

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**2019**

**Ing. Miroslav Kašparů**

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: Zootechnika

Studijní obor: Speciální zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

**Disertační práce:**

**Vliv teploty a vlhkosti vnějšího prostředí na rozmnožování  
včely medonosné (*Apis mellifera*)**

Doktorand: Ing. Miroslav Kašparů

Školitel: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

České Budějovice, 2019

Na tomto místě bych velice rád poděkoval svému školiteli, doc. Ing. Miroslavu Maršálkovi, CSc. nejen za kvalitní a odborné vedení v průběhu mého studia, ale i za trpělivost, pomoc, podporu a lidský přístup.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Benešovi, Ph. D., Ing. Jitce Rutkayové, Ph. D., Mgr. Veronice Čoudkové a Ing. Miroslavu Strobovi za rady v průběhu studia a pomoc během zpracování disertační práce. Děkuji i dalším členům Katedry zootechnických věd za pomoc a podporu během mého studia.

Velké díky patří i mé rodině a přátelům, a to jak za materiální, tak psychickou podporu v průběhu studia i během psaní disertační práce.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma: Vliv teploty a vlhkosti vnějšího prostředí na rozmnožování včely medonosné (*Apis mellifera*) vypracoval samostatně a použil jen prameny, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Disertační práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího disertace a děkana ZF JU.

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

-----  
Ing. Miroslav Kašparů

V Českých Budějovicích dne

## Abstrakt

Disertační práce na téma „Vliv teploty a vlhkosti vnějšího prostředí na rozmnožování včely medonosné (*Apis mellifera*)“ popisuje vliv sledovaných fyzikálních veličin na celé včelstvo během vegetačního období. Sledována byla tři stanoviště v odlišných podmínkách. Měřicí přístroje byly umístěny vždy uvnitř a vně jednoho včelstva z každého stanoviště. Ve spolupráci s kolegy z Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze se sledování fyzikálních parametrů rozšířilo o sledování zvuku a hmotnosti včelstva – úlové sestavy na stanovišti umístěného na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity. Zařízení pro sběr dat ve včelích úlech bylo navrženo jako zcela autonomní modulový systém. Naměřená data byla statistickými programy zpracována a vyhodnocena.

Výsledky prokázaly, že se sledované úly liší ve vegetačním období v počtu zakladených buněk včelí královnou a také v množství zakladených rámků. V okolí plodu byly naměřeny teploty pro správný vývoj včely (32 °C až 36 °C). Včelstva v pozorovaných obdobích roku 2014, 2015 a 2016 musela aktivně zvyšovat v jarním i v letním období relativní vlhkost vzduchu uvnitř úlu.

Včelstvo reaguje na změny teploty vzduchu různě intenzivním zvukovým projevem. Zjištěné výsledky prokázaly rozdíly mezi intenzitou zvukových projevů včelstva v různých teplotních podmínkách. Nejvyšší intenzita zvuku byla zjištěna při teplotách pod 10 °C (36,71 W.m<sup>-2</sup>), nejnižší naopak při teplotách nad 29,4 °C (26,25 W.m<sup>-2</sup>). Posouzením vztahu teploty uvnitř plodiště a intenzity zvuku byly zjištěny průkazné korelační závislosti, velikost korelačních koeficientů byla ovšem nízká ( $r = 0,180$ ) až střední ( $r = 0,463$ ) a se změnou teplotní skupiny docházelo i ke změně hodnoty korelačního koeficientu ( $r = 0,555$ ).

K vyhodnocení optimálních podmínek chovu včelstev lze aktuálně využít sledování teploty a vlhkosti. Jako nejvhodnější teploty byly stanoveny v rozmezí (29,5-34,3 °C) a také teploty nad 34,4 °C. Z hlediska vlhkosti jsou nejvhodnější teplotní rozmezí 20-29,4 °C a 29,5-34,3 °C. Změny sledovaných hodnot ovlivňují i kladení včelí královny ve včelstvu. Získaná data z dlouhodobého sledování zmíněných veličin, nám mohou pomoci sestavit THI index u včel, který by byl vhodným nástrojem k hodnocení optimálních podmínek pro včely.

**Klíčová slova:** včela medonosná (*Apis mellifera*), vlhkost, teplota, THI index, včelaření

## Abstract

The dissertation on the influence of temperature and humidity of the environment on the reproduction of the honey bee (*Apis mellifera*) describes the effect of the observed physical quantities on the entire bee during the growing season. Three habitats were monitored under different conditions. The measuring devices were always located inside and outside one colony of each habitat. In cooperation with colleagues from the Faculty of Electrical Engineering, ČVUT in Prague, the physical parameters monitoring was extended by monitoring the sound and weight of the hives - hive assemblies at the site located at the Agricultural Faculty of the University of South Bohemia. The data collection system in beehives was designed as a fully autonomous modular system. Measured data was processed and evaluated by statistical programs.

The results showed that the hives observed differ in the number of bee queens found in the growing season and also in the number of frames found. Near-fetal temperatures were measured for correct development of the bee (32 °C to 36 °C). Colonies in the observed periods of 2014, 2015 and 2016 had to actively increase the relative humidity inside the hive in spring and summer. The colony reacts to changes in air temperature by varying intensity of sound. The results revealed the differences between the intensity of bee sounds in different temperature conditions. The highest sound intensity was detected at temperatures below 10 °C (36.71 W.m<sup>-2</sup>), the lowest being at temperatures above 29.4 °C (26.25 W.m<sup>-2</sup>). The correlation coefficients were very low ( $r = 0.180$ ) to medium ( $r = 0.463$ ) and the correlation coefficient ( $r = 0.555$ ) changed with a change in the temperature group.

In order to evaluate the optimal conditions for honeybee rearing, the temperature and humidity monitoring can be used. The most suitable temperatures were in the range (29.5-34.3 °C) and temperatures above 34.4 °C. In terms of humidity, the temperature range (20-29.4 °C) and (29.5-34.3 °C) are the most appropriate. Changes in the observed values also affect the queen's bee in the colony. The data obtained from the long-term monitoring of these variables can help us to construct a THI index for bees, which would be a suitable tool to evaluate the optimal conditions for bees.

**Keywords:** Honeybee (*Apis mellifera*), Humidity, Temperature, THI index, Beekeeping

## OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	10
2.1	Historie chovu včel.....	10
2.2	Charakteristika včely medonosné ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	11
2.3	Struktura včelstva včely medonosné ( <i>Apis mellifera</i> ).....	13
2.3.1	Charakteristika jednotlivých členů včelstva .....	14
2.3.2	Rozmnožování a vývoj plodu včely medonosné ( <i>Apis mellifera</i> ).....	16
2.3.3	Plemenný chov včel .....	20
2.3.4	Selekce a plemenitba včely medonosné v České republice.....	22
2.4	Včelí produkty a význam včel.....	28
2.4.1	Med .....	28
2.4.2	Včelí vosk .....	32
2.4.3	Pyl.....	33
2.4.4	Mateří kašička.....	34
2.4.5	Propolis .....	34
2.5	Životní podmínky včel .....	36
2.5.1	Teplota ovlivňující život včel v úlech.....	37
2.5.2	Vlhkost ovlivňující život včel v úlech .....	40
2.5.3	Zvukový projev včelstva.....	41
2.5.4	Teplotně vlhkostní index (THI) .....	44
2.5.5	Další vlivy ovlivňující reprodukci včely medonosné ( <i>Apis mellifera</i> ).....	45
3	VĚDECKÉ HYPOTÉZY .....	48
4	CÍLE PRÁCE.....	49
5	MATERIÁL A METODIKA .....	50
5.1	Materiál .....	50
5.2	Metodika.....	52
5.2.1	Měření vzdušné teploty, vlhkosti, rosného bodu a zvuku .....	52
5.2.2	Pokusné měřicí zařízení pro sběr dat .....	53
5.3	Příprava dat a statistická analýza zvukových projevů včelstva.....	55
5.4	Příprava dat pro návrh stanovení THI indexu u včely medonosné ( <i>Apis mellifera</i> ) .....	56
5.5	Příprava dat a statistická analýza reprodukce včelstva.....	57
6	VÝSLEDKY A DISKUSE .....	59
6.1	Teplotně vlhkostní parametry včelí kolonie pro výpočet intenzity zvuku .....	59

6.1.1 Vztah mezi zvukovými projevy včelstva a vnějšími i vnitřními podmínkami .....	61
6.2 Kvalita mikroklimatu a návrh postupu ke stanovení THI indexu .....	65
6.3 Výsledky reprodukce pozorovaných včelstev z jednotlivých stanovišť .....	67
6.3.1 Grafické porovnání stanovišť .....	80
7 ZÁVĚR .....	83
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	85
9 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH .....	98
10 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ.....	100
11 PŘÍLOHY .....	102



# 1 ÚVOD

Kolonie včel medonosných jsou komplexní systémy s rozmanitými možnostmi zpětných vazeb. Ve včelstvu nalezneme homeostazi na úrovni tělesných funkcí jednotlivých včel, ale i sociální homeostazi na úrovni celé kolonie. Včelstvo vykazuje rovnovážné stavy, kterých je možné dosáhnout pouze součinností členů kolonie. Patří sem stavba plástů, klimatizace hnízda a hygiena hnízda. Jednotlivci takové schopnosti či vlastnosti nemají. Pro objektivní a komplexnější hodnocení kvality chovného prostředí z hlediska teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu se využívá tzv. teplotně – vlhkostní index (Temperature Humidity Index). Jde o index vypočítaný na základě zjištěných údajů o teplotě vzduchu a vlhkosti vzduchu v daném místě. Slouží především ke stanovení zón tepelného stresu.

Snahou práce je v chovu včel zjistit co nejpřesnější projevy včel během kalendářního roku. Včelstvo především na změny teploty vzduchu reaguje různě intenzivním zvukovým projevem. Tato závislost, která již byla mnoha autory sledována, by nám mohla pomoci stanovit konstantu a možná i sestavit vzorec teplotně-vlhkostního indexu (THI), jako je prezentován u savců. Zjištěné výsledky prokazují rozdíly mezi intenzitou zvukových projevů včelstva v různých teplotních podmínkách.

Toto zjištění nám může také pomoci regulovat nemoci včel, především varroázu včel a nosematózu včel, které patří mezi nejrozšířenější nemoci včely medonosné (*Apis mellifera*). Tyto nemoci se doplňují a způsobují oslabení i hynutí celých včelstev. Chovatelům způsobují vysoké chovatelské ztráty na včelnicích.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Historie chovu včel

Včela dostala mezinárodní zoologické označení *Apis mellifera* podle vědce Linneho v roce 1758. Tady vznikla první nepřesnost, protože včela sbírá nektar nebo medovici a nikoliv hotový med. Proto Linne změnil název na *Apis mellifica*, což znamená včela med vyrábějící. Dodnes se používají obě zoologická označení (GEISLER et al., 1956).

Podle CUTÁKOVÉ et KLÍMY (2014) jsou nejstarší známou a dochovanou památkou o začátku včelaření a se včelařskou tematikou skalní kresby staré 8000 let (podle jiných zdrojů až 12 000 let) v jeskyních Cuevas de la araña 12 km od města Bicorp, které je vzdálené asi 90 km od Valencie. Malby červené barvy (68 cm vysoké) pocházejí z období mezolitu a patří do levantské kultury. Znázorňují dvě osoby vybírající med z hnízda divokých včel. Jeskyně, které byly objeveny v roce 1920, jsou od roku 1998 zapsány na seznamu světového dědictví UNESCO a v městě Bicorp bylo zřízeno muzeum věnující se historii, skalním malbám a tradičním řemeslům včetně včelařství.

Další prehistorické jeskynní malby s tematikou včel a včelaření můžeme nalézt v severním Španělsku v jeskyni Altamira, které pocházejí z doby 5000 let př. n. l. Dále kresby s tematikou sběru včelího medu z Afriky (např. Zimbabwe, Kapská provincie, Botswana) a Indie (NOWOTTNICK, 2004).

Zajímavostí jsou pevnosti kolem včelnic, nacházející se zejména v horských oblastech v severním a severozápadním Španělsku, které sloužily a dodnes slouží jako ochrana proti populaci medvěda hnědého, a dále jako protipožární bariéra. Jedná se o opevněná stanoviště zvaná cortines, tedy vysoké kamenné zdi, někdy s dvojitým převisem. Dříve se budovaly i vysoké kamenné věže, na které se však vešel sotva tucet úlů, a tak se současně již nevyužívají (HRUŠKA, 2015).

Již kolem antické doby byl med s chlebem, mléko a víno základní potravou lidí. V Egyptě dosáhlo včelařství za časů faraonů určité kultury a na tehdejších stavbách a papyrusech byly znázorněny výjevy ze včelařského života. I v západní Asii a také v Mayské kultuře byly nalezeny symboly uctívajících včel (STEWART et al., 2011).

Ve starém Řecku byly zdrojem poučení spisy Aristotelovy, které přes své omyly sloužily jako nejlepší učebnice včelařství až do středověku. Středověk nepřinesl mnoho nového, snad jen to, že se člověk naučil lépe zacházet s kouřem, takže nemusel

včelstva ničit, ale mohl odkušovat včely z díla, a pak pohodlně vybírat plné plásty. Včelaření v klátech a košnicích, tehdejších příbytcích včel připravených člověkem, nebylo hospodářsky nijak zvlášť výnosné, ač se dochovalo do minulých století a někde se provozuje dodnes. Ani v novověku se ve včelařství mnoho nezměnilo. Teprve v posledních dvou stoletích postoupilo včelařství rychle dopředu (HRUŠKA, 2015).

Podle Michela de Montaigna (1533-1592) symbolizovala včela způsob učení dobrého studenta, který si vytváří svůj vlastní názor. Od roku 1804 začala včela reprezentovat napoleonský režim, neomezenou moc vládce Francie (WENNING, 2004). Ve své abstraktnosti znázorňuje sladkost, poslušnost a s medem jsou spojovány příjemné věci, jako je sladký život, sladký spánek, hudba, sladká pomsta, líbánky v mnoha jazycích (honeymoon, luna de miel, aj.). Symbol včely byl hojně používán na mincích a později i na poštovních známkách (PAGAČ, 2012).

Koncem 18. a během celého 19. století byly vyvinuty převážně technické prvky ke zdokonalování úlu, využití odstředivé síly v medometu a výroba umělých mezistěn, 20. století pak patřilo biologii včel i včelstev v moderních úlech. V některých státech, jako je Kanada, Rusko a USA, dosáhlo včelařství dokonce úrovně průmyslové výroby (ŠKROBAL et al., 1970). Za dob amerického prezidenta Washingtona se stalo včelařství symbolem pracovitosti a produktivity. V Ohiu je postavený pomník k uctění včelí pracovitosti ve tvaru slaměného úlu (košnice); (STEWART et al., 2011).

Spořádané soužití velkého množství jednotlivých včel je stejně fascinující jako pravidelné geometrické vzory jejich plástů. Pro moderního člověka jsou včely indikátorem stavu našeho životního prostředí a svědkem soužití člověka a přírody. Všechny kultury znající tyto živočichy vždy považovaly včely za symbol pozitivních a užitečných vlastností, jako je harmonie, píle a nesobeckost (TAUTZ et HEILMANN, 2007).

Jen ten, kdo začal včelařit s opravdovým zájmem i láskou ke včelám a s úmyslem, že překoná všechny nesnáze, zvládne teorii i praxi, dočká se za svou práci a ošetřování včelstev odměny (ŠKROBAL et al., 1970).

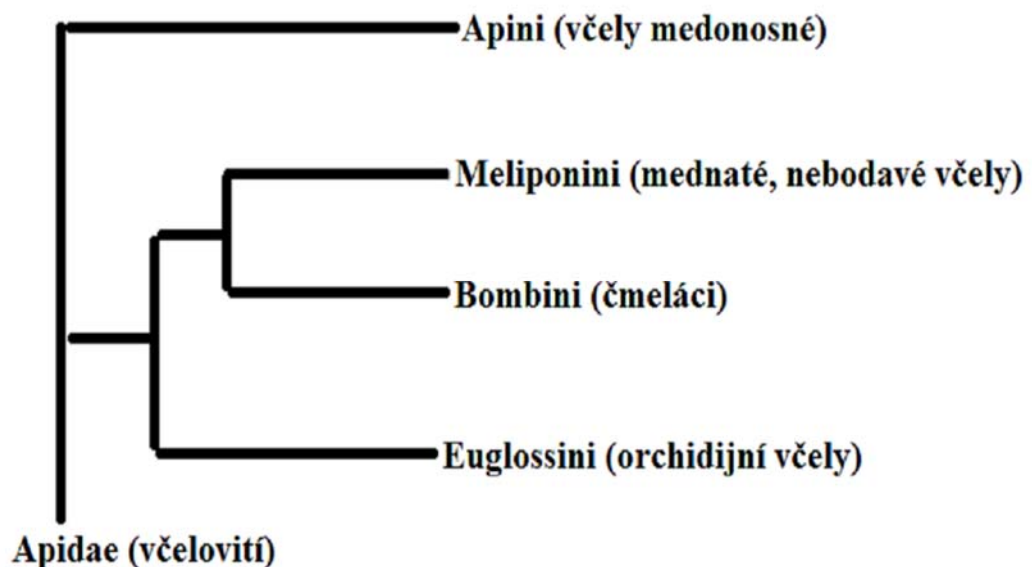
## **2.2 Charakteristika včely medonosné (*Apis mellifera*)**

Profesorem MICHERENEM, (2000) bylo popsáno 16 328 druhů včel. Ze studia současných včel, usuzujeme, že na Zemi žije kolem 20 000 druhů včel.

