

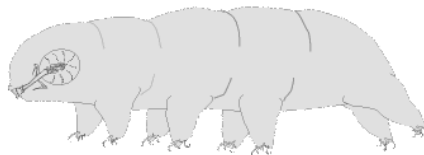
**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**Katedra biologie ekosystémů**



**Bakalářská práce**

**Sezónní změny populací půdních želvušek v závislosti  
na změnách vlhkosti a teploty**



**Vypracovala: Tereza Havlišová**

**Vedoucí práce: RNDr. Miloslav Devetter, PhD.**

**České Budějovice 2008**

Havlišová, T. (2008) : Sezónní změny populací půdních želvušek v závislosti na změnách vlhkosti a teploty

[Seasonal changes in populations of soil tardigrada in dependence on humidity and temperature changes, Bc. Thesis, in Czech] 28 pp.,

Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic

**Annotation:**

Aim of this study was observation of soil tardigrada populations in Hosín in south Bohemia. The research took place in three different localities (meadow, fallow and forest) where the distribution of species was defined. We examined the abiotic factors and their influence on abundance, size of the subject and seasonal dynamic of populations.

**Anotace:**

Tato práce se zabývá studiem společenstva půdních želvušek v jihočeském Hosíně. Pokus probíhal ve třech lokalitách (louka, úhor, les), ve kterých bylo určeno druhové zastoupení želvušek. Byly zkoumány abiotické faktory a jejich vliv na abundanci, velikost jedince a sezónní dynamiku společenstva.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 20. dubna 2008

Tereza Havlišová

## Poděkování

Děkuji především mému školiteli Miloslavu Devetterovi za pomoc a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala mé mamince za podporu ve studiu. V neposlední řadě patří můj dík Miroslavu Třeštíkovi, Vladislavu Markovi a Janu Richtrovi za cenné rady a morální podporu.

# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>5</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>8</b>
<b>3 METODIKA</b> .....	<b>9</b>
3.1 POPIS LOKALITY .....	9
3.2 ODBĚR A ZPRACOVÁNÍ VZORKŮ .....	9
3.3 MĚŘENÍ ZÁKLADNÍCH ABIOTICKÝCH CHARAKTERISTIK PŮDY .....	10
3.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	11
<b>4 VÝSLEDKY</b> .....	<b>12</b>
4.1 VLHKOST A TEPLOTA .....	12
4.2 DRUHOVÉ SLOŽENÍ .....	14
4.3 SEZÓNÍ DYNAMIKA <i>MACROBIOTUS HARMSWORTHII</i> .....	16
4.4 VLIV VLHKOSTI NA VELIKOST JEDINCŮ .....	17
<b>5 DISKUZE</b> .....	<b>20</b>
5.1 VLIV ABIOTICKÝCH FAKTORŮ VERSUS PREDÁTORSTVÍ .....	20
5.2 VLIV JEDNOTLIVÝCH LOKALIT .....	21
5.3 ZMĚNY DRUHOVÉHO SLOŽENÍ .....	21
5.4 VELIKOST JEDINCŮ .....	22
<b>6 ZÁVĚRY</b> .....	<b>24</b>
<b>7 POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>25</b>
<b>8 PŘÍLOHY</b> .....	<b>28</b>

# 1 ÚVOD

První zmínky o želvuškách pocházejí z 18. století. Za jejich objevením stojí pravděpodobně Joh. August Ephraim Goeze, Pastor ve Svaté Blasii, Německo (1773), autor první publikace a náčrtů.

Želvušky (Tardigrada) jsou kosmopolitní organismy žijící v oceánech, v tekoucí vodě, v půdě (v lišejníku, mechu, a jiných kvetoucích rostlinách). Jsou to výhradně vodní organismy, aktivního života schopní pouze v přítomnosti vody. V nepříznivých podmínkách upadají do stavu, který se nazývá anabióza, ve kterém jsou nesmírně odolné vůči vnějším vlivům. Vyrždí v něm sucho, vakuum, vysokou radiaci, vysoké rozpětí teplot a vysoké tlaky. Živí se chlorofilními složkami buněk, houbami, řasami, detritem. Některé druhy jsou výhradně karnivorní.

Jsou to malé organismy v průměru 0,3- 0,5 cm velké. Mají bilaterálně symetrické tělo, ploché na ventrální straně, pokryté epidermis. Epidermis může být hladká, hrbolatá, bradavičnatá, rýhovaná po celém povrchu nebo jenom některé části. Je tenčí na dorsální straně. Želvušky jsou bezbarvé, našedlé, více či méně průhledné. Vzácnější druhy jsou různě barevné. Tělo je rozděleno na pět segmentů: první hlavový segment, další tři nesou po páru nohou a koncový segment, který nese poslední pár nečláňkovaných nohou. Nohy jsou zakončené drápky různých velikostí a tvarů. Tělní dutina obsahuje bezbarvou tekutinu, ve které plavou sféroidní buňky. Ty se kontinuálně pohybují uvnitř těla při pohybu. Respirace je uskutečňována pomocí permeabilní epidermis. Želvušky jsou hypersensitivní na obsah kyslíku ve vodě, která je obklopuje. Ústní otvor se nachází v přední ventrální pozici, následuje ústní trubice a hltan, který má sací funkci. V ústní trubici se nacházejí dva zuby (stiletý), které se liší velikostí a tvarem a složí k narušení buněčné membrány. Po hltanu následuje jícn, střevo a rektum. Svaly jsou tvořeny svazky z vláken hladké svaloviny. Svalové kontrakce vyvolávají jedině stahující pohyb, přičemž roztahování je produkováno tlakem vnitřní tělní tekutiny a elastickou epidermis. Nervová soustava je tvořena mozgovým gangliem. Gonáda je jedna, sekundárně nestejná, fixovaná v dorsální pozici. Samci mají dva vývody chámovodů, samice jeden, který může vést do průduchu v pohlavním ústrojí, anebo do rekta. Samice mají občas semenné vajíčky. Oplození je vnější (odkládají vajíčka obalené ve staré svlečené epidermis) i vnitřní (odkládají vajíčka volně). Pohlaví jsou oddělena, ale samci jsou u některých druhů vzácní nebo stále neobjeveni. (Ramazzotti, G. & W. Mauci. 1983)

Faktory, které regulují dynamiku populace půdních želvušek, jsou stále málo objasněny. Bylo prokázáno, že mnoho populací se mění s cyklickými znaky roku, např. největší hustoty dosahují na jaře a podzimu (Kinchin, 1994). Dřívější studie prokázali významné souvislosti mezi hustotou populace a dostupností potravy (e.g., Hallas & Yeates 1972) a teplotou a vlhkostí (e.g., Franceschi et al. 1962-1963; Morgan 1977; Wright 1991).

Podle jejich závislosti na vodě, která je udržuje v aktivní formě, by se dalo očekávat, že počet želvušek bude hojnější ve vlhkém substrátu než v substrátu suchém. Nicméně byly zaznamenány přesně opačné tendence, které prokazují častější výskyt želvušek v substrátech vystavených slunci než v těch stinných (Ramazzoti & Maucci 1983; Kinchin 1992, 1994).

Kinchin (1992, 1994) pojednával o možnosti, že vysychávající substrát může být pozitivní pro populaci želvušek redukováním hustoty hub v substrátu. Houby, které rostou rychleji ve vlhkých podmínkách mohou mít několik negativních efektů na želvušky, včetně redukce schopnosti pohybu v substrátu a infekcí parazitickými houbami (Kinchin, 1994). Vlhký substrát může mít také více konkurentů a predátorů jako hlístic, vířníků a ostatních želvušek.

