

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**Přežívání štěnic (*Cimex pipistrelli*)
v různých mikroklimatických
podmínkách**

Diplomová práce

Bc. Kateřina Zedníková

Studijní program: N1501 Biologie; Studijní obor: Zoologie,
Prezenční studium

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Tomáš Bartonička, PhD.

OLOMOUC 2010

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím citované literatury.

V Olomouci, dne 23. 7. 2010

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Mgr. Tomáši Bartoničkovi, PhD., bez jehož pomoci, rad a odborných připomínek by tato práce nemohla vzniknout. Především děkuji Mgr. Peterovi Adamíkovi, PhD. za pomoc při zpracování dat, ochotu a vstřícnost při konzultacích. Dále Mgr. Ondřeji Balvínovi za velmi ochotné poskytnutí informací týkajících se předchozí determinace štěnic na příslušných lokalitách.

Diplomová práce byla vypracována v rámci širšího projektu, který probíhá od roku 2007 ve spolupráci s Ústavem botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy Univerzity pod vedením Mgr. Tomáše Bartoničky. Ph.D. Projekt byl financován Grantovou agenturou České republiky (206 /07/P098).

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Kateřina Zedníková

Název práce: Přežívání štěnic (*Cimex pipistrelli*) v různých mikroklimatických podmínkách

Typ práce: Diplomová

Vedoucí práce: Mgr. Tomáš Bartonička, PhD.

Rok obhajoby práce: 2010

Abstrakt: Významným ekologickým faktorem ovlivňujícím přežívání štěnic jsou mikroklimatické podmínky panující uvnitř úkrytu hostitele. V této práci bylo sledováno přežívání jednotlivých vývojových stádií a pohlaví *Cimex pipistrelli* parazitujícím na netopýrech při různých teplotách a vlhkostech. Z výsledků experimentů vyplývá, že při expozici teplotou 45° C štěnice hynou, a to v periodě kratší než 1 týden. Mortalita I. – III. instaru při 5° a 20° C byla po měsíci také vysoká. Oproti tomu IV. – V. instar a samice měli malé početnostní ztráty při těchto teplotách. Přestože předchozí studie ukazují, že citlivost štěnic na vlhkost není významná, horší přežívání bylo zjištěno při nízkých vlhkostech (0 - 8 %). Po dvou týdnech při těchto podmínkách přežily jen 3 štěnice ze 120. Mortalita I. – III. instaru klesá se vzrůstající vlhkostí. Samci mají při vysokých vlhkostech 85 – 92 % nejvyšší úhyn (po 14 dnech 96,7 %). Po zjištění více než 50% mortality v experimentální skupině byla sledována i ochota sání. Vysoká úspěšnost sání může predikovat delší přežívání. Ve druhé části se práce zabývá hostitelskou specifitou *C. pipistrelli*. Při těchto pokusech však nebyla zjištěna preference specifického hostitele před hostitelem nespecifickým. Štěnice sáli opakovaně na druhu netopýra, v jehož úkrytu nebyly nikdy zjištěny.

Klíčová slova: štěnice, *Cimex pipistrelli*, přežívání, mikroklimatické podmínky, hostitelská specifita

Počet stran: 52

Počet příloh: 3

Jazyk: Český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Bc. Kateřina Zedníková

Title: Survival of bat bugs (*Cimex pipistrelli*) under different microclimatic conditions

Type of thesis: Master

Supervisor: Mgr. Tomáš Bartonička, PhD.

The year of presentation: 2010

Abstract: Microclimatic conditions in the roost of host are the most important environmental factors which influence the survival of bugs. In this work different ontogenetic stages and sexes of *Cimex pipistrelli* invading bats under the different temperature and humidity were observed. In the results of these experiments all of the bugs die in a period shorter than one week after the exposition of temperature 45° C. Mortality of I. – III. instar was also high after a month in 5° and 20° C. By contrast IV. - V. instars and females had low fall in these temperatures. Despite previous studies which indicate that sensitivity of bugs on low humidity is not important, worse survival was noticed in low humidity (0 – 8 %). In these conditions only 3 bugs from 120 survived after two weeks. Mortality of I. – III. instar sank with increasing humidity. Males had the highest mortality (96,7 % after two weeks) in 85 – 92 % humidity. When the mortality was higher than 50 %, promptness to suck was tested. High promptness can predict longer period of next survival. In the second part the study focuses on host specificity of *Cimex pipistrelli*. But preference for specific host in comparison with non-specific one was not found out in this experiment. Bugs repeatedly sucked on the bat species in which roosts they have never been observed.

Keywords: bat bugs, *Cimex pipistrelli*, survival, microclimatic conditions, host specificity

Number of pages: 52

Number of appendices: 3

Language: Czech

Obsah

1.	ÚVOD.....	8
2.	PROBLEMATIKA.....	10
2.1.	<i>Cimex pipistrelli</i> group.....	10
2.2.	Hostitelská specifita.....	10
2.3.	Mikroklima úkrytu.....	12
2.3.1.	<i>Vliv na ontogenetický vývoj a přežívání štěnic</i>	12
2.3.2.	<i>Vliv teploty na frekvenci příjmu potravy</i>	15
2.4.	Vyhledávání hostitele	15
2.5.	Dostupnost hostitele.....	16
2.6.	Reakce hostitele.....	19
3.	CÍLE PRÁCE.....	22
4.	MATERIÁL A METODIKA.....	23
4.1.	Sběr štěnic.....	23
4.2.	Vliv teploty na přežívání štěnic.....	24
4.3.	Vliv vlhkosti na přežívání štěnic.....	24
4.4.	Ochota sání.....	25
4.5.	Hostitelská specifita.....	25
4.6.	Zpracování dat.....	27
4.7.	Materiál.....	28
5.	VÝSLEDKY	29
5.1.	Vliv teploty na přežívání štěnic.....	29
5.2.	Vliv vlhkosti na přežívání štěnic.....	30
5.3.	Ochota sání	31
5.4.	Hostitelská specifita.....	32
6.	DISKUZE.....	35
6.1.	Vliv teploty na přežívání štěnic.....	35
6.2.	Vliv vlhkosti na přežívání štěnic.....	36

6.3.	Ochota sání	37
6.4.	Hostitelská specifita.....	38
7.	ZÁVĚR.....	40
8.	LITERATURA.....	41
9.	PŘÍLOHY.....	49

1. ÚVOD

Štěnice jsou významnými úkrytovými ektoparazity netopýrů, kteří zůstávají na těle hostitele jen krátce po dobu sání. Znamějším druhem je *Cimex lectularius* Linnaeus, 1758 parazitující na člověku a u netopýrů se vyskytující sporadicky. Méně informací je o druhu *Cimex pipistrelli* Jenyns, 1839 na netopýrech parazitujícím častěji. Štěnici *Cimex pipistrelli* je možné nalézt především v letních úkrytech netopýrů, a to u druhů preferujících rozsáhlejší půdní prostory, jako je netopýr velký, *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797), ale i u druhů osidlujících naopak převážně štěrbinové úkryty, např. netopýr rezavý *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774), netopýr večerní, *Eptesicus serotinus* Schreber, 1774, nebo zástupců rodu *Pipistrellus* spp. (Kaup, 1829). Díky vysoké mobilitě a schopnosti dlouhodobé existence mimo hostitele se stávají štěnice význačnými modelovými ektoparazity (Usinger 1966). Samice jsou schopny klást vajíčka dokonce bez nasátí krve hostitele a jejich celoživotní snůška přesahuje 500 vaječ (Davis 1964). Růst a vývoj je velice rychlý a umožňuje jim dosáhnout v úkrytu vysokých abundancí záhy po jeho osídlení netopýry. Štěnice sají v intervalu několika dní a jsou schopny několikaměsíčního hladovění (až 1,5 roku) při nízkých teplotách, což jim umožňuje přežít zimní období nebo delší nepřítomnost hostitele v úkrytu (Johnson 1942, Povolný 1957, Overal & Wingate 1976, Marshall 1982).

Tématem diplomové práce byl výzkum přežívání štěnic *C. pipistrelli* v různých mikroklimatických podmínkách, neboť právě interní teplota a vlhkost úkrytu významně ovlivňuje rychlost metamorfózy jednotlivých vývojových stádií i obou pohlaví (Usinger 1966). Většina dosavadních studií, které se zabývaly podobnou problematikou, se věnovaly druhu *Cimex lectularius*. Proto jsem se ve své práci snažila doplnit informace o ochotě sání po expozici různými mikroklimatickými podmínkami u méně známého druhu *Cimex pipistrelli* parazitujícím na netopýrech. Přežívání štěnic v rozdílných klimatických podmínkách je zásadní pro predikci density štěnic v úkrytu v době, kdy hostitel rodí a pečuje o mláďata. Nejednoznačná je též otázka hostitelské specifity štěnic. V úkrytech některých druhů netopýrů, např. *Plecotus* spp. Geoffroy, 1818, *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774), nebyly totiž štěnice dosud zaznamenány vůbec, přestože *Plecotus* spp. často alespoň dočasně sdílejí úkryty s druhy netopýrů štěnicí běžně parazitovanými (např. *Myotis myotis*) a k mezidruhovému přenosu mohlo dojít již dávno.

Tyto otázky a informační nedostatky se v mé diplomové práci staly pokladem k naplánování dále popisovaných experimentů.

2 PROBLEMATIKA

2.1 *Cimex pipistrelli* group

Cimex pipistrelli group je jednou ze čtyř skupin druhů rodu *Cimex* Linnaeus, 1758 náležícího do čeledi Cimicidae Latreille, 1802 (Usinger 1966). V rámci tohoto komplexu byly v Evropě popsány další dva druhy: *Cimex dissimilis* (Horváth, 1910) a *Cimex stadleri* Horváth, 1935. Někteří autoři akceptují všechny druhy jako platné (např. Usinger 1966), ale většina recentních autorů následuje Péricarta (1972, 1996) a uznává pouze dva platné druhy – *C. pipistrelli* vyskytující na Britských ostrovech, v Nizozemí a Německu; a *C. dissimilis*, který je rozšířený ve většině evropských zemí.

Balvín (2008) revidoval druhy komplexu *C. pipistrelli* v západní Palearktidě a rozlišil na základě analýzy 710 bp dlouhých sekvencí mitochondriálního genu cytochrom-oxydázy podjednotky I tři různé haplotypové skupiny, které popsal jako A, B a C. Typ A byl detekován v 16 vzorcích, typ B ve 26 vzorcích a typ C pouze u jediného vzorku. Typ C hodnotí jako ancestrální, protože jeho morfologické charakteristiky odpovídají středním hodnotám charakteristik typů A a B. Typy A a B prokazují jen nepatrnou morfologickou divergenci a jejich morfologické rozdíly neodpovídají morfologickým charakteristikám používaným k rozlišení tří výše uvedených druhů. Při této revizi byl tedy rozpoznán jen jeden z těchto druhů. Délka štětín na pronotu, která se používá k odlišení *C. dissimilis* a *C. stadleri* od *C. pipistrelli*, se shoduje u všech zkoumaných vzorků z kontinentální Evropy. Je však signifikantně větší u vzorků z Velké Británie. Pravděpodobně tedy *C. pipistrelli* zahrnuje dva druhy, jako uvádí Pericart (1972). Na základě těchto informací jsem se rozhodla používat ve své práci do publikování taxonomické revize termín *Cimex pipistrelli* group, který se jeví pro skupinu zahrnující nejméně dva pravděpodobně samostatné druhy správnější.

2.2 Hostitelská specifita

Štěnice stejně jako jiní ektoparazité mají určité omezené spektrum potencionálních hostitelů. Typickými hostiteli štěnic *Cimex pipistrelli* group jsou netopyři. Většinou jsou jako hostitelé uváděny druhy *Pipistrellus pipistrellus* (Shreber, 1774) (Jenyns 1839) a *Nyctalus noctula* (Povolný 1957, Southwood & Leston 1959, Usinger 1966). Další nálezy

byly též publikovány z druhů: *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817) (Abul-Hab & Shihab 1990 podle Lanza 1999), *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839) (Heise 1988), *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825) (Bartonička 2007), *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758 (Horváth 1935), *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) (Nelson & Smiddy 1997, Morkel 1999), *Eptesicus serotinus* (Southwood & Leston 1959, Heise 1988), *Myotis myotis* (např. Lederer 1950, Usinger 1966), *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) (Morkel 1999), *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845) (Heise 1988), *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817) (Kerzhner 1989), *Myotis dasycneme* (Boie, 1825) (van Rooij *et al.* 1982, Walter 2004), *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817) (Kerzhner 1989) a smíšené kolonie *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806) a *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) (Protić & Paunović 2006).

Většina těchto druhů, s výjimkou *M. myotis*, *M. emarginatus* a *R. ferrumequinum*, patří mezi druhy netopýrů, kteří preferují těsné úkryty ve štěrbinách budov, stromových dutinách či trhlinách nebo netopýří budky. Tyto úkryty mohou být využívány více druhů po sobě v průběhu jediné sezóny nebo dokonce současně (Jahelková *et al.* 2000, Paclík & Weidinger 2007). Více druhů pohromadě lze zastihnout i v případě úkrytů na půdách, které bývají často obsazeny druhem patřícím k běžným hostitelům štěnic (obvykle *M. myotis*) a druhem, jenž jako hostitel není znám. Z běžných druhů netopýrů ve střední Evropě tyto štěnice nebyly nikdy zjištěny u druhů *Plecotus* spp. Geoffroy, 1818 a *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800), kteří využívají otevřenější půdní prostory, kde však preferují vzájemně odlišná stanoviště; ale také u druhu *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) preferující štěrbinu v budovách nebo stromech (Gaisler 1966).