Včela medonosná (*Apis mellifera*) žije v početných společenstvech – včelstvech. Včelstvo je z hlediska sociologického rodina, tvořená oplozenou matkou a jejími potomky – dělnicemi a trubci. Společně žijí pohromadě nejméně dvě generace včel a je mezi nimi aktivní součinnost. Žádná medonosná včela nemůže žít delší dobu sama; je odkázána na pomoc svých družek (VESELÝ et al., 2013). Včely medonosné vykazují pozoruhodně malou druhovou rozmanitost. Na celém světě je známo jen devět druhů společenských včel rodu *Apis*, což u hmyzu opravdu neznamena žádný rekord. Těchto pár druhů společenských včel se řadí společně se čmeláky k čeledi včelovitých (*Apidae*). V Asii žije osm druhů společenských včel, ale na dvou kontinentech, v Evropě a Africe, žije kupodivu pouze jeden jediný druh – včela medonosná, *Apis mellifera*. Tvoří zde četná zeměpisná plemena, která se mezi sebou mohou bez problémů křížit (TAUTZ et HEILMANN, 2007).

Z taxonomického hlediska (obrázek 1) patří nadčeleď včely (*Apoidea*) do početného řádu blanokřídlých (*Hymenoptera*).

**Obrázek 1: Taxonomie čeledi Apidae. Podle S. A. Cameron. 1993. Podle mitochondriální sekvence DNA.**



(SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

Nedávné studie DNA včely medonosné ukázaly, že mohly být dokonce tři různé prehistorické invazivní cesty z Afriky do Evropy, a později s lidskou koloniální expanzí do Severní Ameriky a Austrálie. Ve střední Evropě se na tvrdé chladné klimatické podmínky adaptovalo zeměpisné plemeno německé včely tmavé (*Apis*

*mellifera mellifera*); (STEWART et al., 2011). V Evropě se vyskytují tři plemena včely medonosné a to plemeno italské (*Apis mellifera ligustica*), plemeno kráňské (*Apis mellifera carnica*) a již zmiňované plemeno německá tmavá včela (*Apis mellifera mellifera*); (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **2.3 Struktura včelstva včely medonosné (*Apis mellifera*)**

Každé včelstvo jako společenská jednotka má své vnitřní a vnější ekologické zákonitosti. Včelař musí v chovu dbát na to, aby co nejméně narušoval vztahy ve včelstvu (VESELÝ et al., 2013).

Život včelí kolonie je závislý na udržení optimálních podmínek během rozvoje i útlumu včelstva. Základ tvoří dostatečné množství včelích dělnic, které dokáží udržet vnitřní prostředí včelího hnízda v rovnováze. Pokud by došlo k výraznějšímu narušení rovnováhy, nemusela by včelstva přežít vlivy vnějšího prostředí (klimatické, povětrnostní podmínky a parazité); (SAMMATARO et AVITABILE, 2011). V roce 1850 francouzský fyziolog Claude Bernard (1813–1878) formuloval ideu vnitřního prostředí organismu, který se svými vlastnostmi zřetelně odlišuje od prostředí mimo organismus. Vnitřní prostředí je přesně řízeno, zatímco vnější svět organismus řídit nemůže. Vnitřní řízený stav se nazývá homeostáze (TAUTZ et HEILMANN, 2007). Důležité je pro vývoj a odolnost včelího hnízda vůči chorobám hygienické chování včel. To závisí na genetických faktorech (ROTHENBÜHLER, 1964; HEATH, 1982; BÜHLER, 1996; SPIVAK et REUTER, 1998; PALACIO et al., 2000; LAPIDGE et al., 2002; PANASIUK et al., 2008). Hygienické chování závisí také na několika povětrnostních podmínkách, které zajistí dobrý vývoj kolonie a zdroj dostatečného množství nektaru a medovice (THOMPSON, 1964; MOMOT et ROTHENBÜHLER, 1971; SPIVAK et al., 1995; SPIVAK et REUTER, 1998).

Optimální podmínky hygienického chování včel jsou zajištěny ve vrcholném období včelstva (začátek července) jednou matkou, 300–600 trubci, 50 000–60 000 dělnicemi, vajíčky a plodem, zásobami medu a pylu a včelího díla z vosku (plodové a medné plásky). Činnost včel (dělnic) je založena na dělbě práce, podmíněné chemickými látkami – feromony. Dělnice jsou nejpočetnějšími jedinci včelstva a určují jeho ráz (VESELÝ et al., 2013).

### 2.3.1 Charakteristika jednotlivých členů včelstva

#### Matka (královna)

Slovní označení matka, jednotné napříč slovanskými národy, je mnohem vhodnější, než západní označení královna (die Königin, the queen apod.). Matka totiž není ve skutečnosti panovnicí, ale především jedincem působícím na celistvost včelstva (PŘIDAL, 2013).

Matka se od dělnic a trubců vzhledově odlišuje velmi zřetelně. Je větší, ale není naopak celkově tak široká jako trubec. Její dlouhý, dozadu se zužující zadeček se podobá spíše vosímu. Ve srovnání s délkou těla má křídla relativně kratší než dělnice nebo trubec. Včelí matka je jedinou dokonalou samicí ve včelstvu, schopnou spáření. Vyvíjí se z oplozeného vajíčka (LAMPEITL, 1996).

Biologie včelí královny (matky) je poměrně dobře prozkoumána. Mnoho zajímavých aspektů životního cyklu včely medonosné, jsou ovlivněny feromony včelí královny, které produkuje. Životní cyklus (etapy) včelích dělnic, trubců a matky jsou identické, jak ve vajíčku, tak i v etapě mladých larev. Rozdíly jsou v krmení včelích larev dělnic, trubců a matky. Královny jsou výhradně krmeny mateří kašičkou a pracovníci (dělnice a trubci) jsou krmeni kombinací pylu a nektaru. Tento způsob výživy má vliv na hladinu juvenilního hormonu produkovaného třetí den po larválním vývoji. Výsledná kasta dospělého jedince včel je určena na základě hladiny hormonů. Obzvláště bohatá strava larev královen umožňuje velmi rychlý vývoj od vajíčka do dospělého jedince zhruba za 16 dnů, zatímco dělnice a trubci dospívají v dospělého jedince za 21 dnů. Královna se vyvine ve větší formu dospělého jedince než dělnice a trubci. Včelí matka má plně vyvinuté pohlavní orgány, na rozdíl od dělnic jí však chybějí voskotvorné a hltanové žlázy a na nohách nemá řádné „pracovní nástroje“. Sosák je velmi krátký. V normálním včelstvu je jen jedna matka. Jen výjimečně při tiché výměně mohou být po určité době vedle sebe dvě matky - stará a mladá (TARPY et PETTIS, 2013).

Jediným aktivním úkolem matky ve včelstvu je kladení vajíček. Výkon v kladení je však úctyhodný. V době vrcholného rozvoje včelstva je matka schopna položit za den až 1 500 vajíček, což představuje téměř váhu celého jejího těla. Pro tento výkon v produkci bílkovin nelze najít u obratlovců období (MOORE et al., 2015).

## **Trubci**

Trubci jsou včelí samci. Trubci jsou těžší a zavalitější než královna a dělnice. Mají tupý zadeček a velké složené oči, které zaplňují horní část hlavy. Trubci nemají pylové vaky ani voskové žlázy, jejich jazyky jsou velmi krátké, a nemají žihadlo (STEWART et al., 2011).

Počet trubců ve včelstvu se pohybuje okolo několika stovek až po tisíc jedinců. Obvykle to bývá kolem 15 procent celé populace včelí kolonie (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

Ve včelstvech žijí jen v letních měsících, zpravidla od května do konce července. Rodí se partenogeneticky z neoplozených vajíček. Podle původu rozeznáváme trubce, kteří vznikli z neoplozených vajíček, nakladených do trubčích buněk normální, osemeněnou matkou. Dále to jsou trubci diploidní, kteří se mohou za zvláštních okolností líhnout z oplozených vajíček, nakladených řádně osemeněnými matkami do dělničích buněk. Diploidní se nevylíhnou, protože včely dělnice kanibalisticky požírají larvičky a nepřipustí jejich vylíhnutí. Nakonec jsou to trubci vzniklí neoplozených vajíček, nakladených trubcokladnou matkou. Tato matka buď nebyla osemeněna, nebo se jí už vyčerpaly spermie ze semenného vaku. Klade neoplozená vajíčka i do dělničích buněk (VESELÝ et al., 2013).

Osmý den od vylíhnutí již trubci vylétávají i na snubní lety. Vylétují zpravidla 3–5krát za den. Do úlu se vrací pro nutnou energetickou potravu pro let, kterým je med uložený ve včelích plástvech (VESELÝ et al., 2013). Trubci konzumují pyl pouze během prvních několika dní, než jsou plně schopni se živit sami medem (SZOLDERITS et CRAILSHEIM, 1993).

## **Dělnice**

Nejpočetnějšími členy včelstva jsou dělnice. Určují ráz včelstva, protože včelstvo je existencí závislé na jejich činnosti. Vznikají z oplozených vajíček stejně jako matky, ale kvalita potravy v prvních dnech jim určuje, že se z nich stanou samičky s nedokonale vyvinutými vaječníky. Která složka potravy je pro vývoj matek nebo dělnic, se nepodařilo zatím zjistit (VESELÝ et al., 2013).

Dělnice jsou dokonale přizpůsobeny pracovním úkolům ve včelstvu. Na nohách třetího páru mají zařízení ke sběru pylu a přenášení voskových šupinek, na druhém páru nohou mají trny k uvolňování pylových rousků. Mají dlouhé lízací ústní ústrojí (průměrně 6,4 mm), přizpůsobené k lízání nektaru, medovice a vody. Na břišních

šupinách mají vyvinuty čtyři páry voskotvorných žláz, kterými produkují vosk na stavbu včelího díla. V hlavě mají umístěny hltanové žlázy, kterými produkují sekret nazvaný mateří kašička, která je výhradní potravou matečních larev a matek v době kladení. Včely dělnice donášejí do úlu veškerou potravu, vodu, pyl, nektar, medovici a pomocí enzymů je přetvářejí v med, krmí plod, ošetřují včelí matku, stavějí plásty, udržují čistotu v úle a vytmelují škvíry, stěny úlu, rámký i povrch plástů (DRAŠAR et al., 1987).

Včelí dělnice procházejí vývojem, který není náhodný, ale následuje dle fyziologického stavu jejich tělesného vývoje, kdy prvním obdobím je čistička (1. - 3. den), pak krmička (4. – 6. den), poté kojička (7. - 10. den), z ní stavitelka (11. - 18. den), z části stavitelek se stanou strážkyně úlu (19. - 21. den), a poslední rolí je létavka (22. - 30. den). Funkce se však mohou prolínat a přizpůsobovat vnějším okolnostem (VESELÝ et al., 2013; SPÜRGIN, 2013). Takové alternativní formy, lišící se chováním v rámci jednoho druhu označujeme jako věkový polyethismus (ŽDÁREK, 1997).

Včely se dožívají různého věku. Matka žije 3 - 4 roky, trubec až 6 týdnů. Dělnice se dožívají na jaře a v létě, kdy je včelstvo v plné činnosti, 6 - 8 týdnů, v zimním období, kdy je ve včelstvu převaha dlouhověkých včel, žijí dělnice 7 - 9 měsíců. Anatomicky a fyziologicky připravené dlouhověké včely pomáhají překonat dlouhé a nepříznivé období chladu. Podstata dlouhověkosti včelích dělnic není dosud dokonale prozkoumána (VESELÝ et al., 2013).

### **2.3.2 Rozmnožování a vývoj plodu včely medonosné (*Apis mellifera*)**

Včela medonosná, všechny ostatní včely, vosy, mravenci a několik druhů hmyzu se vyznačují haplodiploidní determinací. To znamená, že u samčího pohlaví ♂ je celkový počet chromozomů 16 (haploid), samičí jedinci ♀ jsou diploidní a mají celkový počet chromozomů 32. Tento mechanismus prokázali Mackensen a zejména Woyke v padesátých a šedesátých letech 20. století (STEWART et al., 2011).

V roce 1964 anglický evoluční biolog William D. Hamilton navrhl haplodiploidní sex systém pro přenos genetické informace u včel tzv. „teorii příbuzenského výběru“. Dělnice dědí 100 procent otcových genů (všech 16 chromozomů), ale zdědí jen 50 procent genů matky (16 chromozomů z možných 32 chromozomů); (STEWART et al., 2011).



Na základě této determinace matka klade dva druhy vajíček – oplozená a neoplozená. Z oplozených vajíček se líhnou dělnice nebo matky, z neoplozených vajíček se pak partenogeneticky, tj. bez oplození líhnou, trubci. Kladení oplozených vajíček je podmíněno spářením matky. Mladé matky dosahují říjnosti průměrně asi 6. den po vylíhnutí, kdy vyletují na snubní lety. Po spáření začnou klást vajíčka a více se již nepáří (VESELÝ et al., 2013).

Není dosud plně objasněna otázka střídavého kladení oplozených a neoplozených vajíček. Starší teorie předpokládají, že matka dovede regulovat výstřik spermií a může nechat projít vajíčka bez spermií. Pravděpodobnější se však zdá teorie, která tvrdí, že matka, pokud má zásobu spermií v semenném váčku, přepouští spermie na všechna vajíčka. O tom, zda spermie splynou s jádrem vajíčka nebo ne, tedy zda budou oplozeny nebo zůstanou neplozena, rozhodnou dělnice (SAMMATARO et AVITABILE, 2011; VESELÝ et al., 2013).

Vlastní páření matky probíhá za letu ve vzduchu ve výši 10 až 30 m nad zemí. Trubci jsou k matce vábeni především pachem mateří látky, vylučované kusadlovými žlázami matky. Během jediného výletu se matka spáří se 6 až 10, někdy i s více trubci. Část matek se však páří na více (2 až 3) snubních letech, které následují v jednotlivých po sobě jdoucích dnech. Jeden výlet trvá 10 až 20 minut, přičemž vlastní spáření jednoho trubce trvá necelou vteřinu (VESELÝ et al., 2013). Vzhledem k tomu, že matka se při snubním proletu páří s 8–10 trubci, mají v naší hustě zavčelené krajině (Česká republika 6 včelstev/km<sup>2</sup>, např. Německo 2,5 včelstva/km<sup>2</sup>, USA jen 0,25 včelstva/km<sup>2</sup>), velký vliv na vlastnosti potomstva matek trubci včelstev z širokého okolí. S touto skutečností musí chovatelé matek v našich podmínkách počítat a rozhodnout se, zda si zajistit kontrolu páření matek inseminací, či si vytvořit tzv. chovatelský okrsek kolem svého oplozovacího stanoviště (CIMALA, 2012).

Vyhledávání pohlavních partnerů k páření usnadňuje skutečnost, že k páření dochází jen za určitých, přesně vymezených podmínek, v denní době nejvíce od 13 do 16 hodin a jen za pěkného počasí s teplotou nad 20 stupňů a nad určitými místy v přírodě, která nazýváme trubčími shromaždišti. Tato shromaždiště jsou stálá, tzn., že v jednotlivých letech se jejich poloha nemění. Na trubčí shromaždiště vyletují trubci ze včelstev ze širokého okolí.

Říjnou matku na trubčím shromaždišti pronásleduje vždy početná skupina trubců. Matka letí vodorovně s otevřenou žihadlovou komorou a trubec jí napadne odspodu a zezadu. Otevřená žihadlová komora je posledním popudem k vymrštění (eversi)

pohlavního orgánu trubce z jeho těla. Současně s eversí dochází k zasunutí pohlavního orgánu trubce (penisu) do žihadlové komory matky a k pevnému spojení kopulujícího páru. Po spojení dále stoupá tlak v penisu trubce. Dochází k ejakulaci spermatu i hlenu. Po prasknutí jemné blány penisu, dojde k oddělení matky od trubce. Do vejcovodů matky se dostává sperma, hlen zůstává v žihadlové komoře a na penisu trubce. Matka letí dále s dalším trubcem. Trubec přepadává mrtev dozadu a padá k zemi.

K usmrcení trubce dochází již při eversí penisu, nikoli až poraněním trubce po spáření, jak se dříve předpokládalo. Z kopulačního orgánu trubce nezůstane v žihadlové komoře matky nic, anebo jen nepatrné chitinové zpevnění, nazývané pro svůj tvar cibulka (část hlenu). To však nebrání spáření s dalším trubcem, na jehož penis se obvykle cibulka přilepí. Po spáření s posledním trubcem se matka vrací do svého úlu. Její vejcovody, pochva i žihadlová komora jsou plné spermatu a zbytků hlenu. Přebytek spermatu ihned vytéká z vejcovodů a spolu se zbytky hlenu zasychá a tvoří na konci zadečku matky tzv. oplozovací znaménko.