Vysokou hustotu želvušek v suchém substrátu může objasňovat opačný pohled na kompetici a predátory. Pilato (1979) považoval inter a intra-specifickou kompetici ve vývoji želvušek za nedůležitou, a namísto toho prohlašuje, že mnohem více významné jsou abiotické faktory jako vlhkost, teplota a zásoba kyslíku.

Mojí snahou tedy bylo postihnout sezónní dynamiku a druhové složení želvušek v lokalitě Hosín a zaznamenat abiotické faktory, které mohly ovlivnit hustotu populace.

## **2 CÍLE PRÁCE**

- Popsání druhového složení společenstva želvušek.
- Srovnání sezónní dynamiky společenstva želvušek v různých biotopech.
- Zhodnocení vlivu abiotických faktorů vlhkosti a teploty na sezónní dynamiku společenstva želvušek.



## 3 METODIKA

### 3.1 Popis lokality

Obec Hosín se nachází asi 10 km severně od Českých Budějovic a 4 km východně od Hluboké nad Vltavou ve výšce 500 metrů nad mořem. Nacházejí se tu tři lokality (doubrava, louka, úhor), ze kterých byly odebírány vzorky.

Lokalita doubrava se nachází na JZ svahu se sklonem 10° v blízkém lese, klimaxu blízkého dubohabřině s příměsí smrku a lípy. Kousek od lokality protéká menší potok. Lokalita louka je dlouhodobě obhospodařovaná (dvakrát ročně seč). Je zde vysoká druhová diverzita bylin. Úhor byl založen v roce 2006. Dříve se zde pěstovaly brambory, hnojeno bylo pouze chlévskou mrvou bez chemických prostředků. Louka a úhor leží poměrně blízko u sebe na zahradě fary č. p. 17, doubrava je vzdálena přibližně 800 m. Přesné umístění odběrových míst je zakresleno na mapce (Obr.1).

Všechny lokality mají charakter hnědých půd. Průměrné množství srážek za rok bylo 659,9 mm (odvozené dle měření meteorologických stanic ČHMÚ v okolí) a průměrná roční teplota v hloubce 5 cm pod povrchem půdy byla 10,1°C (louka), 8,4°C (doubrava), 9,4°C (úhor).

### 3.2 Odběr a zpracování vzorků

Odběry byly prováděny v období od prosince 2006 do prosince roku 2007. V jarním a letním období byly intervaly zkráceny na jeden měsíc. Termíny odběrů jsou uvedeny v tabulce (Tab.1).

Na odběry byla použita sonda vyrobená pro účely odběrů stratifikovaných vzorků. Plocha sondy měla 10 cm<sup>2</sup>, hloubka odběru byla 9 cm. Při odběru byla každá sonda rozdělena na tři horizonty. Z každé lokality bylo takto odebráno 15 sond, přičemž jednotlivé horizonty byly smíchány do jednoho směsného vzorku. Z tohoto vzorku byly po promíchání odebrány 4 podvzorky. Vytvářela jsem pseudoreplikace (nepravé replikace), abych zredukovala heterogenitu vzorků. Vzorky byly uloženy do plastických uzavíratelných sáčků a zváženy na laboratorních předvážkách s přesností 0,1 g. Poté byly řádně promíchány. Byl odebrán vzorek na zjištění gravimetrické vlhkosti, který byl zvážen a usušen v laboratoři (při laboratorní teplotě).



**Obr.1:** Fotomapa Hosínu

Z každého směsného vzorku byly odebrány série 4 podvzorků, které byly zváženy a zpracovány v extraktoru s Baermannovými nálevkami se zvýrazněným gradientem tepla a světla (Baermann 1917). Všechny získané vzorky byly kvantitativně přeneseny na sklíčko, nad kahanem zbavené nadbytečné vody a zafixované v polyvinylalkoholovém uzavíracím médiu (návod na výrobu PVA: 2g práškového PVA bylo rozmícháno v 7 ml 70% acetonu, + 5 ml destilované vody + 5 ml glycerinu + 5 ml kyseliny mléčné + 5 ml destilované vody). Želvušky byly určeny a změřeny mikroskopem Lambda DN45. Na určení druhů byly použity klíče Ramazzotti, G. & W. Mauci. (1983), Bartoš (1967), Dastych (1982), Bertolani (1982).

<b>18.12.06</b>	<b>6.3.07</b>	<b>25.4.07</b>	<b>13.7.07</b>	<b>24.8.07</b>	<b>17.10.07</b>	<b>14.12.07</b>
-----------------	---------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

**Tab.1:** Termíny odběrů v letech 2006 a 2007.

### **3.3 Měření základních abiotických charakteristik půdy**

Vlhkost a teplota byla měřena autonomními datalogery Minikin TV od firmy EMS Brno. V hodinových intervalech byla měřena teplota v hloubce 5 cm, vodní potenciál půdy, a půdní vlhkost. Jednorázově byl proveden rozbor fyzikálně-chemických parametrů půdy (uhlíku, dusíku, celkového fosforu, sodíku, vápníku, draslíku v půdě a pH. Všechny hodnoty se nacházejí v tabulce v Příloze I.

### **3.4 Statistické zpracování dat**

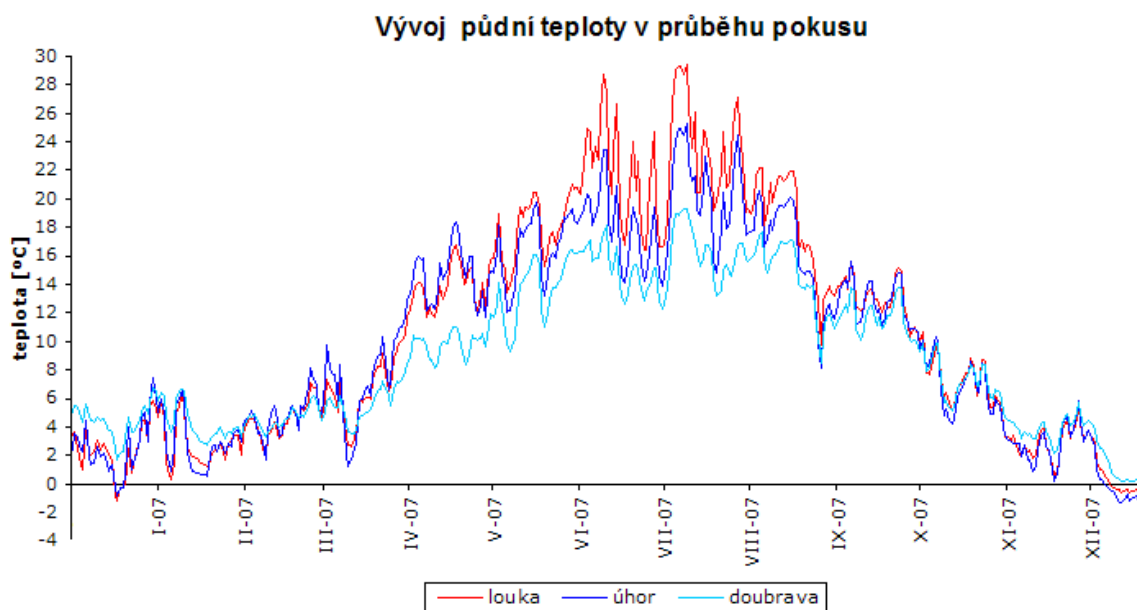
Vliv vlhkosti na abundanci želvušek a vliv vlhkosti na velikost jedinců byl vyhodnocen pomocí jednoduché lineární regrese (faktory: vlhkost objemová, vlhkost gravimetrická, počty jedinců na m<sup>2</sup>, velikost jedinců). Vliv horizontů půdy na velikost jedinců byl vyhodnocen pomocí jednocestné analýzy variance - One-way ANOVA (Lepš 1996). Při zpracování dat jsem použila software MS Excel 03 a Statistika 8.0.

