urbanum*, *Geranium robertianum*, *Taraxacum* sp., *Lapsana communis*, *Torilis japonica*, *Astragalus glycyphyllos*, *Chelidonium majus*, *Plantago media*.

Neprojevilo se však, podle Ellenbergových hodnot, žádný efekt vlhkosti či převahy světlomilných druhů, které by indikovaly větší otevřenost hradu oproti okolním lesům.

Zdi zřícenin pak mají druhy se stejnými požadavky jako hrad – vykazují oproti okolí (ne však oproti zbytku hradu) vyšší EIH pro teplotu a půdní reakci, nikoliv pro živiny. Navíc jsou osidlovány více suchomilnými druhy (tento efekt se ale projevuje jen ve srovnání s plochou 300 m vzdálenou).

Při posuzování druhového složení stromového patra je třeba mít stále na mysli, že plochy podobná nepopisuje typickou druhovou skladbu lesů dané lokality, ale spíš výjimečnou. To však nebrání v posouzení rozdílnosti mezi typy ploch. Tedy ze zastoupení

druhů stromů se můžeme dozvědět, že hrady bývají oproti okolí silněji osídleny listnatými dřevinami, jako jsou *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Ulmus glabra* ale i *Robinia pseudacacia*. Mohu jen shrnout, že se jedná převážně o druhy suťových lesů svazu Tilio-Acerion. Pro srovnání plochy ze vzdálenosti 300 m jsou charakterizovány zejména jehličnatými druhy *Picea abies*, *Abies alba* a *Pinus sylvestris* respektive listnáči *Populus tremula* či *Sorbus aucuparia*. V případě ploch podobných se jedná sice valně o druhy listnaté, avšak jiné než na hradě – jmenovitě *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Fagus sylvatica* ale též jehličnany *Larix decidua* či opět *Picea abies*.

V keřovém patře jsou hrady charakteristické častějším výskytem keřů jako *Cornus sanguinea*, *Lonicera xylostemum*, *Crateagus laevigata*, *Sambucus nigra*, *Prunus spinosa*, *Corylus avellana*, *Ribes uva-crispa*. Naopak druhy jako *Rhamnus cathartica*, *Sambucus racemosa*, *Cytisus scoparius*, *Rubus sp.* se hradům vyhýbají.

Mnohé z druhů svázaných s hrady a jejich zdmi jsou považovány za druhy tzv. starých lesů, což jsou, stručně řečeno, lesy, které na daném místě existují dlouhodobě, kontinuálně od určitého daného data (obvykle od prvního dostupného mapování oblasti). Tyto lesy jsou charakteristické přítomností pomalu se šířících S-stratégů (viz. např. Flinn et al., 2005, Hermy et al., 1999). Na hradech jsem našel tyto „druhy starých lesů“: (podle Honnay et al., 1999 a Bossuyt et al., 1999): *Galeobdolon luteum*, *Mercurialis perennis*, *Polygonatum multiflorum*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus laevigata*, *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*.

IV.II Půdní vlastnosti

Jelikož se zdá, že hlavními proměnnými, které ovlivňují druhové složení vegetace na historicky odlišně využívaných plochách, jsou vlastnosti půd (např. Fraterrigo et al., 2006, Dupouey et al., 2002, Hutson et al., 2009), věnujme pozornost zkoumaným půdním vlastnostem. Začal bych vlivem hloubky půdního horizontu. Nejen že se neprokázal žádný rozdíl mezi hloubkou půd jednotlivých typů ploch, ale neprojevil se ani její vliv na druhové složení či počet druhů jednotlivých snímků. Čili tato proměnná nehraje, alespoň u omezeného vzorku zkoumaných hradů (viz. kap. II.VI), žádnou roli. Což ale nemusí být nutně dáno tím, že by přítomnost hradu nijak neovlivnila mocnost půdních horizontů – vždyť při stavbě hradu

byl většinou původní půdní pokryv stržen až na skalní podloží (Ložek & Skalický, 1983), takže se poté na tomto místě musely půdy vyvíjet zcela znova (a to u ploch v okolí pravděpodobně nikdy nenastalo). Může se jednat o efekt archeologizace hradu (viz. např. Neustupný, 1986) – na některých místech hradního areálu se vyvinuly hlubší půdy v důsledku akumulace organického materiálu, zatímco na jiných místech se ocitla suť zříceného zdiva a výsledkem jsou mělké půdy. Když se pak měří na několika bodech a výsledek se zprůměruje, může se právě vytratit efekt heterogenity v rámci hradního areálu. Nicméně pokud jsem porovnal rozptyly měřených hloubek mezi typy ploch, žádný trend se neukázal. Tedy jakákoliv specifická hradu z hlediska hloubky půdy musí být, na tomto omezeném vzorku pozorování, zamítnuta.