Úplné odstranění přebytku spermatu z vejcovodů však trvá 12 až 24 hodin a někdy i déle (DRAŠAR et al., 1987). Několikanásobné páření matky s trubci poskytuje dostatek spermií (asi 80 až 90 milionů spermií v semenném váčku trubce). V bočních vejcovodech matky a spermatéce zůstává až 5 – 7 milionů spermií pro oplodnění vajíček v průběhu celého života matky (ROBERTS et MACKENSEN 1951; WOYKE 1962; COBEY, 2007). Včelstva se mohou také rozmnožovat vytvářením dceřiných kolonií. Z hmyzu se tímto způsobem rozmnožují ještě bezžihadlové včely, které v tropech hrají roli včel medonosných, a někteří mravenci dělíci svá hnízda.

Stará matka zpravidla opouští hnízdo s asi 70 procenty dělnic v takzvaném prvoroji. Vytvořené dceřiné kolonie však nejsou genetické kopie původních včelstev. Každé nové včelstvo má své vlastní genetické složení. I kdyby matky byly identickými dvojčaty, nemohou vytvořit geneticky stejné kolonie, protože otcové nemohou být nikdy stejní, což je důsledkem sebevražedného chování samečků při páření (TAUTZ et HEILMANN, 2007).

### **Cyklus vývoje plodu**

Včelstva procházejí v každé generaci životním cyklem, který je tvořen čtyřmi fázemi. Cyklus začíná jednobuněčným stadiem, zpravidla oplodněnou vaječnou buňkou (obrázek. 2). Druhým obdobím je stadium růstu a vývoje, třetí období začíná

vstupem do pohlavní zralosti. Poslední čtvrtá fáze-období rozmnožování-se většinou kryje s třetím obdobím, s pohlavní zralostí. Všechny čtyři úseky vytvářejí délku jedné generace (TAUTZ et HEILMANN, 2007).

Na obrázku 2 lze vidět cyklus vývoje včelího vajíčka. 1. den matka naklade vajíčko do buňky včelího plástu (díla), 3. až 4. den vajíčko se mění v larvu, dělnice začínají larvu krmit, 8. až 9. den dělnice buňku s larvou zavíčkují voskem a larva se uvnitř buňky transformuje v kuklu, 16/21/24. den líhne se matka/dělnice/trubec. Včela medonosná se vyvíjí proměnou dokonalou-holometabolí (STEWART et al., 2011).

### **Obrázek 2: Vývoj včely od vajíčka po zavíčkovanou larvu**



(STEWART et al., 2011)

Úžasný a zcela ojedinělý v živočišné říši je rychlý růst včelí larvy. Za dobu pěti dnů zvýší larva dělnice svou hmotnost 1 500krát, larva matky 2 200krát a larva trubce dokonce až 2 500 krát. Za tak rychlý vývoj vděčí larva biologicky velmi hodnotné potravě, jakou představuje krmná kašička. V prvních dnech je larva krmena výměškem žláz dělnic, po 48 hodinách se v potravě larev objevuje příměs pylu a medu. Larva matky je krmena po celou dobu hodnotným výměškem žláz. Rozhodujícím činitelem vývoje je výživa a teplota (VESELÝ et al., 2013).

### 2.3.3 Plemenný chov včel

Je-li včelařství „poesí zemědělství“, je plemenný chov včel „poesí včelařství“, vrcholem včelařské dokonalosti. Plemenný chov vznikl ve Švýcarsku činností dr. Kramera, rozšířil se zde velmi rychle a také se zdokonaloval. V Českých zemích v roce 1909 vznikly první včelařské plemenné a oplozovací stanice. Do Českých zemí byla přivážena zpočátku plemena (rasy) včel nevhodných pro šlechtění původní včely tmavé (*Apis mellifera mellifera*), byla to především včela italská (*Apis mellifera ligustica*). Včela italská pochází z odlišných klimatických poměrů, to mělo za následek v klimatických podmínkách území současné České republiky vysokou neplodnost a také malou výnosnost medu (VOHNOUT et al., 1925).

Původní včela na území dnešních Čech a převážné části Moravy patřila k plemenu včely tmavé (*Apis mellifera mellifera*), na území dnešního Slovenska a části jihovýchodní Moravy k plemeni včely kráňské (*Apis mellifera carnica*). V druhé polovině 19. století proběhla vlna nekontrolovaného křížení (bastardizace). Vliv včely kráňské, která byla na první pohled zevnějškem shodná s domácí včelou tmavou, zůstal a pozdějším výběrem dokonce sílil.

Prokázalo se, že výběrem a vhodným ošetřováním se rojivost původních kraněk omezila a navíc kraněk lépe vyhovovala změněným snůškovým podmínkám. Současná místní včela patří v celé České republice k plemenu včely kráňské a uvnitř tohoto plemene se uplatňuje program meziliniového křížení.

Chovatelským cílem plemenitby je na prvním místě dosahování vysokých a vyrovnaných medných výnosů, se schopností dokonale využívat jak nektarovou, tak i medovicovou snůšku. S ohledem na vývoj naší včely a na skutečnost, že u nás je celý chov postavený jen na jednom plemeni – včele kráňské, je velmi důležité nedopustit živelné importy včelstev a včelích matek jiných plemen, což by vedlo k nežádoucímu křížení – bastardizaci (VESELÝ et al., 2013).

V Severní Americe jsou chována plemena včely medonosné kráňské (*Apis mellifera carnica*), včely kavkazské (*Apis mellifera caucasian*) a široce rozšířené včely medonosné italské (*Apis mellifera ligustica*). V roce 1950 byly importovány africké včely plemena (*Apis mellifera scutellata*) do Brazílie. Cílem bylo vyšlechtit hybrida včely africké a včely evropské konkrétně včely italské. Hybrid měl zvýšit v tropických oblastech Jižní Ameriky produkci medu a také se měl lépe přizpůsobit tropickému podnebí. Včely unikly z laboratoře a samy se v přírodě

zkřížily s evropskými včelami a vytvořily nového křížence, který byl velice agresivní, ale v produkci medu výkonný. Bohužel pro svoji agresivitu žije kočovným životem a nedá se chovat v úlech, jako jejich příbuzní z Evropy.

Proto jsou země nejvíce postižené těmito včelami postaveny před paradox - nemohou si dovolit ztratit zabijácký hmyz. Jeho ekologická funkce je obrovská: z 80 procent přispívá k opylení kulturních plodin a produkuje vydatné množství medu. V USA se přínos včel odhaduje na více jak 6 milionů dolarů ročně (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **Hybridní a selektivní linie včel**

Křížením místních plemen včel vzniklo několik linií hybridních včel. Například linie hybridů Starline (kombinace několika italských populací), kříženci kavkazských a kráňských plemen včel a také Buckfastský hybrid. Mnozí chovatelé královen (matek) prováděli křížení plemen včel tak, aby vyhověly požadavkům zákazníků z hlediska vlastností včel (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **Buckfast Hybrid**

Buckfast Hybrid je produktem bratří Adamů (1898–1996) z Buckfastského opatství ve Spojeném království. Vznikl překřížením včely anatolské, italské a kráňské, při hledání optimálního plemene, které by bylo tolerantní k tracheálním roztočům, bylo mírné při manipulaci se včelami, a také produktivní. Výsledkem byl hybrid, který má vysoké čistící instinkty, je odolný vůči chorobám a má dobré přezimovací schopnosti. V současnosti je obtížné vyhledat tohoto hybrida v původním genetickém základu. Buckfastský hybrid je již často překřížen s dalšími místními plemeny včely medonosné (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **Starline Hybrid**

Starline hybrid byl kombinací několika italských populací. Tyto včely byly známy pro jejich mírné chování a schopností matek vyprodukovat velké množství plodu dělnic, které mohly poskytnout velkou pracovní sílu a tím využít mnoho zdrojů nektaru. Tato linie včel byla ideální pro komerční včelaře, kteří potřebovali velké množství opylených rostlin. Tento hybrid včel není již odchováván (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **Cordovan line**

Cordovanská linie byla vyvinuta Dr. Budem Calem a měla sloužit jako genetický marker v jeho šlechtitelském chovu Starline hybridů. Cordovanská linie byla vyšlechtěna na barvu, aby byla snadno identifikovatelná. Tato linie včel byla použita ke sledování chování a příbuzenských vztahů ve výzkumných účelech. Cordovanská linie vznikla překřížením včel kráňských, italských a kavkazských. Pro svou barvu byla nazývána nachovou včelou Cordovanskou. Pro jejich mírnou povahu a hezkou barvu byly včely chovány v pozorovacích úlech. V současné době je několik linií této včely chováno pro rezistenci vůči včelím onemocněním (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **Russian bees**

Ruská včela je příkladem výběru linie jako Varroa-tolerantní linie ze severovýchodního Ruska. Dr. Tomem Rindererem byla v roce 1995 dovezena a izolována na ostrově Luisiana. Toto plemeno je chováno několika chovateli (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

Noví hybridní a kříženci včel jsou šlechtěni v programu Varroa Sensitive Hygiene (VSH). Cílem programu VSH je vyšlechtit ve výzkumných laboratořích po celém světě hygienické linie včel, které budou čistit nemocný plod napadený varoázou. Hygienické včely byly původně uznány a vyvinuty Dr. Walterem Rothenbühlerem (1920 – 2002) z Ohio State University za účelem odstranění napadeného včelího plodu včelím morem. Nyní jsou tyto linie zkoušeny a šlechtěny Dr. Johnem Harbem, Jeffem Harrisem a Marlou Spivakem v programu VSH (SAMMATARO et AVITABILE, 2011).

### **2.3.4 Selektce a plemenitba včely medonosné v České republice**

Populace včely medonosné byly ovlivněny lidskou činností. V mnoha částech Evropy zanikly místní populace včely medonosné i jejich ekotypy. Do severní a střední Evropy byly dováženy nepůvodní plemena z důvodu zvýšení produkce a zmírnění nežádoucích vlastností původních místních plemen včely medonosné (LODESANI et COSTA, 2016).

V evropských zemích, zejména ve střední Evropě, se uplatňuje kombinované pojetí chovu včel, které zahrnuje několik úkolů. Těmito úkoly zajištění opylování a produkce včelích produktů. Chov včel se provozuje v zájmovém i profesionálním pojetí, na stabilních i pohyblivých stanovištích, převážně ve vysoce hustě zalidněné krajině. Veškeré aktivity při chovu včel zároveň musejí akceptovat požadavky na zachování genetických rezerv druhu včely medonosné a ochranu i kultivaci životního prostředí. Včela medonosná kraňská zaujímá v řadě evropských zemí významný podíl populace druhu, ale je ohrožena ztrátami v důsledku nemocí a hybridizací s jinými plemeny. Vlastnostmi a výběrovou základnou vyhovuje kraňské plemeno užitkovým i doprovodným požadavkům. Zvláštní důraz odborné i laické veřejnosti je kladen na mírnost včel, u kraňského plemene je to splnitelný požadavek (LODESANI et COSTA, 2016).

### **Šlechtitelský program a práce v chovu včel v České republice**

Český svaz včelařů, o.s. (dále ČSV) je uznaným chovatelským sdružením včely medonosné kraňské ve smyslu plemenářského zákona. ČSV vydává chovatelský řád, jmenuje chovatelskou komisi a plemenářského zootechnika.

Včela medonosná kraňská se v podmínkách ČR plně osvědčila pro svoje vlastnosti. Plemeno bude proto nadále šlechtěno na kombinaci užitkových vlastností s výrazným zaměřením na mírnost a odolnost proti nemocem (MANDÍK et PELEŠKA, 2011).

Šlechtitelský program vychází z reálného stavu včelstev v České republice v rozmezí 450 až 650 tisíc včelstev. Roční užitkovost lze odhadnout na cca 10 – 40 kg medu z jednoho včelstva podle snůškových podmínek roku a stanoviště. Průměrná užitkovost je vyšší zejména v chovech pohyblivých. Užitkovost snižují nemoci, chovatelské chyby a využívání včelích matek nejasného původu. V kontrole užitkovosti s centrální evidencí je zapojeno 87 aktivních oblastních a rozmnožovacích chovů, což představuje asi 6 200 včelstev. V kontrole užitkovosti doporučené (bez centrální evidence) je asi 40 000 včelstev u chovatelů, kteří odebírají šlechtěný materiál od oblastních a rozmnožovacích chovů (MANDÍK et PELEŠKA, 2011).

Šlechtitelského programu se mohou účastnit registrované, rozmnožovací a oblastní chovy včelích matek, pokud splňují podmínky chovatelského řádu, vedou

evidenci podle metodik příručky plemenářské práce a splňují podmínky k prodeji včelích matek podle platných veterinárních předpisů (MANDÍK et PELEŠKA, 2011).

### **Plemenářský program v České republice**

Jak již bylo zmíněno, v České republice se uplatňuje dlouhodobý program meziliniového křížení pouze uvnitř plemene včely kraňské. Plemeno včely medonosné kraňské je chráněno zákonem č. 154/2000 Sb., o šlechtění, plemenitbě a evidenci hospodářských zvířat (ŠVANTNER, 2015).

Na základě projektu č. TA04020317 – Mapování populace včely medonosné v České republice, bylo zjištěno z výsledků databáze morfometrické analýzy žilnatiny křídel populace včel v České republice, ve které převažuje plemenná příslušnost ke včele medonosné kraňské. Na obrázku 3 je intenzitou zbarvení znázorněna průměrná „čistota“ chované kraňky v kraji (nejsvětlejší žlutá 70-75 %, střední 75-80 %, tmavší žlutá 80-85 %). Ve zbylých procentech jsou nacházeny morfologické rysy včely buckfastské (KAŠPAR et al., 2017).

V České republice se pohybuje zastoupení včely buckfastské v závislosti na krajích od 5 do 18 % (KAŠPAR et al., 2017). Včela medonosná kraňská byla v roce 2003 zařazena do Národního programu ochrany užití a konzervace genetických zdrojů (ŠVANTNER, 2015). Linie se vytvářejí z vynikajících matek – zakladatelek, vybraných v rozsáhlé síti oblastních, uznaných a rozmnožovacích chovů a prověřených krátkodobou příbuzenskou plemenitbou. Produktem programu jsou dvoulinioví a třílinioví kříženci. Jejich tvorba je schematicky znázorněna na obrázku 4 (KAŠPAR et al., 2017).

### **Obrázek 3: Zastoupení včely kraňské v populaci včel (70-85 %)**

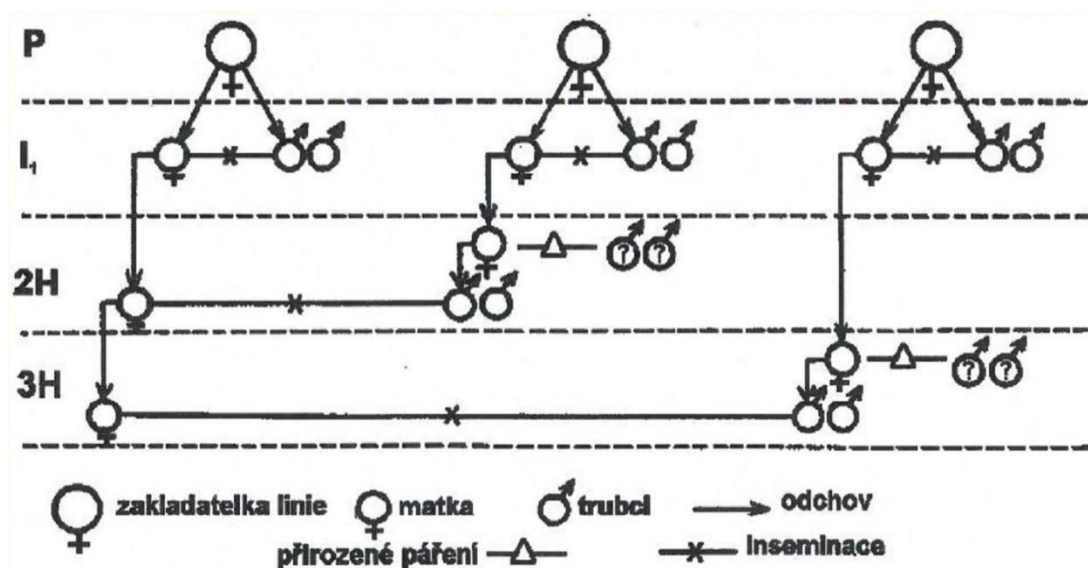




(KAŠPAR et al., 2017)

**Obrázek 4: Schéma tvorby dvouliniových a víceliniových hybridů.**

**P** – parentální generace, **I<sub>1</sub>** – inbrední generace, **2H** – hybridní generace ze dvoulinií, **3H** – hybridní generace ze tří linií.



(VESELÝ et al., 2013)

Od vynikajících matek navržených za zakladatelky linií (parentální generace P) se odchovávají neoplozené matky-dcery, které se osemení trubci téže matky. Tak vzniká inbrední generace bratr x sestra (I<sub>1</sub>). Pokud se projeví některá nepříznivá vlastnost, linie se vyřadí. V opačném případě se z nejlepších inbredních matek odchovávají matky-dcery, které tvoří základ hybridní kombinace dvou linií (2H). U linie vybrané jako trubčí, tj. pro odběr trubců, se vřazuje ještě mezigerace matek-dcer, které se mohou libovolně přirozeně spářit a od nichž teprve odebíráme trubce k produkci spermatu. Stejným způsobem se pokračuje při tvorbě tříliniových hybridů

(3H) i víceliniových hybridů. Podmínkou pro výběr kombinací je ovšem vzájemná nepřibuznost linií. Základem jakékoli plemenářské práce je důkladné poznání materiálu, se kterým pracujeme. Užité i doprovodné vlastnosti v jejich fenotypovém projevu posuzujeme podle výsledku užitečnosti (VESELÝ et al., 2013).