## 4 VÝSLEDKY

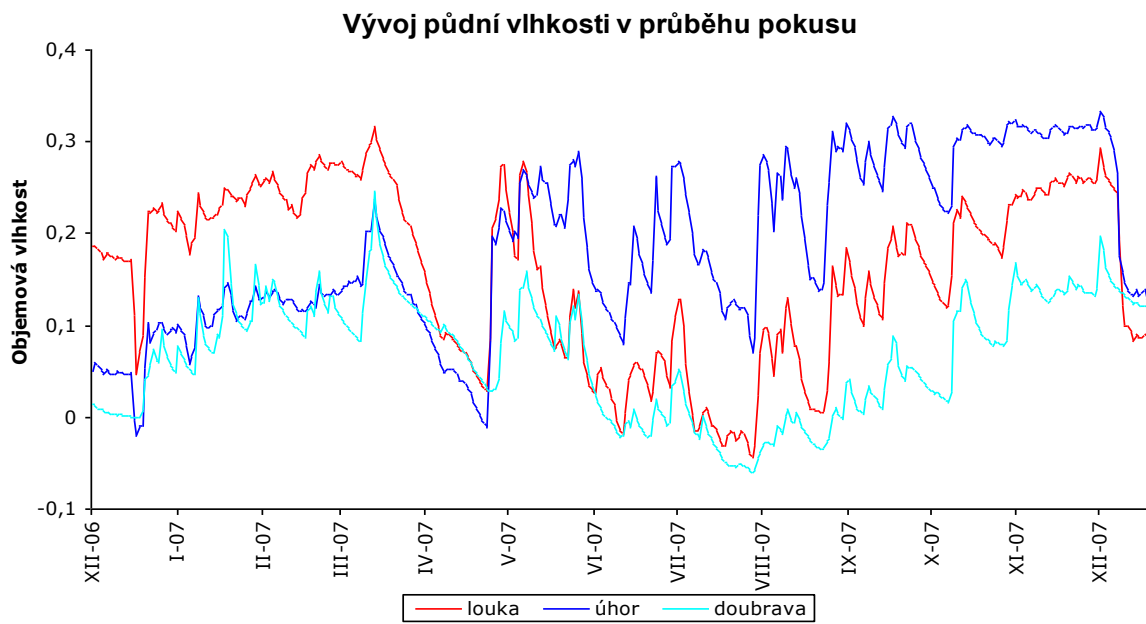
### 4.1 Vlhkost a teplota

Sezónní průběh teploty v 5 cm hloubce v půdě ukazuje Obr.2. Kolísání teploty v lokalitě doubrava bylo nejmenší. V zimě byly teploty vyšší než na louce a úhoru a v létě naopak byly nižší. Je to zapříčiněno přítomností stromů, které mají veliký vliv na teplotu půdy. Podobné kolísání teploty vykazují louka a úhor, přičemž louka byla od jara do podzimu o několik stupňů teplejší. Pod bodem mrazu se vyskytla pouze louka a úhor a to jenom na velmi krátký čas.

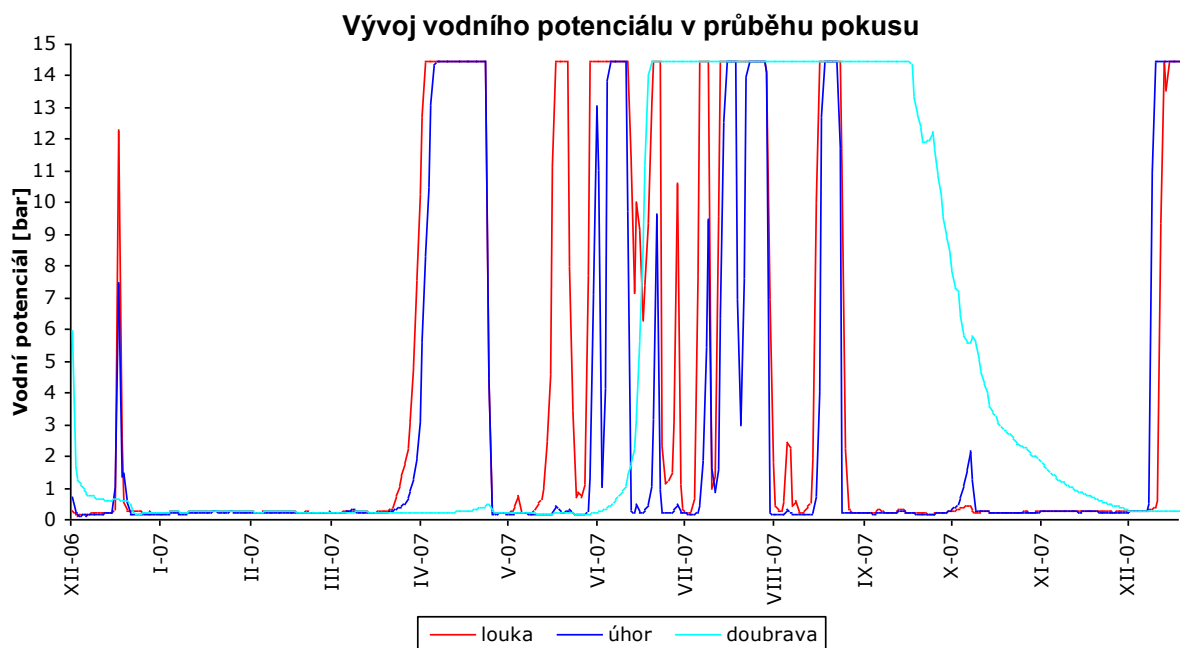
Vlhkost, která byla po celou dobu pokusu značně nízká, ukazuje Obr.3. Celkově byl rok 2007 velmi suchý, přšelo málo. Na podzim roku 2006 bylo sucho, které přetrvávalo celou zimu až do jara. Na jaře vlhkost nepatrně stoupala až do května, kdy opět bylo nedostatek srážek až do konce srpna. Od září měla vlhkost stoupavou tendenci až do konce pokusu. Změny vodního potenciálu ukazuje Obr.4. Doubrava si na začátku roku dokázala držet vlhkost až do června, pak ale nastalo sucho, které trvalo až do konce září. Louka a úhor trpěly suchem již dříve, ale naopak srážky koncem léta se projeví ve vlhkosti půdy dříve než v doubravě. Naopak vlhkost měřená gravimetrickou metodou byla po celou sezónu nejvyšší v doubravě a je znázorněna na Obr.5.