Zástupci komplexu *C. pipistrelli* na jiných hostitelích než netopýrech parazitují jen velmi zřídka. Šmaha (1976) dokumentuje zamoření dvou panelových domů štěnicemi *C. dissimilis*, kdy tyto štěnice pravděpodobně pocházely z kolonie netopýrů *Nyctalus noctula*, která dříve sídlila ve štěrbinách těchto domů. Štěnice následně pronikaly do bytů, napadaly člověka a staly se velmi nepříjemnými díky jejich vysokému počtu. I když tyto štěnice mohou napadat člověka, pravděpodobně další generace není schopna přežít pouze na jeho krvi. Southwood (1954) totiž získal plodná vajíčka chovem několika dospělců štěnic na vlastním těle, avšak larvy I. instaru vylíhly z těchto vajíček svoji krev sát nepřiměle.

U ektoparazitů je vytvoření druhové specifity podmíněno různými faktory. Záleží jednak na těsnosti vazby ektoparazita na tělo hostitele, ale také na typu obývaného úkrytu, sociální organizaci hostitele, jeho geografickém rozšíření a početnosti. Vliv může mít také kompetice mezi parazity. Parazitaci na jiném hostitelském druhu pak brání různé bariéry

- fyzická izolace, nevyhovující klimatické podmínky nebo morfologické, fyziologické a behaviorální aspekty (Marshall 1982, Gannon & Willig 1995, Hofstede *et al.* 2004). Příkladem limitace na fyziologické úrovni může být velikost erytrocytů hostitele, které musí projít sacím kanálem hematofágního cizopasníka (Reinhadt & Siva-Jothy 2007). Dalším parametrem, který může mít vliv je skladba potravy hostitele. Její složky ovlivňují obranyschopnost organismu hostitele a jeho rezistenci vůči parazitům (Christe *et al.* 2003). Z behaviorálních faktorů pak závisí infestace např. na střídání úkrytů netopýry (Bartonička 2008).

2.3 Mikroklima úkrytu

Velikost ektoparazitické populace je vázána na několik hlavních faktorů. Pro štěnice jako temporární ektoparazity je limitující především mikroklima úkrytu, přičemž pravděpodobně nejkritičtější složkou je teplota, která během dne či ročního období často kolísá a je jen málo úkrytů, kde zůstává konstantní (Usinger 1966). Mikroklima úkrytů proto významně ovlivňuje vývoj i veškeré aktivity štěnic (Bartonička & Gaisler 2007). Přestože nemáme informace přímo o druhu *C. pipistrelli*, jelikož většina dosavadních prací zabývajících se podobnou problematikou se týkala druhu *C. lectularius*, očekáváme, že hlavní aspekty obou skupin v reakci na mikroklimatické změny mohou být podobné.

2.3.1 Vliv na ontogenetický vývoj a přežívání štěnic

Nejpodstatnějším faktorem ovlivňujícím vývoj a přežívání štěnic je teplota. Dolní hranice pro líhnutí, vývoj nymf a aktivitu dospělců *C. lectularius* je mezi 13° a 15° C (Hase 1930, Mellanby 1935, Kemper 1936, Johnson 1942). Nicméně vajíčka jsou podle Johnsona (1940) schopna určitého vývoje i při teplotách nižších než 4° C. Délka embryonálního vývoje i délka trvání jednotlivých larválních stádií se s rostoucí teplotou zkracuje, a to až do 30° C, kdy je nejkratší. Při vyšších teplotách potom dochází k zpomalování vývoje, který se při 36° C zastavuje úplně (Omori 1941). Tepelná smrt nastává při 44° – 45° C (Hase 1917a). Johnson (1940) při svých experimentech zjistil, že při denním kolísání teplot o 10° C mezi dolní hranicí 13,1° C a optimem 23° C je vývoj vajíček o jeden týden kratší než při konstantních 17,9° C. Také při fluktuaci mezi 27,8° a 17,5° C se zkracuje o jeden den ve srovnání s konstantní teplotou 22,7° C. Délky

jednotlivých vývojových stádií při konstantních teplotách jsou uvedeny v tabulce 1, kde je můžeme srovnat s délkami jednotlivých stádií u *Cimex hemipterus* Fabricius, 1803, která má poněkud pomalejší vývoj než *C. lectularius* (výjimka při 27° C). Pomalejší vývoj u *C. hemipterus* může souviset s jejím rozšířením v tropech, kde kolísání teplot mezi dnem a nocí, především uvnitř úkrytů, nemusí být tak velké jako v temperátní zóně.

Tab. 1: Délka jednotlivých vývojových stádií samic *C. lectularius* a *C. hemipterus* ve dnech při konstantních teplotách (podle Omori 1941).

°C	Stadium vajíčka	Nymfální stádium					Období před kladením	Celkem dní
		I.	II.	III.	IV.	V.		
<i>Cimex lectularius</i>								
18		19	18	17	19	26	8	127.9
22	12.1	8.8	7.2	7	6.8	10.4	6	58.3
27	5.3	4	4	4	4	6	4	31.3
30	4.4	4.4	4.4	2.4	3.2	4	3	24.2
33	4.1	3.6	3.6	5.7	8	7.8	3	36.6
<i>Cimex hemipterus</i>								
18	25	17	21	119	54	21	8	265
22	13.2	10.1	7.6	8	10.3	11.7	6	66.9
27	5.9	4.5	4.2	3.2	4.3	5.7	3	30.8
30	4.6	5.5	2.7	3.3	3.2	4	2	25.3
33	4	3.3	3.8	7.5	16	32.8	2	69.4

Štěnice jsou velmi odolné vůči chladu. *C. lectularius* krátkodobě vydrží čelit až - 15° C (Usinger 1966). Vajíčka jsou podle Johnsona (1940) odolnější vůči chladu v počátečním stádiu vývoje, přičemž jejich mortalita během vývoje narůstá. Zjistil také, že při nízkých teplotách (kolem 15° C) je jejich mortalita výrazně ovlivněna teplotou, při které byla kladena. V jeho pokusech totiž vajíčka kladená a inkubovaná při 15° C prokázala 97,1 % úmrtnost, zatímco ta kladená a inkubovaná při 23° C pouze 32,7 %.

Teplota má podstatný vliv na přežívání štěnic v době hladovění. Štěnice přežívají delší dobu při nižších teplotách a s rostoucí teplotou se tato doba zkracuje (Omori 1941, tab. 2). Adultní samice jednoznačně vydrží hladovět nejdéle, což souvisí s jejich schopností přezimovat nebo přečkat dlouhé periody bez hostitele (Usinger 1966).

Tab. 2: Délka přežívání jednotlivých ontogenetických stádií a pohlaví *C. lectularius* ve dnech při čtyřech různých teplotách (RH 70 – 75%) (podle Omori 1941). Štěnice byly před experimentem jednou nakrmeny. V levém sloupci jsou uvedeny číslicemi 1 – 5 jednotlivé instary, zkratkou adultní M a adultní F adultní samci a samice.

Ontogenetické stadium	10°C	18°C	27°C	37°C
1	274.6	113.6	27.8	16.8
2	398.9	171.1	45.6	30.4
3	412.7	214.4	71.2	35.3
4	432.5	234.5	73.3	37.2
5	484.9	161.4	39.5	32.6
Adultní F	425.0	277.1	86.7	31.9
Adultní M	401.9	175.6	43.4	28.6

Dalším faktorem, který může nepatrně ovlivňovat vývoj štěnic je vlhkost. Rivnay (1932a) testoval její vliv na vývoj nymf *C. lectularius*. Z výsledků pokusu se zdá, že při teplotě 32° C se u některých instarů doba vývoje zkracuje při nízké relativní vlhkosti a naopak při 22° C se tato doba zkracuje při vyšší relativní vlhkosti (tab. 3). Nicméně rozdíly nejsou významné a vliv vlhkosti tak shledává jako zanedbatelný. Johnson (1940) na základě svých pokusů také zhodnotil, že vlhkost nemá vliv na délku vývoje vajíček.

Tab. 3: Délka vývoje jednotlivých stádií ve dnech při různých ekologických podmínkách (podle Rivnay 1932a).

EKOLOGICKÉ PODMÍNKY		Počet štěnic	DÉLKA JEDNOTLIVÝCH INSTARŮ					Celkový počet hodin	Celk. počet dní
Teplota	Vlhkost		I	II	III	IV	V		
32° C	pod 10%	10	53	53	53	61	87	307	
	28-32%	6	56	59	67	64	92	338	
	50-60%	10	62	62	56	62	91	333	
	70-80%	8	56	56	66	58	86	322	
	80-90%	5	54	63	58	62	91	328	
	nad 90%	18	52	62	61	63	88	326	
	průměr		55.5	59	60	61.3	89	326	13.5
27° C	pod 10%	10	57	68	70	84	128	407	
	28-32%	6	74	77	80	80	128	439	
	50-60%	10	62	68	72	80	118	400	
	70-80%	8	72	80	77	80	116	425	
	80-90%	5	67	67	72	82	120	408	
	nad 90%	16	68	72	76	79	116	411	
	průměr		66.5	72	74.5	81	121	414	17.2
22° C	pod 10%	10	159	152	156	180	215	862	
	28-32%	8	165	168	152	155	249	889	
	50-60%	7	152	158	167	150	237	863	
	70-80%	5	134	179	145	154	230	842	
	80-90%	5	150	144	167	150	239	850	
	nad 90%	12	142	135	171	145	229	822	
	průměr		150	156	160	156	233	855	35.6

Vlhkost může mít také vliv na mortalitu nymf. Kemper (1936) udává, že v laboratorních chovech extrémně suché podmínky (relativní vlhkost 0 – 20 %) v průběhu

svlékání často způsobují úhyn nymf. Také při různé vlhkosti přežívá I. instar hladovění různě dlouho (Jones 1930). Doba jeho přežití, která je při relativní vlhkosti 90 % a při teplotě 30° C 26,3 dnů, se při nižších vlhkostech (60, 30 a 0 %) rychle zkracuje na 5,68 dnů a dehydratace se stává hlavní příčinou jejich smrti (Mellanby 1935).

Omori (1941) srovnával působení různých vlhkostí na vajíčka, nymfy i dospělé *C. hemipterus* a *C. lectularius* a došel k závěru, že *C. hemipterus* je jen málo ovlivněna vlhkostí oproti *C. lectularius*, pro kterou nejsou extrémně vlhké podmínky přijatelné. Jde nejspíš opět o adaptaci na temperátní klima.

2.3.2 Vliv teploty na frekvenci příjmu potravy

Štěnice opouští své úkryty pouze za účelem vyhledávání potravy. Dospělci *C. lectularius* vyhledávají hostitele častěji při vyšších teplotách (Kemper 1936). Doba mezi jednotlivými napadeními se s rostoucí teplotou zkracuje z jednoho týdne při 18° - 20° C na každé tři dny při 27° C. Nymfy mají poněkud kratší intervaly příjmu potravy než dospělí. Jsou schopny sát již 24 hodin po ukončení svlékání a vzhledem ke svým rozměrům pojmu větší množství krve než dospělci a to díky větší roztažitelnosti integumentu (Titschack 1930). Johnson (1960) sledoval účinnost při 30° a 20° C, s jakou využívají jednotlivá vývojová stádia *C. lectularius* přijatou potravu ke zvyšování své váhy, a zjistil, že nárůst váhy při přechodu do dalšího instaru odpovídá asi 30 % z množství krve nasáté v předchozím instaru. Při přechodu z prvního do druhého instaru jde dokonce o 40 %. Tato účinnost není zdatelně závislá na teplotě, avšak mírně ji ovlivňuje procentuální zastoupení sušiny v krvi různých hostitelů.

2.4 Vyhledávání hostitele

Protože jsou štěnice výrazně fotofóbní, hlavní vrchol aktivity spadá na noc (Beaucournu 1961). Mellanby (1939) zaznamenal největší pohyb u druhu *C. lectularius* kolem třetí hodiny ráno. Také zaznamenal, že rozsvícené světlo může jejich aktivitu snižovat, ale nezastaví ji. Pokud byly velmi hladové, opouštěli úkryty i za světla, aby se nasytily. Když je naopak vystavil po 45 hodin tmě, rytmus jejich pohybu zůstal nenarušen.

Hladoví jedinci *C. lectularius* vyhledávají potravu náhodně a až ve vzdálenosti 4 -3 cm jsou schopny hostitele rozpoznat, pokud se jeho teplota liší o 2 nebo více stupňů od okolního prostředí (Rivnay 1932b). Marx (1955) má poněkud jiný názor. Udává, že

štěnice rozpoznávají hostitele už na 150 cm. Oba se však shodují, že pach krve a potu štěnice neláká a že o přítomnosti hostitele vypovídá hlavně teplota a CO₂, který hostitel vydechuje. Hase (1917b) zjistil, že štěnice přitahuje také horký dech.

Pohyby *C. lectularius* jsou chaotické s bezcílným blouděním a dlouhými přestávkami, i když je hostitel nebo ostatní štěnice blízko. Při pohybu vpřed mírně zdvižené tykadla testují povrch, po kterém štěnice kráčí. Vlhkým povrchům se vyhýbají a jsou-li nuceny přes něj přejít, jdou se zdviženým zadečkem (Hase 1917b). Co se týče rychlosti, nymfy *C. lectularius* cestují 13 – 28 cm za minutu a dospělci 126 cm za minutu (Hase 1917b). Jejich aktivita klesá s teplotou 12° C (Kemper 1936). Když se po nasycení vrací do úkrytu, rozeznají ho ve vzdálenosti až 75 cm podle typického zápachu, který je velmi specifický (Usinger 1966).

Na větší vzdálenosti mohou štěnice vyhledávat potravu také podle vlastních pachových cest (Hase 1917b). Fekální skvrny a dráhy vytváří otisky chodidel a naplněným zadečkem při zpáteční cestě do úkrytu. Dlouhé trasy k hostiteli pak absolvují tak, že následují stezky s různými odbočkami z přímého směru (Kemper 1936).