### **Dědivost užitečných vlastností – Heritabilita**

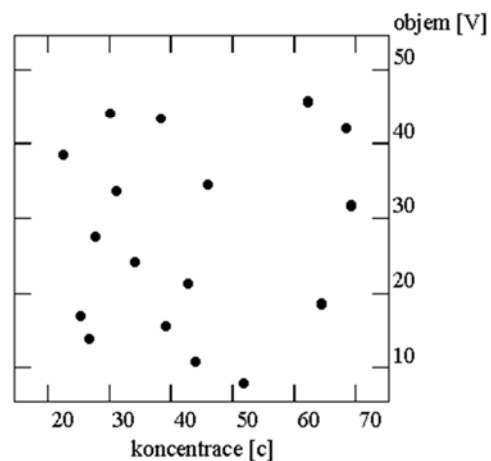
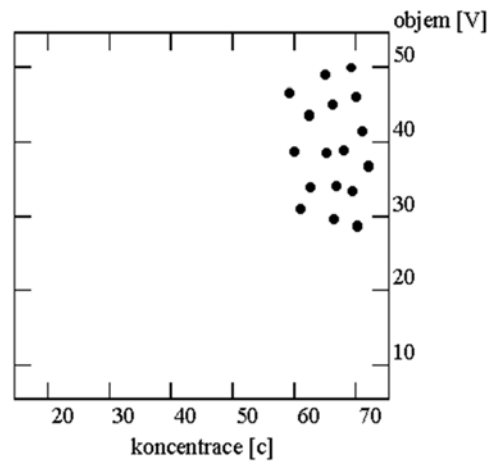
Důležitým pojmem genetiky kvantitativních znaků je heritabilita, neboli dědivost určitého znaku, anebo vlastnosti. Koeficient heritability udává, jakou mírou se podílí na fenotypovém projevu genotyp a jakou mírou prostředí (ČAVOJSKÝ et al., 1981). Teoretické hranice dědivosti jsou 0 až 1; číselné vyjádření dědivosti v tomto rozmezí se nazývá koeficientem dědivosti (heritability). Ve včelařství je nejdůležitější koeficient dědivosti výnosu medu (VESELÝ et al., 2013). Produkce medu je komplikovaným znakem nejen z hlediska vlivu mnoha faktorů prostředí působících proměnlivou intenzitou, ale i z hlediska účasti jednotlivých vlastností včel a včelstva na realizaci medné užitečnosti. Nejvýznamnější složkou z hlediska kvantity produkce medu je početnost, tedy síla včelstva (PŘIDAL, 2017).

Ve skupině včelstev složené z různých linií selektovaných a neselektovaných na mednou produkci byl opakovaně výrazný rozdíl v rychlosti a vůbec efektivní schopnosti orientovat se na snůšku, a to zejména na snůšku medovicovou. Existují včelstva, která se pro přisunu na kočovné stanoviště plně orientují na medovicovou snůšku nejpozději na druhý den, ale některým včelstvům to trvá ještě i třetí den (PŘIDAL, 2017).

Velmi výrazné rozdíly existují mezi schopnostmi včel pocházejících od matek selektovaných a neselektovaných na produkci medu. Včely od matek selektovaných přinášejí do úlu výrazně kvalitnější sladinu (větší množství při vyšší koncentraci) než dělnice od včelstev neselektovaných. Od každé linie byl odebrán nektar z medného volátka 17 právě přilétajících létavek. Bylo změřeno jeho množství a koncentrace cukrů. Výsledky jsou znázorněny na níže uvedeném obrázku 5, (ČERMÁK, 1989).

**Obrázek 5: Rozdíl v objemu a koncentraci sladiny přinášené do úlu létavkami včelstev linií selektovaných a neselektovaných na mednou produkci.**

Rozdíl v objemu a koncentraci sladiny přinášené do úlu létavkami včelstev linií selektovaných a neselektovaných na mednou produkci



(ČERMÁK, 1989)

U šlechtitelských programů chovu včel jsou obecně pozorovány rysy včelí kolonie. BIENEFELD et PIRCHNER (1990) dokázali, že medný výnos a behaviorální vlastnosti, jako je agresivita a klid, jsou ovlivněny jak genotypem včelích dělnic, tak i genotypem královny. Heritabilita má vliv na včelí dělnice poměrně vysokou, od 0,36 (chování) až po 0,70 pro výnos medu. Negativní genetické korelace snižují dědičnost pro výběr kritérií, které se pohybují v Rakousku v rozmezí 0,06 (chování), 0,27 pro výnos medu, 0,37 pro jemnost včel a 0,38 pro klidné chování včel. Tyto výsledky pocházejí z údajů o 14 948 včelích koloniích včely medonosné kraňské chovaných v Rakousku (BRASCAMP et al., 2016). Pro chovy v České republice byl stanoven koeficient dědivosti výnosu medu na hodnotu 0,18 – 0,25. To znamená, že fenotypová hodnota medného výnosu, jak ji u včelstev zjišťujeme, je jen z jedné pětiny až jedné čtvrtiny založena geneticky

a zbytek ovlivňuje prostředí, tj. snůška, počasí, způsob ošetřování, nemoci apod. (VESELÝ et al., 2013).

## **2.4 Včelí produkty a význam včel**

Přínos včelařství pro společnost můžeme rozdělit do dvou základních oblastí. Včela zajišťuje opylení polních plodin a volně rostoucích rostlin v přírodě. Ve středoevropských podmínkách je to 90 procent užitku včel a jen zbývajících 10 procent užitku je ve formě včelích produktů, které ale zajišťují ekonomiku chovu včel (KAMLER et al., 1999).

Na světě je opylováno asi 80 % všech kvetoucích rostlin hmyzem, z toho 85 % včelami medonosnými. U ovocných stromů asi 90 % květů navštěvují včely. Tato záplava květů je opylována právě jen devíti druhy včel, v Evropě a Africe pouze jedním jediným druhem, který je pro většinu kvetoucích rostlin neopomenutelným a tím je včela medonosná. Seznam kvetoucích rostlin opylovaných včelami zahrnuje asi 170 000 druhů.

U hospodářských plodin, jako je řepka ozimá, bob obecný, ovocné stromy a jeteloviny, se při dobrém opylení včelami zvyšují výnosy proti samosprášení o 30 - 50 %. Včely se však podílejí jak na udržení rovnováhy v přírodě, tak i na ochraně životního prostředí, a to opylováním planě rostoucích entomofilních rostlin. Včely medonosné jsou skutečně nevybíravé a univerzální, vypořádají se téměř se všemi typy květů, proto mají všechny květy stejnou šanci, že je včely vyhledají (VESELÝ et al., 2013).

### **2.4.1 Med**

Med slouží v tmavém včelím hnízdě jako zásobárna sluneční energie. Sluneční energii zachytávají rostliny a ukládají ji jako cukr. V podobě nektaru si ho berou včely a skladují v hnízdě chemicky vázanou sluneční energii v podobě medu (TAUTZ et HEILMANN, 2007). Včely dávají přednost nektaru s koncentrací cukru 30 – 50 % v experimentálních podmínkách (WALLER, 1972). V praxi, jak uvádí SEELEY (1986), včely vybírají nektary s koncentrací cukru od 15 do 65 %. HUNTH et al. (1995) naměřili podobný rozsah koncentrací. Závislost kondice včel na vnějších podmínkách je výrazně vyšší, než u zvířat chovaných např. ve stáji.

Pokud dojde k omezení přísunu hmoty a energie ve vegetačním období (březen až září), dochází k oslabení kondice včelstva z důvodu nedostatečného výrazného sezónního charakteru produkce a reprodukce včelstev, který je závislý především na klimatických a s tím i souvisejících fenologických změnách prostředí (PŘIDAL, 2009). Podle vyhlášky č. 43/2005 Sb., je med definován jako potravinu přírodního sacharidového charakteru, složená převážně z glukózy, fruktózy, organických kyselin, enzymů a pevných částic zachycených při sběru sladkých šťáv květů rostlin, výměšků hmyzu na povrchu rostlin, nebo na živých částech rostlin včelami, které sbírají, přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydrovat a zrát v plástech (MZE, 2005).

### **Proces vzniku medu**

Všechny včelí produkty vznikají především koordinovanou činností včelstva jako jednotného celku (obrázek 6). Vznik medu je velmi složitý proces, závislý na včelstvu jako celku - jedna včela nemůže z nasátého nektaru či medovice sama med vytvořit (SOCHOR, 2014).

**Obrázek 6: Létavka předává sladinu, která je úlovou včelou dále zpracovávána**



(SOCHOR, 2014)

Včely přinášejí sladké šťávy (nektar, medovice) v medném váčku do úlu. Při sbírání nektaru pro sebe spotřebuje jen velmi malou část z celého obsahu. Všechno

ostatní jde na výrobu medu. Přitom ale přinesený produkt není hned uložen do buněk. Včely předávající si nektar stojí hlavičkami k sobě a dotýkají se sosáčky, poté přebraný náklad předají dál (nabídnou jej ostatním), tím se produkt zahušťuje a s výměškem hltanových žláz se štěpí na jednoduché cukry. Po uložení do buněk se začne odpařovat voda, což se urychluje několikerým přenesením. Jestliže včely přinášejí velmi řídký nektar, můžeme často pozorovat, jak si v úlu předávají obsah medného váčku ve formě kapek, které ta v pozici přijímající odsává ze včely předávající. Tento proces se může opakovat několikrát a díky němu se v medu rozbíhá chemicko - fyzikální proces:

### **1. obohacení o látky pocházející z hltanových a zřejmě i pyskových žláz včel dělnic**

- a) enzymy - invertáza, diastáza a glukosidáza Med dále obsahuje fosfatázu a katalázu, které jsou původu rostlinného;
- b) aminokyseliny - největší obsah aminokyselin zaujímá prolin, který je téměř výhradně původu živočišného. Tato aminokyselina pravděpodobně hraje důležitou roli během spojení roztoků nektaru či medovice s roztokem enzymů;
- c) další látky ve stopovém množství - tuky, vitamíny skupiny B.

**2. chemické změny** - štěpení disacharidů a vyšších cukrů na monosacharidy a cukry nižší.

**3. fyzikální změny** - zahuštění.

Tento proces je nutný k vytvoření vysokého osmotického tlaku (fyziologického sucha) v medu tak, aby bylo zabráněno množení mikroorganismů - med je tak konzervován na neomezeně dlouhou dobu. K zahuštění dochází tak, že úlové včely hlavou směrem nahoru vyvrhují sladinu na sosák, který však zůstává složený v sosákové jámě. Mimo sosákovou jámu se vyklání jen distální část sosáku a mezi touto částí sosáku a jeho zbytkem zůstává kapka zachycena. Včela nejprve roztáhne kusadla a přední část sosáku se posune dopředu a dolů. Současně se objeví kapka nektaru před ústní krajinou. Postupným oddalováním přední části sosáku a jeho přitahováním zpět se objevuje stále více nektaru, který jako kapka nakonec

vyplní oblast mezi bází a koncem ústních ústrojí. Včela pak vtahuje celou kapku zpět do medného volátka (PŘIDAL, 2003).

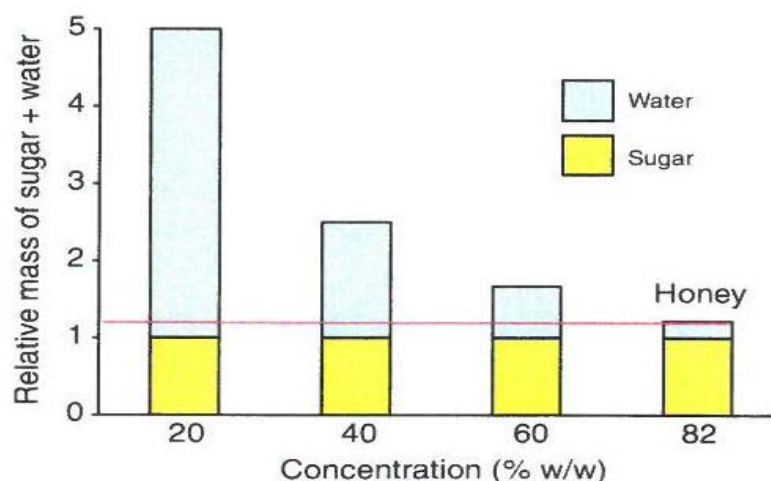
Během celé této akce pracuje i česlo, které pomocí chloupků na svých chloupních vychytává část pylových zrn ze sladiny a posouvá je do žaludku - počet pylových zrn se tímto sníží. Tuto činnost včela opakuje v průměru po 5 až 10 s až do zahuštění na 28 – 32 % vody (to trvá cca 20 minut). Při této koncentraci včela jen s obtížemi tekutinu protlačí jícnem, a proto ji ukládá do buňky, kde probíhá zahuštění pomocí odvětrávání celého úlu. Kapka částečně již zpracované sladiny je pak zavěšována na horní okraj stěny buňky. Při silném přívalu sladiny je tato sladina zavěšovaná ihned do buněk a teprve později zpracovávána. Teprve po patřičném zahuštění je med včelami znovu přemísťován, buňky jsou plněny až po okraj a zavíčkované voskovými víčky. Zralý med poznáme podle toho, že je včelami víčkován a při trhnutí plástem med nevystříkne (PŘIDAL, 2003).

Proces tvorby medu je velmi složitý, ale i přesto může včelstvo díky vysokému počtu dělnic nasbírat denně při běžné snůšce 1 - 2 kg nektaru či medovice, při vysoké snůšce až 10 kg a jsou schopné je urychleně zpracovat na med. Za sezónu při téměř stálé snůšce lze získat ve světě až 200 kg medu, u nás se maximální výnosy pohybují kolem 100 kg (PŘIDAL, 2005).

### **Obsah vody v medu**

Stanovení vody v medu patří k významným vyšetřením, protože výše její hladiny (aktivita vody, označovaná v potravinách a surovinách jako  $a_w$ ) nepřímo udává koncentraci přítomných cukrů. Průměrné množství vody je udáváno 17,6 % s rozsahem 13,4 % - 22,9 %. Obsah vody signalizuje, zda jsou v něm vytvořeny příznivé či nepříznivé podmínky pro případně přítomné mikroorganismy, které mohou způsobit jeho destrukci (VOŘECHOVSKÁ et TITĚRA, 2011). Med je díky vysoké koncentraci několika cukrů silně hygroskopický, tzn., že je schopen přijímat vlhkost z prostředí. Množství vody, které musí být odpařeno, ze zředěného nektaru je vysoké (Graf 1). Za účelem zvýšení koncentrace cukru z 20 % na 82 %, musí včely odpařit 0,75 g vody na každý 1 g nektaru (NICOLSON et HUMAN, 2008).

**Graf 1: Relativní množství cukru a vody v nektarech a v medu**



(NICOLSON et HUMAN, 2008)

## 2.4.2 Včelí vosk

Včelí vosk se tvoří ve voskotvorné žláze včely. Jejím vnějším zakončením jsou vosková zrcátka, která jsou párově umístěna na 3., 4., 5. a 6. zadečkovém článku včelích dělnic, trubci ani matky voskotvorné žlázy nemají. Vlastní tvorba vosku má svůj počátek v tukových tělískách včely. V nich vznikají zásobní tukové látky a také se v nich ukládají. Produkty metabolismu buněk oenocytů, které se vyskytují v tukových tělískách a v hemolymfě, jsou přímo převáděny do voskotvorných žláz, odkud jsou četnými kanálky vytlačovány na povrchová zakončení, tzv. vosková zrcátka. Vzniklé voskové šupiny jsou ploché oválky asi 1 mm velké a váží okolo 0,8 mg. Na 1 kg vosku je jich zapotřebí 1,25 milionu (TITĚRA, 2013).

Chemickým rozbořením včelího vosku je možné zjistit jeho složení – tvoří ho přes 300 různých chemických sloučenin. Zahřáté vosky vykazují amorfní vzhled. Přejít od krystalických a pseudokrystalických struktur k amorfní formě nastává se stoupající teplotou nikoli pozvolna, ale ve dvou skocích, a to přibližně při 25 °C a při 40 °C, při tzv. zlomových teplotách (TAUTZ et HEILMANN, 2007). Fyzikální vlastnost vosku je silně závislá na jeho chemickém složení. Žlutý včelí vosk má bod tání mezi 62–65 °C, u běleného vosku se pohybuje v širším rozmezí od 60 do 70 °C. Bod tuhnutí včelího vosku bývá o 1–3 °C nižší než bod tání, tj. v rozmezí 60 – 63 °C (TITĚRA, 2013).

Voskové pláсты mají naprosto unikátní fyzikální vlastnosti, které nelze uměle navodit. Ve včelstvu mají význam i při komunikaci včel, neboť při ní mají důležitou



roli mimo jiné i vibrace, vůně, elektrostatické náboje, přenos, resp. izolace tepla a tepelná roztažnost vosku. Včelímu vosku se proto nemohou umělé plásty vyrovnat (TITĚRA, 2013).

Tvorbu vosku významně ovlivňuje dobrý stav medných i pylových zásob, vhodné stavební prostory v úlu a přítomnost dobré matky. Včelař může vhodným způsobem stavbu plástů v úle podnítit nebo utlumit (VESELÝ et al., 2013).