**Obr.2:** Změny půdní teploty v průběhu pokusu v jednotlivých lokalitách.

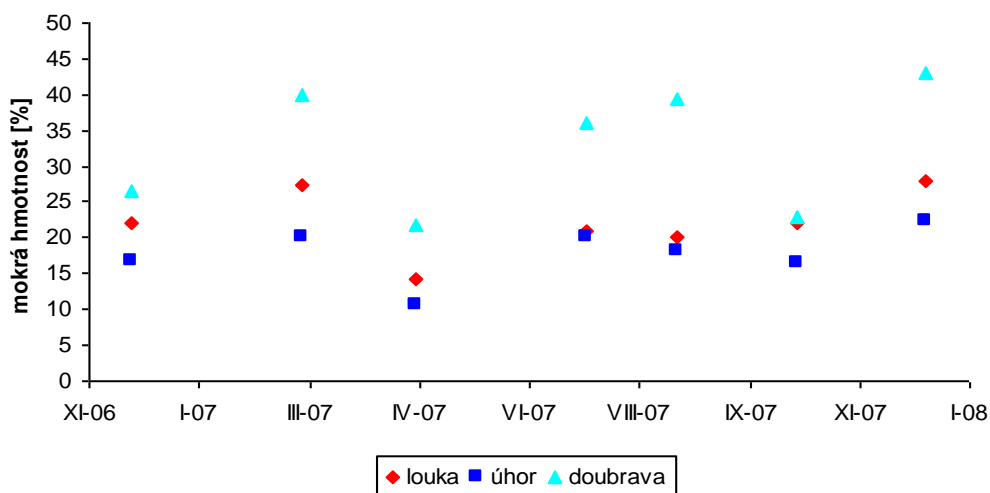


**Obr.3:** Změny půdní vlhkosti v průběhu v jednotlivých lokalitách



**Obr.4:** Změny vodního potenciálu v průběhu pokusu v jednotlivých lokalitách.

## Gravimetrická půdní vlhkost



Obr.5: Změny gravimetrické vlhkosti půdy v jednotlivých odběrech a lokalitách.

## 4.2 Druhové složení

Celkem bylo určeno 289 želvušek, které byly zařazeny do následujících 4 druhů.

### *Macrobiotus harmsworthi* MURRAY, 1907

Tělo je bílé, kutikula hladká. Oční skvrny jsou přítomné, ale někdy nejsou viditelné. Ústní trubice je velmi široká. Oválný savý hltan má tři podlouhlé, dozadu postupně delší tyčinky, někdy jsou první dvě stejně dlouhé a třetí je zřetelně delší. Zrnka jsou zřetelná. Postranní hrotečky jsou velké a velmi zřetelné. Dvojdírkové měsíčky jsou polokruhové, vzadu vroubené. Délka těla až 670  $\mu\text{m}$  (Bartoš 1967). Jeden z nejběžnějších druhů ve střední Evropě. Upřednostňuje uhličitanové podloží. Kosmopolitní rozšíření (Dastych 1982). Nalezen v Brazílii, Kalifornii, Chorvatsku a na Galapágách (Ramazzotti, G. & W. Mauci 1983).

### *Hypsibius dujardini* DOYÈRE, 1840

Sklovitě průzračné tělo s nažloutlou nebo zelenožlutou trávicí trubicí. Má pravidelně oční skvrny, které však občas mohou chybět. Nohy jsou nápadně dlouhé. Ústní trubice je úzká a krátká. V oválném savém hltanu jsou dvě úzké, obvykle stejně dlouhé tyčinky a zřetelná zrnka, která někdy chybějí. Někdy je první tyčinka o  $\frac{1}{2}$  delší než druhá. Postranní hrotečky dvojdírků jsou zřetelné. Délka těla 500  $\mu\text{m}$  (Bartoš 1967). Vodní druh, který se

také často nachází ve vlhkých a stinných suchozemských habitatech. Rozšířen je po celé Evropě, Severní Americe (Illinois, Maryland, Columbia), Jižní Americe, Indii a Arktidě (Ramazzotti, G. & W. Mauci 1983),

#### ***Diphascion recamieri* RICHTERS, 1911**

Velké, čiré, bezbarvé až mléčně zakalené tělo má vyvinuté oční skvrny. Ústní trubice je značně úzká, její ohebná hltanová část je skoro dvakrát tak dlouhá jako protáhle oválný savý hltan. V něm jsou dvě tyčinky, z nichž první je o ½ delší než druhá. Obě tyčinky jsou na zevní straně hluboce vykrojené, především je hluboce vykrojena první tyčinka, která někdy bývá rozdělena na dvě části (pak má tři tyčinky). Postranní hrotečky jsou na všech dvojdrápcích velmi zřetelné. Délka těla dosahuje až 280 µm (Bartoš 1967). Preferuje skalní a půdní mechy (lišejníky), které se nacházejí na stinných místech. Je to charakteristický druh pro alpickou zónu) s holoarktickou distribucí (Dastych 1982). Nalezen v Grónsku, v Evropě (Maďarsko, Rakousko, Česko, Slovensko, Polsko, Finsko, Švýcarsko) a v Argentině (Ramazzotti, G. & W. Mauci 1983).

#### ***Diphascion scoticum* MURRAY, 1905**

Úzké dlouhé tělo s hnědým pigmentem. Hladká kutikula bez očních skvrn. Slinné žlázy jsou nápadně dlouhé, vakovité, sahají téměř k začátku velmi dlouze protáhlého savého hltanu, který má téměř rovnoběžné strany a je dvakrát tak dlouhý jako široký. Ústní trubice je úzká, hltanová část je dlouhá jako savý hltan a velmi ohebná. Má tři značně dlouhé tyčinky, druhá je nejkratší, třetí je nejdelší. Zrnka jsou vždy vyvinuta. Délka těla 180-370 µm (Bartoš 1967). Druh se širokým rozšířením, nalezen v Severní a Jižní Americe, v Evropě, Africe, Indii, Afganistanu, Austrálii, na Novém Zélandu, v Arktidě a Antarktidě (Ramazzotti, G. & W. Mauci 1983).

Po celý rok dominoval druh *Macrobiotus harmsworthi*, který se objevoval ve všech třech lokalitách a nejvíc zastoupen byl na louce. Druh *Diphascion recamieri* byl nalezen v malých počtech pouze ve dvou odběrech na louce, a ve čtyřech v doubravě. *Diphascion scoticum* se výrazněji objevoval v doubravě a největší počet byl zaznamenán v zimě 2006 a v červenci 2007. Úhor byl na želvušky nejchudší, nacházel se tu pouze druh *M. harmsworthi* a to pouze v malém množství a jenom ve dvou odběrech. *Hypsibius dujardini* byl zaznamenán pouze v jednom odběru na louce a ve dvou v doubravě. Počty jedinců zachycuje tabulka 3.

		<i>Macrobiotus harmsworthi</i>	<i>Hypsibius dujardini</i>	<i>Diphasco nrecamieri</i>	<i>Diphasco nscoticum</i>
<b>Louka</b>	18.12.06	4340 (SD 3140)	-	-	830 (SD 1180)
	6.3.07	1820 (SD 1560)	360 (SD 520)	-	1140 (SD 1060)
	26.4.07	1500 (SD 450)	-	-	-
	13.7.07	1530 (SD 1680)	-	-	-
	23.8.07	14010 (SD 6440)	-	-	1120 (SD 1580)
	17.10.07	4600 (SD 5740)	-	3060 (SD 3800)	-
	14.12.07	7360 (SD 2680)	-	240 (SD 340)	270 (SD 380)
<b>Úhor</b>	18.12.06	-	-	-	-
	6.3.07	-	-	-	-
	26.4.07	-	-	-	-
	13.7.07	-	-	-	-
	23.8.07	340 (SD 480)	-	-	-
	17.10.07	-	-	-	-
	14.12.07	870 (SD 720)	-	-	-
<b>Doubrava</b>	18.12.06	750 (SD 780)	1600 (SD 1010)	-	1200 (SD 430)
	6.3.07	3030 (SD 1530)	-	630 (SD 530)	770 (SD 1090)
	26.4.07	1160 (SD 1180)	-	-	260 (SD 370)
	13.7.07	1680 (SD 1990)	-	210 (SD 300)	2550 (SD 840)
	23.8.07	1150 (SD 260)	340 (SD 480)	310 (SD 430)	-
	17.10.07	650 (SD 370)	-	480 (SD 670)	1440 (SD 1380)
	14.12.07	2410 (SD 1790)	-	-	860 (SD 1000)