Zajímavější jsou možná výsledky porovnání chemických vlastností půdních vzorků. V první řadě se prokázalo, že na základě chemického složení můžeme odlišit mezi sebou všechny půdy (z hradu, jeho zdi, z podobné i 300 m vzdálené plochy), jen plochy podobné a 300 m vzdálené se od sebe v chemickém složení půd neliší – hrad i jeho zeď dávají vzniknout půdám, které jsou mezi půdami okolních lesů naprosto jedinečné. Hradní půdy a půdy vyvinuté na zdech jsou v každém případě bohatší na všechny měřené prvky než půdy z okolního lesa, což vyvolává dojem, že jednotlivé hrady se mezi sebou co do půdních vlastností výrazně liší, zatímco okolní lesy jsou napříč lokalitami poměrně homogenní.

Vliv na druhové složení snímků ale nevykazují všechny zkoumané látky, jen některé: pro všechna patra je společný silný vliv pH, množství vápníku, množství hořčíku a poměr Ca:Mg. Jednotlivá patra pak ještě reagují i na další prvky (viz. tab. č. 5). Přítomnost hradu tedy nesporně ovlivňuje rostlinstvo prostřednictvím zvýšení pH a koncentrace vápníku, což je nepřekvapivě důsledek zedního pojiva (Gregerová, 2000, Ložek & Skalický, 1983). Byliny navíc reagují na zvýšenou hladinu fosforu v hradních půdách (ten pozůstává nejspíš ze zbytků těl na hradě konzumovaných zvířat – Majer, 2004), dusíku a organického uhlíku, což svědčí o větším množství organických zbytků na hradě. Nebo se může jednat o efekt dnešních turistů, nicméně efekt turismu na vegetaci se neprojevil (viz. dále). Dalším prvkem, který souvisí s druhovým rozložením bylin ve snímcích je hořčík, ten však nemá souvislost s přítomností/nepřítomností hradu, takže není v centru zájmu této práce (Majer, 2004). Stromové patro (a keřové) bych raději příliš nehodnotil, jelikož nevíme, do jaké míry stromy odpovídají na složení půdy a do jaké míry samy ovlivňují půdní charakteristiky (sensu Castle & Neff, 2008).

IV.III Čím je způsobena odlišnost typů ploch?

Jistě stojí také za zmínku, do jaké míry spolupůsobí vliv typu plochy a vliv půdních vlastností. Půdy ovlivňují složení vegetace mnohem výrazněji než typ plochy. Ovšem rozdílnost mezi typem plochy je, ve všech patrech, dána prostřednictvím půdních vlastností jen přibližně z poloviny, druhá polovina jedinečnosti jednotlivých typů ploch je dána jinými faktory. Čili hrady skutečně z velké části ovlivňují druhové složení prostřednictvím změny půd (např. Dupouey et al., 2002), ale toto vysvětlení zdaleka není vyčerpávající. Mohu ještě zmínit, že ze všech pater reaguje právě na půdní vlastnosti nejvíce patro bylinné.