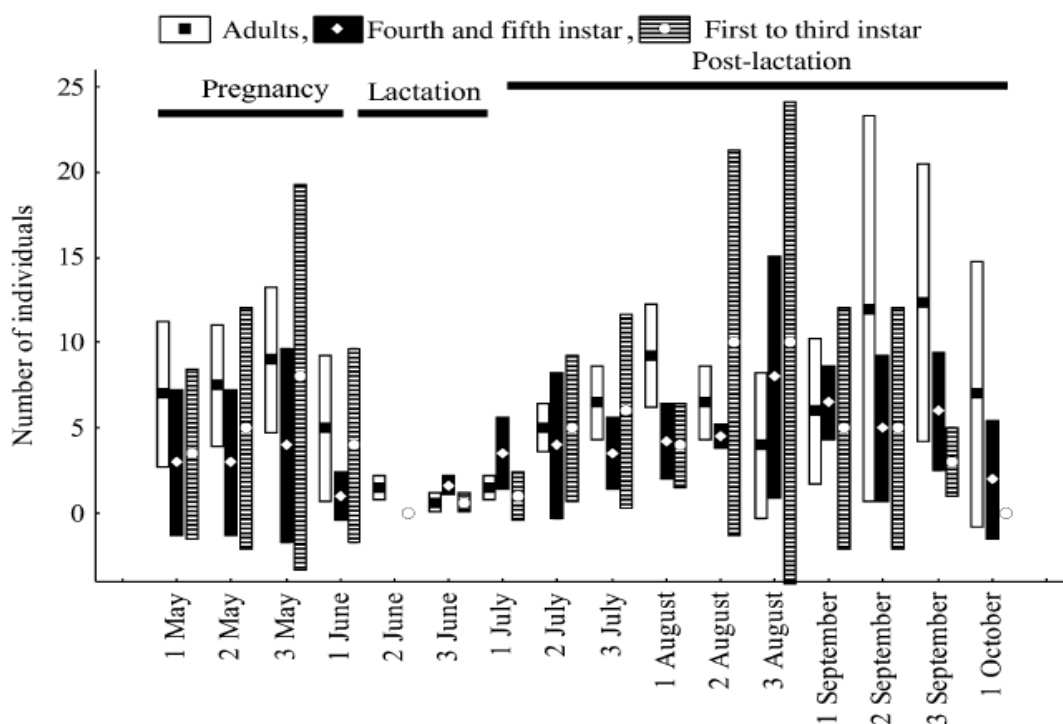
Rozšiřování štěnic mezi úkryty je pasivní, a to přenosem na těle hostitele. Ten zřejmě probíhá velmi vzácně, ale v okolí silně infestovaných úkrytů netopýřích kolonií je vysoce pravděpodobný (Balvín 2008). Nejčastěji byl zaznamenán jako vektor druh *N. noctula* (např. Morkel 1999, Zahn & Rupp 2004). Přenos v kratším časovém období (do měsíce) byl zjištěn i u daleko menšího druhu jako je *P. pygmaeus* (Bartonička 2008). Daleko pravděpodobnější je však vlastní přesun štěnic uvnitř jediného úkrytu a současné informace ukazují, že ho štěnice schopny jsou. Růžičková (2009) zaznamenala přesun štěnic na větším otevřeném půdním prostoru kostela v Klentnici.

2.5 Dostupnost hostitele

Pro štěnice představuje hostitel především zdroj potravy, proto je velmi důležitá frekvence jeho výskytu v úkrytu. Aby mohly štěnice maximálně využít potenciál potravní nabídky k vlastnímu rozmnožování, dochází k synchronizaci populačních cyklů. Bartonička a Gaisler (2007) pozorovali, že I. instary *C. pipistrelli* se objevují v budkách obývaných kolonií netopýřů *P. pygmaeus* v průběhu května záhy po příletu netopýřů. Jejich početnost se neustále zvyšuje, a to až do června, kdy se samice v průběhu laktace přesunují z těchto tzv. satelitních úkrytů do primárního úkrytu. Po odletu netopýřů se počet

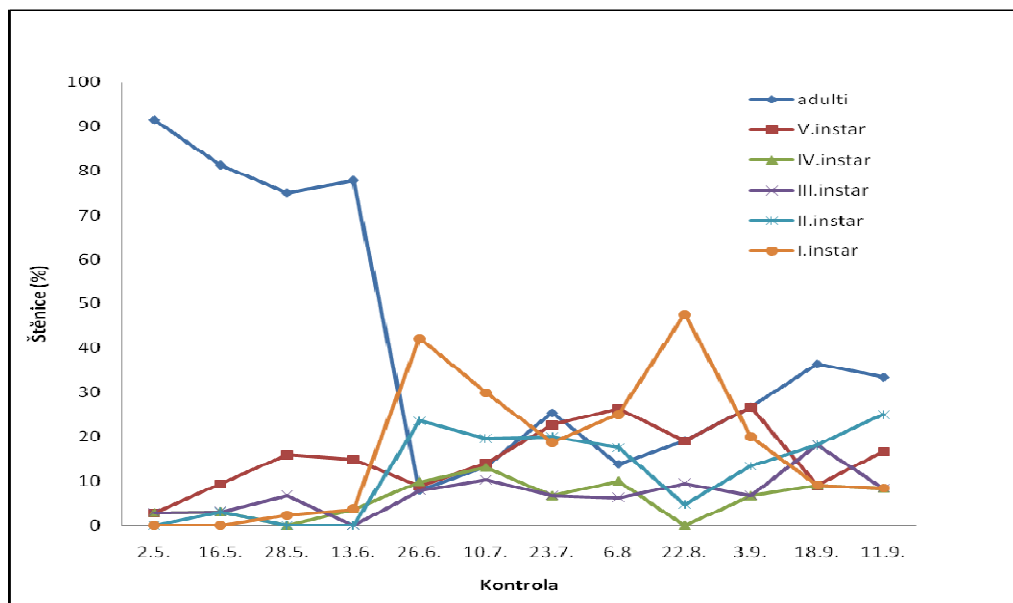
štěnic v budkách sníží během několika málo dní. Postupně hynou nižší instary a nakonec i dospělci. Po měsíci je zřetelný rapidní pokles celkové početnosti (obr. 1). Ke konci doby nepřítomnosti hostitele přežívají jen vajíčka. V polovině července po přiletu samic s mláďaty počet štěnic opět vzrůstá, avšak na začátku srpna se v budkách již nevyskytují žádná nová vajíčka. Zimu totiž přežívají většinou jen adultní jedinci. Kopulované samice pak kladou vajíčka až na jaře po opětovném návratu hostitele (Usinger 1966).

Obr. 1: Sezónní změny v počtu jednotlivých instarů a dospělců v netopýřích budkách v NPR Křivé jezero (převzato z Bartonička & Gaisler 2007).



Růžičková (2009) u kolonie *Myotis myotis* na půdě v Klentnici zaznamenala podobnou celosezónní dynamiku štěnic *C. pipistrelli*. Výsledky pozorování naznačily dva vrcholy gradace, které jsou nejlépe patrné ze dvou vrcholů gradace I. instaru (koncem června a srpna, obr. 2). Stejně tomu bylo i u štěrbinových druhů netopýřů *P. pygmaeus*, kde došlo k výraznému zvýšení početnosti štěnic v květnu a srpnu (Bartonička & Gaisler 2007)

Obr. 2: Procentuelní zastoupení jednotlivých vývojových stádií na půdě kostela v Klentnici v průběhu sezóny 2007 (převzato z Růžičková 2009)



Jistou roli hraje také velikost netopýří kolonie. U početnější kolonie je totiž vysoká pravděpodobnost nalezení vhodného hostitele a vyšší počet hostitelů současně umožňuje celkově vyšší ektoparazitickou zátěž (Walter 1996, Lourenço & Palmeirim 2008).

Dostatek potravy následně ovlivňuje přežívání, délku jednotlivých instarů a další procesy v životě štěnic (Usinger 1966). Jedním z těchto procesů je kladení vajíček. Jejich počet závisí na velikosti samice a množství přijaté potravy (Johnson 1942). Čím větší je samice, tím pojme větší množství krve a produkuje více vajíček. Maximální zaznamenaný počet nakladených vajíček byl u samice *C. lectularius* 12 denně (Hase 1917a) a 541 za celý její život (Titschack 1930).

Kromě množství přijaté potravy je také důležitá frekvence jejího příjmu. Když se kopulovaná samice *C. lectularius* nasytí, schová se do úkrytu a při 23° C během 5 – 6 dní (latentní perioda) začne klást první vajíčka. Jejich produkce pokračuje ještě dalších 6 dní, přičemž ta kladená později jsou v pokročilejším stádiu vývoje, protože se vyvíjí i v těle samice. K produkci vajíček tedy dochází v rámci dvanáctidenního cyklu, během kterého je vyprodukováno 6 – 10 vajec. Pokud má však samice příležitost, nečeká tak dlouho a saje častěji než jednou za dvanáct dní. Johnson (1942) krmil samice držené při 23° C a 90 % vlhkosti 1krát týdně a latentní perioda se zkrátila na 1 – 3 dny. Při krmení 2krát týdně se stala produkce vajíček souvislou a samice kladly v prvním týdnu v průměru 2,76 vajec a po čtyřech týdnech neklesla průměrná produkce pod 5 vajíček týdně (Johnson 1942). Vajíčka však mohou být kladena i bez nasátí samiček. K jejich vývoji pak dochází ze zásob

načerpaných v době posledního instaru (Usinger 1966). Produkci vajíček ovlivňuje také druh hostitele. Johnson (1937) zjistil, že při krmení samic krví člověka, myši a slepice, samice živené krví myši nakladly nejvíce vajíček a ty živené krví člověka nejméně.

2.6 Reakce hostitele

Štěnice se často v netopýřích koloniích vyskytují ve velkém počtu a stejně jako jiní ektoparazité netopýřů tak mohou poměrně významným způsobem negativně ovlivňovat kondici i celkovou fitness svých hostitelů. Nepříznivé působení štěnic nebo jiných netopýřích ektoparazitů na jejich hostitele popisuje např. Whitaker 1988, Lewis 1996, Walter 1996, Christie *et al.* 2000, Giorgi *at al.* 2001 či Bartonička & Gaisler 2007. Při napadení vyšším počtem parazitů může dojít k vývojovým poruchám a vzniku nemocí způsobených značnými ztrátami krve. Někdy mohou parazité způsobit netopýřům i mechanické poškození, v jehož důsledku vznikají další onemocnění způsobené sekundární infekcí (Walter 1996). Zahn a Rupp (2004) uvádějí, že vysoký počet roztočů nebyl přímo důvodem špatné kondice, ale spíše jejím příznakem, což potvrzuje i Lučan (2006).

V důsledku častého napadání nebo napadení vysokým počtem parazitů se může také vytvořit imunitní reakce (Dietz & Walter 1995). Reakce na kousnutí štěnicí byla testována také na morčatech. Štěnice byly umístovány každý den na oholenou pokožku morčat. Nejdříve se neobjevovala žádná změna (latentní perioda), ale po týdnu byla zaznamenána kožní reakce v místě vpichu a druhý den zpožděná reakce ve formě papulárních lézí. Po týdnu, kdy štěnice na pokožku nebyly umístovány, se objevila po kousnutí štěnicí téměř okamžitá reakce (po 20 minutách) následovaná další den reakcí zpožděnou. Při dalším vystavování kousnutí se reakce postupně stávala rychlejší, zpoždění se zkracovalo (Usinger 1966). Imunitní reakce na kousnutí štěnicí vznikají i u lidí. Abdel-Naser *et al.* (1993) našel v krvi pacientů trpících přecitlivělostí vůči bodnutí hmyzu hlavně komárům, blechám a štěnicím protilátky proti proteinům, které jsou obsaženy v extraktech slinných žláz štěnic.

Obtěžování štěnicemi (stejně jako jinými parazity) je doprovázeno neklidem hostitele, který se může projevovat neustálým škrábáním, vybíráním ektoparazitů nebo čištěním srsti a létacích blan (Walter 1996, Bartonička & Gaisler 2007). Míra čištění („grooming“) přímo souvisí s počtem štěnic v úkrytu a patří k nejvýznamnějším aktivitám

prováděným během klidové fáze netopýrů, což bylo i experimentálně potvrzeno (Bartonička 2007). Snaha netopýrů chytit parazita nebývá příliš úspěšná. Ektoparazit se navíc shromažďují v hůře přístupných místech, kam se netopýři nemohou dostat (Tello *et al.* 2008). Nicméně v rámci analýzy potravy netopýra *Pipistrellus pygmaeus* byly nalezeny části těl štěnic (Řehák *et al.* 2005, Bartonička *et al.* 2008). Bartonička (2008) však udává, že i když v zajetí tyto netopýři nabízené *C. pipistrelli* konzumovali bez problémů, při jeho experimentech s umělou infestací budek ve voliérách predovány nebyly.

Zásadním omezením pro štěnice *C. pipistrelli* je také netopýří torpor, kdy dochází k výraznému poklesu tělesné teploty a útlumu jejich metabolismu. Z tohoto důvodu pro ně pak nepředstavují zajímavého hostitele (Bartonička 2008).

Při přemnožení parazitů může být důležitým obranným mechanismem střídání úkrytů netopýry („roost switching“) (Marshall 1982, Wolz 1986, Gannon & Willig 1995, Lewis 1996, Lučan 2006). Lewis (1995) shledala, že ze 43 druhů netopýrů 25 často mění úkryty. Pravidelná změna stanoviště byla zaznamenána např. u druhu *Pipistrellus pygmaeus* (Bartonička 2004), *Myotis bechsteinii* (Kerth & König 1999, Willis & Brigham 2004) a *Myotis daubentonii* (Lučan 2006). Také kolonie *Pipistrellus pipistrellus* využívají během reprodukční sezóny dva i více různých úkrytů (Thompson 1992, Feyerabend & Simon 2000, Bartonička & Gaisler 2007). U tohoto druhu je také obvyklé, že kolonie samic několik dní před obdobím porodů opouští dosavadní stanoviště a přesouvá se do hlavního porodního úkrytu (Shift 1980, Webb *et al.* 1996). Také Růžičková (2009) zaznamenala, že u kolonie *Myotis myotis* dochází v červenci k přesunu samic s mláďaty na jiné místo půdního prostoru. Tím, zda je parazitice hlavním podnětem k výměně obývaného prostoru, nikoliv vedlejším efektem jiných vlivů (např. změna mikroklimatu v úkrytu související s omezenou cirkulací vzduchu (Whitaker 1998) nebo odlišné požadavky na mikroklima s ohledem na reprodukční cyklus (Thompson 1990)) se zabýval Bartonička (2008). Při jeho experimentech ve voliéře přítomnost štěnic *C. pipistrelli* vedla k čištění a změně pozice netopýrů a následně také k vylétnutí z infestované budky. Úkryt s vyšším počtem štěnic skutečně opustilo více potenciálních hostitelů.