**Tab.3:** Počet jedinců na m<sup>2</sup> se směrodatnou odchylkou v jednotlivých odběrech a lokalitách.

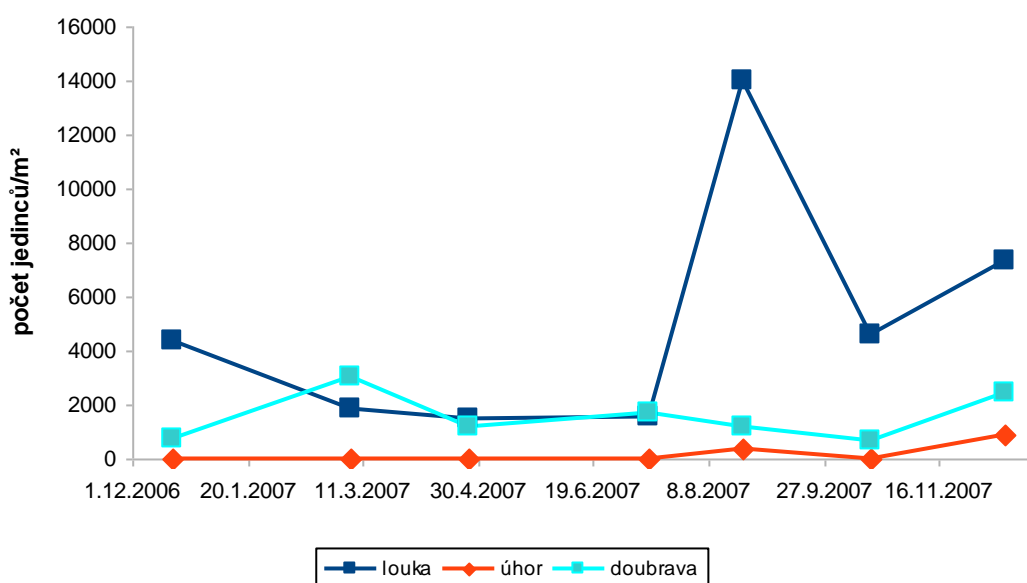
### 4.3 Sezónní dynamika *Macrobiotus harmsworthi*

Ve výzkumu sezónní dynamiky jsem se zaměřila na druh *Macrobiotus harmsworthi*, který se jako jediný vyskytoval ve všech třech lokalitách. Celkové abundance druhu na třech odběrových místech jsou znázorněny na Obr.6. Sezónní dynamika se odlišuje podle typu lokality, ale také v ní lze najít společné znaky. Jelikož si doubrava dokázala udržet vlhkost déle než louka, do března můžeme pozorovat nárůst počtu jedinců. S klesající vlhkostí klesal i počet jedinců. Až odběr 23.8. ukazuje, že malé srážky v srpnu pozitivně



ovlivnily počty jedinců na louce a úhoru, a kde byly naměřeny maximální hodnoty za celý rok. Doubrava na druhou stranu zaznamenala snížení počtu jedinců, které bylo zřejmě zapříčiněno nedostatkem vlhkosti v této lokalitě. Přetrvávající sucho koncem léta a začátkem podzimu ukazuje sestupnou tendenci počtu ve všech třech lokalitách. Od října můžeme najít společné znaky v nárůstu počtu jedinců ve všech třech lokalitách. Statisticky vliv vlhkosti na abundanci jedinců vyšel neprůkazně ( $F(1, 19)=3,180$ ,  $P=0,091$ ), ale určitý vliv vlhkosti na počty jedinců byl jednoznačně zpozorován.

### Sezónní dynamika *Macrobiotus harmsworthi*



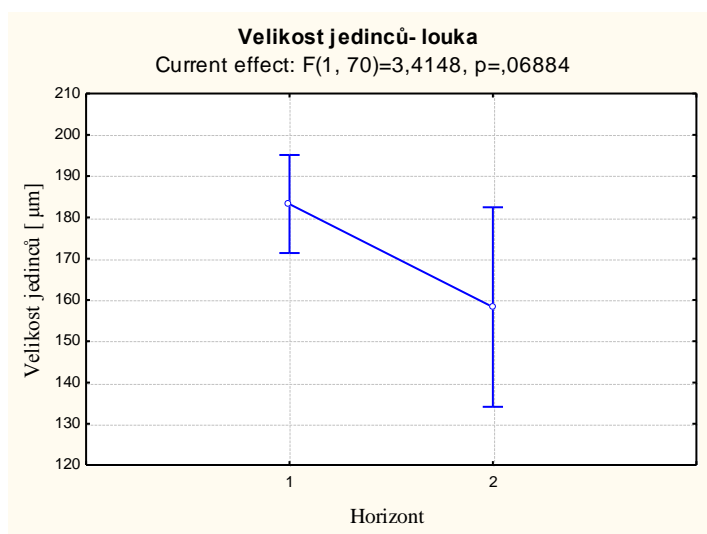
**Obr.6:** Změny počtu jedinců ve třech lokalitách v průběhu pokusu.

## 4.4 Vliv vlhkosti na velikost jedinců

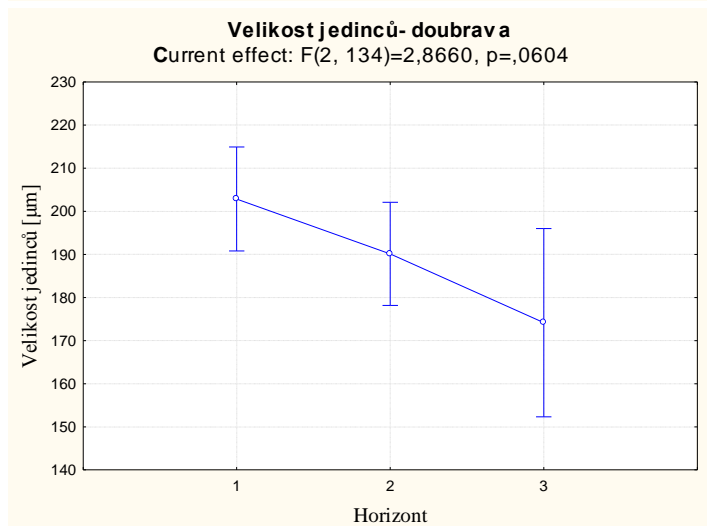
Pro vyhodnocení velikosti jsem použila naměřené výsledky druhu *Macrobiotus harmsworthi*, který se vyskytoval v největších počtech. Literatura uvádí velikost druhu až 670  $\mu\text{m}$ . Celkem bylo změřeno 174 jedinců s minimální velikostí 91  $\mu\text{m}$  a s maximální 240  $\mu\text{m}$ . Velikost jedinců v jednotlivých odběrech je znázorněn na Obr.9. Z odběru 18.12. je patrné, že jak na louce tak v doubravě dominovala spíše juvenilní stádia. V březnu bylo naměřeno nejvíc jedinců v doubravě, jak juvenilních tak dospělců. Na louce nebyla zaznamenána žádná juvenilní stádia. S klesající vlhkostí v dubnu pravděpodobně dospívali pouze juvenilní jedinci z března. Letní srážky výrazně ovlivnily vlhkost louky, na které je

patrný výrazný vzrůst jak juvenilních stádií, tak dospělců. V doubravě nebyly zaznamenány výraznější změny. Až do konce roku počet jedinců na louce se udržuje poměrně vysoko, na druhou stranu v doubravě počty jedinců klesaly. Vliv vlhkosti na velikost jedinců byl neprůkazný ( $F(1, 136)=3,41264$ ,  $p=,066872$ ), ale je tu pozorovatelná určitá tendence, která poukazuje na větší počty větších jedinců při vyšší vlhkosti.

