

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra Ekologie a životního prostředí



Ekologické determinanty slatiništních společenstev měkkýšů a glaciálně reliktních plžů na Českomoravské vrchovině

Radovan Coufal

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Hydrobiologie

Vedoucí práce: prof. RNDr. Michal Horsák, PhD.

Olomouc 2019

Coufal, R. (2019): Ekologické determinanty slatiništních společenstev měkkýšů a glaciálně reliktních plžů na Českomoravské vrchovině. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 69 s., v češtině

Abstrakt

Slatiniště v oblasti Českomoravské vrchoviny byla z malakologického hlediska až donedávna přehlížena. Tato skutečnost souvisí především s předpokládanou nízkou druhovou bohatostí malakofauny vlivem nižšího obsahu rozpuštěných minerálních látek ve vodě, způsobené minerálně chudým horninovým podložím. Hlavními cíli diplomové práce bylo kvantitativně popsat malakofaunu ze 46 zvolených slatinišť a zjistit, jaké faktory ovlivňují jejich druhovou skladbu se zvláštním zřetelem na glaciálně reliktní plže a tyto výsledky následně porovnat se studii z jiných oblastí. Mezi cíle práce také patřilo vyhodnotit shodu společného výskytu mezi glaciálně reliktními cévnatými rostlinami, mechorosty a plži.

Na studovaných lokalitách bylo nalezeno celkem 38 druhů měkkýšů a jednotlivé lokality hostily mezi 6 až 19 druhy (medián 10). V porovnání s ostatními geografickými regiony (např. se Západními Karpaty) je malakofauna druhově chudší, její hodnota však spočívá především v přítomnosti vzácných a ohrožených glaciálně reliktních plžů *Vertigo geyeri* (25 lokalit), *Vertigo lilljeborgi* (5 lokalit) a *Nesovitrea petronella* (7 lokalit), z nichž první zmíněný je celoevropsky chráněn soustavou NATURA 2000 a jeho nálezy tak mají mezinárodní význam. Druhová skladba byla ovlivněna především zeměpisnou délkou, nadmořskou výškou a minerální bohatostí stanoviště. *Nesovitrea petronella* byla ovlivněna zeměpisnou délkou a téměř výlučně se vyskytovala ve východní části studované oblasti a spolu s *V. lilljeborgi* byly tyto druhy nalézány především na minerálně chudších stanovištích. U *V. geyeri* byla potvrzena již dříve zjištěná široká ekologická valence k obsahu rozpuštěných minerálů ve vodě, avšak druh preferoval minerálně bohatší lokality. Signifikantní vztah byl nalezen pouze mezi výskytem glaciálně reliktních cévnatých rostlin a mechorostů, nikoli mezi glaciálně reliktními rostlinami a plži.

Klíčová slova: ekologie měkkýšů, druhová skladba, glaciální relikty, *Vertigo geyeri*

Coufal, R. (2019): Ecological drivers of molluscan fen communities and glacial relic gastropods on Bohemian-Moravian Highlands. Master's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 69 pp., in Czech

Abstract

Spring fens in the Bohemian-Moravian highlands have been overlooked by malacologists until recently because of an expected poor mollusc biodiversity caused by relatively low content of dissolved minerals due to predominantly crystalline bedrock. The main goals of the presented thesis were to (i) quantitatively describe malacofauna of 46 selected fens and find out, which predictors influence their diversity with the emphasis on glacial relic gastropods and (ii) to compare the results with similar studies from other geographical regions. One of the aims was also to evaluate congruence between glacial relic species of vascular plants, bryophytes, and gastropods.

A total of 38 species were recorded while site richness varied between 6 and 19 (median 10) species. Compared to the other regions (i. e. Western Carpathians), the malacofauna was rather poor. Its importance, however, consists in the occurrence of rare and endangered glacial relic snails such as *Vertigo geyeri* (25 localities), *Vertigo lilljeborgi* (5 localities) and *Nesovitrea petronella* (7 localities) of which the first mentioned is listed among species protected by Annex II of the European Union's Habitats Directive, thus the findings are of international importance. Species composition was influenced mainly by longitude, altitude and mineral richness. The distribution of *N. petronella* was influenced by longitude because it occurred predominantly in the eastern part of studied the area and along with *V. lilljeborgi* preferred sites with low mineral content. *Vertigo geyeri* showed rather a broad ecological tolerance in terms of mineral richness while it preferred mineral rich sites, as shown in previous studies. Significant congruence was found only between glacial relic vascular plants and bryophytes and no relationship was found between plants and gastropods.

Key words: molluscan ecology, species composition, glacial relics, *Vertigo geyeri*

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením prof.
RNDr. Michala Horsáka, PhD. a jen s použitím citované literatury.

V Olomouci dne:

.....

.....

Podpis

Poděkování:

V první řadě bych chtěl poděkovat svému školiteli Michalu Horsákovi za veškeré rady, pomoc v terénu, konzultace, vědomosti a příležitosti nejen v souvislosti s diplomovou prací. Dále děkuji Veronice Horsákové za poskytnutí dat a pomoc v terénu. Tomášovi Peterkovi a Petře Hájkové jsem vděčný za poskytnutí databáze nálezů glaciálně reliktních rostlin včetně komentářů a Ondřeji Hájkovi za klimatická data. Děkuji také Martinovi Rulíkovi a ostatním kantorům z Katedry ekologie a životního prostředí a studijního oboru Hydrobiologie za vědomosti, zkušenosti a zážitky během období mého studia. Můj dík patří i mým rodičům za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Cíle:.....	4
2. Charakteristika slatinišť	5
2.1 Obecná charakteristika slatinišť.....	5
2.2 Slatiniště na Českomoravské vrchovině a jejich ohroženost	5
3. Charakteristika studované oblasti	8
3.1 Vymezení území	8
3.2 Geologická charakteristika	9
3.3 Geomorfologická charakteristika.....	9
3.4 Hydrologická charakteristika	10
3.5 Klima	10
3.6 Půdy	11
4. Měkkýší glaciální relikty	12
4.1 <i>Vertigo geyeri</i> Lindholm, 1925.....	12
4.2 <i>Vertigo lilljeborgi</i> (Westerlund, 1871)	14
4.3 <i>Nesovitrea petronella</i> (Pfeiffer, 1853).....	15
5. Metody	17
5.1 Studované lokality	17
5.2 Terénní práce a zpracování vzorků	17
5.3 Vysvětlující proměnné.....	18
5.4 Statistické analýzy	18
6. Výsledky	21
6.1 Zhodnocení malakofauny slatinišť Českomoravské vrchoviny	21
6.1.1 Skladba měkkýších společenstev	21
6.1.2 Glaciálně reliktní měkkýši	23
6.2 Gradienty ovlivňující druhové složení a výskyt glaciálně reliktních plžů.....	25
6.3 Indikační potenciál glaciálně reliktních mechorostů a cévnatých rostlin pro výskyt reliktních plžů	34
7. Diskuze	35
7.1 Druhová bohatost slatinišť Vysočiny a faktory, které ji ovlivňují.....	35
7.2 Ekologické nároky a frekvence výskytu jednotlivých druhů.....	38

7.3 Druhá skladba malakofauny Vysočiny	41
7.4 Glaciálně reliktní plži	43
7.4.1 Shoda výskytu mezi glaciálně reliktními organismy	43
8. Závěr	45
9. Citované literární zdroje:	46
10. Přílohy	54
Příloha 1	54
Příloha 2	56
Příloha 3	58
Příloha 4	59
Příloha 5	60
Příloha 6	61

1. Úvod

Slatiniště jsou specifický typ mokřadů, jelikož jsou zpravidla sycena podzemní vodou a vyznačují se nízkou produktivitou vegetace (HÁJEK et al. 2006). Jedná se o unikátní biotopy s poměrně extrémními podmínkami, které umožňují výskyt stanovištním specialistům ze živočišné i rostlinné říše (např. WASSEN et al. 2005, HORSÁK & CERNOHORSKY 2008). Ještě na začátku minulého století byla slatiniště hojným biotopem v celé Evropě. Během druhé poloviny 20. století byla převážná většina těchto jedinečných mokřadů ve střední Evropě nenávratně ztracena odvodněním za účelem získání zemědělské půdy (JOOSTEN & CLARKE 2002, GROOTJANS et al. 2006, VAN DIGELLEN et al. 2006). Na rozdíl od Skandinávie, kde slatiniště tvoří rozlehlé komplexy, se v České republice nachází pouze fragmenty jejich původní rozlohy, z nichž se s mnohými setkáme na území Českomoravské vrchoviny neboli Vysočiny (CHYTRÝ et al. 2010).

Slatiniště na Vysočině jsou po desetiletí zkoumána botaniky a jejich flóra je velice cenná a unikátní. Pro cévnaté rostliny (CHYTRÝ et al. 2003) a mechorosty (HÁJKOVÁ & HÁJEK 2003) je známo, že nejvíce druhů hostí slatiniště mírně kyselé až neutrální. Pro suchozemské plže ale platí, že nejbohatší společenstva skýtají vápnitá minerálně bohatá stanoviště (např. HORSÁK & HÁJEK 2003). Z tohoto důvodu byla rašeliniště na území Českomoravské vrchoviny dlouho přehlížena. První nálezy glaciálně reliktního plže *Vertigo geyeri* však ukázaly, že tamější malakofauna není zdaleka tak chudá, jak se předpokládalo (MYŠÁK, HORSÁK & HLAVÁČ 2012).

Některá slatiniště na Českomoravské vrchovině se vyznačují historickou kontinuitou již od konce poslední doby ledové, teda navazují na ekosystémy, které zde byly před 12 tisíci lety. Tato stanoviště jsou jedinečná svou biodiverzitou a často hostí glaciálně reliktní organismy z řad cévnatých rostlin, mechů a měkkýšů, které se často vyskytují spolu na jednom stanovišti (SCHENKOVÁ & HORSÁK 2013). Dlouhodobé výzkumy slatinišť Vysočiny botaniky a bryology vedly k dobrému poznání rozšíření glaciálních reliktních z řad cévnatých rostlin a mechů (např. SMEJKAL 1959, ŠTECHOVÁ & ŠTECH 2009). Jeden z cílů této diplomové práce je proto provést malakologický průzkum na lokalitách vybraných na základě výskytu reliktních druhů z řad tzv. hnědých mechů a cévnatých rostlin. Výsledky tohoto průzkumu by tak měly přispět k ochraně těchto jedinečných biotopů. Součástí této práce bude také kvantitativní analýza malakocenóz ve vztahu k faktorům prostředí.

Na zkoumaných lokalitách budou měřeny fyzikálně chemické faktory a další parametry, na jejichž základě budou také definovány podmínky výskytu glaciálně reliktních měkkýšů. Jak již bylo zmíněno, glaciální relikty cévnatých rostlin a mechů mohou indikovat výskyt měkkýších glaciálních reliktních. Tento předpoklad však zatím nebyl statisticky testován, proto je dalším cílem analýza společného výskytu reliktních plžů, mechorostů a cévnatých rostlin. Naopak studie týkající se ekologie slatiništních měkkýšů již byly provedeny v jiných geografických regionech (např. HORSÁK & HÁJEK 2003, HORSÁK et al. 2011, SCHENKOVÁ et al. 2014), proto bude možné srovnat hlavní faktory ovlivňující diverzitu malakocenóz zkoumané oblasti ve vztahu k obecným faktorům. V závěru této práce tak budou výsledky porovnány s výsledky podobných studií z jiných oblastí.

1.1 Cíle:

- 1) Na základě analýzy již existujících i vlastních vzorků malakofauny ze 46 vybraných slatinišť Českomoravské vrchoviny provést kvantitativní popis malakofauny těchto stanovišť.
- 2) Testovat vliv měřených faktorů prostředí na druhovou diverzitu a skladbu studovaných malakofaun a definovat hlavní gradienty druhového složení. Následně tyto výsledky porovnat s již publikovanými výsledky z jiných oblastí.
- 3) Pokusit se definovat faktory ovlivňující výskyt ohrožených glaciálně reliktních plžů.
- 4) Vyhodnotit indikační potenciál glaciálně reliktních mechorostů a cévnatých rostlin pro výskyt reliktních plžů a vyhodnotit případnou shodu jejich společného výskytu.

2. Charakteristika slatinišť

2.1 Obecná charakteristika slatinišť

Slatiniště je pojem označující specifický typ rašeliniště vyznačujícího se nízkou produktivitou vegetace a stabilním sycením podzemní vodou, která je různě bohatá na obsah rozpuštěných minerálních látek (HÁJEK et al. 2006). Stálý přísun podzemní vody, která je v kontaktu s horninovým podložím a přináší rozpuštěné minerální látky, odlišuje slatiniště od kyselých ombrotrofních vrchovišť, které jsou syceny pouze dešťovými srážkami (SJÖRS & GUNNARSSON 2002). Mezi charakteristické rysy patří také akumulace uhličitánových nebo anorganických sedimentů a trvalé nasycení podzemní vodou, ovšem bez dlouhodobého zaplavení (AMON et al. 2002). Vysoké zamokření tvoří nehostinné podmínky pro dekompozitory a odumřelá rostlinná hmota se hromadí a vytváří rašelinu (humolit). V důsledku pomalé dekompozice a s tím spojeným nedostatkem dusíku a fosforu hostí slatiniště specifickou flóru, která je přizpůsobena nedostatku živin a nadbytku vody v kořenové zóně. Proto na většině rašelinišť dominují mechorosty a rostliny z čeledi šachorovité, především ostřice a suchopýry (HÁJEK et al. 2006). Dále se často vyskytují přesličky a dvouděložné byliny. Kombinace těchto podmínek umožňuje existenci řadě vzácných a ohrožených rostlin a živočichů (např. HORSÁK & CERNOHORSKY 2008, HÁJEK et al. 2011b).

2.2 Slatiniště na Českomoravské vrchovině a jejich ohroženost

Slatiniště patří mezi biotopy hostící specifickou faunu a flóru, tudíž často významně zvyšují biodiverzitu dané oblasti. Na studovaném území se vyskytují převážně minerotrofní rašeliniště, v menší míře také ombrotrofní a přechodová rašeliniště, která se nacházejí ve Žďárských vrších a na jihu Českomoravské vrchoviny, kde navazují na soustavu Třeboňské pánve. Převažující minerotrofní rašeliniště se vyznačují přítomností mechů z rodů *Calliergon*, *Campylium* a *Drepanocladus*. Ze zástupců rašeliníků se zde vyskytují druhy *Sphagnum warnstorffii*, *S. subsecundum* a *S. contortum*. Významný je výskyt řady glaciálně reliktních cévnatých rostlin, např. *Carex chordorrhiza* a *C. diandra* a také tzv. hnědých mechů, např. *Paludella squarrosa* a *Scorpidium scorpioides* (ŠTECHOVÁ

et al. 2014). Většina rašelinišť dnes existuje pouze na malé části své původní rozlohy. Nejrozsáhlejším rašeliništěm je ombrotrofní komplex Padrtiny, jehož střed je chráněn jako NPR Dářko a nejzachovalejším vápniým slatiništěm je PR Řeka. Některá rašeliniště se zde vyskytují kontinuálně od konce poslední doby ledové (před ca 12 tisíci lety) a některá vznikla až během staršího až středního holocénu (ČECH et al. 2002).

Rašeliniště ve střední Evropě dnes patří mezi ohrožené biotopy a na Českomoravské vrchovině tomu není jinak. Jedním z důležitých faktorů při ústupu rašelinišť byla těžba rašeliny, která ve větší míře započala již na počátku 19. století (SPIRHZANZL 1954). Klíčovou roli ve fungování rašeliništních ekosystémů hraje voda (viz Kapitola 2.1) a manipulace s vodním režimem na rašeliništích i v jejich okolí často vede k narušení a následně i jejich zániku. Nejvíce rašelinných biotopů bylo ztraceno během 60. a 70. let minulého století, kdy probíhala intenzifikace zemědělství. Tyto zásahy však naštěstí nebyly vždy úspěšné a vedly pouze k narušení hydrologického režimu krajiny a snížení biodiverzity. Odvodnění rašeliniště způsobí sukcesní změny, kde jsou typicky stanovištní specialisté nahrazeni konkurenčně zdatnými druhy, jako je např. bezkoleneček modrý (*Molinia caerulea* agg.), který se dobře šíří také na požárem narušených rašeliništích (KUČEROVÁ et al. 2008). Nedostatek vody způsobí mineralizaci rašeliny a makroelementy, dříve vázané v odumřelé biomase, se uvolní do prostředí ve formách dostupných pro rostliny (GROOTJANS et al. 1986). Obdobně na rašeliniště působí eutrofizace v podobě záměrného hnojení, případně splachy z přilehlých zemědělských pozemků a atmosférický spad (např. LEPŠ 1999, BRAGAZZA et al. 2004).

Většina minerotrofních rašelinišť je v dnešní době závislá na ochranném managementu. V minulosti byly tyto biotopy udržovány tradičním obhospodařováním v podobě pastvy dobytka nebo kosení a biomasa byla využívána jako píce nebo stelivo. Po konci 2. světové války se však od tradičního hospodaření ustupuje a slatiniště přirozeně zarůstají křovinami, zejména vrbami (*Salix* spp.). Tyto světlomilné druhy jsou konkurenčně silné a vytlačují slatiništní druhy mechů a vyšších rostlin (HÁJKOVÁ et al. 2009). Většina rašelinišť, z nichž je převážná část vyhlášena jako maloplošné chráněné oblasti, je proto kosena pracovníky vládních i nevládních orgánů ochrany přírody.