Převážně soliterní způsob života a častější střídání úkrytů samci, může být příčinou výskytu většího počtu různých parazitů (roztoců, blech, muchulí) u samic než u sameců (Zahn & Rupp 2004). Avšak gravidní samice a neosrstěná mláďata mohou být pro parazity atraktivnější, jelikož mají oslabené nebo ještě nedokonale vyvinuté obranné mechanismy (imunitní systém, čištění srsti a létacích blan). Např. Christe *et al.* (2000) zabývající se roztoci uvádějí, že u gravidních samic mohou produkované hormony způsobovat

imunosupresi. Následné snížení počtu roztočů s prodlužující se dobou březosti pak vysvětlují pozvolným zvyšováním imunitní obrany hostitele.

3 CÍLE PRÁCE

- a) Experimentálně zhodnotit rozdíly v přežívání různých vývojových stádií a pohlaví štěnice *Cimex pipistrelli* v různých mikroklimatických podmínkách.
- b) Sledovat změny aktivity a ochoty sání u vývojových stádií štěnic během různě dlouhých období hladovění.
- c) Experimentálně zjistit, zda štěnice preferují specifický druh netopýra, na kterém běžně parazitují nebo jsou schopny sát i na druzích netopýrů, kde doposud nebyly zjištěny.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Sběr štěnic

Štěnice *Cimex pipistrelli* group byly odebírány ze tří lokalit – z úkrytu kolonie druhu *Myotis myotis* na kostele v Klentnici, na půdě zámku v Luhačovicích a kolonie druhu *Pipistrellus pygmaeus* v netopýří budce v NPR Křivé jezero. Štěnice z těchto lokalit byly determinovány již v roce 2005 a následně při revizi komplexu *Cimex pipistrelli* (Balvín 2008) bylo zjištěno, že jde u všech tří populací o haplotyp B. Štěnice byly koncentrovány v prvních dvou úkrytech převážně na trámech (obr. 3), a to hlavně v různých šterbinách, puklinách a spojích mezi trámy, odkud byly odebírány pomocí pinzet a exhaustorů. Na modelových koloniích *M. myotis* byly instalovány na povrch podlahy a guana předměty (hliněné tašky, prkna), které štěnice využívají jako úkryt a obvykle jsou pod nimi následně nalézány ve větších denzitách. Do sběrných epruvet byl umístěn jemný papír, který bránil přílišnému mechanickému poškození štěnic v průběhu transportu. V jedné sběrné nádobě (10 x 10 x 5 cm) nebylo umístěno více než 50 ks štěnic. Adultní samci a samice, jedinci I. - III. instaru a IV. - V. instaru (bez rozlišení pohlaví) byli stejně početně zastoupeni.

Obr. 3: Štěnice *C. pipistrelli* group na půdě kostela v Klentnici (foto T. Bartonička).



Štěnice určené pro testování vlivu teploty a vlhkosti byly přesně roztříděny v laboratoři s pomocí binokulární lupy na adultní samce a samice. Nymfy byly dále

odděleny do dvou skupin I. – III. instar a IV. – V. instar. Poté tyto skupiny (I. – III., IV. - V. instar, adultní samci a samice) byly rozděleny do epruvet tak, aby v každé bylo 10 jedinců příslušné ontogenetické skupiny. Před manipulací bylo pro snížení jejich pohyblivosti využito prudkého podchlazení, které umožnilo bezpečnější třídění jedinců a jejich umístění do pokusných epruvet. Při ponechání štěnic 5 minut v 0° C se snížila jejich pohyblivost natolik, že je možné je uchopit do pinzety, aniž by došlo k jejich poškození. Epruvety byly uzavřeny vatou pro zajištění výměny plynů s chovnou nádobou.

4.2 Vliv teploty na přežívání štěnic

K tomuto experimentu bylo použito 360 štěnic rozdělených dle vývojových stádií a pohlaví po 10 ks do 36 epruvet, takže vždy bylo 9 epruvet od každé skupiny (I. - II. instar, IV. – V. instar, adultní samci a samice). Ty byly rozděleny do tří termostatů, kde byly štěnice vystavovány třem různým teplotám, které by mohly nastat v průběhu celého roku v jejich přirozených úkrytech. První tři epruvety z každé skupiny byly vystaveny konstantní nízké teplotě 5° C ($\pm 1,5^\circ$ C), další tři epruvety z každé skupiny 20° C ($\pm 1,5^\circ$ C) a tři vysoké teplotě 45° C ($\pm 1,5^\circ$ C). Průměrná vlhkost v termostatu byla udržována pomocí nádoby s vodou a její hodnoty zaznamenávány pomocí přístroje - kombinovaného teploměru a hygrometru Hobo Data Logger (Onset Computer Corporation, USA), činila 77 %.

4.3 Vliv vlhkosti na přežívání štěnic

K experimentu bylo použito také 360 ks štěnic rozdělených do 36 epruvet. Vzorky po deseti jedincích byly vystaveny různým vlhkostem při standardní teplotě 30° C ($\pm 1,5^\circ$ C), kdy dochází k nejrychlejšímu vývoji s minimální mortalitou. Otori (1941) udává celkovou délku vývoje při této teplotě 24,2 dne (tab. 1). Tři epruvety od každé skupiny byly umístěny do termostatu s velmi nízkou vlhkostí 0 - 8 % udržovanou pomocí silikagelu, další tři do termostatu s vlhkostí 38 – 52 % a tři do termostatu s velmi vysokou vlhkostí 85 – 92 %. Vlhkost byla v termostatu udržována pomocí nádoby s vodou a sáčky silikagelu a její hodnoty zaznamenávány pomocí přístroje - kombinovaného teploměru a hygrometru Hobo Data Logger (Onset Computer Corporation, USA).

4.4 Ochota sání

U vzorků použitých v předchozích experimentech, na kterých bylo testováno přežívání štěnic *C. pipistrelli* při různých teplotách a vlhkostech, byla také po ukončení experimentů (tzn. po měsíci hladovění, nebo po době kdy uhynulo alespoň 50 % jedinců v experimentální skupině) pokusně zjišťována ochota sání přežívajících jedinců. Úspěšnost sání byla testována na netopýrech druhu *Pipistrellus pipistrellus* tradičním hostiteli štěnic. Ti byli odchyťováni v průběhu experimentu vždy před testováním ochoty sání. Netopýr byl umístěn do uzavřené nádoby, ve které měl velmi omezený pohyb, takže se v ní nemohl otočit. Po přidání vzorku štěnic byla tato nádoba vložena do termostatu nastaveného na 30° C a po uplynutí 10 minut byla kvantifikována úspěšnost sání. Netopýr byl vyňat z experimentální nádoby a počet nasátých jedinců zaznamenán.

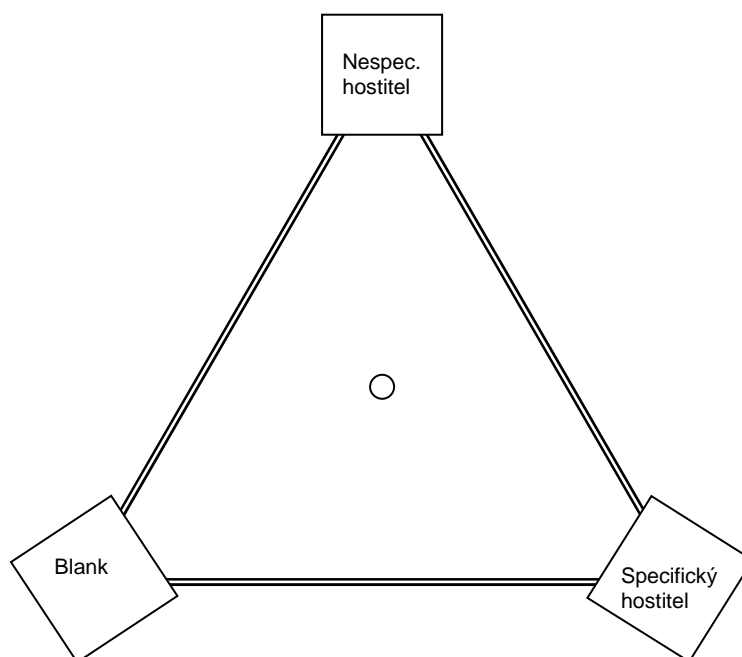
Odchycení netopýři byly po tomto experimentu, při kterém s nimi bylo zacházeno s maximální ohleduplností, vráceni zpět do volné přírody, v místě původního odchyty. Vedoucí diplomové práce je oprávněn manipulovat s netopýry na základě osvědčení o způsobilosti podle § 17 zákona ČNR č. 246/1992 Sb., na ochranu zvířat proti týrání, ve znění zákona č. 162/1993 Sb. (zákona č. 193/1994 Sb., zákona č. 243/1997 Sb., nálezu US č.30/1998 Sb.). Projekt byl schválen etickou komisí akreditovaného pracoviště Masarykovy univerzity. Vedoucí diplomové práce je taktéž držitelem výjimky ze zákona č. 114/1992 Sb. vydané za účelem tohoto projektu.

4.5 Hostitelské specifita

Zda *C. pipistrelli* preferuje hostitelský druh netopýra, na kterém běžně parazituje, na vzdálenost bez fyzického kontaktu, byla testována v aréně ve tvaru stejnostranného trojúhelníku o straně délky 30 cm a výškou stěn 10 cm (obr. 4). Trojúhelník byl vytvořen z nebroušené překližky a okraje oblepeny lepicí páskou zabraňující úniku štěnic z arény. Štěnice byly vkládány do kroužku vyznačeného uprostřed arény. V každém rohu arény byl vytvořen otvor pro instalaci signálu. Signál 1 byla dřevěná klíčka (5 x 5 x 5 cm) se síťovaným čelem, do které byl umístěn netopýr druhu *Pipistrellus pygmaeus* patřící k běžným hostitelům štěnic. Signál 2 byla klíčka s jedním jedincem druhu *Barbastella barbastellus*, který jako hostitel štěnic není znám. Signál 3 byl tvořen prázdnou klíčkou, do které netopýr nebyl nikdy umístěn (blank). Před začátkem experimentu byla postupně vyzkoušena reakce pěti štěnic na hostitele v klíčkách. Ze záznamů kamery bylo zřetelné, že

dlouhou dobu trvalo, než štěnice opustily start. Poté se pohybovaly bez zjevné polarity a jen jedna z nich byla schopna nalézt klíčku s hostitelem. Zdá se, že štěnice na vzdálenost 17 cm od hostitele nejsou schopny hostitele detekovat. Z tohoto důvodu byla vzdálenost mezi klíčkami a startem snížena ze 17 na 5 cm.

Obr. 4: Schematický náčrt arény pro testování hostitelské specifity *C. pipistrelli*. Uprostřed arény (kroužek) je vyznačeno místo umístění štěnice na počátku experimentu.



Experimentální místnost byla důkladně zatemněna a vlastní testy probíhaly až po západu slunce. Do středového kroužku arény byla velmi opatrně vložena pinzetou pod zkumavku vždy jen jedna štěnice, která se nechala po dobu tří minut před zvednutím zkumavky habituovat na prostředí arény. Po odklopení zkumavky arénu snímala 5 minut kamera v nightshoot režimu a prostor arény byl navíc osvětlován přídatným IR reflektorem. Po uplynutí 5 minut byla kamera zastavena, štěnice z arény odstraněna a aréna vytřena vlhkou houbičkou pro přerušení možných pachových stop po pohybu štěnice.

Při tomto experimentu bylo použito deset štěnic *C. pipistrelli* odebraných z půdy kostela v Klentnici. Štěnice byly postupně umísťovány na start. Poté byly pozice signálů přehozeny a experiment se opakoval s dalšími deseti jedinci štěnic. Experiment probíhal po dvě noci (každou noc jedno opakování) a začínalo se hodinu po západu slunce. Štěnice nebyly deset dní před experimentem nakrmeny.

Následně se zjišťovala reakce na nespecifického hostitele během fyzického kontaktu. Vzorek s deseti kusy jedinců byl zkušebně umístěn na netopýra druhu

Barbastella barbastellus. Netopýr byl opět umístěn do těsné nádoby a po přidání vzorku štěnic umístěn na deset minut do termostatu nastaveného na 30° C. Poté byl zaznamenán počet nasátých jedinců. Cílem tohoto experimentu bylo pouze ověřit, zda jsou štěnice ochotny sát i na druzích, jejichž úkryty běžně neobsazují.

4.6 Zpracování dat

U vzorků umístěných do termostatu, ve kterém byly udržovány stanovené teploty a vlhkosti, se zapisovalo procento uhynulých jedinců po týdnu, 14 dnech a po měsíci od počátku inkubace. Mortalita mezi jednotlivými kontrolami byla kumulována. Ve vzorku byla stanovena průměrná relativní mortalita, a to jednak celková bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví pro jednotlivé teplotní a vlhkostní parametry a dále pro každou ontogenetickou skupinu (I. – III. instar, IV. – V. instar, samci a samice) těchto teplotních a vlhkostních parametrů zvlášť. Rozdíly v mortalitě při teplotách 5° C a 20° C byly hodnoceny pomocí párového t-testu.