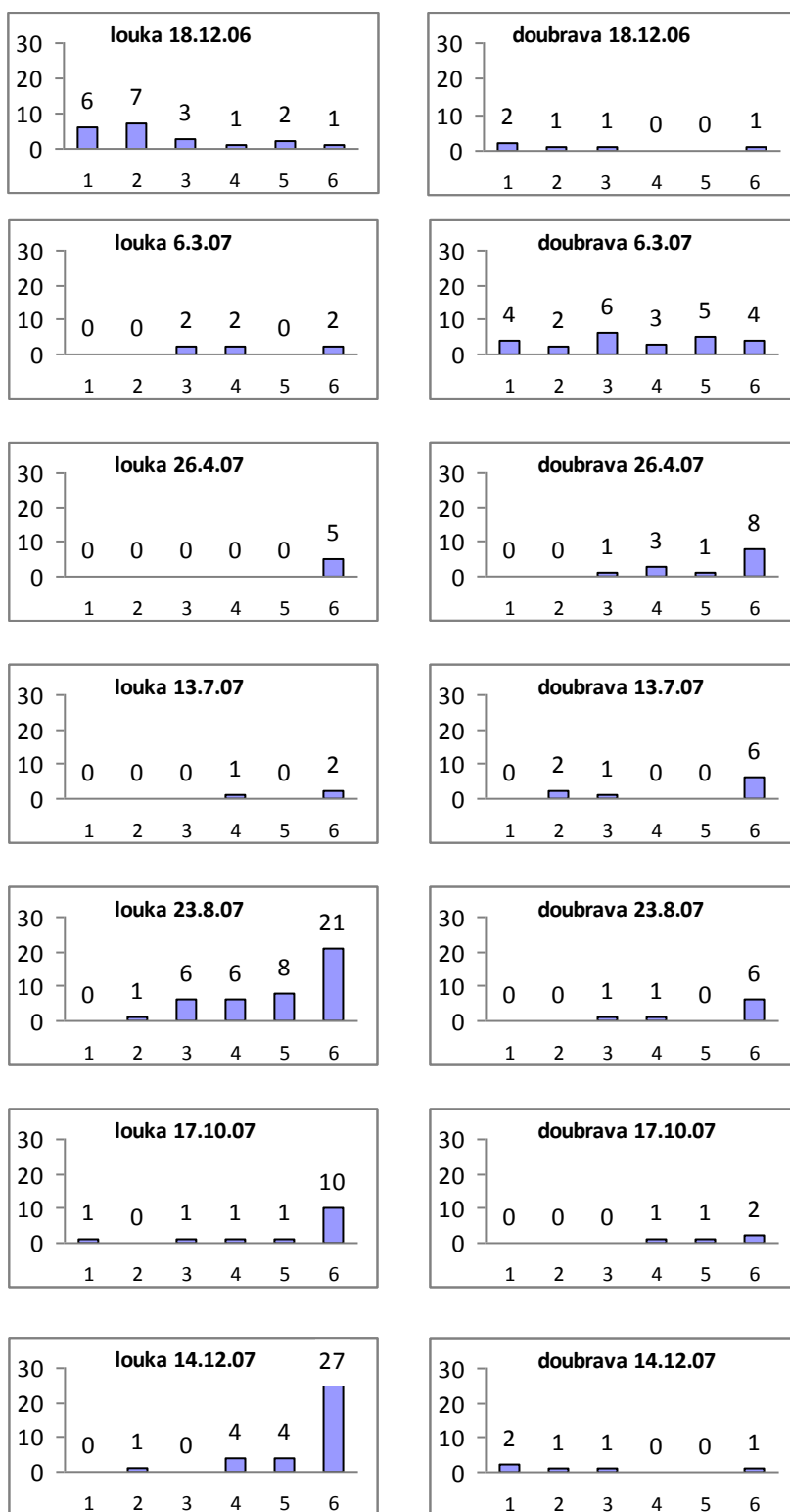
Vyhodnocení vlivu horizontů na velikost jedinců znázorňuje Obr.7 a Obr.8. Na louce v horizontu 3 nebyly zaznamenány žádné želvušky. Je zřejmé, že v horizontu 1 se vyskytoval větší počet jedinců s větší velikostí. Na louce v horizontu 2 je veliký rozptyl ve velikosti jedinců. V doubravě v horizontu 2 klesá velikost jedinců. V horizontu 3 se vyskytuje nejméně jedinců a velikost klesá. Vliv horizontů půdy na velikost jedinců vyšel neprůkazně jak pro louku ( $F(1, 70)=3,4148$ ,  $p=,06884$ ), tak pro doubravu ( $F(2, 134)=2,8660$ ,  $p=,06042$ ). Z grafů je patrné, že v menší hloubce se vyskytují jedinci s větší velikostí.



**Obr.7:** Velikost jedinců v jednotlivých horizontech na louce



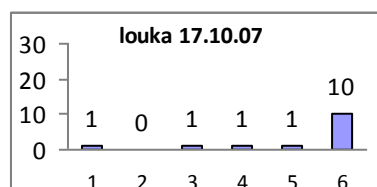
**Obr.8:** Velikost jedinců v jednotlivých horizontech v doubravě



**Obr.9:** Počet jedinců ve velikostních kategoriích v jednotlivých odběrech a lokalitách (louka, les).

**Kategorie:**

1. 90-125  $\mu\text{m}$
2. 126-140  $\mu\text{m}$
3. 141-155  $\mu\text{m}$
4. 156-170  $\mu\text{m}$
5. 171-185  $\mu\text{m}$
6. 186-240  $\mu\text{m}$



## 5 DISKUZE

### 5.1 Vliv abiotických faktorů versus predátorství

Při interpretaci výsledků je nutné brát v úvahu, že v roce 2007 nenastalo delší období bohatší na srážky a byl to nejsušší rok za posledních několik let. Srážky na jaře, během léta a podzimu byly nedostatečné a velmi krátké. Želvušky zřejmě ani nestačily zareagovat na tak krátké provlhčení půdy. Z mých dat se nepotvrdil vliv vlhkosti na abundanci a velikost jedinců. Naměřený počet jedinců byl ale velmi malý a mohl tak výrazně ovlivnit statistické zpracování dat.

Změny vlhkosti mohou také mít vliv na kompetici, predaci a parazitismus, které ovlivňují společenstvo půdních želvušek (Jönsson 2007). Potencionálními predátory jsou houby, roztoči, jiní členovci a některé druhy hlístic. Hlístice byly nalezeny v každém vzorku. Morgan (1997) zaznamenal negativní korelaci mezi hustotou populace želvušek a dešťovými srážkami. Kloní se k názoru, že vysoká vlhkost podporuje útoky hub na vajíčka a juvenilní stádia želvušek. Oba efekty houbového mycelia a více přímých útoků houbovými parazity může mít veliký vliv na hustotu populace (Kinchin 1994; Baron 1990). Několik experimentálních studií (Jönsson 2007; Briones 1997; Morgan 1997) se zabývalo umělým zvyšováním vlhkosti, ale významná změna v hustotě populace nebyla nikdy zaznamenána. Jiné studie se zabývaly vlivem vlhkosti na hustotu hlístic v půdě. Hlístice jsou jednou z hlavních kořistí želvušek, které se živí jako predátoři. Freckman (1987) zaznamenal, že při zvyšování vlhkosti se nemění hustota mycetofágních, bakteriofágních a omnivorních hlístic, zatímco hustota fytofágních hlístic vzrůstá. Steinberger & Sarig (1993) prokázali, že se vzrůstající vlhkostí roste abundance hlístic. A čím větší hodnoty dosahovala vlhkost, tím větší byla abundance.