Aplikace Jaccardova indexu podobnosti druhového složení snímků nepřinesla žádný výsledek. Jak se ukázalo, míra podobnosti snímků z hradní a 300 m vzdálené plochy nekoresponduje s rokem opuštění hradu, rozdílem v zápoji stromového patra, stejností či růzností geologického podloží, průměrnou výškou zdí zříceniny, vzdáleností od turistické značky ani vzdáleností hradu od nejbližší osady. Zvláště výška zdiva, vzdálenost od turistického značení a vzdálenost od zástavby jsou výmluvné, jelikož mohou poukazovat na návštěvnost zříceniny – čím zachovalejší zdivo a čím dostupnější, tím turisticky zajímavější, a tedy navštěvovanější (k tomuto tvrzení nemám ale pochopitelně žádné důkazy, ergo je to úvaha, o které lze spekulovat). Dá se tedy uvažovat, že kdyby vegetace zřícenin byla specificky ovlivněna prostřednictvím návštěvníků, byl by Jaccardův index podobnosti mezi hradem s vyššími zdmi a turisticky dostupnějším a jeho kontrolní plochou nižší než u hradů srovnaných takřka s terénem a daleko od osad a značených cest (tedy turisticky neatraktivními). A to se neprokázalo. (Pozn.: Samozřejmě teoreticky by byl možný i druhý model, kdy naopak návštěvníci stírají rozdíly ve druhovém složení mezi hradní plochou a plochou z okolí – pak by u lokalit odpovídajících zříceninám turisticky atraktivnějším byla hodnota Jaccardova indexu podobnosti vyšší. Ale, jak jsem psal, v datech se neukázal žádný trend, ani takový, ani opačný.) Můžeme proto vyvodit (vědomi si však nedostatečných faktických důkazů), že návštěvníci žádný valný efekt na složení hradní vegetace nemají.

IV.I IV.Hradní zdi

Co se týká vlastních zdí zříceniny, ty byly snímkovány samostatně (viz. kap. II.II) a samostatně také analyzovány. Rozbor jejich druhového složení už byl zmiňován výše. Charakter půd vyvinuvších se na rozvalinách zdí či u jejich paty je blízký vlastnostem půd hradních snímků, přesto však je nelze zcela zaměnit (na zdech je nepřekvapivě o něco vyšší koncentrace Ca, zatímco ostatní měřené prvky jsou spíše korelované s místy mimo zed'). Zdi jsou tedy pro hrad zásadní jako zdroj vápníku v maltě, čímž ovlivňují složení vegetace nejen samy na sobě (viz. např. charakteristický výskyt bazifilní kapradiny *Asplenium ruta-muraria* ve štěrbinách mezi kameny), ale i v celém hradním areálu. Rovněž umožňují růst suchomilnějších druhů, jak plyne z Ellenbergových hodnot (viz. výše), jinak mají méně druhů ve všech patrech ve srovnání s hradem, takže se nijak důležité z hlediska poskytnutí prostředí pro růst druhů nezdají. Dále jsem testoval, jestli průměrná výška a průměrná šířka zdiva má vliv na druhové složení zdí či na počet druhů na nich, což se neprokázalo. Ovšem vhodnější by bylo k takové analýze používat maximální výšku, jelikož i kousek vysoko se vypínající zdi poskytuje v rámci lesa jedinečné prostředí.

V ZÁVĚRY



Sviňomazský hrádek

Terénní část této práce probíhala čtyři sezóny (2009 – 2012) a věnovala se srovnání vegetace a podmínek mezi třiceti „lesními hrady“ (tj. zříceninami s plně vyvinutým stromovým patrem) a dvěma typy ploch z okolních lesů na západě Čech. Raději zdůrazňuji, že vymýcené („stepní“) hrady stály mimo její zaměření.