Po zkoušce ochoty sání bylo zaznamenáno procento nasátých jedinců z počtu přežívajících jedinců ve vzorku po třetí kontrole (po měsíci inkubace v termostatu) a procento nasátých jedinců z celkového počtu jedinců ve vzorku před počátkem inkubace. Následně bylo stanoveno průměrné procento nasátých jedinců z počtu přežívajících jedinců ve vzorku po třetí kontrole a z celkového počtu jedinců ve vzorku před počátkem inkubace pro každou ontogenetickou skupinu (I. – III. instar, IV. – V. instar, samci a samice) jednotlivých teplotních a vlhkostních parametrů zvlášť. Pro zjištění korelace mezi počty nasátých a přežívajících jedinců stanoven Spearmanův korelační koeficient.

Při testování hostitelské specifity na vzdálenost bez fyzického kontaktu byl ze záznamu kamery stanoven směr, kterým se štěnice vydala bezprostředně po startu v okamžiku opuštění kroužku (azimut); doba od opuštění kroužku po dosažení první klícky, průzkumné chování (v kategoriích ano/ne), první navštívená klícka (B - blank, S - specifický hostitel *P. pygmaeus*, N - nesespecifický hostitel *B. barbastellus*), doba pobytu u první klícky, další navštívené klícky (B, S, N), doba pobytu u další klícky, doba pobytu mimo klícky v aréně, dosažení specifické klícky (od opuštění startovního kroužku, čas) a dosažení nesespecifické klícky (od opuštění startovního kroužku, čas). U jednotlivých časů byl vypočítán průměr z celkového počtu pozorování a směrodatná odchylka.

Při testování hostitelské specifity v bezprostřední blízkosti hostitele bylo zaznamenáno procento nasátých jedinců ze vzorku.

Ke zpracování dat byl využit program Microsoft Excel a statistický program NCSS 2007.

4.7 Materiál

Během dvou sezón bylo z úkrytů netopýrů odebráno 740 štěnic, z toho 360 bylo vyčleněno pro testování vlivu teploty, 360 pro testování vlivu vlhkosti a 20 pro testování hostitelské specifity. U experimentů zabývajících se vlivem teploty a vlhkosti byla provedena tři opakování (3 x 10 štěnic každé ontogenetické skupiny - I. – III. instar, IV. – V. instar, adultní samci a adultní samice) pro každý teplotní a vlhkostní parametr. Celkem bylo vystaveno vždy 120 štěnic třem různým teplotám a 120 štěnic třem různým vlhkostem. Experiment týkající se hostitelské specifity měl dvě opakování (2 x 10 štěnic bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví).

5 VÝSLEDKY

5.1 Vliv teploty na přežívání štěnic

V roce 2007 probíhaly experimenty, při kterých byla pozorována délka přežívání štěnic *Cimex pipistrelli* group, přičemž byly sledovány rozdíly v přežívání při třech různých teplotách a mezi jednotlivými vývojovými stádii a pohlavími štěnic. Teplota v termostatech byla nastavena na 5°, 20° a 45° C. Průměrná relativní vlhkost při těchto experimentech byla 77 %.

Tab. 4: Srovnání průměrné relativní mortality ve vzorcích s různými vývojovými stádii a pohlavími při různých teplotách (n = 30). Průměrná mortalita byla stanovena při třech kontrolách (po týdnu, 14 dnech a po měsíci) a je mezi kontrolami kumulována. Poslední řádek (celková M) udává průměrnou relativní mortalitu celkovou bez rozlišení jednotlivých vývojových stádií a pohlaví (n = 120).

Teplota	5°C			20°C			45°C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I. -III. instar	3,3%	13,3%	66,7%	33,3%	33,3%	63,3%	100,0%	-	-
IV. -V. instar	23,3%	40,0%	50,0%	3,3%	3,3%	20,0%	100,0%	-	-
samci	23,3%	26,7%	43,3%	3,3%	30,0%	76,6%	100,0%	-	-
samice	13,3%	20,0%	50,0%	13,3%	13,3%	43,3%	100,0%	-	-
Celková M	15,8%	25,0%	52,5%	13,3%	20,0%	50,8%	100,0%	-	-

Při teplotě 45° C byla mortalita nejvyšší. Při první kontrole, tzn. po týdnu, došlo k úhynu 100% jedinců ve všech vzorcích, a to bez rozdílů stádií a pohlaví (tab. 4). Při teplotě 5° a 20° C se při kontrolách průměrná mortalita ve vzorcích postupně zvyšovala, avšak nebyl pozorován signifikantní rozdíl v mortalitě mezi těmito dvěma teplotami při nerozlišení jednotlivých vývojových stádií a pohlaví (párový t-test: $t = 0,72$; $df = 35$; n.s.; grafy příloha 2). Když srovnáme jednotlivá vývojová stadia a pohlaví, po týdnu a čtrnácti dnech inkubace při 5° C přežíval nejlépe I. - III. instar, kdežto při 20° C naopak nejhůře (tab. 4). Při poslední kontrole (po měsíci) při 5° C však došlo k výraznému navýšení počtu uhynulých I. - III. instarů, a to z 13,3 % na 66,7 %, takže jeho průměrná mortalita byla při této kontrole větší než u vyšších vývojových stádií a adultních jedinců. Mortalita ve vzorcích I. – III. instaru byla signifikantně nižší při 5° C než při 20° C ($t = -2,26$; $df = 8$; $p = 0,027$). IV. – V. instar naopak přežíval signifikantně lépe při 20° C ($t = 4,56$; $df = 8$; $p = 0,001$). Při této teplotě měl nejnižší průměrnou mortalitu ve srovnání

s ostatními skupinami při všech kontrolách. U samců byla při 20° C pouze zpočátku menší průměrná mortalita, která po týdnu spolu s IV. - V. instary byla nejnižší. Po čtrnácti dnech však vzrostla z 3,3 % na 30 % a po měsíci, kdy byla nejvyšší ve srovnání s jinými skupinami, činila 76,6 %. U samců nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v mortalitě při 5° a 20° C ($t = 0,61$; $df = 8$; n.s.). U samic přežívání při 5° a 20° C mělo podobný průběh a mortalita se signifikantně nelišila ($t = 1,51$; $df = 8$; n.s.). Při teplotě 20° C přežívali samice signifikantně lépe než samci ($t = 1,89$; $df = 8$; $p = 0,048$) a I. - III. instary ($t = 8,49$; $df = 8$; $p < 0,001$).

5.2 Vliv vlhkosti na přežívání štěnic

S využitím termostatu byl sledován v roce 2007 vliv tří různých intervalů vlhkosti na mortalitu I. - III. instaru, IV. - V. instaru a adultních samců a samic *C. pipistrelli* group. Termostat byl nastaven na 30° C. Relativní vlhkost ve třech oddělených uzavřených nádobách kolísala v rozmezí 0 – 8 %, 38 – 52 % a 85 – 92 %.

Tab. 5: Srovnání průměrné mortality ve vzorcích s různými vývojovými stádii a pohlavími při různých vlhkostech (n = 30). Průměrná mortalita byla stanovena při třech kontrolách (po týdnu, 14 dnech a po měsíci) a je mezi kontrolami kumulována. Poslední řádek (celková M) udává průměrnou mortalitu celkovou bez rozlišení jednotlivých vývojových stádií a pohlaví (n = 120).

Vlhkost	0 - 8%			38 - 52%			85 - 92%		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I.-III. instar	100,0%	-	-	60,0%	90,0%	90,0%	30,0%	56,7%	83,3%
IV.-V. instar	86,7%	100,0%	-	3,3%	40,0%	46,7%	3,3%	46,7%	63,3%
samci	26,7%	100,0%	-	6,7%	26,7%	73,3%	36,7%	96,7%	100,0%
samice	56,7%	90,0%	90,0%	6,7%	60,0%	70,0%	3,3%	60,0%	76,7%
Celková M	67,5%	97,5%	97,5%	19,2%	54,2%	70,0%	18,4%	65,0%	80,8%

Nejvyšší průměrná mortalita ve vzorcích byla pozorována při velmi nízkých relativních vlhkostech (0 – 8 %). Po týdnu uhynulo 100 % juvenilních jedinců I. - III. instaru, po čtrnácti dnech 100 % nymf IV. - V. instaru a adultních samců. Také počet adultních samic klesl po čtrnácti dnech na pouhých 10 %. Při jednotlivých kontrolách u zbylých dvou relativních vlhkostí docházelo postupně k zvyšování průměrné mortality ve vzorcích a nebyl zjištěn signifikantní rozdíl v přežívání štěnic při 38 – 52 % a 85 – 92 % vlhkosti při nerozlišení jednotlivých vývojových stádií a pohlaví (párový t-test: $t = - 1,13$;

df = 35; n.s.; grafy příloha 3). Nicméně rozdíl byl zaznamenán u I. - III. instaru, který při vlhkosti 38 – 52 % přežíval signifikantně hůře než při 85 – 92 % ($t = 4,04$; $df = 8$; $p = 0,002$). V této skupině uhynulo při této vlhkosti 60 % jedinců po týdnu a 90 % po 14 dnech. Při srovnání s vyššími vývojovými stádii a adultními jedinci mortalita při 38 – 52 % vlhkosti byla u I. – III. instaru nejvyšší (tab. 5). Naopak nejdéle přežívaly při 38 – 52 % vlhkosti IV. - V. instary, u kterých byla mortalita po měsíci jen 46,7 %. I přes to, že stejně vysoká mortalita IV. – V. instaru byla při 85 – 92 % vlhkosti již po 14 dnech, mezi těmito vlhkostmi u IV. – V. instaru nebyl zjištěn signifikantní rozdíl ($t = - 1,17$; $df = 8$; n.s.). Zpočátku dobré přežívání měli při 38 – 52 % vlhkosti i adultní samci, po čtrnácti dnech však došlo k rapidnímu poklesu jejich počtu a průměrná mortalita se tak zvýšila z pouhých 26,7 % až na 73,3 %. Při vlhkosti 85 – 92 % však přežívali samci signifikantně hůře než při 38 – 52 % ($t = - 3,3$; $df = 8$; $p = 0,01$) a již po čtrnácti dnech došlo téměř k 100 % úhynu z jejich celkového počtu. Samice měli po týdnu při obou vlhkostech 38 – 52 % a 85 – 92 % dobré přežívání. Nicméně po čtrnácti dnech došlo k snížení jejich počtu o 60 % u obou vlhkostí a po měsíci o 70 % při 38 – 52 % a 76,7 % při 85 – 92 % vlhkosti. Při těchto dvou vlhkostech nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl v přežívání samic ($t = - 0,09$; $df = 8$; n.s.). Při vyšších vlhkostech tak samice přežívali výrazně déle než samci a nižší mortalitu měli jen IV. – V. instary.

5.3 Ochota sání

U vzorků, u kterých byla v předchozích experimentech zaznamenána při kontrolách mortalita vyšší než 50 %, byla pokusně zjišťována také úspěšnost sání na netopýrech *Pipistrellus pipistrellus*.

Tab. 6: Srovnání průměrné mortality ve vzorcích po měsíci s průměrným počtem nasátých jedinců u různých instarů a pohlaví při 5° a 20°C (n = 30). Poslední řádek zobrazuje průměrnou procentuální úspěšnost sání ve vzorku.

Teplota	5°C				20°C			
	I.-III. instar	IV.-V. instar	samci	samice	I.-III. instar	IV.-V. instar	samci	samice
Průměrný počet přežívajících ve vzorku déle než měsíc	33,3%	50%	56,7%	50%	36,7%	80%	23,3%	56,7%
Průměrný počet přežívajících ve vzorku déle měsíc, kteří sáli	23,3%	40%	43,3%	23,3%	33,3%	36,7%	20%	43,3%
Průměrná úspěšnost sání ve vzorku	70%	81,1%	75,2%	50,6%	91,7%	59,2%	91,7%	81%

Při testování ochoty sání po inkubaci při různých teplotách (průměrná vlhkost 77 %) koreloval počet nasátých jedinců s počtem přežívajících jedinců (Spearmanův korelační koeficient: $r_s = 0,52$; $p = 0,009$). Nicméně menší průměrná úspěšnost sání 59,2 % byla pozorována u skupiny IV. – V. instar při teplotě 20° C (tab. 6) a také u adultních samic při teplotě 5° C, a to jen 50,6 %.

Tab. 7: Srovnání průměrné mortality ve vzorcích po měsíci s průměrným počtem nasátých jedinců u různých instarů a pohlaví při různých vlhkostech (n = 30). Poslední řádek zobrazuje průměrnou procentuální úspěšnost sání ve vzorku. Skupiny, u kterých byla po měsíci mortalita 100% ve všech vzorcích, byly z experimentu vyloučeny a nejsou v tabulce zahrnuty.

Vlhkost	0-8%	38-52%				85-92%		
	set	I.-III. instar	IV.-V. instar	samci	samice	I.-III. instar	IV.-V. instar	samice
Průměrný počet přežívajících ve vzorku déle než měsíc	10%	10%	53,3%	26,7%	30%	16,7%	36,7%	23,3%
Průměrný počet nasátých přežívajících ve vzorku déle než měsíc	10%	0%	20%	23,3%	10%	3,3%	6,7%	6,7%
Průměrná úspěšnost sání	100%	0%	38,9%	88,9%	42,3%	16,7%	36,7%	25%

Při testování ochoty sání po době, kdy byly štěnice vystaveny působení různým vlhkostem, také koreloval počet nasátých jedinců s počtem přežívajících jedinců (Spearmanův korelační koeficient: $r_s = 0,54$; $p = 0,012$). Nicméně byly pozorovány výraznější rozdíly v počtu přežívajících a nasátých jedinců než v případě teplot. Výjimkou byly jen samice při vlhkosti 0 – 8 %, u kterých, i když přežívalo déle než 1 měsíc pouhých 10 %, byla průměrná úspěšnost sání 100 % (tab. 7). Také u samců chovaných měsíc při vlhkosti 38 – 52 % byla průměrná úspěšnost sání vysoká. Naopak velmi nízká byla u I. – III. instaru, kde byla při 85 – 92 % pouhých 16,7 % a při 38 – 52 % dokonce 0 %.