Já jsem zaznamenala pouze pozitivní odezvu na zvýšení vlhkosti, i když statisticky vliv vlhkosti na abundanci vyšel neprůkazně. Se zvyšující vlhkostí narůstal počet jak juvenilních stádií, tak dospělců. Nicméně vlhkost v průběhu mého pokusu nikdy nebyla vysoká, a tak nemůžu určit, do jaké míry ovlivnila naměřené výsledky.

Želvušky jsou organismy citlivé na množství kyslíku v půdě. V suché půdě je kyslíku dostatek, zatím co v mokré půdě obsah kyslíku rychle klesá v důsledku rozkladných procesů a pokud nedochází k jeho doplňování, může dojít až k anoxii. To je, zřejmě také jeden z důvodů proč se vzrůstající vlhkostí neroste abundance želvušek. Louka sice

v druhé polovině roku vykazovala jak nárůst vlhkosti, tak abundance želvušek. Je nutné si ale uvědomit, že želvušky jsou schopné kryptobiózy a vydrží v ní v nepříznivých podmínkách desetiletí (Jönsson & Bertolani 2001). Při příznivých podmínkách se z ní probírají. Metodou, která byla použita v mé práci, jsem nebyla schopná rozpoznat želvušky, které se vylíhly z vajíček, nebo které se probraly z kryptobiózy. To také může zkreslovat pohled na jejich populaci.

## 5.2 Vliv jednotlivých lokalit

Lokalita doubrava byla specifická přítomností stromů, které transpirací ovlivňovaly vlhkost a množství dopadeného slunečního záření na substrát. Dokázala si udržet vlhkost i v zimě 2006 na rozdíl od louky. Louka byla dlouhodobě obhospodařovaná (dvakrát ročně seč). Podle některých studií (Ramazzotti 1959; Fleeger & Hummon 1975; Manicardi & Bertolani 1987; Bertolani & Rebecchi 1996) kosení může změnit mikroklima snížením vlhkosti a to může vést k přítomnosti druhů, které jsou na sucho méně náchylné. Také podle studie (Schuster & Greven 2007) byla na obhospodařované louce zaznamenána nižší hustota a abundance druhů. Na druhou stranu, Jönsson (2001) nezaznamenal významný rozdíl mezi abundancí druhů v lese a na louce. V mém pokusu jsem zaznamenala stejný počet druhů na louce i v doubravě. Úhor byl na želvušky nejchudší. Jelikož zatím nebyla provedena žádná studie zabývající se výskytem želvušek na úhoru, o důvodech nízké abundance želvušek je možné jenom spekulovat. Úhor byl založen v roce 2006, do té doby se tu pěstovaly brambory a v důsledku obhospodařování docházelo k výraznému promíchávání jednotlivých horizontů půdy. Je možné, že právě promíchávání horizontů želvuškám nesvědčilo a zatím nestačilo dojít k obnově populace. K objasnění této otázky snad pomohou odběry v následujících letech.

## 5.3 Změny druhového složení

Želvušky rodu *Macrobotus* (zejména *M. harmsworthi*, *M. hufelandi*, *M. richtersi*) se živí jako predátoři. Loví vířníky, prvoky, hlístice, které se vyskytují ve stejném substrátu jako půdní želvušky (Hutchinson & Streu, 1960; Dincaster & Hooper, 1961; Hallas & Yeates, 1972). Na druhou stranu, některé druhy hlístic loví želvušky a prvoky (Hallas & Yeates, 1972). Vysoká abundance želvušek rodu *Macrobotus* s nízkou hustotou hlístic může být výsledek vzájemného vztahu mezi želvuškami a hlísticemi. Zato želvušky rodu

*Diphascon* se mohou stát obětí predace hlísticemi a při vysoké hustotě hlístic klesá jejich abundance (Harada & Masamichi 2006). Jelikož jsem neměřila abundanci hlístic, nemůžu určit, zda jejich hustota ovlivnila přítomnost jednotlivých rodů *Diphascon* a *Macrobiotus*.

Různý typ a stáří vegetace v jednotlivých lokalitách může mít za následek vyšší abundance jednotlivých druhů. Harada & Masamichi (2006), kteří se zabývali výzkumem společenstva želvušek v lesích středního Japonska, objevili rozdílné zastoupení druhů v podobných lokalitách. Ve smíšeném (cedr, cypřiš), 38 let starém lese dominoval rod *Diphascon*. Ve 20 let starém cedrovém lese, který se podobal stejnému vegetačnímu typu, dominoval rod *Macrobiotus*. Různý vývojový stupeň a druh půdy mohl mít vliv i na mou práci. V mém výzkumu byl druh *Diphascon scoticum* typičtější pro doubravu, která je podstatně stinnější než louka a úhor. *Diphascon recamieri* byl také typičtější pro doubravu. Zjistila jsem ho pouze v malých počtech. Důvodem může být to, že je to druh typický pro alpinskou zónu a Hosín je položen v malé nadmořské výšce (500 m). *Hypsibius dujardini* se vyskytoval opravdu ojediněle. Zřejmě je to druh citlivější na abiotické a biologické faktory. *Macrobiotus harmsworthi* patří mezi kosmopolitní druh. Je pravděpodobné, že tento druh má širokou ekologickou valenci a proto se vyskytoval jako jediný ve všech třech lokalitách a v největších hustotách.

Půdní želvušky mají rychlý metabolismus, takže jsou citlivé k jemným ekologickým rozdílům a reagují na strukturní změny půdy (Fleeger & Hummon, 1975). Díky tomu můžou být užitečné jako biologické indikátory. Když hodnotíme druhové zastoupení želvušek, měli bychom brát do úvahy nejen makroskopické hledisko (vegetace), ale také biologické faktory, jako je například hustota hlístic v substrátu.

## 5.4 Velikost jedinců

Z naměřených výsledků je možné zpozorovat určité tendence ve velikosti jedinců. První horizont byl na želvušky bohatší a vyskytují se zde jedinci s větší velikostí. Se zvyšující se hloubkou půdy klesá velikost jedinců. Na louce se v posledním horizontu nenacházeli žádné želvušky rodu *Macrobiotus*. Mým názorem je, že želvušky se rozmnožují ve větší hloubce, kde také odkládají svá vajíčka. Ve větší hloubce dochází k menším výkyvům abiotických faktorů. Je ovšem těžké určit, zda jsou vůbec schopné překonat pro ně tak velkou vzdálenost kvůli odkládání vajíček. Také se přikláním k názoru, že želvušky jsou velikostí přizpůsobeny půdním pórům, ve kterých žijí. S větší hloubkou se póry zmenšují, a tudíž velikost želvušek klesá. Zatím nebyly provedeny žádné jiné studie studující

hloubku půdy, ve které želvušky žijí. Další výzkum jednotlivých horizontů půdy by mohl objasnit více o jejich životě a přispět k rozšíření informací o tak zajímavých tvorech jakými želvušky bezpochyby jsou.