Specifita hradních zřícenin, často uváděná a zmiňovaná různými autory (např. Beneš & Prach, 2004, Nová & Karlík, 2010, Juříčková, 2005, Ložek & Skalický, 1983, Růther, 2005), byla na příkladu vegetace touto prací potvrzena. Nemusíme se tedy zdráhat prohlásit, že přítomnost hradních zřícenin v krajině zvyšuje její rostlinnou diverzitu. Ukázalo se ovšem, že reakce jednotlivých pater není zcela stejná. Byliny (v pokryvnosti jednotlivých druhů i jejich počtu) ukazují na specifitu hradu, ale obě plochy z okolí jsou pro ně rovnocenné – to přesně potvrzuje výchozí představu („lesy jsou homogenní, hrad z nich extrémně vybočuje“) a výrazně souvisí s chemickými vlastnostmi půd, které rovněž odlišují hrad, ale nevypovídají o žádných rozdílech mezi dvěma plochami okolních lesů. Rovněž pokud se podíváme na diagnostické druhy, vidíme, že hrad má mnohem více druhů s vysokou fidelitou ve srovnání s ostatními typy ploch, je „lépe vymezen“. Také vyplynulo, že reakce bylin na přítomnost hradu je zejména svázaná s jejich reakcí na půdní pH, obsah vápníku, dusíku a fosforu (Dupouey et al., 2002). O zastoupení jednotlivých druhů ve snímkách ještě vypovídá koncentrace půdního hořčíku, ten ale nebývá spojen s existencí hradu (viz. např. (Majer, 2004). Stromové patro se liší mezi všemi třemi typy ploch, průkazný rozdíl mezi podobnou a 300 m vzdálenou plochou přičítám však preferenčnímu výběru podobné plochy, který byl, jak se zdá, ovlivněn dojmem ze složení stromového patra – upřednostňoval jsem místa s vysokým podílem listnatých stromů. To sice odpovídá faktu – hrady jsou opravdu zarostlé zejména listnatými druhy, znemožňuje to ale svědomitě analyzovat vliv přítomnosti hradu na stromové patro. Problematika volby kontrolních ploch v této práci je vůbec zajímavá – podobná plocha byla vybírána za účelem odstínění efektu specifických abiotických (zejména terénních) vlastností místa, na němž byl vystavěn hrad. Nicméně ve výsledku se ukázalo, že ve většině porovnání je stejná s plochou vybranou podle striktně definovaných pravidel. Jen rozdíl ve složení stromového patra je odlišuje. Tak se nabízí otázka, zda byl výběr plochy ovlivněn složením stromů, nebo zda se opravdu jedná o efekt utváření terénu, které na podobných plochách stejně jako na hradech znemožňuje například zakládání monokultur a vůbec úspěšné hospodaření. V případě, že by se v budoucnu opakovala takováto práce, bylo

by třeba věnovat výběru podobné plochy větší pozornost – přesněji stanovit parametry, na jejichž základě má být vybírána.

Čím ovšem je způsobena odlišnost jednotlivých typů ploch? Podařilo se prokázat, že přibližně polovina variability druhového složení mezi typy ploch je vysvětlitelná přes půdní vlastnosti. Druhá polovina zůstává neobjasněná – nepodařilo se ji spojit ani s turistickou navštěvovaností hradu ani s dobou od opuštění zříceniny ani s geologií podloží ani se zápojem stromového patra a ani s výškou a šířkou zdiva. Zdi vůbec se ukázaly důležitými jen jako zdroj vápníku, jinak příliš druhově hradní lokalitu neobohacují – zdá se tedy, že hrady, kde jsou zbytky zdiva, a hrady zcela zarovnané s terénem by měly být z hlediska vegetace rovnocenné.

Hradní plochy jsou opravdu dost svébytné – jednak je to vidět už na grafu z DCA a pak z velkého množství diagnostických druhů. Vysoký počet druhů na hradě a jeho nárůst při zvětšování plochy stojí za pozornost a nejspíš souvisí s heterogenitou hradních areálů.

Připomeňme si ještě otázky položené v úvodu této práce a přiložme k nim získané odpovědi.

a) Odlišuje se vegetace hradních zřícenin při zkoumání většího souboru lokalit od vegetace okolních lesů, a je tedy prvkem zvyšujícím diverzitu krajiny?

Ano, hrady zvyšují diverzitu krajiny díky výskytu bylin (a keřů), které se v okolních lesích běžně nevyskytují.

b) Jeví flóry hradů vzájemnou podobnost jen málo ovlivněnou lokálními podmínkami?

Hrady disponují určitým souborem druhů, které mají vůči hradům vysokou fidelitu. Takový počet diagnostických druhů nemá žádný jiný typ plochy.

c) Jaké ekologické vlastnosti mají taxony, popřípadě celá společenstva, která jeví větší fidelitu ke zříceninám, a jaké jsou nejdůležitější faktory způsobující specifitu hradu?

Ojedinělost hradů je asi z poloviny dána specifickými půdními podmínkami, druhá polovina variability nebyla objasněna. Druhy hradů reagují zejména na vysoké pH a vysoký podíl vápníku, hořčíku a vyšší poměr Ca:Mg v půdě. Zároveň zříceniny hostí druhy teplomilnější. Na hradech také sice nalézáme synantropní druhy, ale vliv návštěvnosti zříceniny na vegetaci se neprokázal. Za zmínku stojí i častější výskyt druhů tzv. „starých lesů“, který svědčí o dlouhodobém zalesnění ploch.

d) Jaký je význam zbytků zdí na hradech?