### 2.4.3 Pyl

Pyl řadíme mezi včelí produkty, ale vlastně jde o produkt kvetoucích rostlin. Pylová zrna jsou pohlavní buňky (gamety) kvetoucích rostlin (gametofytů); (TITĚRA, 2013). Pylová zrna jsou samčí pohlavní buňky vyšších rostlin, které včely donášejí jako svou základní potravu v rouskách na zadním páru nohou. Včely rouskují pyl z jednoho druhu rostliny, a proto můžeme podle barvy rousku pyl druhově třídit. Tvar a barva pylu jsou pro každý druh rostliny charakteristické. Aby rouskový pyl neklíčil, přidávají včely k pylu látku zabraňující její klíčení. Pokusy ukázaly, že kyselina 10-hydroxy-2-decenová působí jako inhibitor klíčení pylu, protože má vliv na jeho dýchání (VESELÝ et al., 2013).

Hlavními biologickými složkami pylu jsou deriváty fenolových kyselin a polyfenolických sloučenin, většinou flavonoidních glykosidů. Flavonoidy jsou takzvané sekundární rostlinné látky, které mají různě důležité fyziologické a farmakologické účinky. Mohou fungovat jako antioxidanty anti-karcinogeny, a také mohou mít protizánětlivé účinky. Tyto látky mohou mít také nepřímý vliv na aktivaci endogenního obranného systému (HAN et al., 2007).

Pyl je pro včelu ještě atraktivnější odměnou než nektar. Na dostatku pylu totiž závisí i prioritní úkol včelstva – výchova další generace a tím zachování druhu. Aby včely jednoho včelstva během jedné sezóny nasbíraly potřebné množství pylu pro svoji výživu, musí sebrat asi 6 milionů rousků a k tomu navštívit asi 250 milionů květů. Jeden rousek pylu střední velikosti váží 4 – 10 mg a obsahuje 100 tisíc až 1 milion pylových zrn. Včela tedy musí navštívit asi 80 květů, než vytvoří jeden pár rousků. Významným zdrojem pylu rostlin pro včely se mohou stát zemědělské agrosystémy a mohou významně ovlivňovat vývoj včelí kolonie (TITĚRA, 2013).

ODOUX et al. (2012) provedli studii využití květů rostlin včelami v zemědělské krajině. Palynologická analýza ukázala, že kukuřice a plevelné rostliny v zemědělství

jsou významným zdrojem pylu pro výživu včel v období nedostatku jiných zdrojů. Zkoumaná stanoviště včelstev vykazovala využití pylu 62 % ze zemědělských plodin, 32 % ze dřevin, jen 4 % z luk a pastvin. Zahrady domů se podíleli na množství pylu sbíraným včelami pouze 2 %.

#### 2.4.4 Mateří kašička

Mateří kašička je ve včelstvu velmi důležitou formou bílkovinné potravy. Hltanové žlázy včelích dělnic produkují krmnou šťávu (mateří kašička). Dostává ji matka během larválního vývoje i po vylíhnutí. Larvy dělnic jsou touto šťávou krmeny pouze do třetího dne, a proto se pohlavně zcela nevyvinou. Tento jev odedávna zvyšoval zájem o mateří kašičku a její využití ve výživě a v lékařství (VESELÝ et al., 2013).

Mateří kašička je jako potrava tak vyvážená a bezezbytková, že se v prvních dnech vývoje larva nepotřebuje zbavovat výkalů, jen roste a roste. Mateří kašička vyprodukovaná pro krmení matky, trubčího nebo dělničího plodu vždy obsahuje všechny hlavní komponenty (bílkoviny, tuky a cukry), kašička pro matku však kromě toho obsahuje o něco víc volných aminokyselin, nukleotidů (složky nukleových kyselin přenášejících dědičnou informaci) a vitamínů než kašička pro dělnice a pro trubce. Liší se i skladba mastných kyselin a obsah juvenilního hormonu (TITĚRA, 2013).

#### 2.4.5 Propolis

Propolis (smoluňka, dluž, včelí tmel) patří také mezi tradiční včelí produkty (VESELÝ et al., 2013). O původu propolisu bylo několik teorií. Nyní se má všeobecně za to, že v severním mírném pásu včely sbírají propolis z různých druhů topolů, bříz, jív, jeřábu, jilmu, olší, buku, osik, jehličnatých stromů, koňského kaštanu a z některých dalších rostlin (HANDL, 1991). V parcích, kde roste topol balzamový (*Populus balsamifera*) cítíme v blízkosti těchto stromů onu typickou propolisovou vůni, kterou známe i z úlů.

Včely létavky sbírají rostlinou pryskyřičnou lepivou hmotu podobně jako pyl. Propolisové rousky pak přinášejí do úlu. Včely dokáží pomocí žláz přinesený propolis rozředit do takové konzistence, aby jím mohly natírat vnitřní plochy obydlí (TITĚRA,

2013). Včely používají propolis jako stavební a ochrannou látku k vystýlání a vyztužení buněk plástů, k zatmelení otvorů a trhlin, k opravě plástů a k těsnění česer. Propolisem včely pokrývají (balzamuji) vetřelce, které usmrtily v úlu a nemohou jej dostat ven. Propolis na stěnách uvnitř úlu má nejen tepelně izolační vlastnosti, ale ohřevem stěn úlu se z propolisu uvolňují těkavé látky, které mají antibakteriální účinky a tím zabraňují pomnožení mikroorganismů v úlu (VESELÝ et al., 2013).

Propolis je produkt včel, který je složený z pryskyřic, vosků, esenciálních olejů a včelích sekretů, který byl používán již v tradiční medicíně od starověku (SAMPIETRO et al., 2016). V propolisu lze identifikovat několik set chemických látek. Není však propolis, který by obsahoval všechny zjištěné látky, a není látka, která je obsažena ve všech vzorcích propolisu. Složení je pochopitelně odrazem toho, z jakých rostlin včely propolis sbíraly. Pro Evropu (tabulka 1) je velmi typický propolis, jehož mnohé složky se dají najít v topolech. V jiných částech světa je možné se setkat s propolisem i velmi odlišným. Rozšířený je např. brazilský propolis nazývaný podle převažující rostliny Baccharis (TITĚRA, 2013).

Analýza minerálního složení propolisu dle SOUZY et al. (2016) přispívá k pochopení jeho kvality a ukazuje, že nejen sezónní variace, ale i způsob sběru ovlivňuje obsah minerálů přítomných v propolisu. Analýza minerálního složení propolisu pomocí atomové absorpční spektrofotometrie ukázala, že sezónní změny ovlivňují koncentraci makro-minerálního vápníku (Ca), hořčíku (Mg), sodíku (Na) a koncentraci mikro-minerálního železa (Fe) a mědi (Cu).

Propolis inhibuje bakteriální růst. Propolis má také zásadní vliv na gram-pozitivní bakterie a omezený účinek na gram-negativní bakterie (DE VECCHI et DRAGO, 2007; NIEVA MORENO et al., 1999; SFORCIN et al., 2000). Propolis také ovlivňuje fytopatogenní nárůsty hub (MENDES et al., 2013; QUIROGA et al., 2006).

**Tabulka 1: Průměrné složení evropského propolisu**

<b>Skupiny látek v propolisu</b>	<b>Průměrný obsah (min. - max.) v % celkové iontové síly</b>
Aromatické látky bez volných fenolických skupin	3,3 (0,6-7,4)
Fenoly	0,9 (0,0-2,3)
Fenolické kyseliny	8,3 (0,0-2,3)

Estery fenolických kyselin	11,5 (0,2-21,9)
Flavanony a dihydroflavonoly	20,6 (0,8-39,8)
Flavony a flavonoly	14,6 (0,3-23,2)
Chalkony	1,6 (0,0-4,1)
Fenolické glyceridy	6,4 (0,0-23,1)
Fenolické látky celkem	57,3 (1,3-75,0)

(BANKOVA et al., 2002)

Propolis může být do budoucna využíván jako účinné přírodní antibiotikum u některých složitých onemocnění jako epidemity kvasinkových infekcí, orchitidy, kapavka a syfilis. Propolis může působit také jako antivirotikum v případě hepatitidy, snětí a vředů. Také může působit jako protizánětlivý balzám případech alergií, astma a artritidy (SCHELLER et al., 2003). Od roku 1992 James Fearnley, britský odborník na propolis, se zabýval výzkumem farmakologických a klinických vlastností propolisu. Řadu studií provedl na univerzitě v Oxfordu a na Manchesterské univerzitě. V roce 2002 založil společnost BeeVital Ltd, která nabízí propolis a pyl v hygienických výrobcích pro spotřebitele. Společnosti byla udělena britské vládní ocenění výzkumné a vývojové využití protizánětlivých, protiplísňových a antivirových vlastností propolisu (STEWART et al., 2011).

## 2.5 Životní podmínky včel

Životní podmínky včel jsou ovlivňovány celou řadou vnějších a vnitřních faktorů. Často rozhodující vliv má stav životního prostředí včel daný nejen celou řadou fyzikálních a chemických faktorů, ale také faktorů biotických. Jejich působení významně ovlivňuje celkový stav včelího organismu a tím i celého včelstva. Mezi významné fyzikální a chemické faktory ovlivňující nejen rozvoj, ale také zdravotní stav včelstev, patří celá řada **makroklimatických ukazatelů**, jako je průměrná roční teplota, obvyklá teplota v určitých ročních obdobích, srážkové poměry, relativní vzdušná vlhkost, nadmořská výška, směr převládajících větrů apod. Hodnoty uvedených faktorů mohou do značné míry omezovat nebo na druhé straně podporovat výlet včel z úlů, mohou ovlivňovat výskyt různých druhů rostlin jako zdrojů včelí pastvy. Mohou však přímo ovlivňovat i výskyt některých chorob nebo chorobných stavů. Například často běžné výrazné ochlazení

v měsíci květnu může vést k nachlazení včelího plodu. Umístění úlů v lokalitách s vysokou relativní vlhkostí podporuje rozvoj mykotických onemocnění včelího plodu i dospělých včel (NAVRÁTIL et al., 2011).

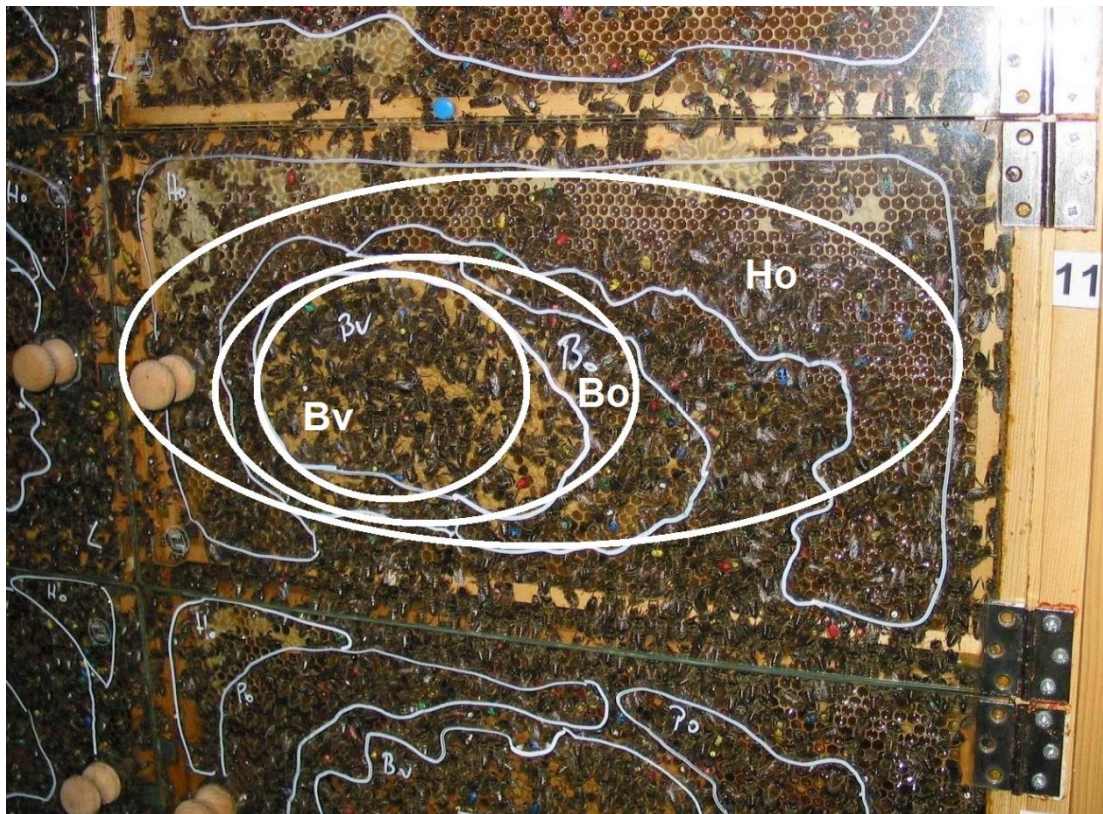
### 2.5.1 Teplota ovlivňující život včel v úlech

Včely jako sociální hmyz, dokáží poměrně přesně regulovat teplotu plodového hnízda. Včely regulují teplotu plodiště poměrně v úzkém rozsahu a to od 32 do 36 °C. Aktivní jedinci jsou schopni udržet vysokou teplotu pomocí svých hrudních a letových svalů (HEINRICH, 1974, 1979 a, b, 1980 a, b, 1993, 1996; CRAILSHEIM et al., 1999). Včely žijí ve složitém prostředí uvnitř úlu a plní různé úkoly na různých místech v úlu, v závislosti na jejich věku (LINDAUER, 1952; SAKAGAMI, 1953; SEELEY, 1982). Tato místa se od sebe liší s ohledem na podněty, jež včely vykonávají (např. udržení teploty plodu); (FAHRENHOLZ et al., 1989; CRAILSHEIM et al., 1999 a; TAUTZ et al., 2003; STABENTHEINER et al., 2003; GROH et al., 2004; KERNBACH et al., 2009; BECHER et al., 2010; SCHMICKL et HAMANN, 2011).

V úlech existuje několik důležitých oblastí kolonie včel (obrázek 7), které se výrazně liší v teplotách. Od aktivně řízené teploty plodiště (33 až 36 °C); (HERAN, 1952; OHTANI, 1992; GRODZICKI et CAPUTA, 2005), do výrazně chladnějšího prostoru v úle se zásobou medu (30 až 32 °C). Nově byly objeveny včely, které dávají přednost teplotám okolo cca 36 °C (HERAN, 1952; KOVAC et SCHMARANZER, 1996). Tyto včely se pohybují v oblastech plodiště včelstva. Včely pohybující se v tomto vyhřátém prostoru nejsou ještě plně fyziologicky vyvinuty. STABENTHEINER et al. (2010) naznačují, že z tohoto důvodu včely hledají místa s vyšší teplotou, které zajišťují správný vývoj letových svalů.

**Obrázek 7: Včelí plásty v pozorovacím úlu.**

**Různé oblasti rozdílných teplot jsou označeny jako med (Ho), prostor pylu (Po) nebo jako plodu prostoru s volným (Bo) a zavičkovaného plodu (Bv).**



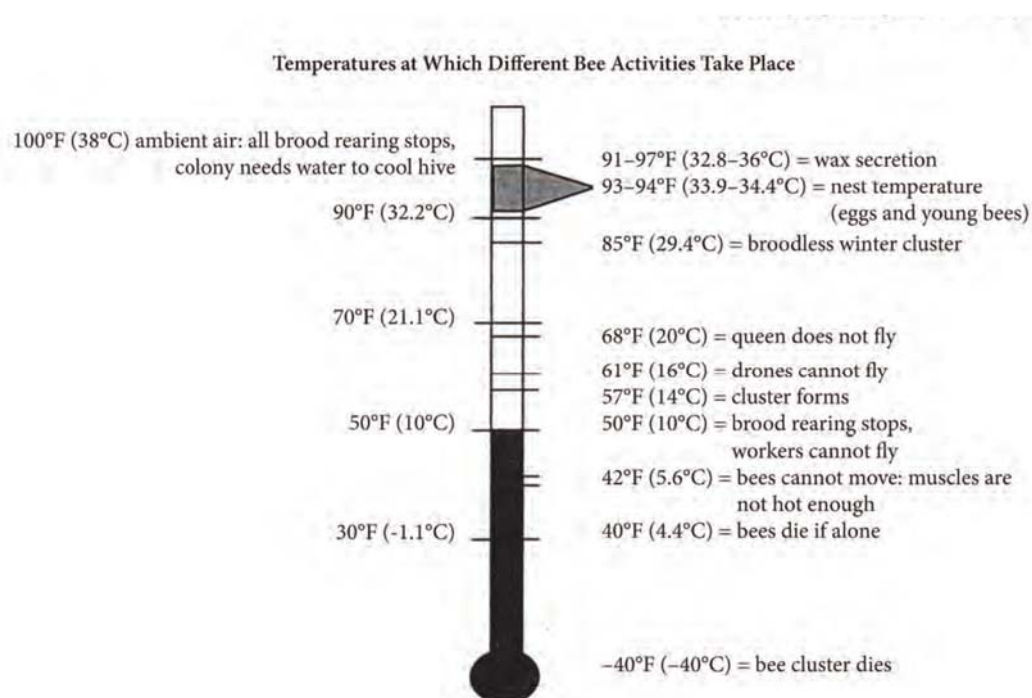
(HERAN, 1952; OHTANI, 1992; GRODZICKI et CAPUTA, 2005)

Včely nemají schopnost hibernace. Proto na konci podzimu a v zimě, když je teplota vzduchu nižší než 14 °C, tvoří tzv. hrozen. Ve dnech nebo týdnech, kdy teploty vzduchu jsou 6 – 8 °C, se většina včel připojí do shluku. Zimní shluk včel se zvětšuje a zmenšuje, podle toho jaké jsou venkovní teploty (stoupají nebo klesají). Včely zůstávají poměrně aktivní v zimním včelím hroznu, krmí se, pohybují se, odchovávají plod. Teplo vytvářejí pohyby (chvěním) svých křídelních svalů. Vedlejším produktem této činnosti je metabolická vodní pára, která musí být včelami vyvětrána z úlu ven. Větrání během chladných měsíců je důležité.