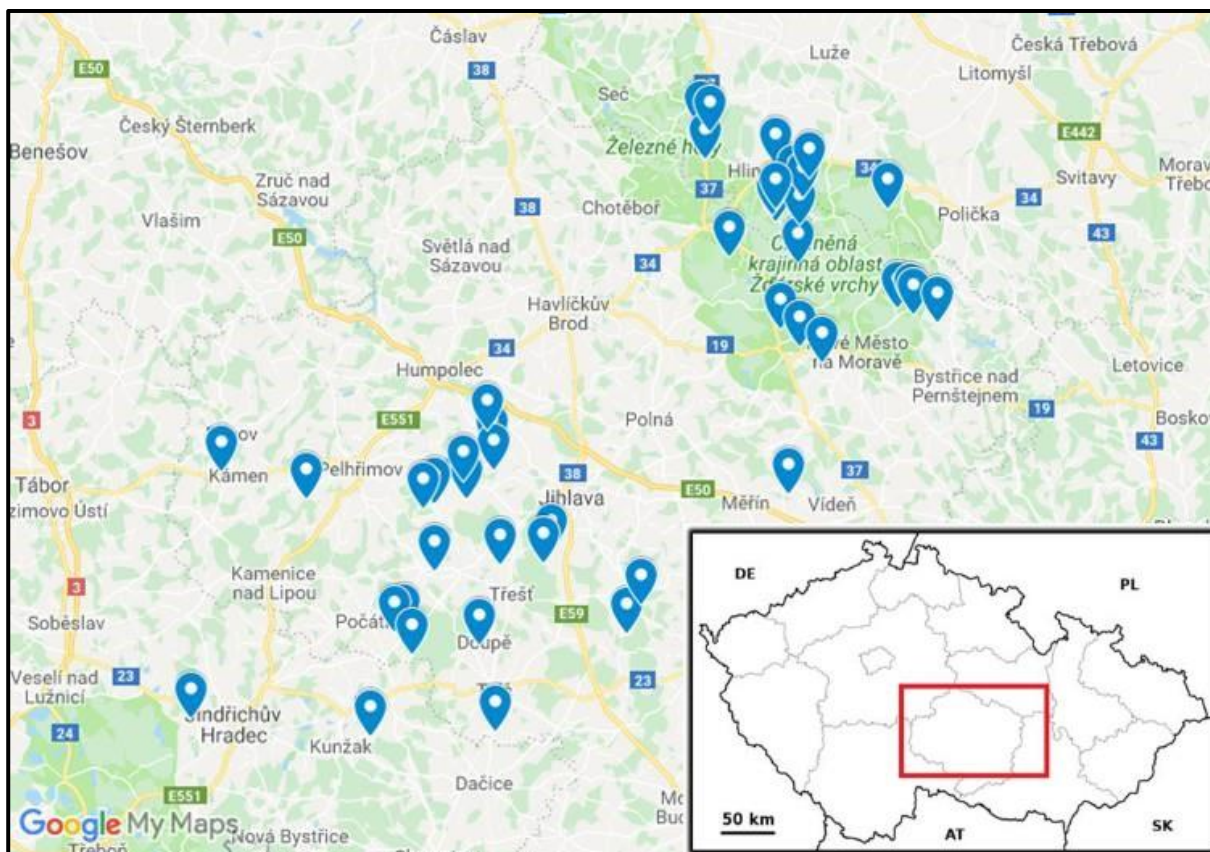
Většina studovaných lokalit se podle rašeliništní klasifikace řadí mezi minerálně bohatá rašeliniště s výskytem kalcitolerantních rašeliničů, v anglické terminologii "Rich (*Sphagnum*-) fens". Na minerálně bohatých slatiništích jsou

schopny existovat rostliny preferující vyšší obsah minerálních látek a zároveň tzv. kalcitolerantní organismy, které preferují nižší pH a obsah minerálních látek, zároveň jsou ale schopny tolerovat jejich zvýšený obsah. Kvůli tomu se tyto biotopy často vyznačují vysokou druhovou bohatostí rostlin, zejména mechorostů (HÁJEK et al. 2006).

3. Charakteristika studované oblasti

3.1 Vymezení území

Lokality se nachází v geomorfologickém celku Českomoravská vrchovina. Severní hranice studované oblasti je shodná se severními okraji CHKO Železné hory a Žďárské vrchy. Východně od hranice CHKO Žďárské vrchy se nachází lokalita Velké Janovice, která je nejvýchodněji položenou lokalitou a je nazvaná podle obce, u které se nachází. Nejzápadnější lokalita je PP Matenský rybník u Jindřichova Hradce. Lokality PP Rašeliniště u Suchdola u obce Suchdol a Na Klátově u obce Černíč tvoří jižní hranici (viz Obr. 1).



Obrázek 1. Mapa studovaných lokalit. Zdroje: WWW5, WWW6, upraveno.

3.2 Geologická charakteristika

Studovaná oblast má poměrně pestrou geologickou stavbu s převahou minerálně chudých hornin. Největší část je tvořena moldanubikem, které lze rozdělit na pestrou a chudou část. Pestrá část je tvořena převážně rulou často doplňovanou kvarcity, erlány, mramory a amfibolity a nachází se převážně ve střední části Žďárských vrchů, v jižní části Železných hor a na východě jihlavského regionu. Chudá část sestává převážně z ruly, často migmatitizované s vzácným výskytem erlánů a kvarcitů a nachází se v jihozápadní části Žďárských vrchů, severozápadní části Železných hor a na většině rozlohy regionu Jihlava. Severovýchodní část Žďárských vrchů byla zvrásněna variským přepracováním a je tvořena břidlicemi, fylity, svory a pararulami. V oblasti tzv. Dlouhé meze pronikají do oblasti mořské sedimenty české křídové pánve (ČECH et al. 2002, WWW1).

Téměř celé geologické podloží vzniklo během hercynského vrásnění před 350 až 230 miliony let, kdy byly původní usazené horniny přeměněny a zvrásněny (ČECH et al. 2002).

3.3 Geomorfologická charakteristika

Již z názvu lze usoudit, že studovaná oblast spadá do podsoustavy Českomoravská vrchovina, která náleží do provincie Česká vysočina a je součástí Česko-moravské soustavy. Georeliéf se vyvinul na krystalických břidlicích a masivech granitoidů hercynského základu Českého masivu. Oblast lze rozdělit na centrální části, které oblasti dominují vyšší nadmořskou výškou a tvoří osu vrchoviny. Jedná se o Javořickou vrchovinu, táhnoucí se od jihu k východu a Hornosvrateckou vrchovinu se severo-východní orientací. Nižší okrajové partie, tvořené pahorkatinami, kotlinami a brázdami jsou o ca 100–150 m nižší.

Do studované oblasti zasahuje sedm geomorfologických jednotek: Hornosvratecká, Javořická, Křemešnická a Křižanovská vrchovina, Železné hory a Havlíčkobrodská a Jevišovická pahorkatina. Severní část zaujímá Hornosvratecká vrchovina s podcelky Nedvědicí vrchovina a Žďárské vrchy. Nedvědicí vrchovina zasahuje do studované oblasti pouze okrajově. Žďárské vrchy jsou typické střídáním široce rozevřených údolí a protáhlých hřbetů s častým výskytem periglaciálních jevů jako jsou kamenná moře a mrazové sruby. V této oblasti se nachází jedny

z nejvyšších bodů Českomoravské vrchoviny, např. Devět skal (836 m) a kótu Křovina (829 m; ČECH et al. 2002).

Na severozápadě navazuje na Hornosvrateckou vrchovinu podcelek Železných hor Sečská vrchovina. Tato jednotka se také vyznačuje členitým reliéfem s nejvyšším vrcholem U Oběšeného (737 m). Nejjižnějším celkem je nejvýše položená část Českomoravské vrchoviny Javořická vrchovina, tvořena z větší části podcelkem Jihlavské vrchy s nejvyšším bodem Javořice (836 m; DEMEK et al. 1987).

3.4 Hydrologická charakteristika

Oblast se nachází v hlavním evropském rozvodí, přičemž 58% rozlohy náleží úmoří Černého moře, do kterého odtékají řeky Svratka a Jihlava. Menší polovina rozlohy této oblasti náleží úmoří Severního moře a tvoří je řeky Sázava, Nežárka a Doubrava.

Českomoravská vrchovina se vyznačuje relativně nízkými srážkami a podprůměrným odtokem s ročním úhrnem 645 mm. Přirozený charakter krajiny byl pozměněn výstavbou rybníků a příčných překážek na vodních tocích. V oblasti bylo vybudováno 14 velkých nádrží, z nichž největší je Velké Dářko s plochou 205 ha a objemem 3,56 mil. km³ (ČECH et al. 2002).

3.5 Klima

Dle Quitta (1971) spadá území do chladné a mírně teplé oblasti. Téměř celá oblast Žďárských a Jihlavských vrchů včetně Křemešnické vrchoviny se nachází v chladné oblasti CH7. Převážný zbytek studované oblasti leží v mírně teplé oblasti MT3. Území má pestrú geomorfologickou stavbu a nachází se na rozhraní styku oceánského a kontinentálního klimatu. Díky vlivu cyklonální činnosti je počasí velmi proměnlivé v prostoru i v čase. Po většinu roku převládá vliv vzduchových hmot mírných šířek, ale na návětrných stranách vrchovin a pahorkatin se projevuje chladný arktický vzduch.

Srážkové úhrny a průměrné roční, lednové a červencové teploty pro konkrétní lokality jsou uvedeny v Příloze 1 (str. 54).

3.6 Půdy

V nejvyšších oblastech Jihlavských a Žďárských vrchů se nachází podzol kambický. V okresech Žďár nad Sázavou a Jihlava převažuje výskyt kambizemě dystrické se zastoupením kambizemě modální a pseudogleje modální. V oblasti Železných hor dominují kambizemě dystrické a modální se zastoupením pseudogleje modální (ČECH et al. 2002).

Slatiniště, kterých se týká tato práce, se vyskytují především na organozemi, gleji a pseudogleji. Rašeliništní půdy (organozemě) vznikají na trvale zamokřených plochách v anaerobním prostředí. Slatinné půdy mají na rozdíl od vrchovištních půd a půd přechodových rašelinišť ve studované oblasti pouze slabě kyselé až neutrální pH, protože jsou zásobeny minerálně sycenou podzemní vodou. (TOMÁŠEK 2007). Glej bývá také často přítomna na lokalitách s trvale vysokou podzemní vodou. Při glejovém procesu za nedostatku kyslíku dochází k redukci železa a kvůli kyselému prostředí i k rozkladu primárních minerálů. V důsledku těchto procesů může vznikat zajižený glejový horizont, na jehož svrchní vrstvu navazuje humusová vrstva. V oblastech ležících na nepropustném podloží se stagnující vodou vnikají pseudogleje, jejichž horní část profilu je střídavě zamokřená (TOMÁŠEK 2007).

4. Měkkýši glaciální relikty

Během poslední doby ledové, která vrcholila asi před 26 tisíci lety, panovaly na Zemi výrazně odlišné podmínky ve srovnání se současností. Průměrná teplota byla o několik stupňů nižší, stejně jako srážkové úhrny a hladina oceánu se nacházela o desítky metrů níže (MITHEN 2006). Organismy, které nazýváme geografické glaciální relikty a kterých se týká tato práce, měly během doby ledové mnohem rozlehlejší areály výskytu a dnešní temperátní zóně obývají pouze malou část původního rozšíření. Druhou skupinou jsou tzv. taxonomické glaciální relikty, které čítaly během doby ledové více taxonů a dodnes z nich přežila jen malá část (LOMOLINO et al. 2006). V oblasti Vysočiny se na slatiništích povedlo přežít populacím tří reliktních druhů plžů z konce doby ledové: *Vertigo geyeri*, *Vertigo lilljeborgi* a *Nesovitrea petronella*.

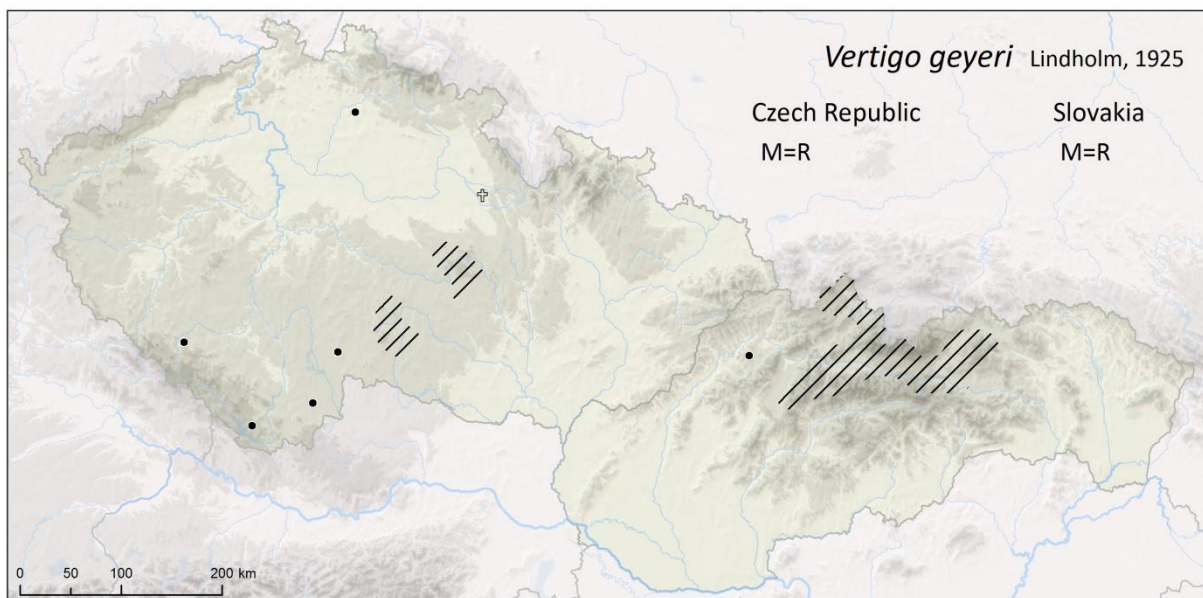
4.1 *Vertigo geyeri* Lindholm, 1925

Vertigo geyeri je drobný plž, jehož ulita dorůstá maximálně 2,1 mm. Spolu s dalšími třemi zástupci rodu je uveden v příloze II. směrnice o stanovištích (č. 92/43/EHS) zahrnující druhy chráněné v rámci projektu NATURA 2000. Jedná se o boreo-alpínský prvek s téměř kontinuálním výskytem ve Fennoskandinávii (POKRYSZKO 2003, VON PROSCHWITZ 2003), kde žije spíše v nižších zeměpisných šířkách (SOLHØY 1976, POKRYSZKO 1993). Vyskytuje se také na izolovaných stanovištích refugiální povahy ve Velké Británii, Irsku, Polsku, Rakousku, Švýcarsku, Německu, Itálii, České republice, Slovensku a také ve střední Asii (SCHENKOVÁ et al. 2012).

Ve střední Evropě se plž rozšířil v období pozdního glaciálu (před ca 15 tisíci lety) a ještě počátkem holocénu byl jeho výskyt mnohem hojnější než dnes (LOŽEK 1992). Fosilní nálezy dokládají výskyt plže na místech, kde se dnes již nevyskytuje a jeho přežití do současnosti bylo možné pouze na lokalitách reliktní povahy, které existují kontinuálně od začátku holocénu (HÁJEK et al. 2011b). Afinita tohoto druhu k reliktním stanovištím je podpořena jeho nepřítomností na lokalitách, které splňují jeho stanovištní nároky, avšak vznikly až během holocénu a jsou tedy mladší. Tyto lokality se nacházejí např. ve Vnějších Západních Karpatech (HORSÁK et al. 2007).

Ve střední Evropě *V. geyeri* obývá především otevřená slatiniště se stabilním vodním režimem (HORSÁK & HÁJEK 2005). Výsledky studie provedené v Polsku a na Slovensku ukazují, že tento plž tvoří nejpočetnější populace na vlhkých, otevřených vápencových prameništích s nízkou produktivitou vegetace (SCHENKOVÁ et al. 2012). Vyskytuje se ale také na slatiništích chudších na obsah vápníku s výskytem kalcitolerantních rašeliníků, což naznačuje širokou ekologickou valenci podél gradientu minerální bohatosti. Na těchto stanovištích je však jeho výskyt omezen na části sycené minerálně bohatou spodní vodou a ploškám s plným zápojem rašeliníků se vyhýbá, stejně jako lokalitám extrémně kyselým nebo naopak s velmi intenzivním srážením pěnovce (VON PROSCHWITZ 2003, HORSÁK & HÁJEK 2005, VÁVROVÁ et al. 2009, SCHENKOVÁ et al. 2012).

První nález tohoto druhu na území ČR byl učiněn Vojenem Ložkem (LOŽEK 1993) na lokalitě V Dubech v CHKO Český ráj. Díky nevhodnému managementu (povrchové drenážování a následné vysušení lokality) před i po vyhlášení přírodní památkou je dnes populace pravděpodobně vyhynulá. V roce 2011 však byla nalezena populace *V. geyeri* v PP Louky u Jeníkova v CHKO Žďárské vrchy (MYŠÁK, HORSÁK & HLAVÁČ 2012). Následně byla oblast Vysočiny lépe prozkoumána a počet lokalit v této oblasti vzrostl na dvacet. Izolovaná populace se nachází také v okolí Sušic (HORSÁK, JUŘIČKOVÁ & PICKA 2013). Všechny známé recentní výskyty na území České a Slovenské republiky shrnuje Obrázek 2. V Červeném seznamu měkkýšů České republiky je veden jako ohrožený (EN; BERAN, JUŘIČKOVÁ & HORSÁK 2017).



Obrázek 2. Mapa známých recentních výskytů *Vertigo geyeri* na území České a Slovenské republiky. Zdroj: WWW4

4.2 *Vertigo lilljeborgi* (Westerlund, 1871)

Vertigo lilljeborgi je, jako ostatní zástupci tohoto rodu, velmi malý plž, jehož ulita měří na výšku asi 2,2 mm. Vyskytuje se téměř kontinuálně na sever od 55° rovnoběžky na mokřadech, na březích jezer a řek včetně otevřených ripariálních lesů s akumulací rašelinné hmoty (KERNEY, CAMERON & JUNGBLUTH 1983, WELTER-SCHULTES 2012). Jižněji, tedy mimo svůj hlavní areál rozšíření, se druh v Evropě vyskytuje pouze velice izolovaně a výhradně na slatiništích s neutrální až mírně kyselou reakcí v Německu, České republice, Alpách, francouzském Centrálním masivu a v Pyrenejích (SCHENKOVÁ & HORSÁK 2013). Směrem na východ se jeho areál táhne přes Eurasijskou tajgu a tundru včetně několika lokalit v Altajském pohoří a na ostrově Hokkaido (HORSÁK et al. 2017). Poddruh *V. lilljeborgi vinlandica* se dokonce vyskytuje na severovýchodě Severní Ameriky (NEKOLA et al. 2018).

Na rozdíl od většiny evropských suchozemských plžů *V. lilljeborgi* preferuje stanoviště s nízkým obsahem vápníku, proto je většinou doprovázen početně chudými společenstvy měkkýšů s tolerancí k nízkému obsahu vápníku (HORSÁK et al. 2017). V Evropě je to jeden z pouhých pěti plžů, kteří vyhledávají minerálně

chudá stanoviště, na rozdíl od Severní Ameriky, kde acidofilní plži tvoří ca 10% tamější malakofauny (NEKOLA 2010).

Podnětem k pátrání po tomto plži na území ČR byl nález v Bavorském lese a v roce 2012 byl druh skutečně objeven na čtyřech lokalitách i v NP Šumava, kde se vyskytují jeho hojné populace v horských rašeliništích. Ještě tentýž rok byl druh objeven na poměrně minerálně bohaté lokalitě PR Louky u Černého lesa v CHKO Žďárské vrchy, kde se vyskytuje v menších abundancích s 19 dalšími druhy měkkýšů (SCHENKOVÁ & HORSÁK 2013). Nižší početnost na této lokalitě je v souladu s jeho uváděnou afinitou k minerálně chudším lokalitám. V Červeném seznamu pro ČR je veden jako ohrožený (EN; BERAN, JUŘIČKOVÁ & HORSÁK 2017).

Vertigo lilljeborgi je všeobecně považován za glaciální relikv díky své vzácné a ostrůvkovité distribuci ve střední Evropě, avšak tento status není podpořen fosilními nálezy, jako např. u *V. geyeri*. Jak bylo již zmíněno, *V. lilljeborgi* obývá biotopy s neutrálním až mírně kyselým pH, ve kterých ulity téměř nefosilizují (LOŽEK 2001) a fosilní nálezy toho druhu jsou tedy pouze kusé (HORSÁK et al. 2017). Na druhou stranu, argumentem pro status glaciálního reliktu je jeho výskyt s druhy, které jsou typické pro sprašová společenstva poslední doby ledové (HORSÁK et al. 2015).