Zdi mají význam jako zdroj vápníku a do určité míry také vyhovují suchomilným druhům. Jiný efekt zdi se neprojevil a na tomto souboru dat se zdá, že jestli je na hradě zeď zachovalá, nebo nebo zcela rozpadlá, nehraje pro vegetaci roli.

Pokusil jsem se ukázat, že zříceniny středověkých hradů mají právo, aby jim byla věnovaná pozornost nejen stran umělců, historiků, archeologů, archeobotaniků, ale též fytoecologů a krajinných ekologů.

Dovolím si celou práci uzavřít přáním, aby různé obory vědy nezůstávaly samostatně stát, ale aby překonávaly své hranice a spolupracovaly s dalšími vědeckými disciplínami, neboť to, co se může zdát jako předmět zájmu výhradně jednoho oboru, dává mnoho příležitostí ke zkoumání i z jiných úhlů pohledu (viz. také Kuna, 2004, Sádlo et al., 2008 a další).

VI POUŽITÉ ZDROJE



Angerbach

- Baumann, A., 2006. On the Vegetation History of Calcareous Grasslands in the Franconian Jura (Germany) since the Bronze Age. *Dissertationes Botanicae* 404.
- Baumann, A. & Poschlod, P., 2008. Did calcareous grasslands exist in prehistoric times? An archaeobotanical research on the surroundings of the prehistoric settlement above Kallmünz (Bavaria, Germany). *Charcoals from the Past: Cultural and Palaeoenvironmental Implications Proceedings of the Third International Meeting of Anthracology, Cavallino - Lecce (Italy), June 28th - July 1st 2004*, pp. 25-37.
- Bellemare, J., Motzkin, G. & Foster, D. R., 2002. Legacies of the agricultural past in the forested present: an assessment of historical land-use effects on rich mesic forests. *Journal of biogeography*, p. 1401–1420.
- Beneš, J. & Prach, K., 2004. Geobotanická indikace v archeologii. V: *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia.
- Beneš, J. & Prach, K., 2004. Geobotanická indikace v archeologii. V: M. Kuna, editor *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia, pp. 297-305.
- Bossuyt, B., Hermy, M. & Deckers, J., 1999. Migration of herbaceous plant species across ancient-recent forest ecotones in central Belgium. *Journal of ecology*, pp. 628-638.
- Braak, C. J. F. t. & Šmilauer, P., 2002. *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca: Biometris.
- Brandes, D., 1996. Castle ruins as habitat Islands, Their flora and Vegetation as well as the importance to Vegetation dynamics and nature conservation documented with special respect of the Harz Mountains. *Braunsch. naturkd. Schr.*, pp. 125-163.
- Castle, S. C. & Neff, J. C., 2008. Plant Response to Nutrient Availability Across Variable Bedrock Geologies. *Ecosystems*, pp. 101-113.
- Čepelová, B. & Münzbergová, Z., 2012. Factors determining the plant species diversity and species composition in a suburban landscape. *Landscape and Urban Planning*, pp. 336-346.

- Čermák, M., 2004. *Charakteristické prvky středověkých tvrzí jižní Moravy*. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.
- Česká geologická služba, nedatováno *Česká geologická služba*. [Online]
Available at: www.geology.cz
[Přístup získán leden 2013].
- Chytrý, M., 2009. *Vegetace České republiky 2. Ruderální, plevelová, sklání a suťová vegetace*. 1. editor Praha: Academia.
- Čížek, J., nedatováno [Online]
Available at: <http://www.hradycz/>
[Přístup získán 1. květen 2009].
- Cragoe, C. D., 2008. *CRAGOE, Carol David Abeceda architektury: Průvodce základními pojmy a stavebními slohy*. Praha: Slovart.
- Crawley, M. J., 2007. *The R Book*. Chichester: Wiley.
- Decocq, G., Bordier, D., Wattez, J.-R. & Racinet, P., 2004. A practical approach to assess the native status of a rare plant species: the controverse of *Buxus sempervirens* L. in northern France. *Plant Ecology*, pp. 139-151.
- Dehnen-Schmutz, K., 2004. Alien species reflecting history: medieval castles in Germany. *Diversity and Distributions*, pp. 147-151.
- Duchoslav, M., 2002. Flora and vegetation of stony walls in East Bohemia (Czech Republic). *Preslia*, p. 1–25.
- Dupouey, J.-L., Dambrine, E., Laffite, J. D. & Moares, C., 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, p. 2978–2984.
- Dupouey, J.-L., Dambrine, E., Laffite, J. & Moares, C., 2002. Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. *Ecology*, pp. 2978-2984.
- Durdík, T., 1995. *Encyklopedie českých hradů*. Praha: Libri.
- Durdík, T., 1999. *Ilustrovaná encyklopedie českých hradů*. Praha: Libri.