Množství tepla vytvořené včelím shlukem závisí mimo jiné na tom, zda se nachází ve včelstvu včelí plod. Na konci podzimu královna (matka) již neklade vajíčka do buněk plástů (neploduje). Včely produkují jen tolik tepla, tak aby kolonie včel přežila nepříznivé teploty podzimního a zimního období kalendářního roku. Včelí hrozen udržuje teplotu kolem 14-29 °C. Když matka (královna) pokračuje v kladení vajíček, obvykle uprostřed zimy, teplota v blízkosti čerstvě nakladených vajíček a zavíčkovaného včelího plodu je udržována včelími dělnicemi na úrovni 34 °C. Pro lepší znázornění jsou uvedeny jednotlivé teploty, u kterých je popsána činnost včelstva (obrázek 8); (SAMMATARO et

AVITABILE, 2011). Čím více včelích dělnic je k dispozici, tím větší může být včelí hrozen a tím větší je i velikost vytápěného prostoru v úle. Vzhledem k tomu, že se velikost včelí kolonie výrazně zvyšuje na jaře, včelí dělnice lépe regulují teplotu plodiště. Důležitost regulace teploty je všudypřítomná. Vyšší teploty během vývoje včelího plodu, mohou vést ke zvýšené “taneční činnosti“ a tím i možná k lepší paměti dospělých včel (TAUTZ et al., 2003; GROH et al., 2004). Vyšší teploty během vývoje včelího plodu mohou mít vliv na chování včel během fyziologického vývoje, což má za následek předčasné letové aktivity mimo úl (BECHER et al., 2010).

**Obrázek 8: Včelí aktivity při různých teplotách**



(SAMMATARO et AVITABILE, 2011)

Aktivní produkce tepla včelami je důležitá behaviorální adaptace, kterou včely využívají, aby teplota plodiště se udržela v úzkém teplotním rozmezí od 32 °C do 36 °C (HIMMER, 1927; FAHRENHOLZ et al., 1989). Teplo je generováno pomocí metabolismu včel a také již zmíněným chvěním "třesením" letových svalů (ESCH 1960; HARRISON 1987; KLEINHENZ et al., 2003). Díky kolektivnímu řízení teploty plodiště má velký význam pro optimální vývoj včelích larev a včelího plodu (TAUTZ et al., 2003; GROH et al., 2004; JONES et al., 2005).



Teplotní odchylky, mohou způsobit vážné malformace dospělých včel. Kolonie včel potřebuje vodu, tak aby mohla zajistit termoregulaci úlu v horkých letních dnech. Chlazení je zajištěno včelími dělnicemi odpařováním vody z uloženého nektaru ve včelích plástech a také aktivním roztíráním přinesené vody na rámky včelami (PARK 1946; LINDAUER 1955; JOHANSSON et JOHANSSON, 1978; SEELEY 1995; KÜHNHOLZ et SEELEY, 1997). Některé včely ve včelstvu specializují na sběr vody (LINDAUER 1952; ROBINSON et al., 1984).

Flexibilní tepelná strategie umožňuje včelám sbírat vodu při extrémně proměnlivých podmínkách prostředí. Jsou schopny kompenzovat extrémní tepelné ztráty v zimě a také přehřátí včelího společenství při jasném slunci, při vysokých teplotách okolního prostředí v letním období. Solární zisk tepla je využíván včelou pro dvojí účel. Za prvé je to snížení energetických výdajů včelou. Za druhé je to zvýšení teploty hrudi a zlepšení síly letových svalů. Vysoké teplotní rozdíly hrudníku, také umožňují regulaci teploty hlavy včely. Dostatečně vysoká teplota hlavy včely zajišťuje správnou funkci sacího ústrojí včely i při nízkých teplotách v okolí. Tato regulace teplot zkracuje pobyt létavky mimo úl a snižuje energetické náklady a tím se zlepšuje účinnost (KOVAC et al., 2010).

## **2.5.2 Vlhkost ovlivňující život včel v úlech**

Vlhkost je důležitý abiotický faktor kvality prostředí. Působí v úlech na povrch včel a jejich dílo (plásty). Vysoká vlhkost vzduchu je všeobecně pro zvířata nebezpečná, jak při vysoké, tak i při nízké teplotě vzduchu. Při zvýšené vlhkosti vzduchu se výrazně snižuje schopnost zvířat uvolňovat teplo. Při kombinaci nízké teploty vzduchu a vysoké vlhkosti vzduchu se zvětšují ztráty tepla, protože vlhký vzduch slouží jako dobrý tepelný vodič. Vysoká vlhkost podporuje rozvoj patogenů a plísní. Poškozuje také stavební materiály (nejčastěji používaný materiál u úlů dřevo). Vysoká vlhkost znehodnocuje také med (ARMSTRONG, 1994).

Vlhkost v kolonii včel může být také ovlivněna včelami, i když v menší míře než teplota. Podobně jako u teploty, relativní vlhkost se může lišit mezi oblastmi v kolonii, také podstatně kolísá díky výměně vzduchu dýchacího ústrojí včel a okolí (HUMAN et al., 2006). Včely nejlépe vyměňují spotřebovaný vzduch při normální vlhkosti vzduchu (SOUTHWICK et MORITZ, 1987). Relativní vlhkost ve včelstvech (mezi rámky a u nezavíčkovaného plodu buněk), se pohybuje mezi 50



a 80 % (HUMAN et al., 2006; V. DIETEMANN et al., 2013). ELLIS et al. (2008) vystavovali včely různým hodnotám z řad relativní vlhkosti (tj. 24, 40, 55, 75, a 90 %). Ukázalo se, že včely preferují relativní vlhkost okolo 75 % při teplotě 34 °C.

Vlhkost je důležitým mikroklimatickým parametrem pro správný vývoj včelího plodu. Aby bylo dosaženo co nejvyšší přežití včel 90-95 %, je vyžadovaná relativní vlhkost plodu okolo 55 % (DOULL, 1976). Vysoká vlhkost vzduchu snižuje reprodukci ektoparazita *Varroa destructor* (kleštík včelí), ale také zvyšuje úmrtnost dospělých včel (KRAUS et VELTHUIS, 1997). U parazita *Ascosphaera apis*, parazitická houba napadající včelí larvy způsobující chorobu zvanou zvápenatění včelího plodu, bylo prokázáno, při zvýšení relativní vlhkosti z 68 % na 87 %, dojde ke zvýšení úmrtnosti včelího plodu o 7 % (FLORES et al., 1996).

### **2.5.3 Zvukový projev včelstva**

Je obecně známo, že včely samotné nebo celá včelí kolonie se zvukově projevují v závislosti na jejich stavu nebo okolní situaci. Podle ESKOVA (2013) existovala teorie, že včely matky produkují zvuk třením kusadel, křídly nebo články trupu. Tyto teorie byly vyvráceny po amputaci výše zmíněných částí, kdy včela stále produkovala zvuk. Nyní je dokázáno, že zvuk je produkován včelami užitím jejich létacího ústrojí. Dále uvedl, že souhra kmitočtů vibrací hrudi a kmitání křídel letící včely určuje přítomnost dvou kmitočtů ve zvukovém spektru, jedna složka ležící okolo 250 Hz a druhá v okolí 500 Hz.

Komunikace včel v úle probíhá také přes včelí pláсты. Všechny okraje buněk tvoří dohromady síť z šestibokých oček. Komunikační řetězec ve včelstvu funguje na prázdných buňkách výrazně lépe než na pevném povrchu. Včely při včelím tanci rozvibrují okraje buněk. Fyzikální příčinu v účinku včelích tanců, které se odehrávají na rozdílných tanečních plochách, je možné vysvětlit při použití vysoce citlivé měřicí techniky kmitavého pohybu, laserové Dopplerovy vibrometrie. Úzké frekvenční pásmo od 230 do 270 Hz, které umí včelí pláсты předávat nejlépe, se kryje s frekvencemi kmitů, které vytvářejí tanečnice formou krátké série pulzů během kmitavé fáze svého tance (TAUTZ et HEILMANN, 2007).

V tabulce 2 je uveden možný výklad zvukových projevů včel v závislosti na situaci a činnosti včely včetně odhadu produkovaného kmitočtu (QANDOOUR et al., 2014). Z důvodu výskytu charakteru zvuku v cizojazyčných literaturách jsou ponechány původní anglické názvy.

**Tabulka 2: Možné významy zvukových projevů včelstva**

	<b>kmitočet [Hz]</b>	<b>vzor</b>	<b>původce</b>	<b>možný význam</b>
<b>tooting</b>	300-500	sekvence pulzů	matka	líhnutí nových matek
<b>quacking</b>	300-350	sekvence pulzů	matka	přítomnost a životaschopnost matky
<b>hissing</b>	300-3600	pulz	kolonie	varování
<b>piping</b>	100-2000	pulz	průzkumnice	rojení
<b>recruit</b>	200-350	sekvence pulzů	sběračka	přítomnost zdroje potravy

(QANDOOUR et al., 2014)

ROHRSEITZ et TAUTZ (1999) dokázali, že kmitočtová vibrace 15 Hz se přenáší skrze včelí voštinu (s maximální amplitudou vrcholů 1,4  $\mu\text{m}$  a několik milimetrů včelího tance), ale nebyli schopni detekovat 200-300 Hz vibrace spojené s fázemi včelího tance.

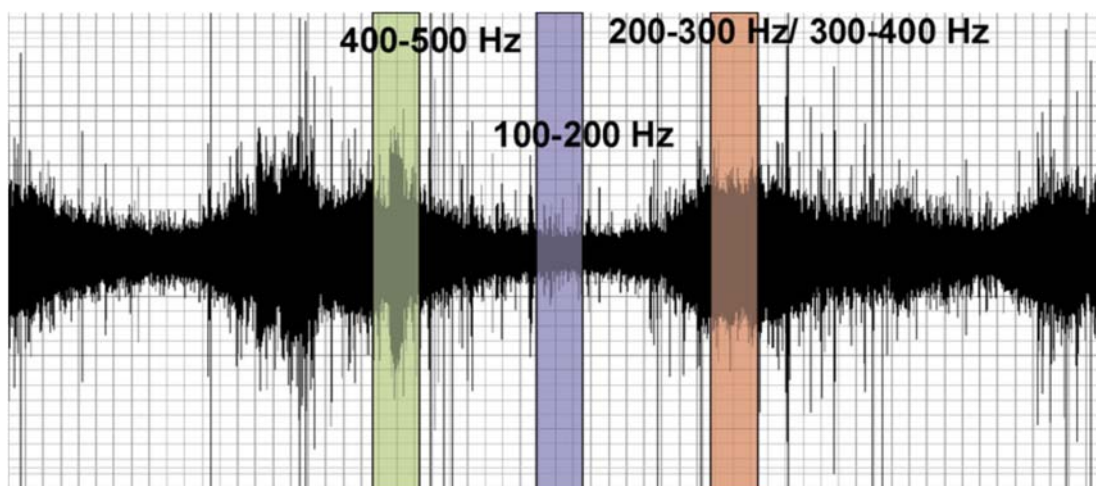
JINDRA (2016) uvádí, že včely produkují zvuk v rozmezí kmitočtů 20 až 20 000 Hz, ale nejzajímavější a nejužitečnější oblast leží v rozsahu 200 až 500 Hz. JINDRA (2016) popisuje, že včelstvo produkuje zvýšenou intenzitu zvuku v oblasti kmitočtů 240 Hz až 21 dní před vyrojením. To je způsobeno započítím stavby matečnicků. Osm dní před vyrojením maximum intenzity se přesouvá na 270 Hz. Jeden den před vyrojením se maximum dostává k oblasti 300 Hz. Autor rovněž poznamenává, že včelstvo po odebrání (nebo ztrátě) matky produkuje po dobu přibližně 4 – 5 hodin zvýšenou intenzitu zvuku v pásmu 300 – 400 Hz.

FERRARI et al. (2008) změřili rozdíly frekvencí mezi dnem a nocí v úle včelstva. Během noci se amplituda frekvencí zvuku pohybuje okolo 150 – 250 Hz. Přes den se zvyšuje na pásmo intenzity do oblasti 350 – 450 Hz. FERRARI et al. (2008), také zjistili pravděpodobnost rojení včelstva, kdy při změně teploty uvnitř včelího hnízda

z 32 °C na 33 až 35 °C dochází ke změně zvukové intenzity i k rojícím náladám včelstva. Zvukové charakteristiky jsou znázorněny na obrázku 9.

**Obrázek 9: Manuální označování tří charakteristik a opakovatelných událostí extrahovaných z audio souborů.**

**Rojení (zelená), aktivita během noci (modrá) a aktivita během dne (červená)**



(FERRARI et al., 2008).

WOOD (1957) hovoří ve svém patentu o dvou typech zvuků, které produkuje včelí kolonie.

1. Hiss (sykot) – Komplexní, náhodný, přechodný zvuk. Přesahující kmitočet 3000 Hz.
2. Warble (cvrlikání) – Docela čistý tón, proměnný ve výšce. V rozmezí  $255 \pm 35$  Hz.

Podle WOODA (1957) mohou tyto zvuky znamenat: Jestliže je včelstvo vyrušeno, odpoví krátkým a ostrým zasyčením, které brzo ustává. Přítomnost tohoto zvuku indikuje přítomnost matky. Ale pomalý nárůst sykotu, s pomalým odezněním, značí neobvyklý stav. Jestliže je přítomno cvrlikání (*warble*), je to známka toho, že se snižuje množství kladení vajíček matkou. Může to znamenat rovněž:

1. Blížící se rojení.
2. Stáří nebo poškození matky.
3. Úmrtí nebo odstranění matky.

Podle uvedených příkladů a prací je zřejmé, že existuje souvislost mezi stavem a kondicí včelstva a zvukovým projevem.

#### 2.5.4 Teplotně vlhkostní index (THI)

Pro objektivní a komplexnější hodnocení kvality chovného prostředí z hlediska teploty vzduchu a vlhkosti vzduchu se využívá tzv. teplotně – vlhkostní index (Temperature Humidity Index). Jde o index vypočítaný na základě zjištěných údajů o teplotě vzduchu a vlhkosti vzduchu v daném místě. Slouží především ke stanovení zón tepelného stresu. Původně byl rozpracovaný pro posuzování tepelného stresu lidí, jako funkce teploty suchého teploměru  $\theta_{db}$  a teploty rosného bodu  $\theta_{dp}$ .

Později byly THI stanovené i pro jednotlivé druhy a kategorie hospodářských zvířat např. dojnice mléčného skotu. Vliv relativní vlhkosti při různých teplotách způsobuje nerovnoměrné změny v teplotně – vlhkostním indexu (THI); (BOHMANOVÁ et al., 2007).

LENDELOVÁ et BOTTO (2011) porovnávali různé výpočty THI indexů pro hospodářská zvířata (drůbež, skot, prasata a králíky). Pro včely doposud zatím žádný vzorec THI indexu nebyl sestaven. Je potřeba dlouhého měření sledovaných parametrů (teplota, vlhkost, zvuk), tak aby bylo možné vyhodnotit oblast ideálních podmínek pro včelstva. Vyhodnocené hodnoty THI indexů pod 70 jsou považovány za komfortní, 75 až 80 za stresující a hodnoty vyšší než 78 jsou velmi stresující a způsobují extrémní trápení. Zvířata při takovýchto podmínkách nejsou schopna udržet svojí normální tělesnou teplotu.

Za mezní hodnotu THI je obecně považována hodnota 72, jejíž překročení může znamenat pro dojnice teplotní stres. Což již nastává při 50 % relativní vlhkosti vzduchu a teplotě 25 °C (HAHN, 1999).

#### Stanovení THI indexů hospodářských zvířat

Indexy THI stanoveny několika autory, viz níže:

Index 1 pro dojnice - ARMSTRONG (1994) et YOUSEF (1985)

$THI1 = ts + 0,36 \cdot tr + 41,5$ , kde:  $ts$  ... teplota [°C];  $tr$  ... rosný bod [°C]

Index 2 pro dojnice – BOHMANOVÁ et al. (2007)

$THI2 = 0,81 \cdot \theta_{db} + 0,143 \cdot \varphi + 0,0099 \cdot \varphi \cdot \theta_{db} + 46,3$ , kde:  $\theta_{db}$ ... teplota [°C];  $\varphi$ ... vlhkost [%]

Index 3 pro králiky – MARAI et al. (2002)

$THI3 = \theta - \left[ \left( 0,31 - 0,31 \cdot \left( \frac{\varphi}{100} \right) \right) \cdot (\theta - 14,4) \right]$ , kde:  $\theta$ ... teplota [°C];  $\varphi$ ... vlhkost [%]

Index 4 pro drůbež – BOURAOUI et al. (2002)

$THI4 = 1,8 \cdot \theta_{db} - (1 - \varphi) \cdot (\theta_{db} - 14,3) + 32$ , kde  $\theta_{db}$ ... teplota [°C];  $\varphi$ ... vlhkost [%]

### **2.5.5 Další vlivy ovlivňující reprodukci včely medonosné (*Apis mellifera*)**

Doplňkové krmení kolonií včel medonosných (*Apis mellifera*) má zásadní význam v chladnějších včelařských oblastech. Dokrmování včelstev pylem a cukerným roztokem, může zlepšit kvalitu spermií u trubců. Může také zlepšit oplodnění v časných jarních odchovech královen (matek) včel.