4.3 *Nesovitrea petronella* (Pfeiffer, 1853)

Nesovitrea petronella patří do čeledi Zonitidae a průsvitná světlá ulita tohoto plže dorůstá šířky 4,5 mm (WELTER-SCHULTES 2012). Hlavní areál rozšíření se nachází ve Skandinávii, kde žije na vlhkých biotopech, především na mokřadech. Ve střední Evropě se vyskytuje hojně v Alpách, kde obývá vlhké louky a lesy vyšších poloh, zpravidla nad 1000 m n. m. V nižších polohách žije ve vlhkých horských lesích a v chladných inverzních údolích (KERNEY, CAMERON & JUNGBLUTH 1983, WELTER-SCHULTES 2012). Tento plž byl nalezen také v Altajském pohoří, kde je doprovázen druhy, které se v Evropě označují jako pleistocénní glaciální společenstva (MENG & HOFFMANN 2009).

V České republice se *N. petronella* vyskytuje hojněji v pohraničních pohořích Čech, jmenovitě na Šumavě a v Orlických a Doupovských horách, zatímco na Moravě je o dost vzácnější. Mimo pohoří se na našem území vyskytuje především na reliktních mokřadech Kokořínska (HORSÁK, JUŘIČKOVÁ & PICKA 2013) a

v průběhu posledních několika let přibyly nálezy ze slatinišť Českomoravské vrchoviny (M. Horsák & V. Horsáková nepubl. data). V Červeném seznamu pro ČR je veden jako zranitelný (VU; BERAN, JUŘIČKOVÁ & HORSÁK 2017).

5. Metody

5.1 Studované lokality

V rámci diplomové práce bylo studováno 46 mírně kyselých až neutrálních slatinišť na území Českomoravské vrchoviny v České Republice. Lokality byly vybrány na základě již známých nálezových dat o výskytu glaciálně reliktních mechorostů a cévnatých rostlin. Výskyt reliktních rostlin poukazuje na historickou kontinuitu lokalit a na potenciální výskyt glaciálně reliktních měkkýšů. Ze souboru byly vyloučeny lokality pro měkkýše příliš kyselé ($\text{pH} < 5$), na kterých se měkkýši ve střední Evropě téměř nevyskytují (s výjimkou euryvalentního mlže *Pisidium casertanum*).

Lokality mají ostrůvkovitou povahu a většina z nich je obklopena zemědělskou krajinou nebo smrkovými monokulturami. Jedná se o minerotrofní rašeliniště sycená podzemní vodou.

5.2 Terénní práce a zpracování vzorků

Seznam vzorkovaných lokalit je uveden v Příloze 1 (str. 54). Celkem 31 lokalit (1, 3-13, 16, 17, 20, 22, 23, 25-31, 33-35, 37, 40, 42, 44, 46) bylo vzorkováno M. Horsákem a V. Horsákovou v letech 2012-2016. Na většině těchto lokalit měřili také pH a konduktivitu vody. Zbývající lokality jsem vzorkoval v srpnu 2017 a říjnu 2018 včetně měření chemických a fyzikálních parametrů.

V nejzachovalejší části lokality (přítomnost mechového patra s výskytem cévnatých rostlin typických pro slatiniště se zachovalým vodním režimem), bylo odebráno 12 l svrchní vrstvy rašeliny, mechového patra, rostlinného opadu a cévnatých rostlin z plochy 4 x 4 m². Měkkýši byli z rostlinného materiálu extrahováni metodou mokrého prosevu (HORSÁK 2003). Tato metoda byla od publikace zmíněného článku jeho autorem vylepšena. Nejprve je rostlinný materiál promýván v igelitové tašce o objemu ca 30 l naplněné vodou. Jednotlivé drny a mechové trsy jsou v igelitové tašce rozvolněny a důkladně promyty, aby ulity měkkýšů klesly ke dnu. Po zpracování celého objemu nasbíraného rostlinného materiálu odstraníme z vodní hladiny v tašce plovoucí rostlinný materiál a obsah

opatrně přecedíme přes síto s velikostí ok 0,5 x 0,5 mm. Síto se sedimentovaným materiálem ponoříme těsně pod vodní hladinu a prsty opatrně vytvoříme vodní vír dost silný na to, aby odplavil zbytky rostlin. Poslední fázi provádíme opatrně, abychom vírem neodplavili také sedimentované ulity měkkýšů. Jako názornou ukázkou lze shlédnout videozáznam zachycující M. Horsáka, O. Lasne a J. Ryelandta, kteří provádějí mokřý prosev (WWW2). Tato metoda je vhodná pro vzorkování mokřadních společenstev měkkýšů a vede k výraznému zmenšení objemu nežádoucího materiálu ve výsledném vzorku.

Získané vzorky byly usušeny a ulity měkkýšů ručně vybrány a následně určeny s použitím práce HORSÁK et al. (2013), ze které je také převzata nomenklatura druhů. U každého druhu byl zaznamenán počet jedinců, kteří byli rozděleni na prázdné schránky a na jedince, kteří byli v době vzorkování živí.

5.3 Vysvětlující proměnné

V terénu byly pomocí přístrojů Greisinger GMH 3410 Conductivity meter a Greisinger GPTR 1400 AN pH-meter (Greisinger Electronic GmbH, Regenstauf, Germany) změřeny parametry indikující minerální bohatost stanoviště (pH a konduktivita vody). Pomocí přenosného GPS přístroje byly v terénu odečteny geografické souřadnice. Nadmořská výška byla zjištěna z portálu mapy.cz (WWW3). Klimatické parametry byly odečteny Ondřejem Hájkem z Atlasu podnebí Česka (TOLASZ 2007). Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v Příloze 1 (str. 54) a jejich popisná statistika v Tabulce 1. Faktor adjusted pH kombinuje pH a konduktivitu vody, který v některých případech lépe odráží koncentraci rozpuštěného vápníku ve vodě (podrobněji viz PLESKOVÁ et al. 2016).

5.4 Statistické analýzy

Korelace byly počítány pomocí neparametrického Spearmanova korelačního koeficientu. Studovány byly korelace abundancí a druhové bohatosti měkkýšů s měřeními abiotickými faktory. Samostatně byly porovnávány kategorie pro počet jedinců suchozemských a vodních měkkýšů, počet jedinců suchozemských plžů, počet druhů suchozemských a vodních měkkýšů a počet druhů suchozemských plžů. Pro zjištění závislosti počtu druhů na abiotických faktorech byla použita lineární a

mnohonásobná regrese. Významnost modelů byla testována analýzou variance (ANOVA) s využitím F statistiky. Pro studium variability skladby malakofauny byla použita nepřímá ordinační analýza (MDS, známá též jako PCoA), která je založena na Bray-Curtisově indexu nepodobnosti. Deset vysvětlujících proměnných bylo vloženo do dvourozměrného prostoru a následně testováno 999 permutacemi pro zjištění vztahu mezi údaji o výskytu měkkýšů a vysvětlujícími proměnnými. Pro tuto analýzu byl použit programový balík vegan (OKSANEN et al. 2012). Do většiny analýz byli zahrnuti pouze suchozemští ulitnatí plži (s výjimkou *Deroceras laeve* – jedná se o druh vyskytující se na slatiništích), protože vodní měkkýši mají odlišné nároky a jejich výskyt je pravděpodobně ovlivněn jinými faktory. Z ordinačních analýz nebyli vyloučeni měkkýši, u kterých byly nalezeny pouze prázdné schránky se zachovalým periostrakem, protože studované lokality se vyznačují neutrálním až mírně acidickým pH. Kyselé prostředí způsobí poměrně rychlé rozpuštění měkkýší vápenaté schránky, tudíž lze prázdnou schránku plže považovat za důkaz recentního výskytu (např. JUŘIČKOVÁ et al. 2008, ŘÍHOVÁ et al. 2018). Data byla ve většině případů odmocněna nebo upravena logaritmickou transformací ($\log(x+1)$) pro užití v analýzách. Shluková analýza byla provedena pomocí balíku cluster, konkrétně Wardovy metody (MAECHLER et al. 2018), do které byla vložena stejná matice dat, jako do MDS. Pro stanovení indikátorových druhů pro jednotlivé shluky lokalit byla použita Dufrene-Legendreova indikátorová analýza, obsažená v programovém balíku labdsv (ROBERTS 2016), která počítá také relativní frekvence a početnosti druhů ve shlucích. Statistické analýzy byly provedeny v programu R (verze 3.5.2, R CORE TEAM, 2018) s výjimkou koláčového grafu (Obr. 3) a základních úprav dat, které byly prováděny v program Microsoft Excel 2010.

Tabulka 1. Popisná statistika proměnných použitých v analýzách.

	Průměr	Medián	SD	Minimum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Maximum
Zeměpisná šířka (°s. š.)	49,49	49,44	0,20	49,13	49,33	49,69	49,81
Zeměpisná délka (°v. d.)	15,66	15,69	0,34	14,93	15,40	15,96	16,21
Nadmořská výška (m n. m.)	617	620	54	484	582	652	745
Průměrná lednová teplota (°C)	-3,45	-3,40	0,35	-4,10	-3,70	-3,20	-2,80
Průměrná červencová teplota (°C)	15,94	15,90	0,35	15,20	15,80	16,70	17,10
Roční srážkový úhrn	692	676	53	593	654	752	779

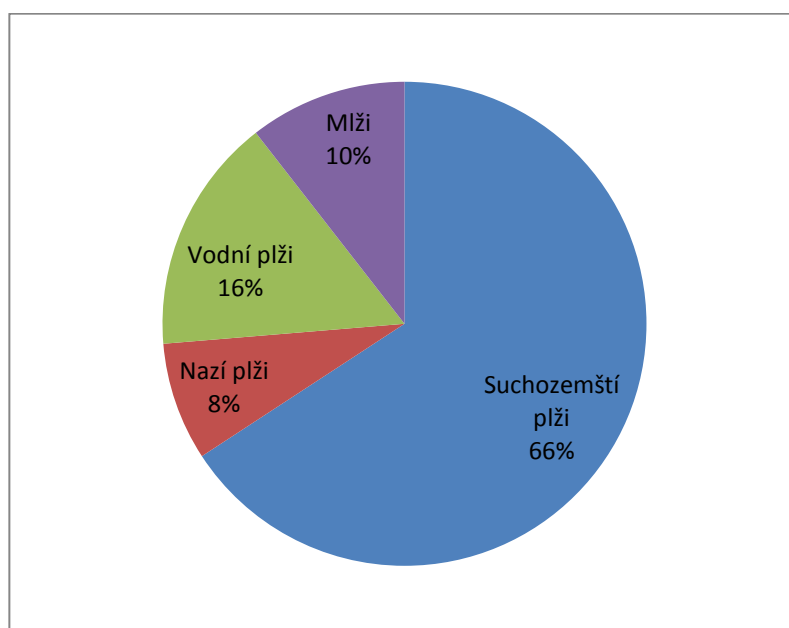
	Průměr	Medián	SD	Minimum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Maximum
(mm)							
pH vody	6,40	6,32	0,47	5,49	6,10	6,61	7,94
Konduktivita vody	149	175	92	49	101	230	410
(μS/cm)							
Adjusted pH	6,18	6,09	0,65	5,06	5,64	6,60	7,99

6. Výsledky

6.1 Zhodnocení malakofauny slatinišť Českomoravské vrchoviny

6.1.1 Skladba měkkýších společenstev

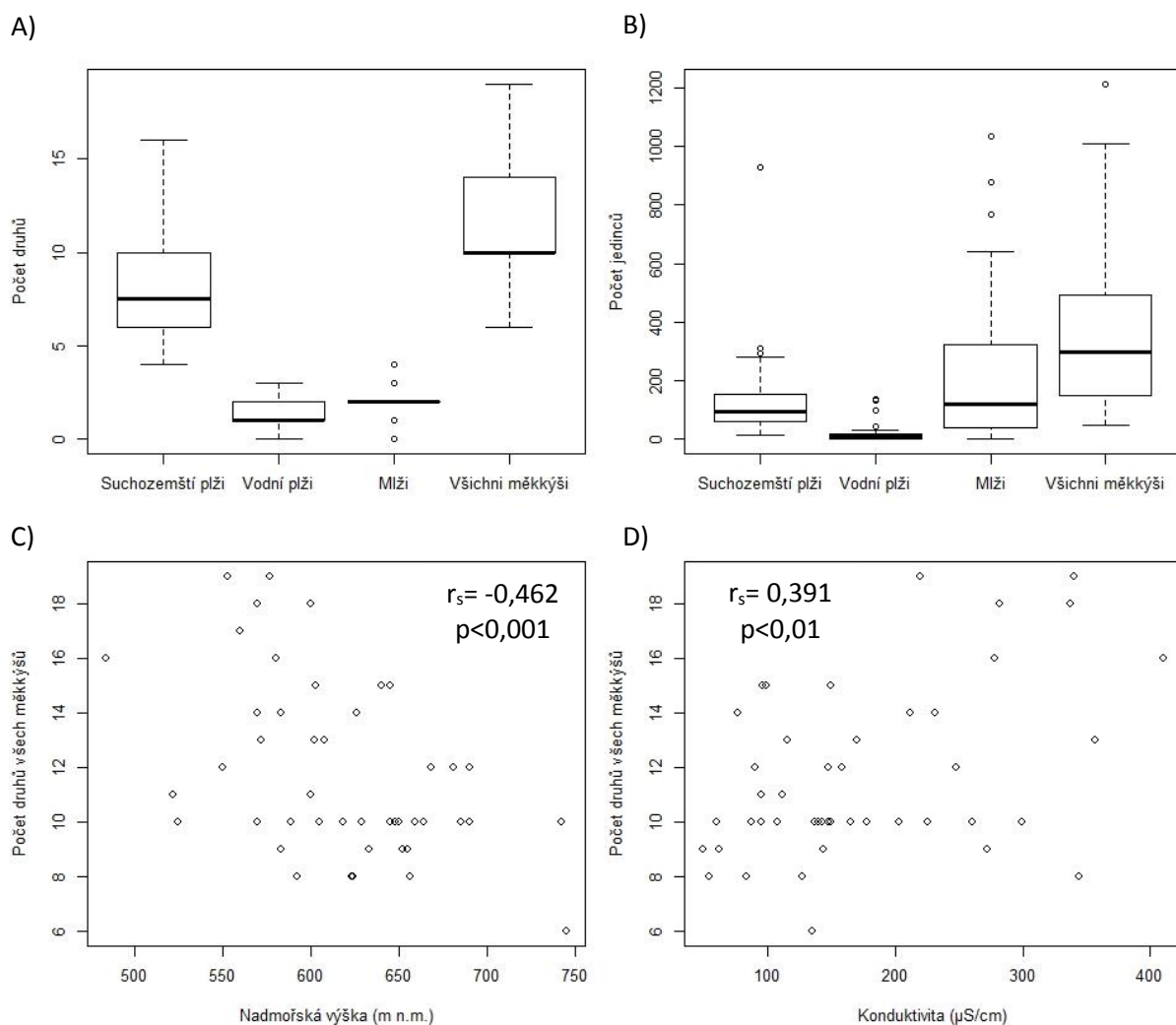
Celkem bylo studováno 46 slatinišť na území Českomoravské vrchoviny v České republice, na nichž bylo nalezeno 38 druhů měkkýšů, z toho 28 suchozemských plžů (25 ulitnatých, 3 nazí), 6 vodních plžů a 4 mlži (Obr. 3). Z celkového počtu 17055 jedinců bylo v době vzorkování 14440 živých. Počet druhů obývajících jednotlivá slatiniště se lišil mezi 6 až 19 druhy, přičemž se na lokalitách vyskytovalo průměrně 10 druhů (viz Obr. 4A). Nejvyšších abundancí dosahovali mlži (viz Příloha 2, Obr. 4B). Kompletní seznam nalezených druhů včetně početností a s počtem lokalit, na kterých se druhy vyskytovaly, je uveden v Příloze 2 (str. 56).



Obrázek 3. Druhové složení malakofauny.

Ze suchozemských plžů byl nejpočetnější druh *Carychium minimum* s počtem 1868 nalezených jedinců, který se také vyskytoval na nejvíce lokalitách (42 ze 46). Nejméně početnými druhy byly *Columella edentula*, *Semilimax semilimax* a *Vitrina pellucida* se 2 zaznamenanými jedinci (viz Příloha 2, str. 56). Byly zaznamenány pouze 3 druhy nahých plžů a to *Arion fuscus*, *Deroceras agreste* a *D. laeve*. *Galba*

truncatula byla nejpočetnějším vodním plžem s 363 zaznamenanými jedinci na 34 lokalitách a od druhu *Gyraulus albus* byl nalezen pouze jeden jedinec. Vysokých počtů abundancí dosahovali mlži, všichni zástupci rodu *Pisidium*. Nejpočetnějším druhem bylo *P. casertanum* s 5435 nalezenými jedinci na 36 lokalitách, avšak *P. personatum* se 3250 zaznamenanými jedinci se vyskytovalo na 39 lokalitách. Nejméně početným mlžem byl druh *P. milium* se 393 jedinci na pouhých 3 lokalitách (viz Příloha 2, str. 56). Nejvyšších abundancí na lokalitách dosahovali mlži s mediánovou hodnotou 119, přičemž nejvyšší zaznamenaný počet byl 1034 jedinců. Mediánová hodnota počtu suchozemských plžů byla 94 s nejvyšším počtem 928, který byl odebrán na lokalitě č. 28 – PR Řeka a jednalo se o vzdálenou hodnotu (čísla lokalit korespondují s čísly v Příloze 1). Nejnižších početností dosahovali vodní plži s mediánovou hodnotou 9 a nejvyšší abundance byla potom 138 jedinců na lokalitě (viz Příloha 3, Obr. 3B). Počty jedinců na lokalitách shrnují Přílohy 2 a 3 (str. 56 a 58).



Obrázek 4. Krabicové diagramy znázorňující: A) počty druhů měkkýšů; B) počty jedinců měkkýšů. Krabicová část grafu znázorňuje mezikvartilové rozpětí, tučná čára medián a vousy neodlehle hodnoty. Grafické znázornění vztahu mezi faktory s nejvyšším korelačním koeficientem: C) negativní vztah mezi počtem druhů všech měkkýšů a rostoucí nadmořskou výškou; D) pozitivní vztah mezi počtem druhů všech měkkýšů a konduktivitou vody.