- Durdík, T. & Sušický, V., 2005. *Zříceniny hradů, tvrzí a zámků – západní Čechy*. Praha: Agentura Pankrác.
- Ehrenberger, C. H., Ehrenberger, N. F. & Gorbach, S., 1973. *Methoden der organischen Elementar- und Spurenanalyse*. Weinheim: Verlag Chemie.
- Errikson, Å., 1998. Regional distribution of *Thymus serpyllum*: management history and dispersal limitation. *Ecography*, pp. 35-43.
- Flinn, K. M., Vellend, M. & Marks, P. L., 2005. Environmental causes and consequences of forest clearance and agricultural abandonment in central New York, USA. *FLINN, Kathryn M., VELLEND, Mark a MARKS, P. L. Environmental causes and consequences* *Journal of biogeography*, pp. 439-452.
- Fraterrigo, J. M., Turner, M. G. & Pearson, S. M., 2006. Interactions between past land use, life-history traits and understory spatial heterogeneity. *Landscape Ecology*, pp. 777-790.
- Gregerová, M., 2000. Vzdušné malty historických staveb, jejich identifikace, příčiny degradace a návrh sanace. *GREGEROVÁ, Miroslava. Vzdušné malty historických staveb, jejich identifikace* *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1999*, pp. 152-154..
- Hendrych, R., 1984. *Fytogeografie*. Praha: SPN.
- Hennekens, S. M. & Joop, S. H. J., 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system. *Journal of Vegetation Science*, pp. 589 - 591.
- Hermý, M. a další, 1999. An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological conservation*, pp. 9-22.
- Hermý, M. & Verheyen, K., 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity.
- Honnay, O., Hermý, M. & Coppin, P., 1999. Impact of habitat quality on forest plant species colonization. *Forest Ecology and Management*, pp. 157 - 170.
- Hooke, R. L., 2000. On the history of humans as geomorphic agents. *Geology*, pp. 843-846.

- Hutson, S. R. a další, 2009. Phosphate fractionation and spatial patterning in ancient ruins: A case study from Yucatan. *Catena*, pp. 260-269.
- Jeník, J., 1970. *Obecná geobotanika : úvod do nauky o rostlinstvu*. 1 editor Praha: SPN.
- Juříčková, L., 2005. *Juříčková, Lucie. "Měkkýši (Mollusca) hradů jako ekologického fenoménu (Česká republika)*. Praha: Přírodovědecká fakulta UK.
- Juříčková, L. & Kučera, T., 2005. Ruins of medieval castles as refuges for endangered species of molluscs. *Journal of Molluscan Studies*, pp. 233-246.
- Koerner, W., Dupouey, J.-L., Dambrine, E. & Benoit, M., 1997. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. *Journal of ecology*, pp. 351-358.
- Kopecký, M. & Vojta, J., 2009. Land use legacies in post-agricultural forests in the Doupovské Mountains, Czech Republic. *KOPECKÝ, Martin et VOJTA, Jaroslav. Land use legacies in post-agriculture Applied Vegetation Science*, pp. 251-260.
- Kubát, K., 2002. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: ACADEMIA.
- Kučera, T., 2005. Koncept ekologických fenoménů v interpretaci středoevropské vegetace. *Malacologica Bohemoslovaca*, pp. 47-75.
- Kuna, M., 2004. *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia.
- Kuna, M. & Tomášek, M., 2004. Povrchový výzkum reliéfních tvarů. V: M. Kuna, editor *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia, pp. 237-297.
- Kupka, V., 2001. *Pevnosti a opevnění v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Libri.
- Láníková, D. & Lososová, Z., 2009. Rocks and Walls: Natural Versus Secondary Habitats. *Folia Geobotanica*, pp. 263-280.
- Ložek, V., 1988. Říční fenomén a přehrady. *Vesmír*, pp. 318-326.
- Ložek, V. & Skalický, V., 1983. Hradby očima přírodovědce. *Památky a příroda*, pp. 361 - 369.