5.4 Hostitelská specifita

U 10 ks štěnic byla po dvě noci testována preference běžně parazitovaného hostitelského druhu netopýra na vzdálenost bez fyzického kontaktu. Aréna s jednou prázdnou a dvěma klíčkami s netopýry (jedna se specifickým hostitelem – *Pipistrellus pygmaeus* a jedna s nespecifickým hostitelem - *Barbastella barbastellus*) byla snímána kamerou (obr. 4). Protože při původní vzdálenosti 17 cm štěnice neopouštěly kroužek, byla vzdálenost mezi kroužkem a klíčkami snížena na 5 cm.

přímým směrem do oblasti mezi klíčkami a dalších třech, které dosáhly klíček přerušovaně obloukem. Protože při pátracím chování měnily štěnice výrazně směr pohybu, ne u všech odpovídala první navštívená klíčka azimutu při opuštění startovního kroužku (shoda byla u sedmi z dvaceti případů). První navštívené klíčky byly v poměru 6:7:3 (specifický:nespecifický:blank, n = 20). Častěji tak byla jako první navštívená klíčka s nespecifickým hostitelem. Průměrný čas k jejímu dosažení byl 17,4 s (SD ± 8,8). U případů, kdy byla navštívena jako první klíčka se specifickým hostitelem, byl průměrný čas poněkud delší 28,2 s (SD ± 35,1). Průměrný čas strávený u první klíčky byl 110,4 s (SD ± 89,21). Čtyři štěnice nenavštívily žádnou klíčku. Oproti tomu v jednom případě navštívila štěnice dvě (nespecifickou a poté i specifickou) a ve dvou případech dokonce postupně všechny tři klíčky. Časy, které štěnice potřebovaly k dosažení specifické a nespecifické klíčky, byly v průměru podobné - 41,4 s (SD ± 47,6) k specifické a 39,4 s (SD ± 52,4) k nespecifické.

Po ukončení pokusu byla testována reakce na nespecifického hostitele netopyra *Barbastella barbastellus*. Během fyzického kontaktu v experimentální nádobě štěnice aktivně vyhledávaly vhodné místo k sání a 90 % štěnic použitých při tomto úspěšně sálo.

6 DISKUZE

6.1 Vliv teploty na přežívání štěnic

Teplota je jedním z faktorů, jenž ovlivňuje přežívání hladovějících štěnic. Z výsledků experimentu, při kterém bylo testováno přežívání různých vývojových stádií a pohlaví při různých teplotách, je patrné, že štěnice *Cimex pipistrelli* group nejsou schopny čelit po delší dobu teplotám kolem 45° C. Při těchto teplotách totiž došlo k úhynu 100 % ze 120 testovaných jedinců, a to v periodě kratší než 1 týden. V přirozených úkrytech netopýrů obvykle průměrné denní teploty nepřevyšují 30° C. Bartonička (2010, in press) zaznamenal, že v místě výskytu kolonie *Myotis myotis* na zámku v Jevišovicích během sezóny teplotní maxima vystoupaly na 41° – 42° C pouze dvakrát. Růžičková (2009) udává, že na půdě kostela v Klentnici, kde se také vyskytuje kolonie *Myotis myotis*, v průběhu dvou let byla maximální naměřená teplota 37° C. V parazitovaných netopýřích budkách využívaných druhem *Pipistrellus pygmaeus*, teploty v průběhu sezóny několikrát překročily rozmezí 44° – 45° C, ale denní průměr nebyl vyšší než 30° C (Bartonička & Gaisler 2007). Protože v přirozených podmínkách nedochází v úkrytu k dlouhodobému výskytu teplot nad 45° C, je pochopitelné, že *C. pipistrelli* vydrží čelit takto vysokým teplotám jen po velmi krátkou časovou periodu, jejíž přesnou délku se při experimentu nepodařilo zachytit. Také blízkce příbuzná *C. lectularius* přežívá při 44° - 45° C řádově jen několik hodin (Hase 1917a).

Při inkubaci při 5° a 20° C byl očekáván výrazný rozdíl v procentu uhynulých jedinců při jednotlivých kontrolách. *C. lectularius* totiž při nižších teplotách vydrží výrazně déle než při vyšších a s rostoucí teplotou se doba jejího přežívání podstatně zkracuje (Omori 1941, tab. 2). Při experimentech v rámci této diplomové práce však nebyly zachyceny rozdíly v celkové mortalitě ve vzorcích mezi 5° a 20° C (tab. 4). Je tedy možné, že délka přežívání *C. pipistrelli* není tak výrazně ovlivněna teplotou jako u *C. lectularius* a její teplotní valence je vyšší (Bartonička 2010, in press). Lepší přežívání při 5° C bylo zaznamenáno pouze u I. – III. instaru, kde byl při 20° C nižší úhyn při prvních dvou kontrolách (po týdnu a po měsíci).

Výrazné odlišnosti v přežívání byly pozorovány při 5° a 20° C mezi jednotlivými vývojovými stádii a pohlavími. Po měsíci byla zaznamenána vysoká mortalita u I. - III. instaru, který i u *C. lectularius* přežívá nejkratší dobu (Omori 1941, tab. 2). Také

pokles jeho početnosti v úkrytech po jeho opuštění netopýry v průběhu sezóny bývá nejvýraznější (Bartonička & Gaisler 2007, Růžičková 2009). Vyšší úhyn než u I. – III. instaru byl po této periodě jen u samců při 20° C. Při 5° C bylo u IV. – V. instaru, samců a samic po měsíci procento uhynulých jedinců stejné, ale při 20° C nejlépe přežívali IV. – V. instary a samice. Delší přežívání IV. - V. instaru a samic odpovídá stavu u *C. lectularius* (Omori 1941, tab. 2). Také v pracích Bartonička & Gaisler (2007) a Růžičková (2009) bylo u *C. pipistrelli* dokladováno, že v průběhu sezóny snáší dlouhodobou nepřítomnost hostitele tyto skupiny nejlépe.

6.2 Vliv vlhkosti na přežívání štěnic

Vlhkost je faktorem, který by neměl mít na přežívání hladovějících štěnic tak podstatný vliv jako teplota (Jones 1930, Kemper 1936). Nicméně extrémně nízké vlhkosti 0 – 8 % způsobily ve vzorcích inkubovaných při 30° C velmi vysokou mortalitu. Po měsíci přežívali jen 3 jedinci (všechno samice) z celkového počtu 120 jedinců. K tomu došlo nejspíš proto, že takhle nízká vlhkost se přirozeně v úkrytech netopýrů obvykle nevyskytuje. Při měření Bartoničky a Gaislera (2007) neklesala relativní vlhkost v netopýřích budkách v lužním lese Křivé jezero pod 30 %. Také Bartonička (2010, in press) udává, že relativní vlhkost v místě výskytu kolonie *Myotis myotis* na zámku v Jevišovicích kolísala mezi 25 a 75 % a korelovala s deštivými dny v druhé polovině května, v červenci a v září. Mortalita při kontrole po týdnu byla značně vysoká hlavně u nymf, kdy po týdnu uhynulo 100 % jedinců I. – III. instaru a 86,7 % IV. – V. instaru. Citlivost nymf na nízkou vlhkost byla pozorována i u *C. lectularius* (např. Jones 1930, Kemper 1936). Mellanby (1935) popisuje výrazné zkrácení délky přežívání při 30° C u hladovějícího prvního instaru na pouhých 5,65 dní při 0 % vlhkosti, kdy dehydratace byla hlavní příčinou smrti. Po čtrnácti dnech od počátku mého experimentu přežívaly při 0 % vlhkosti pouze samice. Lepší přežívání samic může být způsobeno např. tím, že u nich nedochází v době, kdy nepřijímají potravu, k tak výrazným ztrátám vody jako u nymf, které nejsou tak dokonale sklerotizovány jako samice (Usinger 1966).

Při 38 – 52 % a 85 – 92 % vlhkosti se celková průměrná mortalita (tzn. bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví) při vyšších vlhkostech jen mírně navyšovala, přičemž však její nárůst při jednotlivých kontrolách byl obdobný (tab.5). Jelikož lze předpokládat podobné schopnosti přežívání jako u *C. lectularius*, pro kterou nejsou

extrémně vlhké podmínky přijatelné (Omori 1941), měl by být rozdíl u těchto vlhkostí podstatně větší. Při srovnání přežívání jednotlivých vývojových stádií a pohlaví při 38 – 52 % vlhkosti měl I. - III. instar nejvyšší mortalitu, která byla výrazná hlavně při první kontrole. Při této vlhkosti přežívaly nižší instary hůře než při 85 – 92 %. Také Mellanby (1935) pozoroval u *C. lectularius* významně delší dobu přežívání u I. instaru při vyšších vlhkostech. U nižších instarů se tedy doba přežívání zkracuje s klesající vlhkostí. Při experimentu I. - III. instar přežíval hůře při 85 – 92 % vlhkosti než IV. – V. instar a samice. Nicméně zřetelně nejvyšší procento uhynulých jedinců bylo pozorováno u samců, a to již při druhé kontrole, tzn. po 14 dnech. Samci při vysokých vlhkostech přežívali prokazatelně hůře než při vlhkosti 38 – 52 %. Je tedy zřejmé, že jsou značně citliví na vysoké vlhkosti a vydrží jim čelit jen krátkodobě, což může být příčinou toho, že zimní období bez hostitele přežívají hlavně samice (Růžičková 2009). Citlivost samců na vyšší vlhkost může být způsobena některým dosud nezjištěným faktorem (např. imunodepresí po kopulaci, ztrátou energie v souvislosti s obhajobou samic, atd.), který následně může zapříčinit snížení celkové kondice jedince (Bartonička 2010, in press).

6.3 Ochota sání

Ochota sání po expozici různými mikroklimatickými podmínkami je důležitá pro predikci density štěnic v úkrytu po jeho opětovném osídlení netopýry. V rámci diplomové práce byla kvantifikována úspěšnost sání u vzorků, u kterých byla při kontrolách zjištěna mortalita vyšší než 50 %. U vzorků inkubovaných při 5° a 20° C byla úspěšnost sání procentuálně poměrně vysoká (sálo 68,7 % z celkového počtu 116 přežívajících jedinců bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví) a počet nasátých jedinců koreloval s počtem přežívajících jedinců.

Nižší úspěšnost sání byla zaznamenána pouze u samic při 5° C a IV. – V. instaru při 20° C. Po inkubaci při 20° C byl dokonce počet nasátých jedinců IV. – V. instaru menší ve srovnání s počtem nasátých jedinců IV. – V. instaru inkubovaných při 5° C a to i přes to, že počet přežívajících jedinců byl při 5° C nepárně vyšší. I když byla tedy mortalita IV. – V. instaru po měsíci inkubace při 5° C vyšší než při 20° C, více štěnic bylo schopno vyhledat hostitele a sát.

Při experimentech byla také kvantifikována úspěšnost sání po inkubaci při třech různých vlhkostech. Zde byli poněkud výraznější rozdíly v počtu přežívajících a nasátých jedinců než v případě teplot. Sálo jen 40,3 % z celkového počtu 62 přežívajících jedinců. Nejnižší úspěšnost sání při 38 – 52 % a při 85 – 92 % vlhkosti byla pozorována u I. – III. instaru, kdy jedinci ve většině případů nevyvíjely dostatečnou aktivitu, aby našly vhodného hostitele a v krátké časové periodě by tak pravděpodobně uhynuly. To je pochopitelné, protože u *C. lectularius* I. – III. instar přežívá hladovění nejkratší dobu (Omori 1941).

6.4 Hostitelská specifita

Při testování preference běžně parazitovaného hostitelského druhu netopýra na vzdálenost bez fyzického kontaktu byla častěji jako první navštívena klíčka s nespecifickým hostitelem, avšak tato četnost byla jen o 1 případ vyšší než u specifické klíčky. Můžeme tedy konstatovat, že štěnice tyto klíčky mezi sebou nerozlišovaly. Štěnice při testování hostitelské specifity při pohybu arénou vykazovaly výrazné pátrací chování. Ve většině případů prozkoumávali prostor kolem sebe, dělaly četné klíčky a odbočovali z přímé trasy, a to i při snížení vzdálenosti ze 17 cm na 5 cm mezi startovním kroužkem a klíčkami, které sloužily jako signál. Vzhledem k tomuto chování lze s jistotou tvrdit, že štěnice *C. pipistrelli* nejsou schopny hostitele detekovat na vzdálenost 150 cm, jak udává u *C. lectularius* Marx (1955). Pravděpodobnější je daleko menší vzdálenost (4 – 3 cm), kterou u *C. lectularius* uvádí Rivnay (1932b). Při mém experimentu při vzdálenosti 5 cm nebyly štěnice schopny určit přesný směr, kterým se hostitel nachází. Přesnou polohu ve většině případů určovaly až ve vzdálenosti 1 -2 cm od klíčky. Štěnice nejspíš zaznamenávají přítomnost hostitele na základě odlišné teploty nebo CO₂, který vydechuje. Rivnay (1932b) a Marx (1955) se totiž shodují, že pach krve a potu štěnice *C. lectularius* neláká. O výskytu hostitele podle těchto autorů vypovídá právě teplota a vydechovaný CO₂. Rivnay (1932b) udává, že druh *C. lectularius* je schopen rozpoznat hostitele, pokud se teplota jeho těla liší o 2° C od té okolní. Při experimentech Usingera (1966), se štěnice *C. lectularius* při nabídce hostitelů - králík, kuře a člověk, a blanků vyhřátých na jejich tělesné teploty, pohybovaly směrem k hostiteli s nejvyšší tělesnou teplotou (králíkovi). Před tímto hostitelem byl upřednostněn pouze blank vyhřátý na teplotu o 10° a 20° C vyšší. Při šíření signálu hraje tedy podstatnou roli tělesná teplota hostitele. Pro štěnice tak

bude snazší nalézt netopýry v době, kdy nedochází k netopýřímu torporu, tzn. v době jejich aktivity (např. záhy po jejich návratu do úkrytu nebo před výletem) (Bartonička 2008). Jistý vliv na vyhledávání hostitele může mít i teplota uvnitř úkrytu. Když budou interní teploty vyšší, pak rozdíl tělesné teploty hostitele a teploty uvnitř úkrytu nebude tak výrazný. Pro šíření signálu je podstatné také proudění vzduchu v úkrytu, které může ovlivnit směr šíření vydechovaného CO₂ (Rivnay 1932b, Marx 1955).