6.1.2 Glaciálně reliktní měkkýši

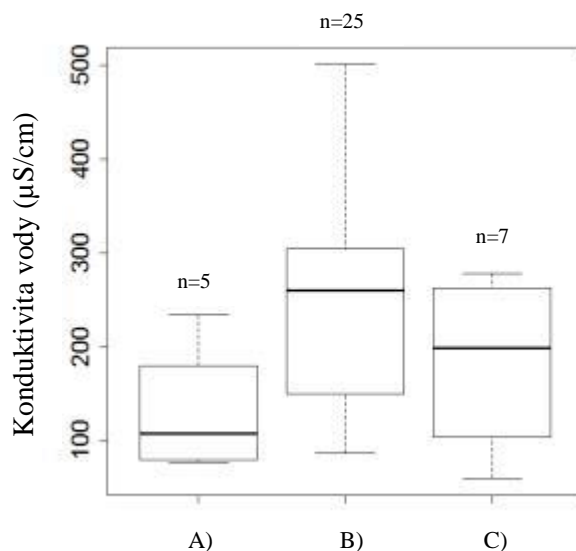
Vertigo geyeri byl zaznamenán celkem na 25 lokalitách, z nichž jednu (č. 4 – PR Louky u Černého lesa) sdílel s *Vertigo lilljeborgi* a jeho početnosti se lišily od 1 do 309 jedinců s mediánovou hodnotou 7 (dále nazývána také jako střední hodnota).

Počet doprovodných druhů kolísal mezi 7 až 18 se střední hodnotou 11. Značný rozptyl měly také hodnoty konduktivity vody na lokalitách, kde se druh vyskytoval a to mezi 59,8 až 410 s mediánovou hodnotou 202,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Podobně velké rozdíly byly zaznamenány u pH a adjusted pH vody ze studovaných lokalit (viz Tabulka 1, str. 49). *Vertigo lilljeborgi* byl nalezen na 5 zkoumaných lokalitách a jeho početnosti se lišily mezi 1 až 11 jedinci. Počet doprovodných druhů kolísal mezi 7 až 18 se střední hodnotou 13. Ve srovnání s předchozím druhem se *V. lilljeborgi* nacházel na lokalitách s menším rozptylem pH mezi 81,3 až 278 s nižší mediánovou hodnotou 107,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. *Nesovitrea petronella* byla nalezena na 7 lokalitách, z nichž 3 (PP Bahna, PP Kejtovské louky a PP Urbánkův palouk) hostily také populace *V. geyeri*. Počet doprovodných druhů kolísal mezi 5 až 16 se střední hodnotou 9.

Vertigo geyeri se nacházel na lokalitách s poměrně velkým rozpětím minerální bohatosti, zatímco *N. petronella* byla zaznamenána na minerálně chudších lokalitách. Naopak *V. lilljeborgi* preferoval lokality s nízkou koncentrací rozpuštěných minerálních látek (Obr. 5).

Tabulka 2. Tabulka uvádí počet doprovodných druhů a počet jedinců *Vertigo geyeri* nalezených na jednotlivých lokalitách včetně popisné statistiky těchto lokalit.

	Průměr	Medián	SD	Minimum	Dolní kvartil	Horní kvartil	Maximum
Nadmořská výška (m n. m.)	609,7	605	55,41	484	572	650	742
Průměrná lednová teplota (°C)	-3,4	-3,4	0,34	-4,1	-3,7	-3,2	-2,8
Průměrná červencová teplota (°C)	16	15,9	0,36	15,3	15,8	16,1	17,1
Roční srážkový úhrn (mm)	684,6	670	51,65	593	657	723	770
pH vody	6,54	6,39	0,45	5,94	6,24	6,7	7,94
Konduktivita vody ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	207,8	202,8	98,83	59,8	115,6	282	410
Adjusted pH	6,4	6,21	0,65	5,28	5,98	6,73	7,99
Počet jedinců	23	7	59	1	4	18	309
Počet doprovodných druhů	12	11	3	7	9	14	18



Obrázek 5. Krabicové diagramy znázorňující variabilitu minerální bohatost lokalit s výskytem A) *Vertigo lilljeborgi*, B) *Vertigo geyeri* a C) *Nesovitrea petronella*. Krabicová část grafu znázorňuje mezikvartilové rozpětí, tučná čára medián a vousy neodlehle hodnoty.

6.2 Gradienty ovlivňující druhové složení a výskyt glaciálně reliktních plžů

Tabulka 3 uvádí výsledky korelací abundancí měkkýšů a druhové bohatosti s měřeními vysvětlujícími faktory. Z výsledků je patrné, že s přibývajícím nadmořskou výškou klesá druhová bohatost měkkýšů (viz Obr. 4C). Tento vztah se projevil nejsilněji pro kategorii všech druhů měkkýšů a o něco slaběji pro suchozemské měkkýše. Významný vztah byl zjištěn také mezi počtem všech druhů měkkýšů a konduktivitou vody (Obr. 4D) a adjusted pH vody, který se projevil také na početnosti druhů suchozemských plžů. Samotné pH vody slabě korelovalo pouze s počtem druhů měkkýšů. Slabý, ale stále signifikantní vztah byl zjištěn mezi počtem jedinců všech měkkýšů a průměrnou lednovou teplotou. Zeměpisná délka signifikantně korelovala také s počtem druhů vodních měkkýšů a slaběji také s počtem jedinců vodních měkkýšů.

Tabulka 3. Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu mezi vysvětlujícími proměnnými a počty jedinců a počty druhů měkkýšů. Hladina významnosti: * <0,05; ** <0,01; *** <0,001. Signifikantní vztahy jsou tučně.

	Počet jedinců měkkýšů	Počet jedinců suchozemských plžů	Počet jedinců vodních měkkýšů	Počet druhů měkkýšů	Počet druhů suchozemských plžů	Počet druhů vodních měkkýšů
Zeměpisná šířka	0,022	0,130	-0,055	0,130	-0,118	-0,181
Zeměpisná délka	-0,150	0,198	-0,353*	-0,297*	-0,074	-0,458**
Nadmořská výška	-0,320	-0,281	-0,095	-0,462***	-0,429**	-0,189
Průměrná lednová teplota	0,199	0,046	0,137	0,377*	0,222	0,346
Průměrná červencová teplota	0,151	0,017	0,057	0,305	0,263	0,143
Roční srážkový úhrn	0,069	-0,026	0,066	0,210	-0,161	-0,159
pH vody	0,142	0,172	-0,014	0,310*	0,215	0,258
Konduktivita vody	0,160	0,357*	-0,044	0,391**	0,309*	0,260
Adjusted pH	0,201	0,223	0,039	0,389**	0,258*	0,334

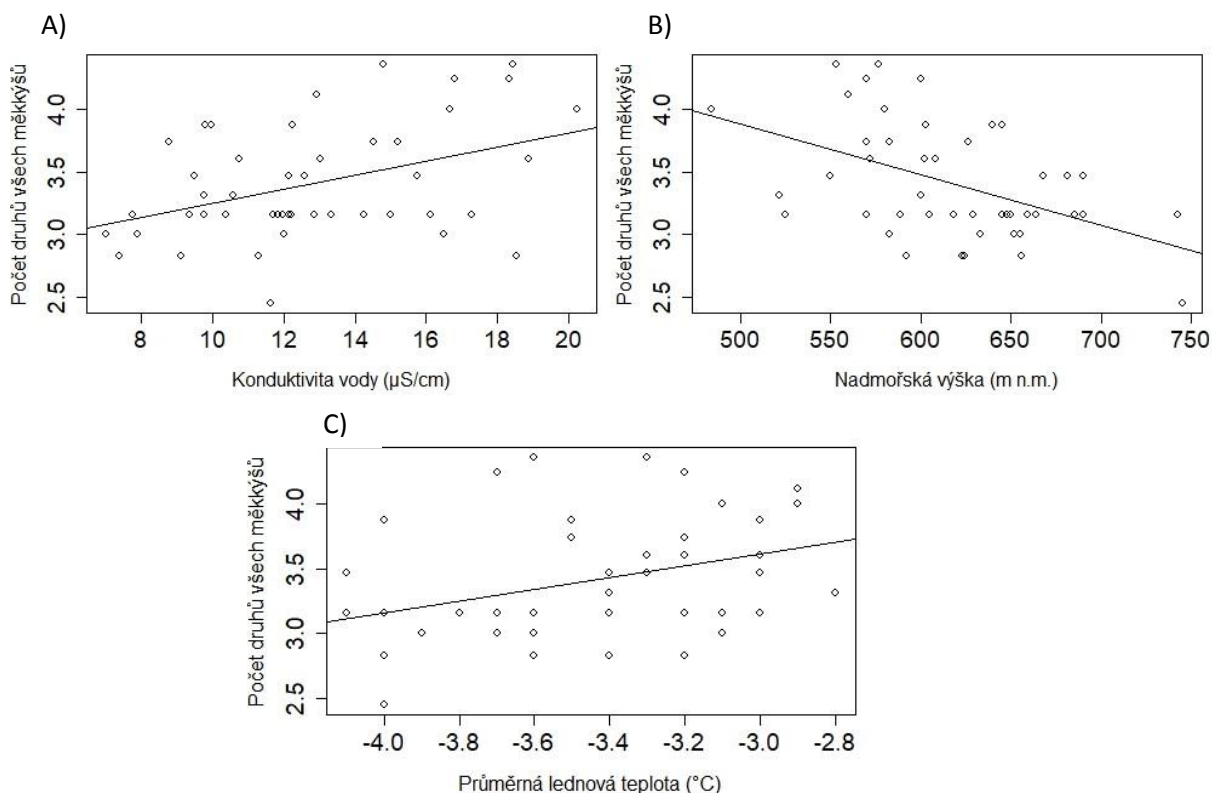
Pomocí lineární regrese byla testována závislost mezi počty druhů a jedinců a vysvětlujícími faktory. Signifikantní lineární závislost, která vysvětlila nejvíce variability, byla zjištěna mezi počtem druhů všech měkkýšů a nadmořskou výškou (viz Obr. 6B). Průkazný vztah byl nalezen také mezi počtem druhů měkkýšů a konduktivitou vody (Obr. 6A) a průměrnou lednovou teplotou (Obr. 6C), přičemž v posledním jmenovaném případě se jednalo o negativní trend. Tabulka 4 shrnuje signifikantní prediktory (nadmořská výška a konduktivita), které vysvětlily nejvíce variability v druhové početnosti měkkýšů mnohonásobnou regresí (téměř 29% celkové variability).

Tabulka 4. Mnohonásobný lineární regresní model vztahu počtu druhů všech měkkýšů k nadmořské výšce a konduktivitě vody. Hladina významnosti: * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

	Koeficient	F-test	Hodnota p	Adj R ² (%)
Intercept	4,951	-	-	-
Nadmořská výška	-0,004	0,001	0,0007	21,4
Konduktivita vody	0,055	0,018	0,004	7,3
Celkově				28,7

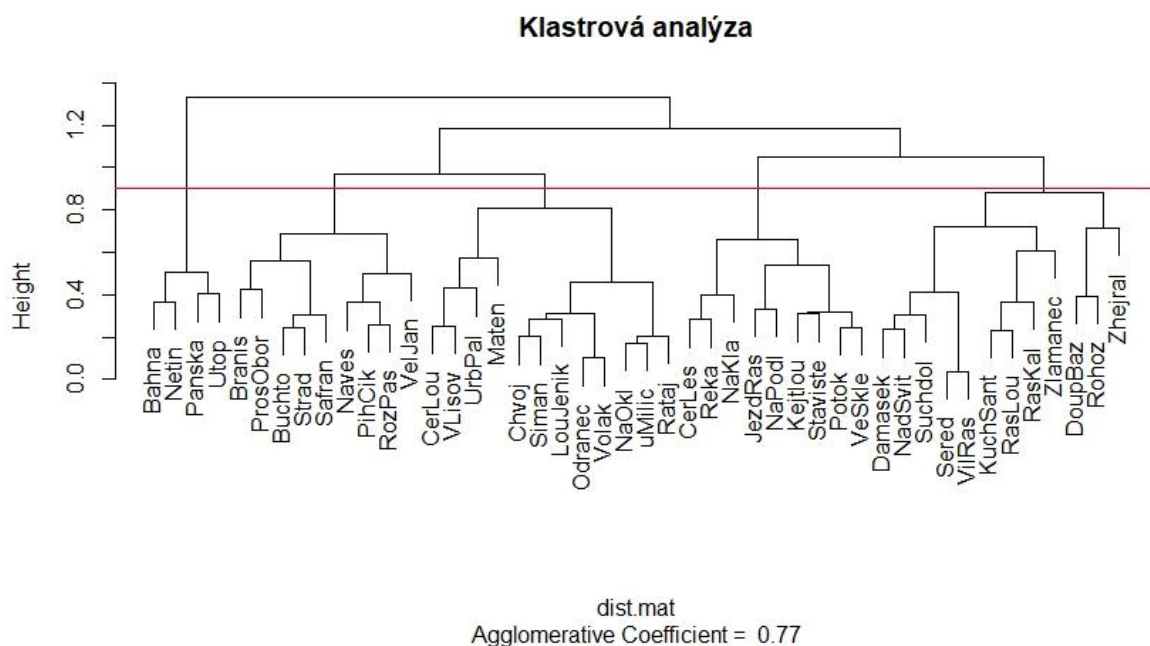
Studované lokality byly rozděleny do pěti shluků pomocí klastrové analýzy a tyto shluky byly následně promítnuty do výsledků pozice lokalit na základě mnohorozměrného škálování (MDS). Obě tyto metody podaly shodné výsledky (srovnej Obr. 7 a 8). Pro tyto shluky byly následně vybrány indikátorové druhy.

Výsledky MDS naznačují, že druhové společenstvo měkkýšů je ovlivněno dvěma hlavními gradienty, znázorněnými prvními dvěma osami (MDS 1 a MDS 2), které vysvětlují 16,8 % a 10,2 % variability, v tomto pořadí. První osa je nejsilněji spjata se zeměpisnou délkou a druhá odráží minerální bohatost lokalit (Tabulka 5). Z Obrázku 9 je patrné, že druh *Nesovitrea petronella* je nejsilněji ovlivněn zeměpisnou délkou, slaběji jsou potom ovlivněny druhy *Deroceras laeve* a *Nesovitrea hammonis*. V horní části diagramu se vyčlenil *Vertigo lilljeborgi*, což odráží afinitu druhu k minerálně chudým stanovištím a naopak ve spodní části se umístily druhy preferující bazická slatiniště *Cochlicopa lubrica*, *Carychium tridentatum* a *Vertigo geyeri*.



Obrázek 6. Grafy znázorňují závislost mezi počtem všech druhů měkkýšů a A) konduktivitou vody, přímka znázorňuje proložení dat konečným modelem (lm; $F = 9,2$; adj $R^2 = 15,4 \%$; $p < 0,01$); B) nadmořskou výškou, přímka znázorňuje proložení dat konečným modelem (lm; $F = 13,26$; adj $R^2 = 21,4 \%$; $p < 0,001$); C) průměrnou lednovou teplotou, přímka znázorňuje proložení dat konečným modelem (lm; $F = 6,3$; adj $R^2 = 10,5 \%$; $p < 0,05$). Proměnné počet druhů měkkýšů a konduktivita vody byly upraveny přirozeným logaritmem.

Shluk A obsahuje kyselější, minerálně chudší lokality s adjusted pH 5,28–5,88; (medián 5,77). Pro tento shluk, který čítá pouze 4 lokality, byl vybrán jako indikátorový druh *Nesovitrea petronella* ($IV=0,79$; $p=0,001$; viz Tabulka 6), který byl nalezen na všech těchto lokalitách. Jedná se o jediný shluk, u kterého je výrazný geografický vzorec (Obr. 8). Lokality hostí 5–9 (medián 6,5) druhů suchozemských plžů (dále jen druhů) a na všech jsou přítomny euryvalentní druhy *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum* a *Vertigo substriata*.

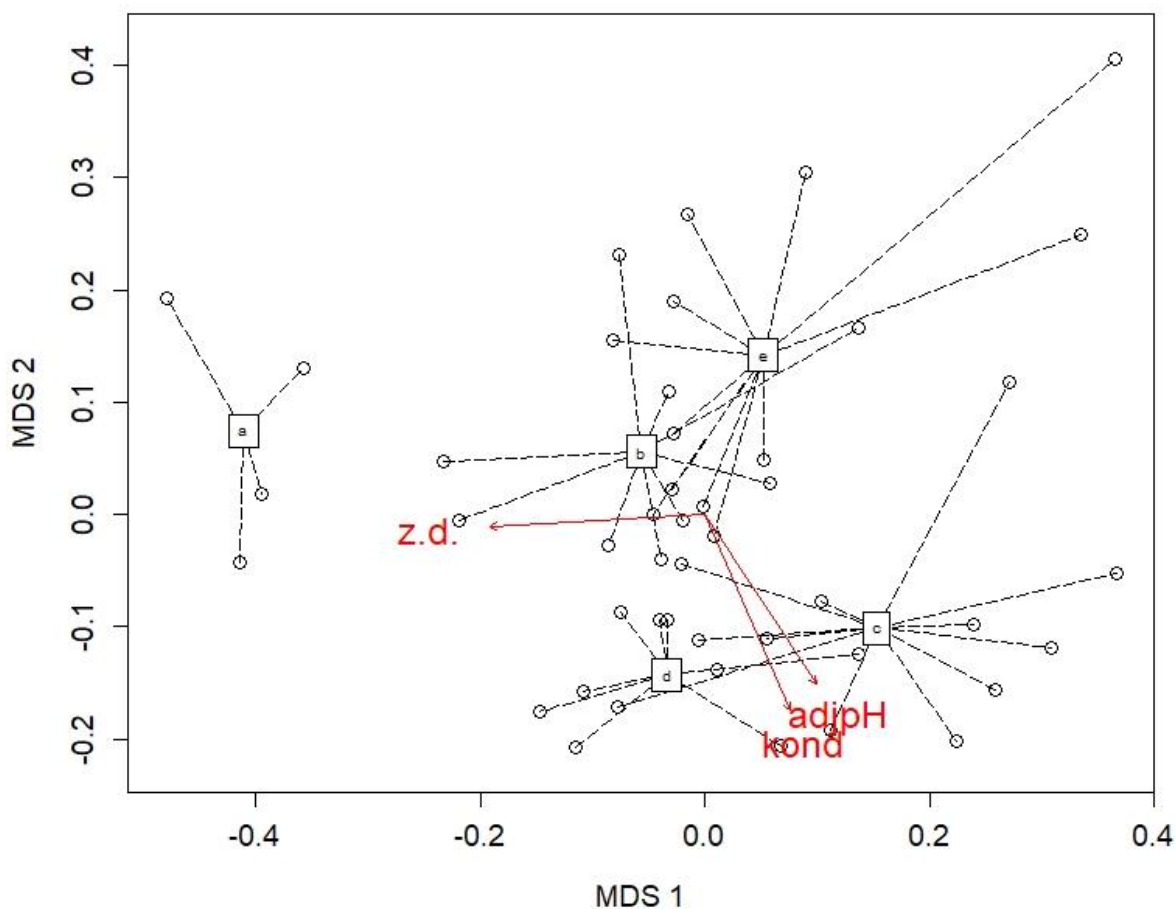


Obrázek 7. Výsledek klastrové analýzy znázorňující rozdělení lokalit podle distribuce druhů suchozemských ulitnatých plžů.

Lokality náležející do skupiny B mají velký rozptyl v adj. pH 5,26–7,99 (medián 6,05) a vyskytuje se zde 5–9 (medián 7) druhů. Analýza neukázala žádný druh jako indikátorový pro tento soubor lokalit a na diagramu MDS nevykazují téměř žádné ovlivnění testovanými prediktory (Obr. 8). Mezi nejpočetněji zastoupené druhy patřily ubikvistní *N. hammonis* a *V. substriata* včetně vlhkomilných *Carychium minimum* a *Euconulus praticola*.