- Majer, A., 2004. Geochemie v archeologii. V: M. Kuna, editor *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia, pp. 195-237.
- McArthur, R. H. & Wilson, E., 1967. The theory of island biogeography. *Monographs in Population Biology* 1.
- Microsoft Corporation, 2013. *Getting Started with Office 2010*. [Online]
Available at: <http://office.microsoft.com/en-us/support/getting-started-with-office-2010-FX101822272.aspx>
[Přístup získán 21. 2. 2013].
- Monar, I., 1998. *Installation Manual NA 2500 Elemental Analyser CE Instruments*
- Moore, P. D. & Chaoman, S. B., 1986. *Methods in Plant Ecology*. Oxford: Wiley.
- Moravec, J., 1994. *Fytocenologie*. Praha: Academia.
- Motti, R. & Stinca, A., 2011. Analysis of the biodeteriogenic vascularflora at the Royal Palace of Portici in southern Italy. *International Biodeterioration & Biodegradation*, pp. 1256-1264.
- Murphy, J. & Riley, J. P., 1962. A modified single solution method the determination of phosphate. *Analytica chimica Acta*, pp. 31 - 36.
- Neustupný, E., 1986. Nástin archeologické metody. *Archeologické rozhledy*, pp. 525-548.
- Nová, J. & Karlík, P., 2010. Vegetace zaniklých středověkých vesnic Kozelského polesí (Plzeňsko). *Zprávy Čes. Bot. spol.*, p. 151.
- Olsen, R. S., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U.S.Dept.Agric.Stat.*.
- Olsen, R. S., 1982. Phosphorus. V: *Methods in Soil Analysis, Part 2*. Madison: Agronomy series 9, ASA, pp. 403 - 430.
- Parnella, J. J., Terry, R. E. & Nelso, Z., 2002. Soil Chemical Analysis Applied as an Interpretive Tool for Ancient Human Activities in Piedras Negras, Guatemala. *Journal of Archaeological Science*, pp. 379-404.

- Pokorný, P. a další, 2006. Insight into the environment of a pre-Roman Iron Age hillfort at Vladař, Czech Republic, using a multi-proxy approach. *Veget. Hist. Archeobot.*, pp. 419-433.
- Poschlod, P., Karlík, P., Baumann, A. & Wiedmann, B., nedatováno The history of dry calcareous grasslands near Kallmünz (Bavaria) reconstructed by the application of palaeoecological, historical and recent-ecological methods. V: P. Szabó & R. Hédli, editoři *Human nature: studies in historical ecology and environmental history*. Průhonice: Institute of Botany of the Czech Academy of Sciences, p. 130–143.
- Procházková, K. & Duchoslav, M., 2004. Vegetace kamenných zdí na střední Moravě. *Biosozologia*, pp. 34-48.
- Rüther, C., 2005. Bewaldete Burgruinen im Bayerischen Wald. Flora, Vegetation, Standort. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot.*, pp. 407-432..
- Rüther, C. & Walentowski, H., 2008. RÜTHER, Carsten Tree species composition and historic ganges of the Central European oak/beech region. V: *RÜTHER, Carsten a WALENTOWSKI, Helge. Tree species composition and historic ganges of the Central European oak/beech region. In: FCanopy Arthropod Research in Europe.*, p. 576.
- Sádlo, J. a další, 2008. *Krajina a revoluce*. Praha: Malá Skála.
- Sedláček, A., 1996 (orig. 1892).. *Hrady, zámky a tvrze české. Díl 9. a 11.*. Praha: Argo.
- Slavík, B., 2010. *Květena ČR*. Praha: Academia.
- Steinbauer, M. J. a další, 2013. Quantification of wall surface heterogeneity and its influence on species diversity at medieval castles – implications for the environmentally friendly preservation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, pp. 219-228.
- Tichý, L. & Holt, J., 2006. *JUICE, program for management, analysis and classification of ecological data*. Brno: Vegetation science group Masaryk university Brno.
- Trojan, R. & Mráz, B., 1990. *Malý slovník výtvarného umění*. Praha: SPN.