## 6 ZÁVĚRY

- V průběhu pokusu bylo ve třech lokalitách (louka, úhor, doubrava) na Hosíně určeno 289 želvušek, které byly zařazeny do 4 druhů.
- Nejvýznamnější druh byl *Macrobiotus harmsworthi*, který byl zastoupen na všech lokalitách. *Diphascon scoticum* byl typičtější pro les. Druhy *Diphascon recamieri* a *Hypsibius dujardini* se vyskytovaly ojediněle.
- Louka byla na želvušky nejhojnější, úhor nejchudší. V první polovině roku bylo zjištěno více jedinců v doubravě, naopak v druhé polovině bylo více jedinců na louce. Letní srážky se projevily v největším nárůstu abundance v září a říjnu na louce. Od konce října se zvyšovala abundance na všech třech lokalitách.
- Ze získaných dat se nepotvrdil vliv vlhkosti na abundanci a velikost jedinců. I když horizont 1 obsahoval větší jedince než horizont 2, statisticky nebyl potvrzen vliv horizontů půdy na velikost jedinců.



## 7 POUŽITÁ LITERATURA

Baermann, G., 1917. Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. *Geneesk. Tijdschr. Ned.-Indie* 57: 131-137.

Barron, G.L., C. Morikawa & M. Saikawa. 1990. New Cephalophora species capturing rotifers and tardigrades. *Can. J. Bot.*, 68: 685-690.

Bartoš, E., 1967. Fauna ČSSR, Želvušky- Tardigrada . Československá akademie věd, 225 pp.

Bertolani R, 1982. Tardigradi. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiáne, 102 pp.

Bertolani, R. & L. Rebecchi. 1996. The tardigrades of Emilia (Italy). II. Monte Rondinaio. A multihabitat study on a high altitude valley of the northern Apennines. *Zool. J. Linn. Soc.*, 116: 3-12

Bertolani R. & K. I. Jönsson. 2001. Fact and fiction about long-term survival in tardigrades. *J. Zool., Lond.* 255: 121-123.

Briones, M.J.I., P. Ineson & T.G. Pierce. 1997. Effect of climate change on soil fauna; responses of enchytraeids, Diptera larvae and tardigrades in a transplant experiment. *Appl. Soil. Ecol.*, 6: 117-134.

Dastych, H., 1988. The Tardigrada of Poland. *Polská akademie věd*, 253pp.

Doncaster, C.C. & D.J. Hooper, 1991. Nematodes attacked by protozoa and tardigrades. *Nematologica* 6: 333- 335.

Fleeger, J.W. & W.D. Hummon. 1975. Distribution and abundance of soil Tardigrada in cultivated and uncultivated plots of an old field pasture. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 32 Suppl.: 93-112.

Francesci, T., M.L. Loi & R. Pierantoni . 1962-1963. Risultati di una prima indagine ecologica condotta su popolazioni di Tardigradi. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, 32: 69-93.

Freckman, D.W., W.G. Whitford & Y. Steinberger. 1987. Effect of irrigation on nematode population dynamics and activity in desert soils. *Biol. Fertil. Soils*, 3: 3-10.

Hallas, T.E. & G.W. Yeates. 1972. Tardigrada of the soil and litter of a Danish beech forest. *Pedobiologia*, 12: 287-304.

Hofman, I. 1987. Habitat preference of the most frequent moss-living Tardigrada in the area of Giessen (Hessen) . In: Bertolani (Ed.), *Biology of Tardigrades. Selected Symposia and Monographs U.Z.I.*, 1. Mucchi Editore, Modena, Italy: 211-216.

- Hutchinson, M.T. & H.T. Streu, 1960. Tardigrade attacking nematodes. *Nematologica* 5: 149
- Jönsson, K.I., 2003. Population density and species composition of moss-living tardigrades in a boreo-nemoral forest. *Ecography*, 26 356-364
- Jönsson, K.I., 2007. Long-term experimental manipulation of moisture conditions and its impact on moss-living tardigrades. *J. Limnol.*, 66: 119-125.
- Kinchin, I.M. 1992. An introduction to the invertebrate mikrofauna associated with mosses and lichens with observations from maritime lichens on the west coast of the British Isles. *Microscopy (London)*, 36: 721-731.
- Kinchin, I.M. 1994 *The Biology of Tardigrades*. Portland Press, London: 186 pp.
- Lepš, J., 1996. Biostatistika BF JČU České Budějovice 166 pp.
- Manicardi, G.C., & R. Bertolani. 1987. First contribution to the knowledge of alpine grassland tardigrades. In: R. Bertolani , *Biology of tardigrades . Selected Symposia and Monographs U.Z.I.* 1. Mucchi Editore , Modena, Italy: 177- 185
- Morgan, C.I. 1977. Populations dynamics of two species of Tardigrada, *Macrobiotus hufelandi* (Schultze) and *Echiniscus testudo* (Doyere), in roof moss from Swansea . *J. Animal. Ecol.*, 46: 236- 279
- Morgan, C.I. 1997. Population dynamics of two species of tardigrade , *Macrobiotus hufelandi* (Schultze) and *Echiniscus (Echiniscus) testudo* (Doyere), in roof moss from Swansea. *J. Anim. Ecol.*, 46: 263- 279.
- Murphy, J., Riley, J.P. (1962): A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27: 31-36.
- Pilato, G. 1979. Correlations between cryptobiosis and other biological characteristics in some soil animals. *Boll. Zool.*, 46: 319-332.
- Ramazzotti, G. 1959. Tardigradi in terreni prativi . *Atti Soc. Ital. Nat.*, Milano, 98: 199-210.
- Ramazzotti, G. & W. Mauci. 1983. Il Phylum Tardigrada. III edizione riveduta e corretta. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 41:1-1012
- Schuster R. & H. Greven. 2007. A long-term study of population dynamics of tardigrades in the moss *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. *J. Limnol.*, 66: 141-151.
- Sommers, L.E., Nelson, D.W. (1972): Determination of total phosphorus in soils: A rapid perchloric acid digestion procedure. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36: 902-904.
- Steinberger, Y. & S. Sarig. 1993. Response by soil nematode populations and the soil microbial biomass to a rain episode in the hot, dry Negev Desert. *Biol. Fertil. Soils*, 16: 188-192

Watanabe, F.S., Olsen, S.R. (1965): Test of ascorbic acid method for determining phosphates in water and sodium bicarbonate extracts from soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 29: 677-680.

Wright, J.C. 1991. The significance of four xeric parameters in the ecology of terrestrial Tardigrada. *J.Zool.*, 224: 59-77.

## 8 PŘÍLOHY

**Tab. 2:** Fyzikálně-chemické charakteristiky v jednotlivých lokalitách – Louka (L), Úhor (Ú), Doubrava (D) a ve třech horizontech – první (1), druhý (2), třetí (3)

<b>Kód vzorku</b>	<b>pH/H<sub>2</sub>O</b>	<b>pH/KCl</b>	<b>P mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>Na mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>K mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>Ca mg.kg<sup>-1</sup></b>	<b>N [%]</b>	<b>C [%]</b>
<b>L 1</b>	5.66	4.28	998	14	136	320	0.41	6.63
<b>L 2</b>	5.61	4.84	1084	32	56	292	0.3	4.39
<b>L 3</b>	5.62	4.90	888	64	24	338	0.23	3.16
<b>Ú 1</b>	6.98	6.43	1801	160	632	468	0.31	4.24
<b>Ú 2</b>	7.04	6.50	1669	46	540	632	0.25	3.56
<b>Ú 3</b>	7.05	6.59	1724	36	570	880	0.28	3.79
<b>D 1</b>	5.24	4.72	1256	15	685	1090	1.52	33.58
<b>D 2</b>	4.67	3.88	1169	12	232	160	0.83	17.56
<b>D 3</b>	4.14	3.26	663	70	60	140	0.25	5.46