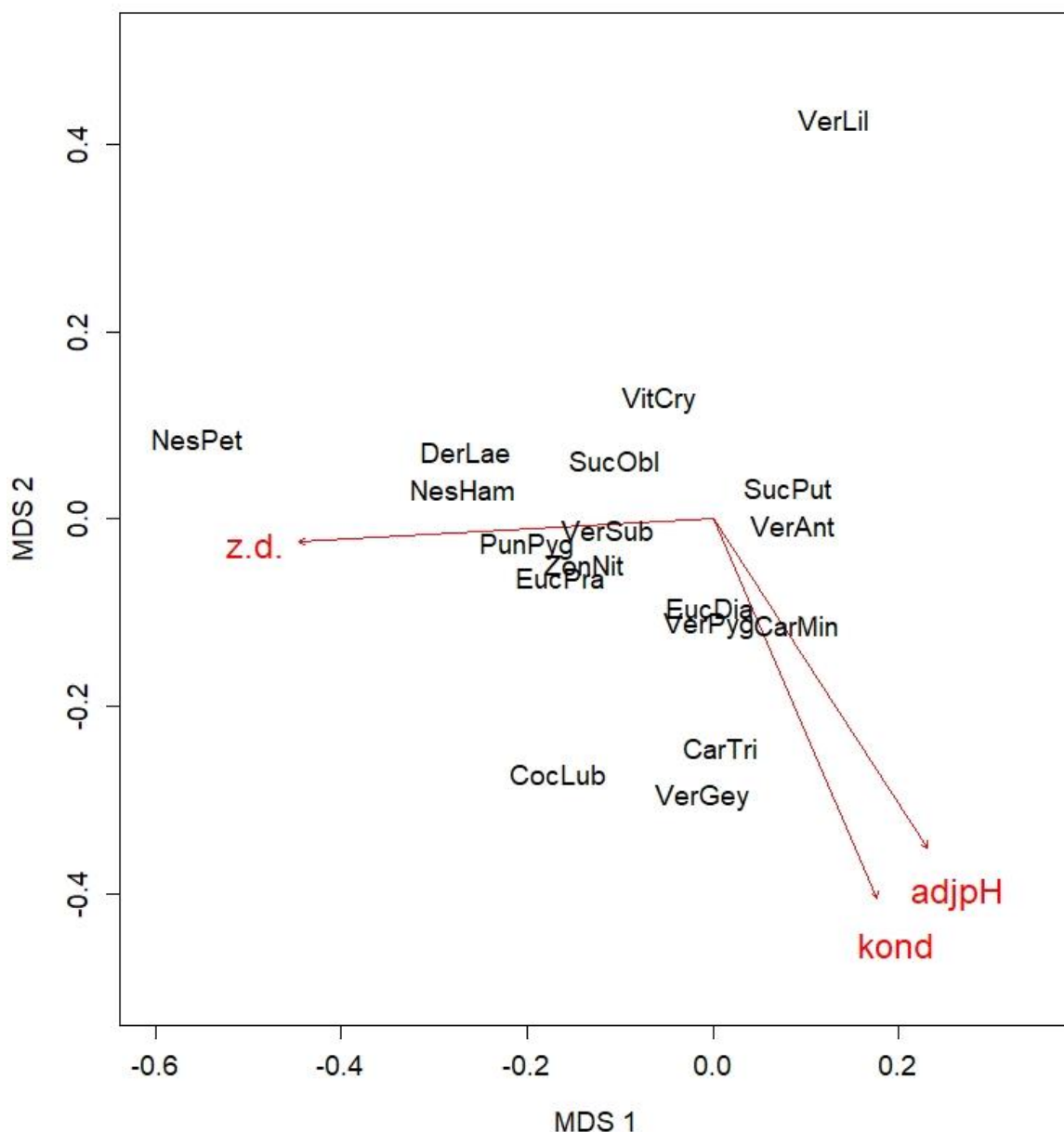
Agregace lokalit C se v rámci studovaných lokalit řadí mezi zásaditější s adj. pH 5,48 až 7,09 (medián 6,14), což odpovídá umístění blíže zásaditému konci gradientu (Obr. 8). Analýza nevybrala žádný druh jako indikátorový, avšak *Vertigo geyeri* s relativní abundancí 43% nalezených jedinců a s výskytem na všech těchto lokalitách je tomuto označení nejblíže. Lokality hostí 5–9 druhů (medián 7), přičemž na všech byli přítomni *Vertigo antivertigo* a *C. minimum*, hojně byly také druhy *E. praticola*, *N. hammonis* a *V. substriata*.

Do shluku D byly zařazeny nejbazičtější lokality s adj. pH 6,07–7,37 (medián 6,9), které jsou zároveň druhově nejbohatší (10–16 druhů, medián 12) s nejvyššími počty nalezených jedinců (viz Příloha 3, str. 58) a na grafu MDS se shluk umístil blízko bazického konce gradientu (Obr. 8). Jako indikátorové druhy byly vyhodnoceny *Cochlicopa lubrica* (IV=0,46; p=0,008), *V. geyeri* (IV=0,43; p=0,006) a *V. antivertigo* (IV=0,36; p=0,001; viz Tabulka 6).



Obrázek 8. Diagram mnohorozměrného škálování (MDS) znázorňující pozici lokalit podél první (MDS 1) a druhé (MDS 2) ordinační osy na základě druhové skladby suchozemských ulitnatých plžů studovaných lokalit. Lokality jsou rozděleny do shluků podle výsledku klastrové analýzy (Obr. 6). Červeně jsou uvedeny signifikantní faktory ovlivňující výskyt druhů měkkýšů (z. d. - zeměpisná délka; adjpH - adjusted pH; kond - konduktivita vody).

Shluk E sdružuje kyselejší lokality s hodnotou adj. pH 5,06–7,09 (medián 5,91). Druhová početnost se pohybuje mezi 4 až 11 (medián 7,5) a umístění na diagramu MDS odráží minerálně chudou povahu lokalit (Obr. 8). Jako indikátorové druhy byly vybrány *Vitrea crystallina* (IV=0,41; p=0,01; viz Tab. 6) a *Vertigo lilljeborgi*. Vysokých početností na těchto lokalitách dosahovaly také hygrofilní druhy *Succinea putris* a *Zonitoides nitidus*.



Obrázek 9. Diagram mnohorozměrného škálování (MDS) založeného na druhovém složení suchozemských ulitnatých plžů (stejná analýza jako v případě Obr. 7). První osa (MDS 1) vysvětlila 16,8 % a druhá osa (MDS 2) 10,2 % variability. Počty jedinců byly upraveny přirozeným logaritmem. Červeně jsou uvedeny signifikantní faktory ovlivňující výskyt druhů měkkýšů (z. d. - zeměpisná délka; adjpH - adjusted pH; kond - konduktivita vody). Jako zkratky druhů jsou uvedeny první tři písmena z jejich rodového a druhového vědeckého názvu (NesPet – *Nesovitrea petronella*, NesHam – *Nesovitrea hammonis*, DerLae – *Deroceras laeve*, VitCry – *Vitrea crystallina*, SucObl – *Succinella oblonga*, VerSub – *Vertigo substriata*, SucPut –

Succinea putris, VerAnt – *Vertigo antivertigo*, PunPyg – *Punctum pygmaeum*, EucPra – *Euconulus praticola*, ZonNit – *Zonitoides nitidus*, CarMin – *Carychium minimum*, CarTri – *Carychum tridentatum*, VerLil – *Vertigo lilljeborgi*, VerGey – *Vertigo geyeri*, CocLub – *Cochlicopa lubrica*). Do analýzy byly použity pouze druhy s výskytem na třech a více lokalitách.

Tabulka 5. Mnohonásobná regrese vysvětlujících proměnných a počtu druhů měkkýšů na prvních dvou osách MDS. Nejvyšší regresní koeficienty signifikantních proměnných jsou tučně. Hladina významnosti: * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

Proměnná	MDS 1	MDS 2	r ²
Zeměpisná šířka	-0,98	-0,19	0,11
Zeměpisná délka	-0,99	-0,05	0,21**
Nadmořská výška	-0,66	0,75	0,07
Průměrná lednová teplota	0,95	-0,31	0,12
Průměrná červencová teplota	0,97	-0,23	0,07
Průměrná roční teplota	0,89	-0,45	0,06
Roční srážkový úhrn	-0,98	0,17	0,06
pH vody	0,58	-0,81	0,12
Konduktivita vody	0,4	-0,91	0,21**
Adjusted pH	0,55	-0,84	0,18*

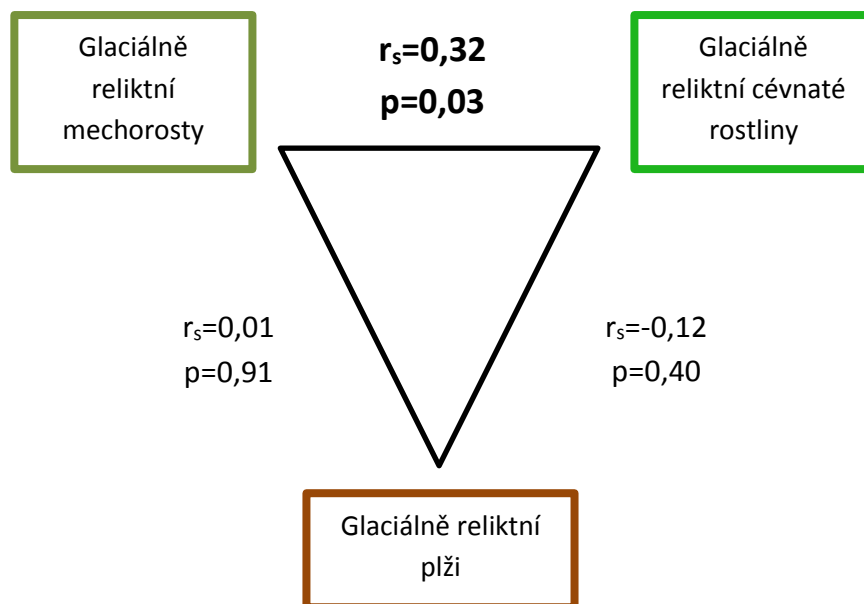
Tabulka 6. Druhy, které byly vyhodnoceny jako signifikantně indikátorové pro jednotlivé shluky vytvořené klastrovou analýzou. Shluky lokalit jsou uvedeny v Obrázku 6.

Druh	Shluk	Indikátorová hodnota (IV)	Hodnota p
<i>Nesovitreia petronella</i>	1	0,79	0,001
<i>Punctum pygmaeum</i>	1	0,35	0,020
<i>Cochlicopa lubrica</i>	4	0,46	0,007
<i>Vertigo geyeri</i>	4	0,43	0,007
<i>Succinea putris</i>	4	0,37	0,020

Druh	Shluk	Indikátorová hodnota (IV)	Hodnota p
<i>Vertigo antivertigo</i>	4	0,36	0,001
<i>Vallonia pulchella</i>	4	0,33	0,020
<i>Carychium minimum</i>	4	0,30	0,001
<i>Eucobresia diaphana</i>	4	0,28	0,049
<i>Vitrea crystallina</i>	5	0,41	0,015

6.3 Indikační potenciál glaciálně reliktních mechorostů a cévnatých rostlin pro výskyt reliktních plžů

Vztah mezi výskytem cévnatých rostlin a plžů vyšel nesignifikantně stejně jako vztah mezi výskytem mechorostů a plžů. Výsledky prokázaly slabý signifikantní vztah pouze mezi výskytem cévnatých rostlin a mechorostů (viz Obr. 10).



Obrázek 10. Spearmanovy korelace mezi výskytem glaciálně reliktních mechorostů, cévnatých rostlin a plžů.

7. Diskuze

7.1 Druhová bohatost slatinišť Vysočiny a faktory, které ji ovlivňují

Na slatiništích Českomoravské vrchoviny bylo zaznamenáno celkem 38 druhů měkkýšů, z nichž 35 lze považovat za typické slatiništní druhy nebo které na těchto stanovištích tvoří stabilní a dlouhodobé populace. Ve srovnání se studii z jiných částí temperátní Evropy se studovaná oblast řadí spíše mezi druhově chudší. Srovnatelná je např. se slatiništi z Bulharska, kde bylo nalezeno 44 druhů na 40 lokalitách (HORSÁK et al. 2011) nebo s oblastí ve Skandinávii (42 druhů na 40 lokalitách; SCHENKOVÁ et al. 2015). Druhově mnohem bohatší slatiniště se však nachází ve vnějších Západních Karpatech (57 druhů na 48 lokalitách; HORSÁK & HÁJEK 2003). Zmíněné studie, se kterými jsou výsledky porovnávány, však byly prováděny na lokalitách s rozsahem po celém gradientu minerální bohatosti včetně vápnatých slatinišť, které hostí nejbohatší měkkýší společenstva (např. HORSÁK & HÁJEK 2003) a která jsou na Vysočině zastoupena pouze dvěma lokalitami (PR Řeka a Na Klátově) a z tohoto důvodu je studovaná oblast druhově chudší v porovnání s ostatními.

Lokalit s nejvyšším počtem druhů (≥ 15) se v oblasti nacházelo deset a šlo patrně o nejzachovalejší fragmenty slatinišť, v minulosti zabírajících ve studované oblasti výrazně větší rozlohu. Ve většině případů se jednalo o lokality minerálně bohaté (např. PP Louky u Černého lesa nebo Na Klátově). Výjimku tvořily lokality PR Damašek (adjusted pH 5,58) a PR Šimanovské rašeliniště (adj. pH 6,18). U první zmíněné lokality za vyšší početnost (15 druhů) může zřejmě zachovalost lokality a u druhé lokality, která hostí také 15 druhů, je sedm vodních a druhovou početnost lze tedy vysvětlit vyšší hladinou podzemní vody (nepubl. data). Nejčastější byly lokality (celkem 27) s průměrným počtem 10-14 spp. Tato kategorie se vyznačuje poměrně velkým rozptylem v adj. pH (5,49–7,36) a je pravděpodobné, že druhová bohatost je ovlivněna kombinací několika faktorů. Mezi ně patří např. historický vývoj biotopu a poškození vodního režimu stanovišť, jež vede k ochuzení malakofauny (např. VENTERINK et al. 2001 a WASEN et al. 2005). Do kategorie druhově chudých lokalit (<10 druhů) spadá devět lokalit, z nichž se většina vyznačuje nízkým adj. pH (<6,0). Vyšší minerální bohatost se vyznačují PP Zlámanec, PP Urbánkův palouk a Velké Janovice (adj. pH 6,12; 6,73 a 7,99, v tomto pořadí). První zmíněná lokalita je

pravděpodobně negativně ovlivněna historickým vývojem, což nelze říci o druhé, na které jsou přítomny hned dva glaciálně reliktní plži *Vertigo geyeri* a *Nesovitrea petronella*. Nízký počet druhů vyskytujících se na lokalitě Velké Janovice lze pravděpodobně vysvětlit velmi malou rozlohou, jež limituje imigraci druhů (HÁJEK et al. 2011a).

Nadmořská výška se projevila jako faktor nejsilněji korelovaný s druhovou bohatostí měkkýších společenstev (Tabulka 3, Obr. 6C) a závislost se projevila také v regresní analýze, kde tento vztah vysvětlil 21,4 % variability (Obr. 6A). Trend klesající biodiverzity měkkýšů s rostoucí nadmořskou výškou byl zaznamenán také v několika předchozích studiích (např. BISHOP 1977, CAMERON & GREENWOOD 1991, HORSÁK & CERNOHORSKY 2008). V práci HORSÁK et al. (2011), která se zabývá společenstvy měkkýšů na Bulharských slatiništích, byl zjištěn efekt nadmořské výšky pouze na abundance měkkýšů, jež v této práci nebyl prokázán (Tabulka 3). Stojí za to poukázat také na fakt, že efekt nadmořské výšky je patrný i v tak malém rozpětí (484–745 m n. m.), v jakém se nacházejí studované lokality.

Dalším z hodnocených prediktorů se signifikantním vlivem je konduktivita vody (Tabulka 3, Obr. 6D). Trend rostoucí druhové bohatosti se stoupající konduktivitou je v souladu s již provedenými výzkumy zaměřenými na společenstva slatiništních měkkýšů (POKRYSZKO 1993, HORSÁK & HÁJEK 2003, HORSÁK 2006). Tento vztah je patrný také v lineární závislosti (Obr. 6A), kde vysvětlil 15,4% celkové variability. Jak je již dlouho známo, druhové bohatství měkkýšů roste se zvyšující se koncentrací vápníku v prostředí (např. WAREBÖRN 1970 a WALDÉN 1981) a tento obsah je na zvodnělých biotopech možné nepřímo měřit pomocí konduktivity vody (SJÖRS & GUNNARSSON 2002, HÁJEK et al. 2005). V některých pracích (HORSÁK & HÁJEK 2003, SCHENKOVÁ et al. 2015) patřilo pH vody k nejsilnějším abiotickým prediktorům druhového bohatství. V práci HORSÁK (2006) se autor detailně zabývá vztahem mezi pH a konduktivitou a z jeho závěrů vyplývá, že oba tyto faktory samostatně platí za spolehlivé nepřímé ukazatele obsahu rozpuštěného vápníku ve vodě. Výjimku ovšem tvoří extrémně minerálně bohaté lokality, které se však na Vysočině nenachází. Výsledky diplomové práce naznačují, že v oblasti Vysočiny platí za spolehlivější proxy koncentrace vápníku ve vodě konduktivita, potažmo adjusted pH, což je kombinace pH a konduktivity, protože mezi těmito faktory a počtem jedinců všech měkkýšů byla nalezena těsnější a silnější vazba, než v případě samotného pH (Tabulka 3, Obr. 6C). Vyšší pH totiž

mnohdy nemusí souviset s vyšší koncentrací vápníku a může být ovlivněno např. pohybem vody (SPARLING 1966, TAHVANAINEN & TUORMAALA 2003). Je nutno podotknout, že výše diskutované faktory byly silněji korelovány s celkovým počtem druhů měkkýšů než s počtem druhů suchozemských měkkýšů. Naopak ve studii HORSÁK et al. (2011) lépe korelovaly prediktory s druhovým bohatstvím pouze suchozemských měkkýšů. Lineární model kombinující faktory nadmořská výška a konduktivita, vložený do mnohonásobné regrese, vysvětlil největší podíl (téměř 29%) variability v datech (Tabulka 4), což podtrhuje výsledky výše uvedených analýz.

Zaznamenaný negativní vliv nižší lednové teploty na druhovou bohatost byl již dříve pozorován na skandinávských slatiništích (např. ANDERSEN & HALVORSEN 1984, HAUSDORF & HENNING 2003), ve Skotsku (BISHOP 1977, CAMERON & GREENWOOD 1991) a ve východní Evropě (SCHENKOVÁ et al. 2014). Snadněji měřitelná lednová teplota je mnohdy používána jako proxy komplexnějších a silně korelovaných charakteristik jako např. délka dormance nebo aktivity. Negativní vliv tohoto faktoru však může být kompenzován pozitivním vlivem minerální bohatosti stanoviště, SCHENKOVÁ et al. (2015) totiž studovali téměř identické společenstvo měkkýšů v jižní Skandinávii jako Nilsson (1978) na severu Švédska.