- Verheyen, K., Bossuyt, B., Hermy, M. & Tack, G., 1999. The land use history (1278–1990) of a mixed hardwood forest in western Belgium and its relationship with chemical soil characteristics. *Journal of biogeography*, p. 1115–1128.
- Vojta, J., 2007. Relative importance of historical and natural factors influencing vegetation of secondary forests in abandoned villages. *Preslia*, pp. 229 - 244.
- Vondruška, V., 2007. *Život ve středověku*. OKO editor Praha: Albatros.
- Zbíral, J., 1995. *Analýza půd I, Jednotné pracovní postupy*. Brno: SKZÚZ.

PŘÍLOHA

Seznam zkoumaných hradů

(řazeno podle toho, jak byly postupně zkoumány)

JMÉNO	OKRES	SOUŘADNICE	MĚŘENÍ HLOUBKY PŮDY	SEZÓNA
Nový Herštejn	Domažlice	N 49° 24' 52.92" E 13° 03' 51.84"	NE	2009
Kašovice	Klatovy	N 49° 16' 35.88" E 13° 28' 18.56"	NE	2009
Pušperk	Klatovy	N 49° 26' 05.97" E 13° 09' 01.53"	NE	2009
Netřeb	Domažlice	N 49° 27' 49.04" E 13° 04' 44.17"	NE	2009
Ruchomperk	Domažlice	N 49° 26' 01.69" E 13° 06' 58.16"	NE	2009
Budětice	Klatovy	N 49° 17' 35.83" E 13° 35' 08.63"	NE	2009
Potštejn	Plzeň - jih	N 49° 28' 52.50" E 13° 30' 31.65"	NE	2009
Skála	Plzeň - jih	N 49° 32' 19.23" E 13° 22' 02.50"	NE	2009
Kokšín	Klatovy	N 49° 27' 59.55" E 13° 16' 41.80"	NE	2009
Prácheň	Domažlice	N 49° 18' 57.20" E 13° 40' 53.50"	NE	2010
Starý Herštejn	Domažlice	N 49° 28' 19.82" E 12° 42' 50.59"	NE	2010

Osvračín	Domažlice	N 49° 30' 46.45" E 13° 03' 08.95"	NE	2010
Lacembok	Domažlice	N 49° 33' 05.76" E 13° 06' 02.88"	NE	2010
Lopata	Plzeň - jih	N 49° 39' 51.80" E 13° 33' 23.30"	NE	2010
Klabava	Rokycany	N 49° 44' 53.69" E 13° 32' 33.93"	NE	2011
Sviňomazský hrádek	Tachov	N 49° 50' 08.88" E 13° 02' 56.76"	NE	2011
Podmokly	Plzeň - sever	N 49° 52' 08.92" E 13° 10' 41.48"	NE	2011
Vrtba	Plzeň - sever	N 49° 52' 55.38" E 13° 14' 59.83"	NE	2011
Preitenstein	Plzeň - sever	N 49° 57' 38.88" E 13° 09' 37.80"	NE	2011
Angerbach	Plzeň - sever	N 50° 00' 01.80" E 13° 33' 25.82"	NE	2011
Řebřík	Rokycany	N 49° 53' 33.60" E 13° 46' 59.33"	NE	2011
Mydlná	Rokycany	N 49° 40' 25.01" E 13° 36' 30.83"	NE	2011
Křikava	Strakonice	N 49° 28' 30.60" E 13° 56' 18.50"	NE	2011
Lazurová hora	Tachov	N 49° 54' 56.88" E 12° 46' 35.76"	ANO	2012
Kynžvart	Cheb	N 50° 00' 55.80" E 12° 37' 48.72"	ANO	2012
Kraslice	Sokolov	N 50° 20' 18.07" E 12° 30' 58.80"	ANO	2012

Himlštejn	Karlovy Vary	N 50° 20' 53.74" E 13° 02' 43.12"	ANO	2012
Nevděk	Karlovy Vary	N 50° 05' 00.13" E 13° 09' 59.12"	ANO	2012
Štědrý hrádek	Karlovy Vary	N 50° 03' 44.84" E 13° 08' 00.65"	ANO	2012
Soustov	Klatovy	N 49° 22' 43.22" E 13° 11' 37.42"	ANO	2012