ROUSSEAU et GIOVENAZZO (2016) provedli hodnocení vlivu krmení cukerným roztokem a bílkovinnými doplňky (pyl) u trubců v předjaří ve východní Kanadě. Trubci byli chováni v různých výživových režimech. Dospělí jedinci byli podrobeni zkoumání kvality spermatu (objem, hmotnost), počet spermií a jejich životaschopnosti. Výsledky ukázaly významný nárůst trubčí hmotnosti, velikosti zadečku a životaschopnosti spermií při doplňkové výživě (82,9 %). Kolonie trubců, které nedostávaly žádné doplňkové živiny, měly výrazně menší objem spermatu i nižší životaschopnost spermií (79,7 %).

Ve studiích bylo prokázáno, že mnoho faktorů ovlivňuje životaschopnost spermií trubců. Například je to věk trubce, vystavení zvýšené teploty při dospívání trubce a také vystavení jedinců chemickým látkám obsažených v akaricidech (BURLEY et al., 2008; JOHNSON et al., 2013; ROSSEAU et al., 2015).

Bohatá strava na bílkoviny (pyl) podporuje vývoj i správnou funkci vaječnicků u královen (matek) včel. Studie HUMANA et al. (2007) prokázala lepší účinnost vlivu

pylu z aloe (80 %) na vývoj vaječníků včel afrického plemene (*Apis mellifera scutellata*) oproti pylu ze slunečnic (69 %). Laboratorně byl sice zjištěn významný vliv pylu z rostlin aloe na vývoj vaječnicku, ale byla také pozorována vyšší mortalita včel. Tato mortalita včel z pylu z rostlin aloe, může být způsobena nevyváženým poměrem uhlohydrátů v bílkovinách pylu aloe. Pro správnou fyziologii a reprodukci včel je důležitá vyváženost potravy.

Dalšími významnými vlivy na reprodukci včely medonosné (*Apis mellifera*) jsou látky obsažené v insekticidech. KAIRO et al. (2016) zjistili negativní vliv na spermie u trubců při zkoumání vlivu poměrně nového širokospektrálního insekticidu Fipronil. Trubci, kteří byli vystaveni expozici tomuto insekticidu, byla u nich zjištěna nižší koncentrace spermií a také jejich nižší životaschopnost. Byl také zjištěn zvýšený metabolismus spermií, což má za následek snížení hodnoty trubčí plodnosti. Neexponované královny (matky) inseminovány tímto spermatem trubců, vykazovaly méně životaschopných spermií v jejich spermatece. Není pochyb o škodlivých účincích na reprodukční potenciál královny, který je klíčový pro udržitelný rozvoj včelí kolonie. Tyto nálezy poškození plodnosti naznačují, že pesticidy mohou přispívat k poklesu populace včely medonosné (*Apis mellifera*), tak jak je to popsáno v této studii.

Ektoparazité mají také vliv na reprodukci včely medonosné. Mezi nejvýznamnější patří kleštík včelí (*Varroa destructor*), dokáže vyhubit i celá včelstva. Kleštík včelí vysává hemolymfu včelím larvám i dospělým včelám, tím oslabuje včely a může také způsobovat i deformace na včelím těle (především na křídlech). V současné době je hodně diskutované léčení onemocnění varroázou teplem, které je vytvořeno solární energií a přeneseno v podobě tepla do úlu. Tento úl je nazýván termosolární úl a autorem v České republice je RNDr. ROMAN LINHART (2013). Termosolární úl je vybaven speciální čelní úlovou stěnou, která účinně mění sluneční svit na teplo a zároveň brání jeho úniku do okolí, tím má tento úl včelám usnadnit termoregulaci úlového prostředí, ušetřit medné či cukerné zásoby a výrazně urychlit rozvoj včelstev, zejména v chladném předjaří (MEDUNA, 2014).

Dosáhnutí teplot 47 °C nad plodem a 36 – 38 °C níže v plodu hubí roztoče kleštíka včelího. Pokud dojde k delšímu zahřátí včelích plástů v úle v tomto rozmezí teplot, může dojít k jejich poškození. Během měření teplot v tomto úle, došlo k recirkulování tepla v úle. Tato recirkulace tepla je zřejmě zapříčiněna vysokým počtem

„klimatizujících“ včel mezi rámkami. Ze všech teplotních záznamů bylo vidět, jak včely urputně udržují teplotu plodu kolem 36 – 38 °C. Teplota 38 °C v plodu je o 3,5 °C vyšší než teplota přirozená, která činí 34,5 °C. Pokud by docházelo k nevhodnému použití tohoto termosolárního úlu, může dojít k poškození včelího plodu i včelího díla plástů (DOSTÁL, 2017).

### 3 VĚDECKÉ HYPOTÉZY

Sledování regulace teplot a vlhkosti na vývoj včelího plodu a kondici včel v praxi je na svém počátku. Především regulace teploty a vlhkosti v zimních měsících ve včelím hnízdě je náročná a komplikovaná. Mnohé výzkumné práce se zabývaly touto problematikou v laboratorních podmínkách. Sledování včelstev na stanovištích je nadále poměrně komplikované a finančně náročné. Pro sledování teplot vzduchu (venkovní, vnitřní), vlhkosti vzduchu (venkovní, vnitřní) a zvuku uvnitř včelí kolonie je zapotřebí čidel a je také potřeba zajistit ukládání a vyhodnocování naměřených hodnot.

#### **Pro zpracování práce byly formulovány následující hypotézy:**

1. V praxi nejsou běžně sledovány mikroklimatické poměry stanoviště včelstev. Pokles stavu včelstev, jeho reprodukce a užitkovosti může souviset s nepříznivými podmínkami prostředí z hlediska vlhkostních a teplotních poměrů stanoviště.
2. Sledování mikroklimatu stanoviště, zvláště na stanovištích umístěných v extrémních podmínkách, v souvislosti s reprodukcí a užitkovostí včelstev může přinést informace o optimálních požadavcích včelstev na kvalitu mikroklimatu stanoviště.
3. Lze předpokládat, že pro vyjádření kvality mikroklimatu stanoviště bude nutné posuzovat teplotu a vlhkost ve vzájemném vztahu, který lze vyjádřit vhodným teplotně-vlhkostním indexem.
4. Na základě zjištěných hodnot teplotně vlhkostního indexu lze stanovit doporučení pro chovatele včel z hlediska zajištění vhodných vnějších podmínek pro kvalitní a ekonomickou produkci. Mezi vhodné vnější podmínky, které může chovatel zajistit, patří výběr vhodného stanoviště pro včelstva, typ a druh úlu (zateplený, nezateplený, rozměry rámků i počty).



## 4 CÍLE PRÁCE

Stanoviště včelstev je důležité z hlediska produkce včelích produktů i z hlediska reprodukce včelí královny. Sledováním teploty, relativní vlhkosti, rosného bodu a zvuku na vybraných stanovištích, nám mohou pomoci vybrat správné stanoviště v krajině pro včelstva.

Cílem práce je co nejlépe vyhodnotit sledované ukazatele a zodpovědět následující 3 body cíle práce:

1. Vyhodnotit a porovnat výsledky pozorovaných ukazatelů (vnitřní a vnější teplota, vnitřní a vnější relativní vlhkost, rosný bod a zvuk uvnitř včelstva) stanovišť včelstev
2. Posoudit a stanovit nejvhodnější stanoviště včelstev v krajině z hlediska kondice a reprodukce včel (možnost chovu na střechách budov ve městech)
3. Zpracovat výsledky pozorovaných ukazatelů a vyvodit závěry využitelné v chovatelské praxi

## 5 MATERIÁL A METODIKA

### 5.1 Materiál

Měření stanovených fyzikálních parametrů bylo provedeno na několika stanovištích včelstev: stanoviště (JČU) na střeše Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a dvě stanoviště (KM1 a KM2) v obci Kamenný Malíkov, okres Jindřichův Hradec. Během přestavby budovy Zemědělské fakulty, byla včelstva přemístěna na stanoviště pastviny vedle přestavované budovy. Sledovaným druhem včely byla včela medonosná (*Apis mellifera carnica*). Včelstva byla umístěná u dvou stanovišť (JČU a KM1) do úlů s počtem 11 rámků v jednom nástavku o rozměrech 39 x 24 cm. U stanoviště KM2 jsou požívány úly s počtem 9 rámků v jednom nástavku o rozměrech 39 x 24 cm.

Vnitřní uspořádání rámků v nástavku včelího úlu je na tzv. studenou stavbu. Rámky stojí kolmo na česnovou stěnu (úlové dno). Každý úl se skládá z úlového dna, z nástavků (dva plodové, dva medné) a víka. Úl je zateplený, palubkový z borovice vejmutovky (*Pinus strobus*). Mezi palubkami je zateplení z polystyrenu o síle 3 cm. Borovice vejmutovka je vhodná pro výrobu úlů, protože má nízkou hmotnost. Dále obsahuje pryskyřici, která úlu dodává ve vlhkém prostředí více odolnosti vůči zaplísnění a houbovým onemocněním dřeva.

#### Stanoviště 1 - Kamenný Malíkov (KM1)

Stanoviště 1 (Obrázek 10) se nachází na zahradě místního statku v obci Kamenný Malíkov v nadmořské výšce 526 m n. m. v okrese Jindřichův Hradec.

#### Obrázek 10: Stanoviště 1 Kamenný Malíkov (KM1)



(KAŠPARŮ, 2017)

## Stanoviště 2 - Kamenný Malíkov (KM2)

Stanoviště 2 (Obrázek 11) se nachází v remízku Kašparů vrch za obcí Kamenný Malíkov v nadmořské výšce 554,5 m n. m. v okrese Jindřichův Hradec.

**Obrázek 11: Stanoviště 2 Kamenný Malíkov (KM2)**



(KAŠPARŮ, 2017)

## Stanoviště 3 – Střecha budovy, pastvina Zemědělské fakulty JU (JČU)

Stanoviště 3 (Obrázek 12) se nachází na budově Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích v nadmořské výšce 381 m n. m.

**Obrázek 12: Stanoviště 3**

**a) pastvina Zemědělské fakulty-dochasně umístění včelstev (JČU); b) střecha Zemědělské fakulty, umístění včelstev (JČU).**



(KAŠPARŮ, 2016)



## 5.2 Metodika

### 5.2.1 Měření vzdušné teploty, vlhkosti, rosného bodu a zvuku

Pro získání teplotních dat, relativní vlhkosti a rosného bodu uvnitř úlů a vně byl použit přístroj firmy EXTECH Instruments A FLIR COMPANY Humidity/Temperature Datalogger Model RHT10 s přesností na 0,1 °C a 0,1 % relativní vlhkosti (obrázek 13). Měřicí přístroj byl umístěn na spodní loučku ráмку. Rámek byl umístěn doprostřed spodního nástavku. Umístění bylo zvoleno z důvodu přístupu k přístroji a také, aby nedošlo k zalepení měřicího čidla voskem včelími dělnicemi.

Měřicí zařízení měří teplotu v rozmezí od -40 °C do +70 °C a relativní vlhkost od 0 do 100 %. Rosný bod (teplota rosného bodu) je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami (relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 %). Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Paměť přístroje umožňuje zaznamenat 32 000 údajů (16 000 dat o teplotě a 16 000 dat o vlhkosti). Data mohou být zaznamenána již po 2 sekundách až jednou za 24 hodin. Pro nastavení přístroje a ukládání dat musí být v počítači nainstalován software, který umožňuje užívání dataloggeru. Nastavená frekvence měření byla jednou za hodinu.

**Obrázek 13: Měřák pro měření teploty a vlhkosti – vnitřní**



(NAŠINEC, 2014)

## 5.2.2 Pokusné měřící zařízení pro sběr dat

Sestavené měřící zařízení (obrázek 14) ve spolupráci s kolegy Ing. Miroslavem Strobem a Bc. Jindřichem Mráčkem z Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze se sledování fyzikálních parametrů rozšířilo o sledování zvuku a hmotnost včelstva – úlové sestavy. Zařízení pro sběr dat ve včelích úlech bylo navrženo jako zcela autonomní modulový systém. Z hlediska funkce je možné tento systém rozdělit na hlavní řídicí jednotku, podružné jednotky sběru dat, napájecí systém, senzory a modul radiové GSM komunikace. Každá hlavní řídicí jednotka je schopna obsloužit několik (teoreticky až 128) podružných jednotek, tedy úlů.

V každém úlu je možné sledovat teplotu, vlhkost, případně hmotnost. Z důvodu přesnosti měření, ceny a mechanických možností byly zvoleny tři druhy digitálních snímačů. Snímače byly umístěné do stěn úlu, tak aby byl zaručen přenos tepla směrem od včel, nikoli z okolního prostoru.

Byl zvolen snímač LM75 komunikující pro digitální sběrnici I<sup>2</sup>C, výhodou tohoto snímače je především zapojení pomocí čtyřvodičové sběrnice umožní připojit pomocí adresních vstupů až 2<sup>3</sup> snímačů. Výrobce garantuje maximální chybu měření teploty v použitém rozsahu  $\pm 1,5$  °C. Další snímač teploty, který je umístěn přímo v plodišti, byl zvolen digitální snímač DS18B20 ve vodotěsném provedení. Díky tomu je možné jej bezpečně umístit přímo do plodiště nebo na jiné zvolené místo. Snímač komunikuje po sběrnici 1-wire. Teoreticky je možné pomocí dvou nebo třívodičového zapojení připojit až několik desítek těchto snímačů, prakticky je omezující kvalita metalického vedení sběrnice. Přesnost udaná výrobcem je  $\pm 0,5$  °C.

Snímač vlhkosti Honeywell řady HIH-7000 je umístěn ve víku úlu, možno je připojit jen jediný snímač ke sběrnici I<sup>2</sup>C. Z důvodu požadavků je počet dostačující. Snímač měří relativní vlhkost a teplotu, z těchto údajů je tedy možno přímo určit (při zanedbání vlivu atmosferického tlaku) absolutní vlhkost a rosný bod.

Přesnost měření teploty je srovnatelná se snímačem LM75, chyba měření vlhkosti v rozmezí 10 – 90 % se pohybuje do 3 %. Úlová jednotka je dále vybavena sběrnici SPI pro připojení dalšího snímače, nejlépe AD převodníku pro měření analogového vstupu, nebo úlové váhy.

Úlová jednotka je vybavena ještě analogovým vstupem pro mikrofon umístěný v úlu. Signál z mikrofonu je před zesílen a upraven pro přenos po vedení

k hlavní řídicí jednotce. Obvody mikrofonu jsou navrženy pro šířku pásma do 14 kHz. Jádrem jednotky je osmibitový mikropočítač ATMEL AVR MEGA16.

Jednotlivé úly a úlové podružné jednotky jsou spojené metalickým vedením, které slouží zároveň pro napájení úlových jednotek, komunikaci po diferenciatní sběrnici RS-485 a přenos analogového signálu z mikrofonu – přenos zvuku je volen rovněž rozdílový pro potlačení možného rušení.

Hlavní řídicí jednotka zajišťuje komunikaci s jednotlivými úlovými jednotkami, přenos dat, zpracování audiosignálu a přenos naměřených a zpracovaných dat pomocí GSM modulu na webový server. Z důvodu úspory energie jsou úlové jednotky aktivovány v předem nastavených intervalech, kdy provádí měření, jinak jsou vedeny do režimu nízké spotřeby energie.

Vzorkování měřených dat probíhá jednou za 15 minut. Pro přenos dat mezi hlavní řídicí jednotkou a úlovými jednotkami byl vyvinut jednoduchý adresovatelný komunikační protokol typu master-slave (master nadřazené zařízení a několik slave zařízení podřazené zařízení). Hlavní řídicí jednotka je oproti úlovým jednotkám vybavena výkonnějším 32 bitovým mikropočítačem typu ARM – STM32F407. Tento mikropočítač umožňuje snadné a efektivní zpracování naměřených dat, provedení Fourierovy transformace nad audiosignálem a obsluhu GSM modulu.

Zařízení je napájeno z olověného bezúdržbového 12 V akumulátoru o kapacitě 4,5 Ah. Akumulátor je dobíjen solárním panelem za pomoci obvodu solárního nabíječe. Solární panel o špičkovém výkonu 21 W s doplněným akumulátorem dovolí nepřetržitý provoz zařízení po celé letní období, kdy je dostatek slunečního svitu.