Jediným faktorem, se kterým byl signifikantně korelovaný počet druhů vodních měkkýšů, je zeměpisná délka (Tabulka 3). Většina druhů vodních měkkýšů vyskytujících se na slatiništích patří mezi druhy se širokou ekologickou valencí. U druhu *Pisidium obtusale* byla například pozorována afinita pro více zvodnělé a přeplavované (topogenní) lokality (SCHENKOVÁ et al. 2015). Druhy *Pisidium casertanum* a *Pisidium personatum* byly na slatiništích pozorovány téměř po celé délce gradientu minerální bohatosti (HORSÁK & HÁJEK 2003). V této práci autoři také zjistili, že s přibývajícím sklonem terénu ubývá druhů vodních měkkýšů. Zvýšený sklon terénu totiž způsobuje rychlejší odtékání vody a tím pádem i méně prostoru pro vodní měkkýše. Na většině lokalit v západní části studované oblasti byla naměřena vyšší hladina podzemní vody (nepubl. data), jde tedy pravděpodobně o více zvodnělé biotopy, ve kterých se vodním měkkýšům lépe daří.

7.2 Ekologické nároky a frekvence výskytu jednotlivých druhů

Na téměř všech lokalitách (42 ze 46) se vyskytoval silně vlhkomilný suchozemský druh *Carychium minimum*, který je schopný tolerovat i kyselejší stanoviště. Tento druh patří mezi dominantní také na slatiništích západních Karpat až po lokality v severní Skandinávii (HORSÁK & HÁJEK 2003, SCHENKOVÁ 2012, WELTER-SCHULTES 2012) ovšem s výjimkou Bulharska, kde byl tento druh nalézán velmi vzácně (HORSÁK et al. 2011). Velmi hojně se na studovaných lokalitách vyskytovaly také vlhkomilné mokřadní druhy *Nesovitrea hammonis*, *Euconulus praticola*, *Vertigo antivertigo* a *Vertigo substriata* (na 36, 38, 38 a 39 lokalitách, v tomto pořadí), které jsou rovněž velice běžné na skandinávských, polských a západokarpatských slatiništích (HORSÁK & HÁJEK 2003, SCHENKOVÁ 2012). Hojně se vyskytující druhy jsou *Cochlicopa lubrica*, *Vertigo geyeri*, *Vitrea crystallina*, *Zonitoides nitidus* a *Puncum pygmaeum* (na 15, 25, 23, 16 a 28 lokalitách, v tomto pořadí). *Vertigo geyeri* je ve střední Evropě rozšířen pouze ostrůvkovitě, především na Karpatských slatiništích (podrobněji v kapitole 4.1), tudíž je poměrně četný výskyt na Vysočině významným zjištěním (glaciálně reliktní plži jsou pojednáni samostatně v kapitole 7.4). *Cochlicopa lubrica* a *Z. nitidus* patří mezi euryvalentní druhy schopné tolerovat i nižší koncentrace vápníku, které jsou průběžně rozšířené v celé Evropě. Dle jejich výskytu lze soudit, že ekologické optimum těchto plžů leží blíže bazického konce minerálního gradientu (HORSÁK 2008, WELTER-SCHULTES 2012). Mezi nejhojněji zastoupené vodní plže patří *Galba truncatula* a *Radix labiata* (na 34 a 17 lokalitách, v tomto pořadí). Jedná se o druhy rozšířené po celé republice, obývající stojaté i tekoucí vody (HORSÁK et al. 2013), z nichž první jmenovaný je velmi hojný i v Západních Karpatech a ve Skandinávii. Druhý jmenovaný plž se na těchto biotopech vyskytuje také poměrně běžně (HORSÁK & HÁJEK 2003, SCHENKOVÁ 2012). Ze zástupců vodních mlžů byly zdaleka nejpočetnější druhy *Pisidium casertanum* a *Pisidium personatum* (na 36 a 39 lokalitách, v tomto pořadí), které dominovaly v celkové početnosti (Příloha 2, str. 56) a také často tvořily velmi početné populace na jednotlivých lokalitách (Příloha 3, str. 58). Jedná se o nejhojnější zástupce rodu, schopné obývat i semiterestrické habitaty, jakými jsou slatiniště a různé mokřady, na nichž se běžně vyskytují ve vysokých počtech (např. HORSÁK & HÁJEK 2003, HORSÁK & CERNOHORSKY 2008). Například prameniště Západních Karpat jsou velmi hojně obývána druhem *P. personatum* a početně také *P. casertanum* (HORSÁK & HÁJEK

2003). Podobně hojně se tyto druhy vyskytují na slatiništích v Polsku, přičemž ve Skandinávii se zdá, že první jmenovaný druh tyto biotopy neobývá a druhý druh tvoří méně početné populace v porovnání se středoevropskými populacemi (SCHENKOVÁ 2012).

Za významný lze považovat nález druhu *Platyla polita* na lokalitě PR Na Podlesích (lokalita č. 17). Jedná se o plže obývajících minerálně bohaté a suťové lesy (např. KERNEY & CAMERON 1979, HORSÁK et al. 2013), u kterého je ale známo, že dokáže žít také na minerálně bohatých slatiništích, na která proniká z přilehlého lesnatého okolí (LACINA 2010). Při průzkumech prováděných v CHKO Žďárské vrchy však tento druh nebyl nalezen (DRVOTOVÁ et al. 2008), ačkoli se tam pro něj nachází vhodné biotopy. Nejbližší oblastí se známým výskytem v rámci Vysočiny tak jsou Železné hory (LOŽEK 1992), i když je pravděpodobné, že se v oblasti vyskytuje na více lokalitách. Za zmínku stojí také výskyt obyvatele pramenných biotopů *Bythinella austriaca*, jenž se v rámci České republiky vyskytuje hojněji pouze na Moravě, zejména v krasových oblastech a na východě Čech (HORSÁK et al. 2013), roztroušeně potom v okolí Prahy (BERAN 2010). V Červeném seznamu je druh veden jako téměř ohrožený (NT; BERAN, JUŘIČKOVÁ & HORSÁK 2017) a ze zkoumaných lokalit je *B. austriaca* přítomná na třech lokalitách, z nichž nejpočetnější populace byla zaznamenána na lokalitě PR Na Podlesích (lokalita č. 17; 108 živých jedinců). Na lokalitách U Šeredů a PR Vílanecké rašeliniště (lokality č. 32 a 42) bylo zaznamenáno pouze po jedné prázdné schránce. Téměř všechny známé lokality z Vysočiny se nacházejí podél řeky Jihlavy a jsou shrnuty v práci BERAN (2017).

Mezi druhy zařazené do soustavy NATURA 2000 patří mimo *V. geyeri* také *Vertigo angustior*, jehož sporý výskyt ve studované oblasti lze vysvětlit nedostatkem minerálně bohatých stanovišť (viz Kapitola 3.2). Jedná se o druh, který v České republice obývá vápnitá slatiniště a břehové porosty a souvisleji se vyskytuje pouze ve středních Čechách a v jižní části flyšových Karpat (HORSÁK et al. 2013). Na bazických slatiništích Na Klátově a PR Řeka (lokality č. 15 a 28) bylo nalezeno několik živých jedinců (18 a 5, v tomto pořadí), avšak na lokalitě PP Rašelinná louka u Proseče-Obořiště byla zaznamenána pouze jedna prázdná schránka. Jelikož byl odběr vzorku proveden přímo na slatiništi, je možné, že populace druhu žije na ekotonu slatiniště a přilehlé louky. V takovém prostředí se totiž podle CAMERON et al. (2003) tento plž často vyskytuje. Pouze na bazičtějších lokalitách se vyskytují také druhy *Oxyloma elegans* (PP Buchtovka, Na Klátově a PR Řeka, lokality č. 3, 15

a 28) a *Vallonia pulchella* (PP Louky u Černého lesa, Na Klátově a PR Řeka, lokality č. 4, 15 a 28). U těchto druhů je známé, že jejich ekologické optimum zahrnuje vysokou minerální bohatost stanoviště (HORSÁK 2006), proto jsou v této oblasti tak vzácné. Podobně je tomu u druhu *Columella edentula*, který byl na Vysočině zaznamenán pouze na minerálně bohaté lokalitě PR Řeka (lokality č. 28), jež se např. v oblasti západních Karpat vyskytuje na vápencových prameništích poměrně hojně (HORSÁK & HÁJEK 2003). Tento vlhkomilný druh je znám ze zkoumané oblasti ještě z dalších čtyř lokalit (DRVOTOVÁ et al. 2008) a je velice pravděpodobné, že je na území Vysočiny rozšířenější, než je známo, ovšem mimo slatinné biotopy.

Deroceras agreste byl zaznamenán celkem na třech lokalitách (PP Návesník, PP Šafranice a Staviště, lokality č. 18, 31 a 34). Jedná se o významného polního škůdce, který sice obývá vlhčí stanoviště (HORSÁK et al. 2013), avšak je velice pravděpodobné, že se na lokality dostal z přilehlé zemědělské plochy. *Semilimax semilimax* je druh primárně se vyskytující ve vlhkých lesních stanovištích (HORSÁK et al. 2013). Na lokalitě Staviště (č. 34) byl nalezen jeden živý jedinec a jedna prázdná schránka a lze předpokládat, že sem pronikl z přilehlého smíšeného lesa. Podobná situace nejspíše nastala u druhu *Vitrina pellucida* na lokalitě Panská (č. 21), velmi euryvalentního plže s palearktickým rozšířením, který obývá celou škálu biotopů (např. SYSOEV & SCHILEYKO 2009, WELTER-SCHULTES 2012) a poměrně často se vyskytuje na slatiništích ve vnějších i vnitřních západních Karpatech (HORSÁK & HÁJEK 2003, HORSÁK & CERNOHORSKY 2008). V oblasti Vysočiny byl však tento druh nalezen pouze na jedné ze zkoumaných lokalit v počtech jednoho živého jedince a jedné prázdné schránky, proto v této oblasti pravděpodobně slatiniště neobývá, ačkoli např. v oblasti Žďárských vrchů je znám hned z několika synantropních i přírodních lokalit, ovšem vyjma slatinišť (DRVOTOVÁ et al. 2008). *Arion fuscus* je vlhkomilný, především lesní druh s výskytem po celé České republice, známý ze Žďárských vrchů z vysokého počtu přírodních i antropogenních stanovišť (DRVOTOVÁ et al. 2008). Z jeho výskytu pouze na jednom slatiništi (PP Utopenec, lokalita č. 39) je patrné, že taktéž nepatří ke stálým obyvatelům a na stanoviště se nejspíš dostal z přilehlého lesa. Poslední druh, který nepatří mezi běžné obyvatele slatin, je *Gyraulus albus*, který byl nalezen na lokalitě č. 33 (PR Šimanovské rašeliniště). Nejde však o první nález tohoto druhu na slatiništi, protože HORSÁK & CERNOHORSKY (2008) jej ve své studii zaznamenali taktéž na jediné lokalitě. Absence životaschopných populací na slatiništích však naznačuje, že jde o náhodný dálkový výsadek.

7.3 Druhová skladba malakofauny Vysočiny

Zajímavým zjištěním této studie je, že nejvíce variability (16,8 %) v MDS analýze bylo vysvětleno zeměpisnou délkou, spjatou s první osou (MDS 1, Obr. 9). Větší část populací druhů, které v mnohorozměrné analýze odráží geografický vliv, se nachází na východě studovaného území. Je proto možné, že se na východě území nachází zachovalejší biotopy, protože většina těchto lokalit leží v CHKO Žďárské vrchy a CHKO Železné hory (Obr. 1). V MDS analýze se sice odrazila zeměpisná délka, ale pro úplnost je nutné dodat, že tyto lokality leží na severovýchodě zkoumaného území. Druhá osa MDS diagramu odráží efekt minerální bohatosti na druhovou skladbu a vysvětluje 10,2 % variability v datech (Obr. 9).

Nesovitrea petronella byla zvolena jako indikátorový druh klastru A tvořeného pouze čtyřmi lokalitami z celkového počtu sedmi lokalit s přítomností druhu (Tabulka 6). Z diagramu MDS vyplývá, že výskyt druhu je ovlivněn zeměpisnou délkou, jelikož šest ze sedmi lokalit s výskytem *N. petronella* leží ve východní části studovaného území (Obr. 9). Šest ze sedmi lokalit, které hostí poměrně početné populace druhu (7 až 58 zaznamenaných jedinců, medián 22) má medián adjusted pH 5,85, jde tedy o poměrně minerálně chudá stanoviště. Na sedmé lokalitě bylo naměřeno adj. pH 6,73, ovšem na této lokalitě byli nalezeni pouze tři jedinci. Tyto závěry, podpořené také krabicovým diagramem (Obr. 6), naznačují, že by druh *N. petronella* mohl mít své ekologické optimum, v rámci výskytu na slatiništích střední Evropy, na mírně kyselých stanovištích. Nesmíme ovšem zapomenout na fakt, že nálezy ze sedmi lokalit poskytují velmi malý datový soubor, tudíž lze tyto výsledky brát pouze jako orientační. Na rozdíl od *Vertigo geyeri* a *Vertigo lilljeborgi* nebyl druh *N. petronella* zdaleka tak podrobně studován z hlediska ekologie a v publikacích studujících faunu slatiništních měkkýšů je většinou zmiňován pouze ve výčtu zaznamenaných druhů. Z hlediska gradientu minerální bohatosti lze však usoudit, že má poměrně širokou ekologickou valenci (HORSÁK et al. 2005, HORSÁK & CERNOHORSKY 2008, SCHENKOVÁ 2010, 2012, SCHENKOVÁ et al. 2013).

Pro shluky lokalit B a C, obsahující lokality s nízkým počtem převážně euryvalentních druhů (5–9, medián 7) nebyl zvolen žádný druh jako indikátorový. Tyto výsledky naznačují, že se jedná o lokality více či méně degradované s narušeným vodním režimem. To se odráží i na druhové skladbě, zahrnující jen běžné druhy hojné i na lokalitách jiných skupin.

Vertigo geyeri byl indikátorovou analýzou zvolen jako indikátorový druh shluku D, do nějž byly sdruženy nejbazičtější a zároveň druhově nejbohatší lokality (Tabulka 6, Příloha 3). Druh se vyskytoval i na poměrně minerálně chudých slatiništích, přičemž nejpočetnější populace tvořil na minerálně bohatších rašeliništích, což je podpořeno také umístěním druhu ve spodní polovině diagramu MDS (Obr. 9). Z preference lokalit tohoto druhu lze usuzovat, že *V. geyeri* je druhem s poměrně širokou ekologickou valencí podél gradientu minerální bohatosti a jeho optimum se nachází na minerálně bohatších lokalitách (Obr. 6). Tato zjištění jsou v souladu s analýzou habitatových preferencí druhu provedenou v Západních Karpatech a na Polských lokalitách (HORSÁK & HÁJEK 2005, SCHENKOVÁ et al. 2012). Poměrně vysoké zastoupení glaciálních reliktních z řad cévnatých rostlin a mechorostů na lokalitách s přítomností druhu také podporuje status druhu jakožto glaciálního reliktu (HORSÁK et al. 2007, HÁJEK et al. 2011b).

Vertigo lilljeborgi se na diagramu MDS umístil ve vrchní polovině, z čehož vyplývá, že preferuje kyselejší, minerálně chudší slatiniště (Obr. 9). Jeho afinitu k tomuto typu stanovišť podporuje také zařazení většiny lokalit s výskytem druhu do shluku E (Obr. 7,8) a je patrná také z krabicového diagramu (Obr. 6). Tyto výsledky se shodují s analýzou ekologických nároků v práci HORSÁK et al. (2017). Podobně jako v ostatních regionech střední Evropy je výskyt druhu na Vysočině vzácný a roztroušený a neobývá všechny potenciálně vhodné lokality, což také podporuje status glaciálního reliktu a naznačuje, že je distribuce ovlivněna spíše extinkcí než kolonizací (SCHENKOVÁ & HORSÁK 2013). *Vertigo lilljeborgi* byl sice ve studované oblasti nalezen pouze na pěti lokalitách, uvedené závěry ohledně ekologických nároků však mohou být považovány za robustní z důvodu shody se závěry z ostatních studií provedených na větších datových souborech z jiných regionů (viz SCHENKOVÁ & HORSÁK 2013, HORSÁK et al. 2017).

7.4 Glaciálně reliktní plži

Významný je výskyt zejména vzácného a chráněného druhu *Vertigo geyeri* na celkem 25 lokalitách, dále potom *Vertigo lilljeborgi* a *Nesovitrea petronella* (na 5 a 7 lokalitách, v tomto pořadí). Přítomnost glaciálně reliktních plžů s velmi omezenou schopností disperze dokládá, že se jedná o stanoviště s dlouhou historickou kontinuitou (SCHENKOVÁ et al. 2011, HORSÁK et al. 2013, HORSÁK et al. 2017).

Pro zachování, případně zlepšení stavu populací těchto ohrožených živočichů je třeba především zachovat přirozený hydrologický režim slatinišť, případně odstranit stávající drenážní kanály či jiná meliorační opatření. Především *V. geyeri* je velmi náchylný k vysychání lokalit a kolísání hladiny podzemní vody (KUCHZYŇSKA & MOORKENS 2010). Většina lokalit přímo sousedí nebo se nachází nedaleko zemědělsky obdělávané půdy, klíčové je tedy zabránit eutrofizaci stanovišť, které by vedlo, podobně jako prosychání a následné zarůstání slatinišť acidofilními zástupci rodu *Sphagnum*, k nevhodnému sukcesnímu posunu (HÁJEK et al. 2006). Nejvyšší podíl ve skladbě dřevin má dnes na Vysočině smrk, jehož porosty často sousedí se slatiništi. Rozklad jehličnatého opadu způsobuje okyselení stanoviště a tím také negativně ovlivňuje slatiništní společenstva rostlin a na ně vázaných plžů. V managementu jednotlivých lokalit je nutné zahrnout také pravidelné kosení, které zabráni zarůstání a následné degradaci biotopů (HÁJKOVÁ et al. 2009).