Při testování reakce na nespécifického hostitele netopýra *Barbastella barbastellus* během fyzického kontaktu štěnice bez problémů na tomto hostiteli sály. Pokud u *C. pipistrelli* existuje tedy preference určitých druhů netopýrů, pak bude podmíněna jinými faktory, které nebyly při tomto experimentu zachyceny. Jedním z faktorů, které by mohly způsobit limitaci na fyziologické úrovni, je např. nepřítomnost určité složky potravy potřebné k vývoji nymf, čímž by bylo znemožněno dokončení ontogenetického vývoje. Kvalita krve může být totiž ovlivněna složením potravy hostitele, které se mezi různými druhy netopýrů liší (Christe *et al.* 2003). Díky odlišné kvalitě krve může být na nespécifických hostitelských druzích snížena fitness parazita (delší ontogenetický vývoj, horší přežívání nymf, menší počet vajíček kladených samicemi). Na náhradních hostitelských druzích pozoroval u roztočů redukovanou reprodukční aktivitu Giorgi *et al.* (2004).

7 ZÁVĚR

- Experimenty provedené v rámci diplomové práce ukazují, že štěnice nejsou schopny čelit teplotám kolem 45° C více než několik dní. Při kontrole po týdnu totiž uhynuly všechny štěnice inkubované při této teplotě. Při 5° a 20° C se postupně navyšoval počet uhynulých jedinců, avšak nebyly pozorovány výrazné rozdíly v celkové mortalitě mezi těmito dvěma teplotami.
- Co se týče přežívání jednotlivých vývojových stádií a pohlaví, značné snižování počtu jedinců bylo zaznamenáno u nižších instarů, které jsou také v průběhu sezóny nejcitlivější na nepřítomnost hostitele (Bartonička & Gaisler 2007), a to u obou teplot. Naopak poměrně nízkou mortalitu vykazovali vyšší instary a samice při 20° C. Při 5° C byl nejvyšší úhyn u I. – III. instaru, u ostatních skupin byl téměř vyrovnaný. Při 20° C byla nejvyšší mortalita po měsíci zaznamenána u samců.
- Při testování vlivu různých vlhkostí na různá vývojová stádia byl značný úhyn zjištěn při velmi nízkých vlhkostech 0 – 8 %, po čtrnácti dnech přežívalo jen několik adultních samic. Při srovnání vlhkostí 38 – 52 % a 85 – 92 % přežívají štěnice *C. pipistrelli* nebyly významné rozdíly v celkovém přežívání štěnic.
- Nejvyšší mortalita po měsíci inkubace při vysokých vlhkostech byla pozorována u samců, což nejspíš způsobuje to, že samci přežívají zimní období, kdy bývá vyšší vlhkost v úkrytech, oproti samicím, spíše vzácně (Růžičková 2009). U nižších instarů naopak dochází k snižování mortality s rostoucí vlhkostí. Nicméně při obou vlhkostech přežívalo déle než měsíc početně více jedinců IV. – V. instaru a samic.
- Při zjišťování ochoty sání po inkubaci při různých teplotách a vlhkostech počet nasátých jedinců koreloval s počtem přežívajících jedinců. Nicméně, i když po inkubaci při 20° C byla zaznamenáno nepatrně vyšší procento přežívajících jedinců (49,2 %) než při 5° C (47,5 %), při 5° C bylo početně více jedinců schopno sát.
- Při testování hostitelské specifity bylo zřejmé, že štěnice nejsou při vzdálenosti schopny určit směr, kterým se hostitel vyskytuje. Většina z nich zaměřila rovnou ke klínce až ve vzdálenosti 1 – 2 cm od ní. Z tohoto důvodu při experimentech nedocházelo preferenci potenciaálně možných specifických hostitelů. Také nebyly pozorovány žádné bariéry, jež by štěnicím bránili sát na druzích netopýrů, u kterých se v úkrytech běžně nevyskytují.

8 LITERATURA

- ABDEL-NASER M. B., LOTFY R. A., AL-SHERBINY M. M. & ALI N. M. 2006: Patients with papular urticaria have IgG antibodies to bedbug (*Cimex lectularius*) antigens. *Parasitology Research* 98: 550-556.
- BALVÍN O. 2008: Revision of the West Palaearctic *Cimex* species. Preliminary report. *Bulletin of Insectology* 61: 129-130.
- BARTONIČKA T. 2004: *Flight activity and echolocation behaviour of Pipistrellus pygmaeus (Leach, 1825) with respect to P. pipistrellus (Shreber, 1774)*. Dissertation thesis, Masarykova univerzita, Brno, 89 pp.
- BARTONIČKA T. 2007: Bat bugs (*Cimex pipistrelli*, Heteroptera) and roost switching in bats. *Berichte der naturforschenden Gesellschaft der Oberlausitz* 15: 29-36.
- BARTONIČKA T. 2008: *Cimex pipistrelli* (Heteroptera, Cimicidae) and the dispersal propensity of bats: an experimental study. *Parasitology Research* 104: 163–168.
- BARTONIČKA T. & GAISLER J. 2007: Seasonal dynamics in the number of parasitic bugs (Heteroptera, Cimicidae): a possible cause of roost switching in bats (Chiroptera, Vespertilionidae). *Parasitology Research* 100: 1323-1330.
- BARTONIČKA T., ŘEHÁK Z. & ANDREAS M. 2008: Diet composition and foraging activity of *Pipistrellus pygmaeus* in a floodplain forest. *Biologia* 63: 1-7.
- BEAUCOURNU J. C. 1961: Ectoparasites des Chiroptères de l'Ouest de la France, 1re partie – Ixodoides – Cimicides et Nyctéribiidés. *Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne* 36: 315-338.
- CHRISTE P., ARLETTAZ A. & VOGEL P. 2000: Variation in intensity of a parasitic mite (*Spinturnix myoti*) in relation to the reproductive cycle and immunocompetence of its bat host (*Myotis myotis*). *Ecology Letters* 3: 207-212.
- CHRISTE P., GIORGI M. S., VOGEL P. & ARLETTAZ R. 2003: Differential species – specific ectoparasitic mite intensities in two intimately coexisting sibling bat species:

resource-mediated host attractiveness or parasite specialization? *Journal of Animal Ecology* 72: 866 – 872.

DAVIS N. T. 1964: Studies of the reproductive psychology of Cimicidae (Hemiptera). I. Fecundation and egg maturation. *Journal of Insect Physiology* 10: 947-963.

DIETZ M. & WALTER G. 1995: Zur Ektoparasitenfauna der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii* Kuhl, 1819) in Deutschland unter der besonderen Berücksichtigung der saisonalen Belastung mit der Flughautmilbe *Spinturnix andegavinus* Deunff, 1977. *Nyctalus* 5: 451–468.

FEYERABEND F. & SIMON M. 2000: Use of roosts and roost switching in a summer colony of 45 kHz phonic type pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus* Shreber, 1774). *Myotis* 38: 51-59.

GAISLER J. 1966: A tentative ecological classification of colonies of the European bats. *Lynx* 6: 35-39.

GANNON M. R. & WILLIG M. R. 1995: Ecology of ectoparasites from tropical bats. *Environmental entomology* 24: 1495–1503.

GIORGI M. S., ARLETTAZ R., CHRISTE P. & VOGEL P. 2001: The energetic grooming costs imposed by a parasite mite (*Spinturnix myoti*) upon its bat host (*Myotis myotis*). *Proceeding of the Royal Society of London, Ser. B., Biological Sciences* 268: 2071-2075.

GIORGI M. S., ARLETTAZ R., GUILLAUME F., NUSSLÉ S., OSSOLA C., VOGEL P. & CHRISTE P. 2004: Causal mechanisms underlying host specificity in bat ectoparasites. *Oecologia* 138: 648-654.

HASE A. 1917a: Über das Leben der Bettwanze (*Cimex lectularius* L.). *Sitzungsbericht der Gessellschaft naturforschender Freunde zu Berlin* 7: 103-106.

HASE A. 1917b: *Die Bettwanze (Cimex lectularius L.) ihr Leben und ihre Bökämpfung*. Monographien zur angewandten Entomologie IV, 1. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, 144 pp.

- HASE A. 1930: Weitere Versuche zur Kenntnis der Bettwanzen *Cimex lectularius* L. und *Cimex rotundatus* Sign. (Hem. Rhynch.). *Zeitschrift für die Parasitenkunde* 2: 368-418.
- HEISE G. 1988: Zum Transport von Fledermauswanzen (Cimicidae) durch ihre Wirte. *Nyctalus* 2: 469-473.
- HORVÁTH G. 1935: Eine neue Fledermauswanze aus dem Spessart. *Mitteilungen der Deutschen Entomologischen Gesellschaft* 6: 14-15.
- HOFSTEDE H. M. TER, FENTON M. B. & WHITAKER J. O. JR. 2004: Host and host-site specificity of bat flies (Diptera: Streblidae and Nycteribidae) on Neotropical bats (Chiroptera). *Canadian Journal of Zoology* 82: 616-626.
- JAHELKOVÁ H., LUČAN R. & HANÁK V. 2000: New data about Nathusius's pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) in Southern Bohemia (Czech Republic). *Lynx* 31: 41-51.
- JENYNS L. 1839: On three undescribed species of pipistrelle (the genus *Cimex*, closely allied to the common bed-bug. *Annals and Magazine of the Natural History Museum* 3: 241-244.
- JOHNSON C. G. 1937: The relative values of man, mouse, and domestic fowl as experimental hosts for the bed-bug, *Cimex lectularius* L. *Proc. Zool. Soc. London* 107: 107-126.
- JOHNSON C. G. 1940: Development, hatching and mortality of the eggs of *Cimex lectularius* L. (Hemiptera) in relation to climate, with observations on the effects of preconditioning to temperature. *Parasitology* 32: 127-173.
- JOHNSON C. G. 1942: The ecology of the bed-bug, *Cimex lectularius* L., in Britain. *Journal of Hygiene* 41: 345-361.
- JOHNSON C. G. 1960: The relation of weight of food ingested to increase in body-weight during growth in the bed-bug, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera). *Ent. Exp. Appl.* 3: 238-240.

- JONES R. M. 1930: Some effects of temperature and humidity as factors in the biology of the bedbug (*Cimex lectularius* Linn.). *Annals Entomological society of America* 23: 105-119.
- KEMPER H. 1936: Die Bettwanze und ihre Bekämpfung. *Zeitschrift für Kleintierkunde und Pelztierkunde* 12: 1-107.
- KERTH G. & KÖNIG B. 1999: Fission, fusion and non random associations in female Bechstein's bats (*Myotis myotis*). *Behaviour* 139: 1187-1202.
- KERZHNER I. M. 1989: *Cimex pipistrelli* aus der (Heteroptera, Cimicidae) Mongolei. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin* 65: 341-342.
- LANZA 1999: *I parassiti dei pipistrelli (Mammalia, Chiroptera) della fauna italiana*. Monografie, Museo Regionale di Science Naturali, Torino, 318 pp.
- LEDERER G. 1950: Auftreten von *Cimex hemipterus* Fabricius 1803 = *C. rotundatus* Sign sowie anderer Cimexarten in Hessen (Heteropt., Cimicidae). *Anzeiger für Schädlingskunde* 23: 44-46.
- LEWIS S. E. 1995: Roost fidelity of bats: A review. *Journal of Mammalogy* 76: 481-496.
- LEWIS S. E. 1996: Low roost-site fidelity in pallid bats: associated factors and effect on group stability. *Behavioral Ecology a Sociobiology* 39: 335-344.
- LOURENÇO S. I. & PALMEIRIM J. M. 2008: Which factors regulate the reproduction of ectoparasites of temperate-zone cave-dwelling bats? *Parasitology Research* 104:127-134.
- LUČAN R. K. 2006: Relationships between the parasitic mite *Spirtunix andegavinus* (Acari: Spinturnicidae) and its bat host, *Myotis daubentonii* (Chiroptera: Vespertilionidae): seasonal, sex- and age-related variations in infestation and possible impact of the parasite on the host condition and roosting behaviour. *Folia Parasitologica* 53: 147-152.
- MARSHALL A. G. 1982: The ecology of *Eoctenes spasmae* (Hemiptera: Polycetenidae) in Malaysia. *Biotropica* 14: 50-55.

- MARX R. 1955: Über die Wirtsfingung und die Bedeutung des artsspezifischen Duftstoffes bei *Cimex lectularius* Linné. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 17: 41-72.
- MELLANBY K. 1935: A comparison of the physiology of the two species of bed-bug which attack man. *Parasitology* 27: 111-122.
- MELLANBY K. 1939: The physiology and activity of the bed bug (*Cimex lectularius* L.) in natural infestation. *Parasitology* 31: 200-211.
- MORKEL C. 1999: Zum Vorkommen von an Fledermäusen (Chiroptera) parasitierenden Bettwanzen der Gattung *Cimex* Linnaeus 1758 (Heteroptera: Cimicidae) in Hessen. *Hessische Faunistische Briefe* 18: 38-48.
- NELSON B. & SMIDDY P. 1997: Records of the bat bug *Cimex pipistrelli* Jenyns (Hemiptera: Cimicidae) from Cos Cork and Waterford. *Irish Naturalist's Journal* 25: 344-345.
- OMORI N. 1941: Comparative studies on the ecology and physiology of common and tropical bed bugs, with special references to the reactions to temperature and moisture. *Journal of the Formosan Medical Association* 433: 555-729.
- OVERAL W. L. & WINGATE L. R. 1976: The biology of the batbug *Stricticimex antennatus* (Hemiptera: Cimicidae) in South Africa. *Annals of Natal Museum* 22: 821-828.
- PACLÍK M. & WEIDINGER K. 2007: Microclimate of tree cavities during winter nights—implications for roost site selection in birds. *International Journal of Biometeorology* 51 (4): 287-293.
- PERICART J. 1972: *Hémipteres - Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Ouest-Paléarctique. Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen*. Paris: Masson et Cie Éditeurs, 402 pp.
- PÉRICART J. 1996: Family Cimicidae Latreille, 1802 - bed-bugs. 141-144. In: AUKEMA B., RIEGER CH. (eds.): *Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic region*. Nederlandse Entomologische Vereniging, Wageningen, pp. 141-144.