7.4.1 Shoda výskytu mezi glaciálně reliktními organismy

Vysoká frekvence společného výskytu glaciálně reliktních cévnatých rostlin a mechorostů s glaciálně reliktními plži (dále jen cévnaté rostliny, mechorosty a plži) byl pozorován již dříve mezi několika druhy, např. mezi *Vertigo geyeri* a několika druhy cévnatých rostlin v Západních Karpatech (HORSÁK et al. 2005) a v severozápadní Anglii (COLES & COLVILLE 1979) nebo např. mezi *Pupilla alpicola* a *Primula farinosa* (HORSÁK et al. 2007). Podobná shoda se dala očekávat i v oblasti Českomoravské vrchoviny, avšak testování vztahu mezi skupinami organismů vyšel slabě signifikantně pouze mezi mechorosty a cévnatými rostlinami a

mezi rostlinami a plži byl vztah nesignifikantní. Společný výskyt mezi rostlinami lze pravděpodobně částečně vysvětlit jejich zvýšenou tolerancí k minerálně chudým stanovištím (např. RYBNÍČEK 1966), jež není u plžů tak vysoká (např. HORSÁK & HÁJEK 2003). Některé lokality v této oblasti byly v minulosti negativně ovlivněny lidskou činností (ČECH et al. 2002), což vedlo k lokální extinkci populací glaciálně reliktních plžů (např. MYŠÁK, HORSÁK & HLAVÁČ 2012). Vyšší tolerance rostlin ke kolísání vodního režimu spolu se schopností množit se klonálně jim poskytuje výhodu oproti plžům a umožňuje jim tak tolerovat nehostinné podmínky způsobené lidskými zásahy a přežít i v suboptimálních podmínkách. Rostliny jsou také lepšími migranty a jsou schopny snadněji kolonizovat mladá stanoviště ostrovní povahy, tzv. neorefugia (pro detailnější definici refugií viz NEKOLA 1999). Plži jsou z hlediska disperze na delší vzdálenosti omezeni na pasivní přenos pomocí zvířat (např. GITTERNBERGER 2012) a jsou tedy mnohdy omezeni pouze na lokality s historickou kontinuitou, tzv. paleorefugia (HORSÁK et al. 2007).

8. Závěr

Diplomová práce přináší první ucelené poznatky o malakofauně slatinišť Českomoravské vrchoviny. Na základě studia 46 lokalit byly hledány odpovědi na otázky týkající se druhové bohatosti a struktury měkkýších společenstev včetně faktorů ovlivňujících distribuci glaciálně reliktních plžů, spojené také s vyhodnocením případné shody jejich výskytu s reliktními rostlinami.

Bylo zjištěno, že oblast Vysočiny, v porovnání např. se slatiništi v Západních Karpatech, se v oblasti vyskytují méně početná společenstva plžů, což je způsobeno minerálně chudší povahou lokalit s neutrální až mírně acidickou reakcí. Oblast je však cenná především výskytem glaciálně reliktních druhů *V. geyeri* (25 lokalit), *V. lilljeborgi* (5 lokalit) a *N. petronella* (7 lokalit).

Měkkýší společenstva ve studované oblasti byla nejvíce ovlivněna zeměpisnou délkou, nadmořskou výškou a konduktivitou vody. *Vertigo geyeri* preferoval minerálně bohatší lokality, *N. petronella* byla ovlivněna zeměpisnou délkou a vyskytovala se převážně na východě studovaného území a společně s *V. lilljeborgi* se vyskytovaly spíše na minerálně chudých lokalitách.

Mezi výskytem glaciálně reliktních mechorostů a cévnatých rostlin byl nalezen slabý signifikantní vztah, ovšem mezi výskytem rostlin a plžů nikoli. Z toho vyplývá, že výskyt glaciálně reliktních organismů ve studované oblasti je ovlivněn ještě dalšími faktory, než pouze historickou kontinuitou lokalit.

Výsledky této práce přinesly první ucelený pohled na společenstva měkkýšů slatinišť Vysočiny, jež byly až donedávna z malakologického hlediska přehlíženy. Unikátnost této oblasti spočívá především v přítomnosti ohrožených a vzácných glaciálně reliktních plžů, z nichž *V. geyeri* je chráněn evropskou soustavou NATURA 2000. Závěrem lze říci, že zachování těchto biotopů v příznivém stavu by mělo patřit mezi priority ochrany přírody v oblasti Českomoravské vrchoviny.

9. Citované literární zdroje:

- AMON J. P., THOMPSON C.A., CARPENTER Q.J. & MINER J. (2002): Temperate zone fens of the glaciated Midwestern USA. – *Wetlands*, 22: 301–317.
- ANDERSEN & HALVORSEN (1984): Species composition, abundance, habitat requirements and regional distribution of terrestrial Gastropods in Arctic Norway. – *Polar Biology*, 3: 45–53.
- BERAN L. (2010): Izolované populace praménky *Bythinella austriaca* (Frauenfeld, 1857)(Gastropoda: Hydrobiidae) v okolí Prahy. [Isolated populations of *Bythinella austriaca* (Frauenfeld, 1857)(Gastropoda: Hydrobiidae) in Prague surroundings (Czech Republic)]. – *Malacologica Bohemoslovaca*, 9: 5–10.
- BERAN L. (2017): Vodní měkkýši Vysočiny [Freshwater molluscs of Vysočina region (Czech Republic)]. – *Malacologica Bohemoslovaca*, 16: 44–76.
- BISHOP M. J. (1977): The habitats of Mollusca in the central Highlands of Scotland. – *Journal of Conchology*, 29: 189–197.
- BRAGAZZA L., TAHVANAINEN T., KUTNAR L., RYDIN H., LIMPENS J., HÁJEK M., GROSVERNIER P., HÁJEK T., HÁJKOVÁ P., HANSEN I., IACUMIN P. & GERDOL R. (2004): Nutritional constraints in ombrotrophic Sphagnum plants under increasing atmospheric nitrogen deposition in Europe. – *New Phytologist*, 163: 609–616.
- CAMERON R. A. D., & GREENWOOD J. J. D. (1991): Some montane and forest molluscan faunas from eastern Scotland: effects of altitude, disturbance and isolation. *Proceedings of the 10th International Malacological Congress* (ed. By C. Meier-Brook), Unitas Malacologica, Tübingen Germany.
- CAMERON R.A.D., COLVILLE B., FALKNER G., HOLYOAK G. A., HORNUNG E., KILLEEN I. AJ., MOORKENS E. A., POKRYSZKO B.M., PROSCHWITZ T., TATTERSFIELD P. & VALOVIRTA I. (2003): Species accounts for snails of the genus *Vertigo* listed in Annex II of the Habitats Directive: *V. angustior*, *V. genesii*, *V. geyeri* and *V. moulinsiana* (Gastropoda, Pulmonata: Vertiginidae). – *Heldia* 5: 151–172.
- COLES B. & COLVILLE B. (1979): *Catinella arenaria* (Bouchard-Chantereux) and *Vertigo geyeri* Lindholm, 1925 from a base-rich fen in north-western England. – *Journal of Conchology*, 30: 99–100.

- ČECH L., ŠUMPICH J., ZABLOUDIL V. [eds] (2002): Chráněná území ČR, 7. Jihlavsko. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR & EkoCentrum Brno*.
- DRVOTOVÁ M., HLAVÁČ J., HORSÁK M., BERAN L., DVOŘÁK L., JUŘIČKOVÁ L. & MÜCKSTEIN P. (2008): Měkkýši (Mollusca) Žďárských vrchů. [Molluscs (Mollusca) of the Žďárské vrchy Mts.]. *Parnassia*.
- GITTENBERGER E. (2012): Long-distance dispersal of molluscs: ‘Their distribution at first perplexed me much.’ – *Journal of Biogeography*, 39: 10–11.
- GROOTJANS A. P., SCHIPPER P. C., VAN DER WINDT H. J. (1986): Influence of drainage on N mineralization and vegetation response in wet meadows. 2. Cirsio-Molinietum stands. – *Acta Oecologica*, 7: 3–14.
- GROOTJANS A. P., ADEMA E. B., BLEUTEN W., JOOSTEN H., MADARAS M. & JANÁKOVÁ M. (2006): Hydrological landscape settings of base-rich fen mires and fen meadows: an overview – *Applied Vegetation Science*, 9: 175–184.
- HÁJEK M., HÁJKOVÁ P., RYBNÍČEK K. & HEKERA P. (2005): Present vegetation of spring fens and its relation to water chemistry. – In: Ecology of spring fens in the western part of the Carpathians (ed. by A. Pouličková, M. Hájek and K. Rybníček), 69–103 pp., *Palacký University*.
- HÁJEK M., HORSÁK M., HÁJKOVÁ P. & DÍTĚ D. (2006): Habitat diversity of central European fens in relation to environmental gradients and an effort to standardise fen terminology in ecological studies. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8: 97–114.
- HÁJEK M., ROLEČEK J., COTTENIE K., KINTROVÁ K., HORSÁK M., POULÍČKOVÁ A., HÁJKOVÁ P., FRÁNKOVÁ M. & DÍTĚ D. (2011a): Environmental and spatial controls of biotic assemblages in a discrete semi-terrestrial habitat: comparison of organisms with different dispersal abilities sampled in the same plots. – *Journal of Biogeography*, 38: 1683–1693.
- HÁJEK M., HORSÁK M., TICHÝ L., HÁJKOVÁ P., DÍTĚ D. & JAMRICOVÁ E. (2011b): Testing a relict distributional pattern of fen plant and terrestrial snail species at the Holocene scale: a null model approach. – *Journal of Biogeography*, 38: 742–755.
- HÁJKOVÁ P., HÁJEK M. & KINTROVÁ K. (2009): How can we effectively restore species richness and natural composition of a *Molinia*-invaded fen? – *Journal of Applied Ecology*, 46: 417–425.

- HAUSDORF B. & HENNING C. (2003): Nestedness of north-west European land snail ranges as a consequence of differential immigration from Pleistocene glacial refuges. – *Oecologia*, 135: 102–109.
- HORSÁK M. & HÁJEK M. (2005): Habitat requirements and distribution of *Vertigo geyeri* (Gastropoda:Pulmonata) in Western Carpathian rich fens. – *Journal of Conchology*, 38: 683–700.
- HORSÁK M. (2006): Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens. – *Journal of Biogeography*, 33: 98–107.
- HORSÁK M. & CERNOHORSKY N. (2008): Mollusc diversity patterns in Central European fens: hotspots and conservation priorities. – *Journal of Biogeography*, 35: 1215–1225.
- HORSÁK M. & HÁJEK M. (2003): Composition and species richness of mollusc communities in relation to vegetation and water chemistry in the Western Carpathian spring fens: the poor-rich gradient. – *Journal of Molluscan Studies*, 69: 349–357.
- HORSÁK M., HÁJEK M., DÍTĚ D. & TICHÝ L. (2007): Modern distribution patterns of snails and plants in the Western Carpathian spring fens: is it a result of historical development? – *Journal of Molluscan Studies*, 73: 53–60.
- HORSÁK M., HÁJEK M., HÁJKOVÁ P., CAMERON R., CERNOHORSKY N. & APOSTOLOVA I. (2011): Mollusc communities in Bulgarian fens: predictive power of the environment, vegetation, and spatial structure in an isolated habitat – *Naturwissenschaften*, 98: 671–681.
- HORSÁK M., HÁJEK M., HORSÁKOVÁ V., HLAVÁČ J., HÁJKOVÁ P., DÍTĚ D., PETERKA T., DIVÍŠEK J., POTŮČKOVÁ A. & PREECE R. (2017): Refugial occurrence and ecology of the land snail *Vertigo lilljeborgi* in fen habitats in temperate mainland Europe. – *Journal of Molluscan Studies*, 83: 451–460.
- HORSÁK M., CHYTRÝ M., HÁJKOVÁ P., HÁJEK M., DANIHELKA J., HORSÁKOVÁ V., ERMAKOV N., GERMAN D. A., KOČÍ M., LUSTYK P., NEKOLA J. C., PREISLEROVÁ Z. & VALACHOVIČ M. (2015): European glacial relict snails and plants: environmental context of their modern refugial occurrence in southern Siberia. – *Boreas*, 44: 638–657.

- CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRULICH V. & LUSTYK P. (eds) (2010): Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*.
- JOOSTEN H. & CLARKE D. (2002): Wise use of mires and peatlands - Background and principles including a framework for decision making. – *International Mire Conservation Group and International Peat Society*, NHBS, Totnes, Devon.
- JUŘIČKOVÁ, L., HORSÁK, M., CAMERON, R. A. D., HYLANDER, K., MÍKOVCOVÁ, A., HLAVÁČ, J. Č. & ROHOVEC, J. (2008): Land snail distribution patterns within a site: the role of different calcium sources. – *European Journal of Soil Biology*, 44: 172–179.
- KERNEY M. P., CAMERON R. A. D. & JUNGBLUTH J. H. (1983): Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. *Paul Parey, Hamburg and Berlin*.
- KUCZYŃSKA A. & MOORKENS E. (2010): Micro-hydrological and micro-meteorological controls on survival and population growth of the whorl snail *Vertigo geyeri* Lindholm, 1925 in groundwater fed wetlands. – *Biological conservation*, 143: 1868–1875.
- KUČEROVÁ A., REKTORIS L., ŠTECHOVÁ T. & BASTL M. (2008): Disturbances on wooden raised bog – How windthrown, bark beetle and fire affect vegetation and soil water quality? – *Folia geobotanica*, 43: 46–67.
- LACINA A. (2010): Vliv lesnatého okolí na skladbu společenstev měkkýšů otevřených slatinišť. [Ms. bakalářská práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie, PřF MU, Brno.].
- LEPŠ J. (1999): Nutrients status, disturbance and competition: an experimental test of relationships in a wet meadow. – *Journal of Vegetation Science*, 10: 219–230.
- LOMOLINO M. V., RIDDLE B. R., WHITTAKER R. J. & BROWN J. H., (2006): *Biogeography, Sunderland, Mass: Sinauer Associates*
- LOŽEK V. (1992): Měkkýši (Mollusca). In: L. Škapec (ed.): Červená kniha ohrožených a vzácných rostlin a živočichů ČSFR. 3. Bezobratlí. *Příroda*. Bratislava
- LOŽEK V. (1993): *Vertigo geyeri* in Böhmen. *Mittel deutsche malakozoologica*, 50: 53–54.
- LOŽEK V. (2001): Molluscan fauna from the loess series of Bohemia and Moravia. – *Quaternary International*, 76: 141–156.

- MAECHLER M., ROUSSEEUW P., STRUYF A., HUBERT M. & HORNIK K. (2018): cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.0.7-1. Available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/cluster/index.html> (last accessed 6. 3. 19).
- MENG S. & HOFFMANN M. H. (2009): *Pupilla loessica* Ložek 1954 (Gastropoda: Pulmonata: Pupillidae) – A “Living Fossil“ in Central Asia? – *Quaternary Science Journal*, 58: 55–69.
- MITHEN S. (2006): After the Ice: a global human history, 20.000-5.000 BC. Cambridge MA: Harvard University Press.
- MYŠÁK J., HORSÁK M. & HLAVÁČ J. (2012): Jedna špatná a jedna dobrá zpráva o vrkoči Geyerově – červené knihy našich měkkýšů. *Živa*, 2: 73–74.
- NEKOLA J. C. (2010): Acidophilic terrestrial gastropod communities of North America. – *Journal of Molluscan Studies*, 76: 144–156.
- NEKOLA J. C., CHIBA S., COLES B. F., DROST C. A., VON PROSCHWITZ T. & HORSÁK M. (2018): A phylogenetic overview of the genus *Vertigo* (Gastropoda:Pulmonata). – *Malacologia*, 62: 21–161.
- NILSSON A. (1978): Terrestrial molluscs from the western part of the Torneträsk area. – *Fauna Norrlandica*, 5: 1–16.
- OKSANEN J., BLANCHET F. G., FRIENDLY M., KINDT R., LEGENDRE P., McGLIN D., MINCHIN P. R., O'HARA R. B., SIMPSON G. L., SOLYMOS P., HENRY M., STEVENS H., SZOECS E. & WAGNER H. (2018): vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-3. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> (last accessed 20. 12. 18).
- POKRYSZKO B. M. (2003): *Vertigo* of continental Europe – autecology, threats and conservation status. In Proceedings of the Workshop on Conservation Biology of European species, Dublin, April 2002. – *Heldia*, 5: 13–25.
- PLESKOVÁ Z., JIROUŠEK M., PETERKA T., HÁJEK T., DÍTĚ D., HÁJKOVÁ P., NAVRÁTILOVÁ J., ŠÍMOVÁ A., SYROVÁTKA V. & HÁJEK M. (2016): Testing inter-regional variation in pH niches of fen mosses. – *Journal of Vegetation Science*, 27: 352–364.
- QUITT E. (1971) Klimatické oblasti Československa. *Academia*. Praha.
- R CORE TEAM (2018): A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <http://www.Rproject.org> (last accessed 20. 12. 18).

- RYBNÍČEK K. (1966): Glacial relics in the bryoflora of the highlands Českomoravská vrchovina (Bohemian-Moravian Highlands); Their habitat and cenotaxonomic value. – *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 1: 101–119.
- ROBERTS D. W. (2016): labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. Available at: <https://cran.r-project.org/package=labdsv> (last accessed 6. 3. 19).
- ŘÍHOVÁ D., JANOVSKÝ Z., HORSÁK M., & JUŘIČKOVÁ, L. (2018). Shell decomposition rates in relation to shell size and habitat conditions in contrasting types of Central European forests. – *Journal of Molluscan Studies*, 84: 54–61.
- SCHENKOVÁ V. (2010): Společenstva měkkýšů na slatiništích jižní Skandinávie: změny podél gradientu minerální bohatosti. [Ms. bakalářská práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie, PřF MU, Brno.].
- SCHENKOVÁ V. (2012): Variabilita společenstev měkkýšů bazických slatinišť Polska a jižní Skandinávie. [Ms. diplomová práce; depon. in: Ústav botaniky a zoologie, PřF MU, Brno.].
- SCHENKOVÁ V. & HORSÁK M. (2013): Nové nálezy vrkoče Geyerova potvrzují jeho ohroženost – z červené knihy našich měkkýšů. – *Živa*, 5: 238–239.
- SCHENKOVÁ V. & HORSÁK M. (2013): Refugial populations of *Vertigo lilljeborgi* and *V. genesii* (Vertiginidae): new isolated occurrences in Central Europe, ecology and distribution. – *American Malacological Bulletin*, 31: 323–329.
- SCHENKOVÁ V., HORSÁK M., HÁJEK M., PLESKOVÁ Z., DÍTĚ D. & PAWLIKOWSKI P. (2014): Mollusc and plant assemblages controlled by different ecological gradients at Eastern European fens – *Acta Oecologica*, 56: 66–73.
- SCHENKOVÁ V., HORSÁK M., PLESKOVÁ Z. & PAWLIKOWSKI P. (2012): Habitat preferences and conservation of *Vertigo geyeri* (Gastropoda: Pulmonata) in Slovakia and Poland. – *Journal of Molluscan Studies*, 78: 105–111.
- SCHENKOVÁ V., HORSÁK M., HÁJEK M., HÁJKOVÁ P. & DÍTĚ D. (2015): Mollusc assemblages of Scandinavian fens: species composition in relation to environmental gradients and vegetation. – *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*, 52: 1–16.

- SJÖRS H. & GUNNARSSON U (2002): Calcium and pH in north and central Swedish mire waters. – *Journal of Ecology*, 90: 650–657.
- SMEJKAL M. (1959): Kapitoly o fytogeografickém charakteru horské vegetace kulminační oblasti Českomoravské vysočiny. – *Vlastivědný Sborník Vysočiny, Oddělení Věd Přírody*, 3: 39–61.
- SPARLING J. H. (1966): Studies on the relationship between water movement and water chemistry in mires. – *Canadian Journal of Botany*, 44: 747–758.
- SPIRHZANZL J. (1954): Rašelina, její vznik, těžba a využití. *Přírodovědecké nakladatelství*. Praha.
- SYSOEV A. & SCHILEYKO A. (2009): Land snails and slugs of Russia and adjacent countries. *Pensoft publishers*, Sofia-Moscow.
- ŠTECHOVÁ T. & ŠTECH M. (2009): Současné lokality *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs na Českomoravské vrchovině. – *Acta rerum naturalium*, 6: 13–24.
- ŠTECHOVÁ T., PETERKA T., LYSÁK F., BRADÁČOVÁ J., HOLÁ E., HRADÍLEK Z. & KUČERA J. (2014): Významné mechorosty rašelinišť na Českomoravské vrchovině na prahu 21. století. – *Acta rerum naturalium*, 17: 7–32.
- TAHVANAINEN T. & TUOMAALA T. (2003): The reliability of mire water pH measurements – a standard sampling protocol and implications to ecological theory. – *Wetlands*, 4: 701–708.
- TOLASZ, R. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, *Univerzita Palackého v Olomouci*.
- TOMÁŠEK M. (2007): Půdy České republiky. – *Český geologický ústav*, Praha.
- VAN DIGGELEN R., MIDDLETON B., BAKKER J., GROOTJANS A. & WASSEN M. (2006): Fens and floodplains of the temperate zone: Present status, threats, conservation and restoration - *Applied Vegetation Science*, 9: 157-162.
- VÁVROVÁ L., HORSÁK M., ŠTEFFEK J. & ČEJKA T. (2009): Ecology, distribution and conservation of *Vertigo* species of European importance in Slovakia. - *Journal of Conchology*, 40: 61–71.
- VENTERINK O. H., WASSEN M. J., BELGERS D. M. & VERHOEVEN J. T. (2001): Control of environmental variables on species density in fens and meadows: importance of direct effects and effects through community biomass. – *Journal of Ecology*, 89: 1033–1040.

- VON PROSCHWITZ T. (2003): A review of the distribution, habitat selection and conservation status of the genus *Vertigo* in Scandinavia (Denmark, Norway and Sweden)(Gastropoda, Pulmonata: Vertiginidae). In Proceedings of the Workshop on Conservation Biology of European species, Dublin, April 2002. – *Heldia*, 5: 27–50.
- WALDÉN H. W. (1981): Communities and diversity of land molluscs in Scandinavian woodlands. I. High diversity communities in taluses and boulder slope in SW Sweden. - *Journal of Conchology*, 30: 351–372.
- WÄREBORN I. (1970): Environmental factors influencing the distribution of land molluscs of an oligotrophic area in southern Sweden. – *Oikos*, 21: 285–291.
- WASSEN M. J., VENTERINK H. O., LAPSHINA E. D. & TANNEBERGER F. (2005): Endangered plants persist under phosphorus limitation. – *Nature*, 437: 547–550.
- WELTER-SCHULTES, F. W. (2012): European non-marine molluscs: a guide for species identification. *Planet Poster*.

Internetové zdroje:

- WWW1: http://mapy.geology.cz/geocr_25/
- WWW2: https://www.youtube.com/watch?v=putT_fP_xy4
- WWW3: <https://mapy.cz/turisticka>
- WWW4: <http://mollusca.sav.sk/malacology/maps/vertigo-geyeri.jpg>
- WWW5: <https://www.google.cz/maps>
- WWW6: https://wiki.rvp.cz/Kabinet/Mapy/Mapa_ČR

10. Přílohy

Příloha 1. Charakteristiky studovaných lokalit: geografické souřadnice, klimatické parametry a vysvětlující proměnné.

Číslo lokality	Název lokality (zkratka lokality)	Zem. šířka (s.š.)	Zem. délka (v.d.)	pH	Konduktivita (μS/cm)	Adjusted pH	Nadm. výška (m n. m.)	Ø teplota leden (°C)	Ø teplota červenec (°C)	Roční Ø teplota (°C)	Ø srážkový úhrn (mm)
1	PP Bahna Braníšov u	49.7527	15.9906	5.96	59.8	5.28	650	-3.7	15.6	6.2	767
2	Jihlavy PP	49.4736	15.4387	6.3	143	6.05	645	-3.0	15.8	6.2	675
3	Buchtovka PP Louky u	49.7734	15.8121	6.08	90.1	5.61	550	-3.0	16.3	7.0	768
4	Černého lesa PR Čermákovy	49.5855	15.9423	6.67	219.5	6.62	577	-3.6	16.1	6.5	670
5	louky	49.3853	15.3289	7	299	7.09	670	-3.7	15.9	5.9	661
6	PR Damašek PR Doupský	49.7191	16.1251	6	99	5.58	640	-4.0	15.3	6.0	756
7	a Bažantka	49.2333	15.4260	6.01	83.1	5.50	592	-3.4	16.0	6.6	623
8	PR Chvojnov PP	49.4077	15.4185	5.94	115.6	5.59	608	-3.3	15.9	6.1	664
9	Jezdovické rašeliniště PP Kejtovské	49.3236	15.4616	6.22	211.5	6.15	583	-3.2	16.0	6.7	634
10	louky Kuchyně –	49.4265	14.9836	6.39	166.8	6.21	560	-2.9	16.1	7.0	697
11	Šantůček PP Louky	49.7008	15.9752	6.35	177.5	6.20	645	-3.8	15.6	6.2	750
12	v Jeníkově PP Matenský rybník	49.7385	15.9641	6.34	94.9	5.89	629	-3.7	15.6	6.3	769
13	(Maten) PR Nad	49.1510	14.9310	6.29	111.9	5.92	522	-2.8	16.7	7.2	657
14	Svitákem	49.3967	15.4039	6.54	248	6.54	690	-3.4	15.9	6.0	666
15	Na Klátově	49.1376	15.4525	7.12	410	7.35	484	-2.9	17.1	7.4	593
16	PR Na Oklice PR Na	49.4038	15.3945	6.7	225	6.66	659	-3.4	15.9	6.1	666
17	Podlesích	49.2471	15.6772	7.12	357	7.29	572	-3.2	16.3	6.8	608
18	PP Návesník	49.7113	15.9268	5.49	147.8	5.26	618	-3.6	15.7	6.3	752
19	Netín	49.4027	15.9538	6.11	149.5	5.88	525	-3.2	16.7	6.9	618

Číslo lokality	Název lokality (zkratka lokality)	Zem. šířka (s.š.)	Zem. délka (v.d.)	pH	Konduktivita (µS/cm)	Adjusted pH	Nadm. výška (m n. m.)	Ø teplota leden (°C)	Ø teplota červenec (°C)	Roční Ø teplota (°C)	Ø srážkový úhrn (mm)
20	Odranec	49.6085	16.1415	6.24	140	5.98	742	-4.1	15.3	6.0	731
21	Panská Pihoviny u	49.6019	16.1688	6.1	135	5.82	745	-4.0	15.6	6.0	714
22	Cíkháje	49.6580	15.9717	6.5	147.4	6.26	681	-4.1	15.2	5.9	757
23	PR U Potoků PP Rašelinná louka u	49.3161	15.3485	6.88	337	7.02	570	-3.2	16.0	6.5	649
24	Proseče- Obořiště PR Rašeliniště	49.3967	15.1277	6.48	169.8	6.31	602	-3.0	16.0	6.7	680
25	Kaliště PR Rašeliniště	49.2500	15.2948	5.72	62	5.06	655	-3.7	16.0	6.2	652
26	Loučky PP Ratajské	49.3245	15.5333	5.97	95	5.53	600	-3.4	16.0	6.3	636
27	rybníky	49.7693	15.9336	6.37	202.8	6.28	589	-3.4	15.9	6.6	770
28	PR Řeka Nový rybník	49.6665	15.8526	7.22	340	7.37	553	-3.3	16.0	6.7	723
29	u Rohozné Roženecké	49.8037	15.8196	7.36	137	7.09	570	-3.1	16.2	6.9	774
30	paseky	49.6069	16.1650	6.24	54.4	5.51	656	-4.0	15.5	6.0	724
31	PP Šafranice	49.5479	16.0135	6.23	165.5	6.05	605	-3.8	15.9	6.4	691
32	U Šeredů PR Šimanovské	49.4286	15.4501	6.47	278	6.52	581	-3.1	16.0	6.4	659
33	rašeliniště	49.4501	15.4470	6.62	95.7	6.18	603	-3.0	15.8	6.2	671
34	Staviště	49.5661	15.9742	6.84	282	6.90	600	-3.7	16.0	6.4	676
35	PR Strádovka PR Rašeliniště u	49.8093	15.8033	5.7	144	5.45	583	-3.1	16.2	6.9	779
36	Suchdola PR U	49.1318	15.2388	6.3	76.9	5.75	626	-3.5	16.1	6.4	708
37	Milíčovska PP Urbánkův	49.4155	15.3978	6.3	158.1	6.10	668	-3.3	15.8	6.1	667
38	palouk	49.2789	15.7014	6.58	344	6.73	624	-3.2	16.4	6.8	607
39	PP Utopenec Velké	49.7184	15.9320	6.5	48.9	5.71	633	-3.6	15.8	6.4	757
40	Janovice	49.5929	16.2091	7.94	272	7.99	652	-3.9	15.8	6.2	693
41	Ve	49.3920	15.3490	6.3	150	6.07	645	-3.5	15.9	6.0	666

Číslo lokality	Název lokality (zkratka lokality)	Zem. šířka (s.š.)	Zem. délka (v.d.)	pH	Konduktivita (µS/cm)	Adjusted pH	Nadm. výška (m n. m.)	Ø teplota leden (°C)	Ø teplota červenec (°C)	Roční Ø teplota (°C)	Ø srážkový úhrn (mm)
	Sklenářích										
42	PR Vílanecké rašeliniště	49.3395	15.5481	6.1	231	6.07	570	-3.2	16.1	6.5	640
43	PR V Lisovech	49.2479	15.2788	6.64	260	6.66	648	-3.6	16.0	6.3	653
44	PR Volákův kopec	49.7318	15.9793	5.97	87.3	5.48	664	-3.7	15.6	6.2	764
45	NPP Zhejral	49.2223	15.3086	5.84	107.6	5.46	690	-4.0	15.9	5.9	653
46	PP Zlámanec	49.7051	15.9322	6.42	127.5	6.12	623	-3.6	15.7	6.3	752

Příloha 2. Seznam všech nalezených druhů. Počet jedinců živých v době vzorkování, prázdné schránky, součet živých jedinců a prázdných schránek a počet lokalit, na kterých se druh vyskytoval.

	Živí jedinci	Prázdné schránky	Celkem jedinců	Počet lokalit s přítomností druhu
Plži (Gastropoda)				
Suchozemští plži				
<i>Carychium minimum</i> O.F. Müller, 1774	1292	576	1868	42
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	27	12	39	7
<i>Cochlicopa lubrica</i> (O.F. Müller, 1774)	158	104	262	15
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	1	1	2	1
<i>Eucobresia diaphana</i> (Draparnaud, 1805)	9	5	14	4
<i>Euconulus fulvus</i> (O.F. Müller, 1774)	5	5	10	3
<i>Euconulus praticola</i> (Reinhardt, 1883)	300	122	422	38
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	424	104	528	36
<i>Nesovitrea petronella</i> (L. Pfeiffer, 1853)	154	6	160	7
<i>Oxyloma elegans</i> (Risso, 1826)	10	63	73	3
<i>Platyla polita</i> (Hartmann, 1840)	13	0	13	1
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	63	45	108	28

	Živí jedinci	Prázdne schránky	Celkem jedinců	Počet lokalit s přítomností druhu
Plži (Gastropoda)				
Suchozemští plži				
<i>Semilimax semilimax</i> (Férussac, 1802)	1	1	2	1
<i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud, 1801)	5	7	12	5
<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	53	57	110	21
<i>Vallonia pulchella</i> (O.F. Müller, 1774)	27	44	71	3
<i>Vertigo angustior</i> Jeffreys, 1830	23	17	40	3
<i>Vertigo antivertigo</i> (Draparnaud, 1801)	330	266	596	38
<i>Vertigo geyeri</i> Lindholm, 1925	270	310	580	25
<i>Vertigo lilljeborgi</i> (Westerlund, 1871)	22	11	33	5
<i>Vertigo pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	52	36	88	12
<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys, 1833)	270	146	416	39
<i>Vitrea crystallina</i> (O.F. Müller, 1774)	219	33	252	23
<i>Vitrina pellucida</i> (O.F. Müller, 1774)	1	1	2	1
<i>Zonitoides nitidus</i> (O.F. Müller, 1774)	97	45	142	16
Nazí plži				
<i>Arion fuscus</i> (O.F. Müller, 1774)	1	0	1	1
<i>Deroceras agreste</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	4	3
<i>Deroceras laeve</i> (O.F. Müller, 1774)	4	0	4	4
Vodní plži				
<i>Anisus leucostoma</i> (Millet, 1813)	46	44	90	9
<i>Bythinella austriaca</i> (Frauenfeld, 1857)	108	30	138	3
<i>Galba truncatula</i> (O.F. Müller, 1774)	264	99	363	34
<i>Gyraulus albus</i> (O.F. Müller, 1774)	1	0	1	1
<i>Radix labiata</i> (O.F. Müller, 1774)	130	87	217	17
<i>Segmentina nitida</i> (O.F. Müller, 1774)	10	18	28	3
Mlži (Bivalvia)				
<i>Pisidium casertanum</i> (Poli, 1791)	5311	124	5435	36
<i>Pisidium milium</i> Held, 1836	369	24	393	3
<i>Pisidium obtusale</i> (Lamarck, 1818)	816	43	859	12
<i>Pisidium personatum</i> Malm, 1855	3250	101	3351	39

Příloha 3. Tabulka uvádí počty jedinců na lokalitách a jejich součty. Počty se vztahují na jedince v době vzorkování živé včetně prázdných ulit. Čísla lokalit korespondují s čísly v Příloze 1.

lokalita	počet druhů				počet jedinců			
	such. plži	vodní plži	mlži	celkem	such. plži	vodní plži	mlži	celkem
1	7	0	0	7	96	0	0	96
2	7	1	2	10	32	1	80	113
3	9	1	2	12	69	3	325	397
4	14	2	3	19	310	10	93	413
5	6	2	2	10	75	30	145	250
6	11	2	2	15	148	45	504	697
7	5	0	3	8	17	0	136	153
8	9	2	2	13	72	4	38	114
9	10	2	2	14	148	30	1034	1212
10	12	2	3	17	292	6	75	373
11	7	1	2	10	201	21	575	797
12	7	1	2	10	119	3	171	293
13	5	3	3	11	37	19	879	935
14	8	2	2	12	82	3	65	150
15	14	1	1	16	200	2	17	219
16	5	3	2	10	89	19	767	875
17	10	2	1	13	224	138	47	409
18	8	0	2	10	189	0	3	192
19	10	0	0	10	147	0	0	147
20	7	2	1	10	90	19	40	149
21	6	0	0	6	49	0	0	49
22	9	1	2	12	138	5	485	628
23	11	3	4	18	145	98	539	782
24	9	2	2	13	31	31	72	134
25	7	1	1	9	71	5	229	305
26	8	1	2	11	125	10	169	304
27	6	1	3	10	124	14	379	517
28	16	0	3	19	928	0	79	1007
29	6	2	2	10	31	11	279	321
30	5	1	2	8	92	9	31	132
31	7	1	2	10	32	29	209	270
32	11	3	2	16	163	30	31	222
33	8	3	4	15	109	12	295	416
34	14	2	2	18	280	4	56	340
35	6	1	2	9	82	4	282	368
36	11	1	2	14	61	16	417	494
37	7	3	2	12	177	134	639	950
38	5	1	2	8	35	28	12	75
39	9	0	0	9	96	0	0	96

lokality	počet druhů				počet jedinců			
	such. plži	vodní plži	mlži	celkem	such. plži	vodní plži	mlži	celkem
40	7	1	1	9	50	7	1	58
41	11	2	2	15	89	8	53	150
42	10	2	2	14	165	9	198	372
43	7	1	2	10	80	5	100	185
44	7	1	2	10	152	12	387	551
45	6	1	3	10	23	2	102	127
46	4	2	2	8	15	16	187	218

Příloha 4. Lokality s přítomností vrkoče Geyerova, počty jedinců a doprovodných druhů. Čísla lokalit korespondují s čísly v Příloze 1.

Číslo lokality	Název lokality	Počet živých jedinců	Počet prázdných schránek	Celkový počet jedinců	Počet doprovodných druhů
1	PP Bahna	3	1	4	9
3	PP Buchtovka	3	0	3	11
4	PP Louky u Černého lesa	2	1	3	18
5	PR Čermákovy louky	5	8	13	9
8	PR Chvojnov	3	2	5	12
9	PP Jezdovické rašeliniště	2	3	5	13
10	PP Kejtovské louky	12	4	16	16
12	PP Louky v Jeníkově	15	9	24	9
13	PP Matenský rybník	1	1	2	10
15	Na Klátově	6	1	7	15
16	PR Na Oklice	15	12	27	9
17	PR Na Podlesích	6	6	12	12
20	Odranec	9	5	14	9
23	PR U Potoků	5	13	18	17

Číslo lokality	Název lokality	Počet živých jedinců	Počet prázdných schránek	Celkový počet jedinců	Počet doprovodných druhů
27	PP Ratajské rybníky	3	15	18	9
28	PR Řeka	113	196	309	18
31	PP Šafranice	1	0	1	9
	PR				
33	Šimanovské rašeliniště	5	1	6	14
34	Staviště	5	0	5	17
	PR U				
37	Milíčovska	15	20	35	11
	PP Urbánkův				
38	palouk	2	0	2	7
40	Velké Janovice	2	0	2	8
41	Ve Sklenářích	6	0	6	14
43	PR V Lisovech	14	3	17	9
	PR Volákův				
44	kopec	20	10	30	9

Příloha 5. Lokality s přítomností vrkoče rašelinného, počty jedinců a doprovodných druhů. Čísla lokalit korespondují s čísly v Příloze 1.

Číslo lokality	Název lokality	Počet živých jedinců	Počet prázdných schránek	Celkový počet jedinců	Počet doprovodných druhů
4	PP Louky u Černého lesa	7	4	11	18
7	PR Doupský a Bažantka	3	4	7	7
32	U Šeredů	1	0	1	15
	PR				
36	Rašeliniště u Suchdola	6	3	9	13

Číslo lokality	Název lokality	Počet živých jedinců	Počet prázdných schránek	Celkový počet jedinců	Počet doprovodných druhů
45	NPP Zhejral	5	0	5	9

Příloha 6. Lokality s přítomností blyštivky skleněné, počty jedinců a doprovodných druhů. Čísla lokalit korespondují s čísly v Příloze 1.

Číslo lokality	Název lokality	Počet živých jedinců	Počet prázdných schránek	Celkový počet jedinců	Počet doprovodných druhů
1	PP Bahna	7	0	7	9
2	Branišov u Jihlavy PP	7	0	7	9
10	Kejtovské louky	53	5	58	16
19	Netín	55	0	55	9
21	Panská PP	20	0	20	5
38	Urbánkův palouk PP	3	0	3	7
39	Utopenec	23	1	24	8