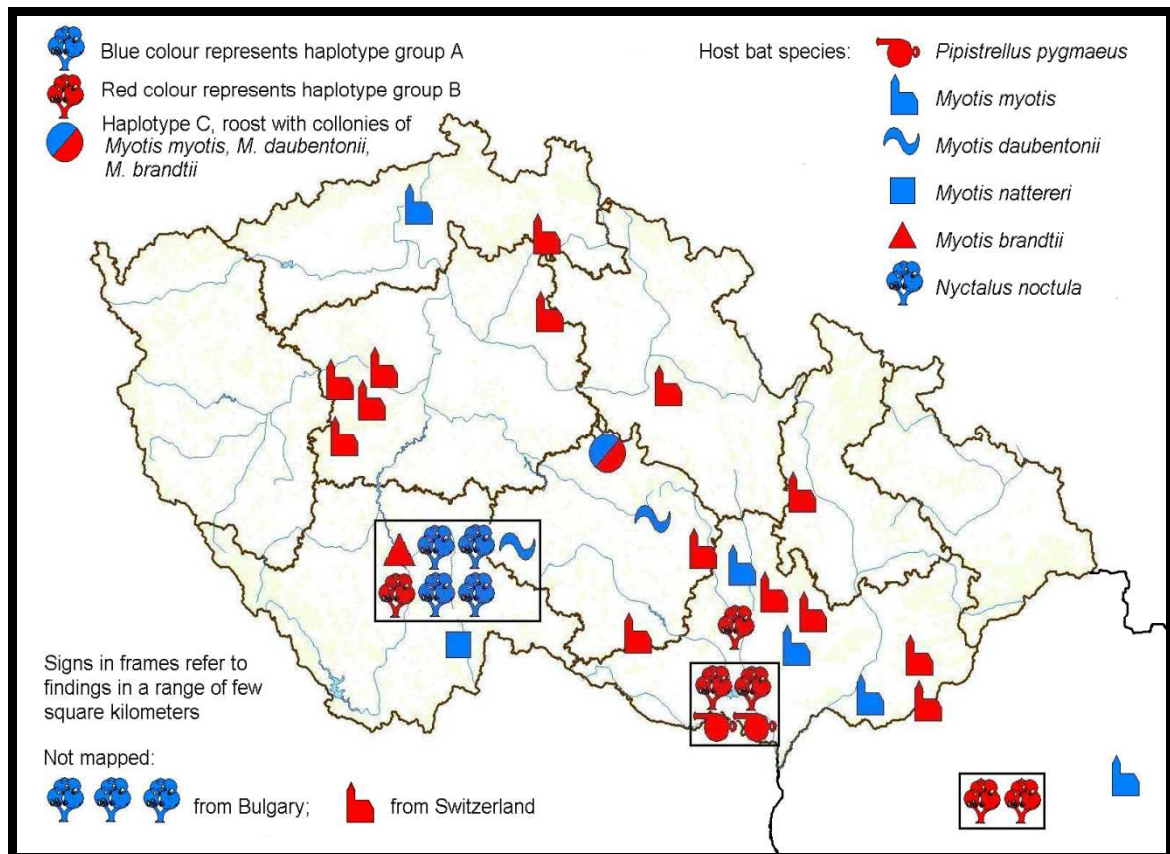
- POVOLNÝ D. 1957: Kritická studie o štěnicovitých (Heteroptera, Cimicidae) v Československu. *Zoologické listy* 6 (10): 59-80.
- PROTIĆ L. & PAUNOVIĆ M. 2006: Bat bugs *Cimex dissimilis* (Horváth, 1910) (Heteroptera: Cimicidae) – the first record from Serbia. In: *Abstracts of 3rd Meeting of the International Heteropterists' Society, Wageningen, 18-21 July 2006*.
- REINHART K. & SIVA-JOTHY M. T. 2007: Biology of the Bed Bugs (Cimicidae). *Annual Review of Entomology* 52: 351-374.
- RIVNAY E. 1932a: The influence of relative humidity upon the rate of development of the bed-bug *C. lectularius* L. *Bulletin de la Société Royale Entomologique d'Égypte* 16: 13-16.
- RIVNAY E. 1932b: Studies in tropisms of the bed bug *Cimex lectularius* L. *Parasitology* 24: 121-136.
- RŮŽIČKOVÁ L. 2009: *Interakce mezi netopýry a jejich úkrytovými ektoparazity*. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno, 62 pp.
- ŘEHÁK Z., BARTONIČKA T. & ANDREAS M. 2005: Diet composition of *Pipistrellus pygmaeus* in a floodplain forest.. In: *Abstracts of 10th European Bat Research Symposium, Galway, Ireland, 21-26 August. 2005*. Galway, Ireland : National University of Ireland, pp. 36-36.
- SOUTHWOOD T. R. E. 1954: The production of fertile eggs by *Cimex pipistrelli* Jenyns (Hem., Cimicidae) when fed on human blood. *The Entomologist's Monthly Magazine* 40: 35.
- SOUTHWOOD T. R. E. & LESTON D. 1959: *Land and water bugs of the British Isles*. London New York: Fr. Warne & Co. Ltd., 436 pp.
- SWIFT S. M. 1980: Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology* 190: 285-295.
- ŠMAHA J. 1976: Die Fledermauswanze, *Cimex dissimilis* (Horváth) (Heteropt., Cimicidae), als Lästling in Paneeltafelhäusern. *Anzieger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 49: 139-141.

- TELLO J. S., STEVENS R. D. & DICK C. W. 2008: Patterns of species co-occurrence and density compensation: a test for interspecific competition in bat ectoparasite infracommunities. *Oikos* 117: 693–702.
- THOMPSON M. J. A. 1990: The pipistrelle bat *Pipistrellus pipistrellus* Shreber on the Vale of York. *Naturalist* 115: 673-679.
- THOMPSON M. J. A. 1992: Roost philopatry in female pipistrelle bats *Pipistrellus pipistrellus*. *Journal of Zoology* 228: 673-679.
- TITSCHACK E. 1930: Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. 3. *Cimex lectularius* L. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*: 471-551.
- USINGER R. L. 1966: *Monograph of Cimicidae (Hemiptera – Heteroptera)*. Maryland, College Park: Entomological Society of America, 585 pp.
- VAN ROOIJ H. A., VOUTE A. M. & VAN BRONSWIJK J. E. M. H. 1982: Bloodsucking insect (fleas, bugs and lice) of the pond bat in Netherlands. *Natura* 79 (5): 119-121.
- WALTER G. 1996: Zum Ektoparasitenbefall der Fledermäuse und den potentiellen Auswirkungen. *Myotis* 34: 85-92.
- WALTER G. 2004: Überblick zum Vorkommen und zur Biologie von Ektoparasiten (Siphonaptera; Cimicidae; Nycteribidae; Calliphoridae) bei Fledermäusen in Deutschland. *Nyctalus* 9 (5): 460-476.
- WEBB P. I., SPEAKMAN J. R. & RACEY P. A. 1996: Population dynamics of maternity colony of the pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology (London)* 240: 777-780.
- WHITAKER J. O. JR. 1988: *Collecting and Preserving Ectoparasites for Ecological Study*. In: Kunz T. (ed.): *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., London, pp. 459-474.
- WHITAKER J. O. 1998: Life history and roost switching in six summer colonies of eastern Pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79(2): 651-659.

- WILLIS C. K. R. & BRIGHAM M. M. 2004: Roost switching, roost sharing and social cohesion: forest-dwelling big brown bats, *Eptesicus fuscus*, conform to the fission-fusion model. *Animal behaviour* 68: 495-505.
- WOLZ I. 1986: Wochenstuben-Quartierwechsel bei der Bechsteinfledermaus. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 51: 65-74.
- ZAHN A. & RUPP D. 2004: Ectoparasite load in European vespertilionid bats. *Journal of Zoology* 262: 383-391.

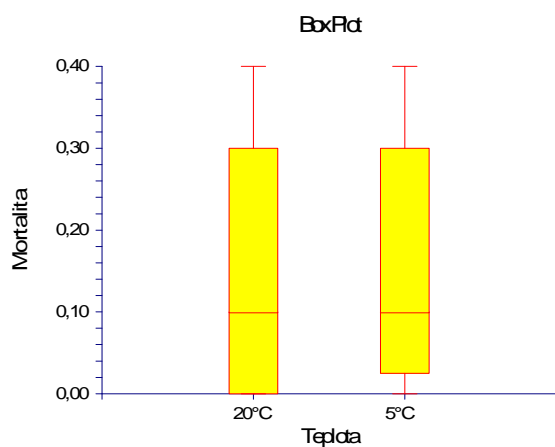
9 PŘÍLOHY

Příloha 1. Distribuce haplotypů v České a Slovenské republice (Balvín 2008).

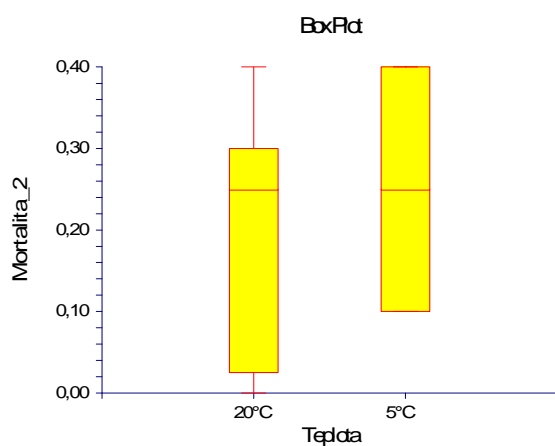


Příloha 2: Grafické srovnání relativní mortality ve vzorku bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví při 5° C a 20° C. Medián; Box: 25 %, 75 %; Whisker: Non-Outlier Min., Non-Outlier Max.

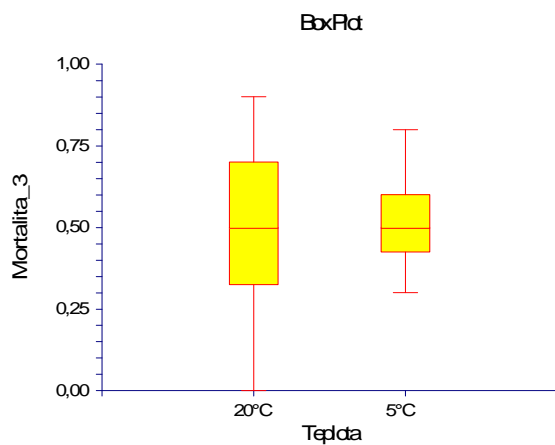
Kontrola 1 – po týdnu



Kontrola 2 – po 14 dnech

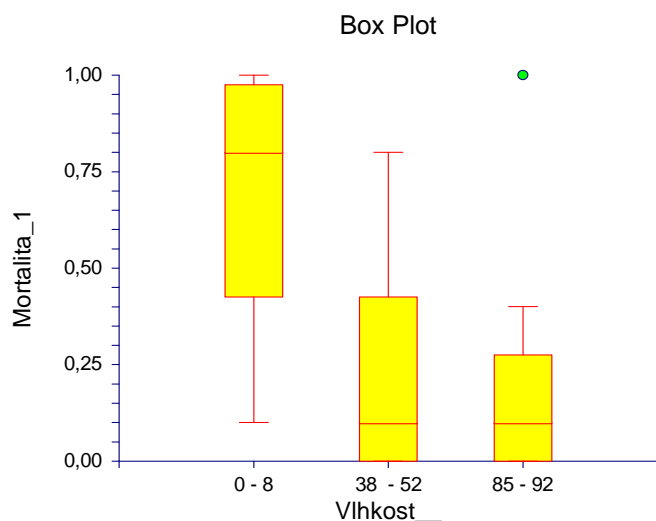


Kontrola 3 – po měsíci

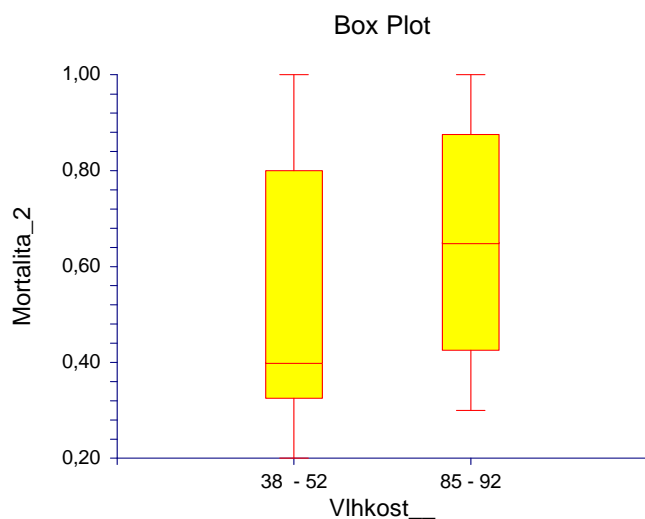


Příloha 3: Grafické srovnání relativní mortality ve vzorku bez rozlišení vývojových stádií a pohlaví při různých vlhkostech (0 – 8 %, 38 – 52 % a 85 – 92 %). Medián; Box: 25 %, 75 %; Whisker: Non-Outlier Min., Non-Outlier Max. Při druhé a třetí kontrole není zobrazena mortalita při 0 – 8 %, protože již při druhé kontrole byla téměř 100%.

Kontrola 1 – po týdnu



Kontrola 2 – po 14 dnech



Kontrola 3 – po měsíci