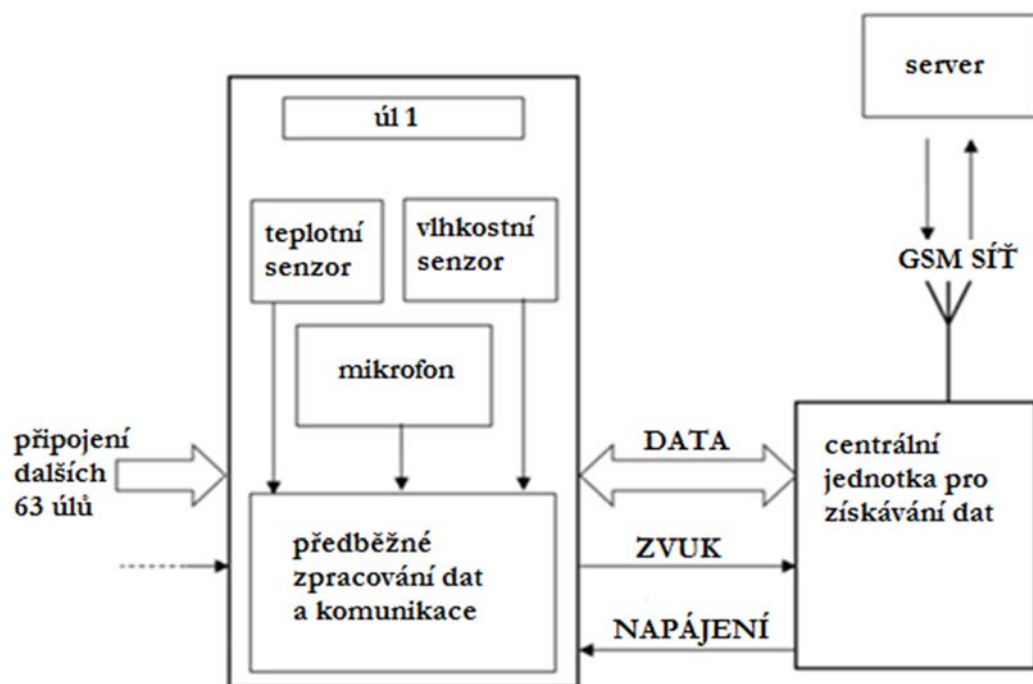
Aby bylo možné naměřená data snadno prohlížet, a zpracovávat téměř v reálném čase je k hlavní řídicí jednotce připojen GSM modul SIM800L. Po vložení SIM karty s aktivními datovými přenosy pomocí vestavěných AT příkazů naváže hlavní řídicí jednotka TCP spojení se serverem v internetu, kde je spuštěna pro konkrétní aplikaci vyvinutá webová aplikace se SQL databází.

Aby byla zaručena základní bezpečnost komunikace a zabránění nechtěnému přenosu dat mezi více hlavními řídicími jednotkami, potažmo uživateli, je na začátku komunikace se serverem nutné hlavní řídicí jednotku autentizovat na serveru. Autentizace je prakticky stejná jako autentizace mobilního telefonu po připojení do GSM sítě. Bez tajného klíče, který je znám jen hlavní řídicí jednotce a serveru není možné se k webové aplikaci připojit. Tento klíč není prakticky možné odposlechnout, nebo spíše úsilí vložené do jeho odhalení přesahuje úroveň navrženého zařízení.

Veškeré naměřené údaje může uživatel (vlastník hlavní řídicí jednotky) po přihlášení do webové aplikace prohlížet v internetovém prohlížeči. Běžnému uživateli jsou dostupné grafy a naměřené hodnoty. Možné je vybírat jednotlivé průběhy, časové období atd. Pro správce zařízení je umožněn přístup přímo do SQL databáze, kde jsou uvedeny veškeré řídicí informace o uživatelích a hlavních řídicích jednotkách, včetně jejich aktivity a aktivity uživatelů.

Naměřená data je nutné přenést a uschovat pro další využití, zpracování a vizualizaci. Je předpokládáno, že úly budou umístěné někde volně v přírodě – na řepkovém poli, u lesa, na loukách atd. Existuje mnoho možností, jak mohou být data přenášena mezi úly jak bezdrátově, tak klasickou vodičovou sběrnicí. Z důvodu potřeby zdroje do každého úlu, v případě použití bezdrátového modulu je lepší úly propojit s hlavní řídicí jednotkou klasickou vodičovou sběrnicí.

**Obrázek 14: Blokové schéma měřicího systému**



(STROB et KAŠPARŮ, 2016)

### ***5.3 Příprava dat a statistická analýza zvukových projevů včelstva***

Získaná data ze stanoviště (sledované období 21. července – 20. září 2016) byla upravena a roztržena tak, aby odpovídala optimu pro rozvoj včelstev z hlediska teploty dle SAMMATARO et AVITABILE (2011). Byly vytvořeny 4 skupiny teplot (0. skupina pod 10 °C, 1. skupina 10,0-19,9 °C; 2. skupina 20-29,4 °C a 3. skupina nad 29,5 °C). Teploty byly zvoleny tak, aby korespondovaly s počáteční teplotou vhodnou k letu včel, a následně korespondují s vlastním rozvojem včelstva (let královny; teplota zimního chomáče; teplota pro kladení larev a rozvoj). K jednotlivým měřením byl dále doplněn rok a měsíc měření.

Naměřené zvukové hodnoty byly upraveny pomocí FFT (rychlá Fourierova transformace) v matematickém software Matlab R2013b (MATHWORKS, 2017). Výsledná data pak představují hodnotu intenzity zvuku, která vyjadřuje zvukovou energii dopadající na jednotku plochy za stanovený čas a je charakterizována následující rovnicí:

$$I = \frac{E}{S \times t}, \text{ kde } E \text{ je energie zvuku (akustický výkon, W), } S \text{ plocha (m}^2\text{) a } t \text{ čas (s).}$$

Hodnota intenzity zvuku reprezentuje akustický výkon stanovený z měřeného frekvenčního spektra 50 Hz – 1 kHz.

Vlastní statistická analýza byla provedena v programu Statsoft STATISTICA 12 SP3 CZ. V rámci jednotlivých teplotních skupin (0 - 3) byla provedena korelační analýza mezi jednotlivými teplotními ukazateli a intenzitou zvuku. Dále bylo provedeno porovnání intenzity zvuku a teploty uvnitř plodiště mezi teplotními skupinami pomocí neparametrické analýzy rozptylu (Kruskal-Wallisův test) s pevným efektem (teplotní skupina).

$$Y_{ij} = \mu + Ts_i + e_j, \text{ kde } Ts \text{ je teplotní skupina a } e \text{ reziduum.}$$

Zjištěné výsledky byly hodnoceny na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

#### ***5.4 Příprava dat pro návrh stanovení THI indexu u včely medonosné (Apis mellifera)***



Získaná data ze stanovišť ve sledovaném období (duben 2014 – duben 2015) byla upravena a roztríděna tak, aby odpovídala optimu pro rozvoj včelstev z hlediska teploty dle SAMMATARO et AVITABILE (2011).

Byly vytvořeny 4 teplotní skupiny (0. skupina 10,0-19,9 °C; 1. skupina 20-29,4 °C; 2. skupina 29,5-34,3 °C a 3. skupina nad 34,4 °C). Ke stanoveným teplotním skupinám byly přiřazeny příslušné hodnoty relativní vzdušené vlhkosti, rosného bodu ze třech sledovaných stanovišť.

Rozmezí teplotních skupin bylo zvoleno tak, aby korespondovalo s počáteční teplotou vhodnou k letu včel a s vlastním rozvojem včelstva (let královny; teplota zimního chomáče; teplota pro kladení larev a rozvoj).

Ze získaných dat z měření (n= 106923) teplotně vlhkostních parametrů u sledovaných včelstev byl zpočten aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Pro návrh vzorce THI indexu u včel je potřeba dlouhodobé sledování zvuku včel, teplotně vlhkostních ukazatelů a reprodukce včelstev na sledovaných stanovištích ve vegetačním období. Data získaná dlouhodobým sledováním a měřením (5-10 let), nám mohou určit stresové zóny u včelstev, tak jako je to již vysledováno a vyjádřeno THI indexy u hospodářských zvířat chovaných člověkem.

Pro určení přesné hranice přechodu sledovaných ukazatelů do stresových zón včelstva vypočtené na základě navrženého THI indexu, bude potřeba také laboratorního pokusu na části včelího společenstva.

Vlastní statistická analýza byla provedena v programu Statsoft STATISTICA 12 SP3 CZ. Zjištěné výsledky byly hodnoceny na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## ***5.5 Příprava dat a statistická analýza reprodukce včelstva***

Získaná data z pozorovaných stanovišť KM1, KM2, JČU (sledovaným obdobím byl duben 2014 – květen 2016) byla upravena a roztríděna tak, aby bylo možné vyhodnotit reprodukci sledovaných včelstev v závislosti na sledovaných teplotně-vlhkostních parametrech vzduchu (teplota vzduchu vnitřní a vnější, vlhkost vzduchu vnitřní a vnější, rosný bod vzduchu vnitřní a vnější). Naměřená data přístrojem Humidity/Temperature Datalogger Model RHT10 byla zaznamenávána v hodinových intervalech. Z naměřených hodnot byly vytvořeny průměry hodnot za sedm dnů. Míra zaklazenosti buněk na včelím rámečku včelí královnou byla pozorována v týdenních intervalech. Zaklazenost buněk byla

přepočtena na počet buněk rozměru včelího rámků. Používaná rámková míra na všech třech stanovištích je 39 x 24 cm. Rozměr včelího plástu je 37 x 21,5 cm. 1 dm<sup>2</sup> plástu obsahuje 800 buněk. V jednom včelím nástavku je 11 rámků o rozměrech 39 x 24 cm s počtem 70 928 buňkami. Včelí královna má k dispozici ke kladení vajíček z pravidla 22 ks rámků ve dvou včelích nástavcích. Tyto dva nástavky se nazývají plodiště (obrázek 15).

**Obrázek 15: Popis nástavkového úlu**



(KAŠPARŮ, 2017)

Statistická analýza byla provedena z naměřených hodnot získaných během vegetačního období. Teploty v tomto období korespondovaly s počáteční teplotou vhodnou k letu včel, a následně korespondují s vlastním rozvojem včelstva (let královny; teplota zimního chomáče; teplota pro kladení larev a rozvoj). Ve vegetačním období je umožněno včelaři prohlížet včelstva zevnitř úlu, zjišťovat zdravotní stav včelího společenstva a reprodukci včelí královny (zakladenost rámků včelím plodem).

Vlastní statistická analýza byla provedena v programu Statsoft STATISTICA 12 SP3 CZ. Naměřené hodnoty jednotlivých stanovišť Kamenný Malíkov 1 (KM1),

Kamenný Malíkov 2 (KM2) a Zemědělská fakulta (JČU), byly vyhodnoceny základními statistickými ukazateli (aritmetický průměr, medián, modus, minimum, maximum, analýza rozptylu a směrodatná odchylka). Stanoviště byla statisticky porovnána pomocí analýzy rozptylu hlavních efektů s pevnými faktory měsíc, rok a stanoviště. Zjištěné výsledky byly hodnoceny na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## **6 VÝSLEDKY A DISKUSE**

### ***6.1 Teplotně vlhkostní parametry včelí kolonie pro výpočet intenzity zvuku***

Nejnižší teplota udávaná pro vyšší aktivitu včel, především prolety, je 10-12 °C (SAMMATARO et AVITABILE, 2011). Jak je patrné z tabulky 3, průměrná teplota ve sledovaném období byla 19,29 °C, což je teplota vhodná pro plný rozvoj včelstva. Ze zjištěných údajů vyplývá i schopnost včel regulovat vlhkost uvnitř úlu, kdy dosažená průměrná vlhkost pod úlovým víkem byla 64,4 %, zatímco venkovní vlhkost byla v průměru 72,95 %.

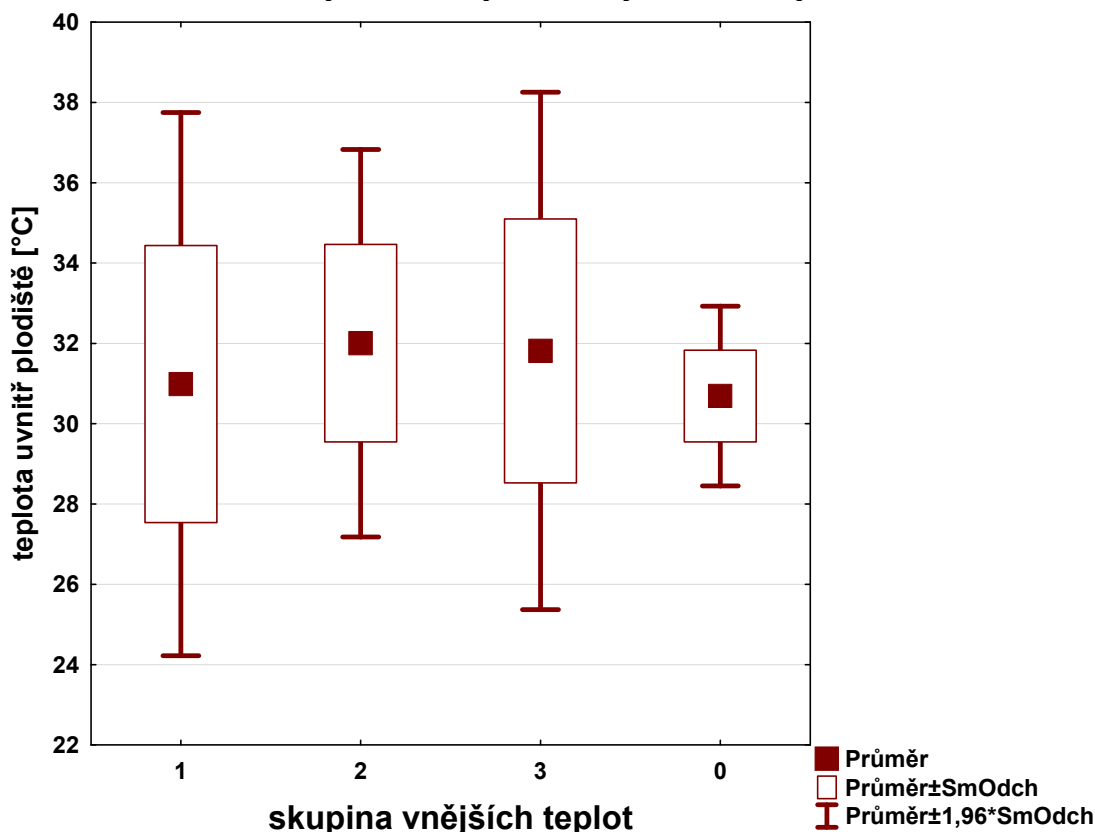
Průměrná hodnota teploty uvnitř plodiště byla 31,38 °C (Tabulka 3), přičemž se teplotní rozsah pohyboval od 20,2 do 36,5 °C. Zjištěná průměrná hodnota odpovídá tvrzení GRODZICKIHO et CAPUTY (2005), kteří uvádějí jako optimální teplotu v plodišti na úrovni 33-36 °C. Uvedený rozsah pak odpovídá charakteru plodiště ve včelím úle, protože při kladení matka postupně zakládá jednotlivé buňky a následně se přesouvá na další část rámečku nebo rámeček jiný. Pohyb matky v úlu je trojrozměrný, vertikální pohyb lze omezovat mateří mřížkou, nicméně je běžnou praxí využívat dva spodní nástavky jako plodovací a medník oddělovat mateří mřížkou při požadavku na maximalizaci medného výnosu (VESELÝ et al., 2013).

**Tabulka 3: Popisné statistiky sledovaných ukazatelů ve sledovaném období**

<b>Ukazatel</b>	<b>N</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b><math>s_x</math></b>	<b>min</b>	<b>max</b>
<b>Teplota víko (°C)</b>	3355	28,68	4,17	12,37	42,73
<b>Vlhkost víko (%)</b>	3355	64,40	9,06	32,41	88,63
<b>Teplota uvnitř plodiště (°C)</b>	3355	31,38	3,12	20,16	36,50
<b>Teplota venkovní (°C)</b>	3355	19,29	4,91	6,17	31,92
<b>Vlhkost venkovní (%)</b>	3355	72,95	16,54	29,38	96,59
<b>Intenzita zvuku (W.m<sup>-2</sup>)</b>	3355	37,41	29,51	0,28	179,25

Na grafu 2 jsou znázorněné rozdíly mezi teplotami uvnitř plodiště a skupinami vnějších teplot (0. skupina 10,0-19,9 °C; 1. skupina 20-29,4 °C; 2. skupina 29,5-34,3 °C a 3. skupina nad 34,4 °C). Největší počet naměřených hodnot teplot uvnitř plodiště odpovídá teplotním skupinám 1 a 3. Tento největší počet naměřených hodnot teplot odpovídá tvrzení GRODZICKIHO et CAPUTY (2005), kteří uvádějí jako optimální teplotu v plodišti na úrovni 33-36 °C.

Graf 2: Porovnání mezi teplotními skupinami a teplotou uvnitř plodiště



### 6.1.1 Vztah mezi zvukovými projevy včelstva a vnějšími i vnitřními podmínkami

Určení odlišností mezi teplotními skupinami (0-3) potvrdilo statisticky průkazné rozdíly u obou sledovaných ukazatelů – teploty uvnitř plodiště a intenzity zvuku (I). V případě teploty uvnitř plodiště se průměrná teplota pohybovala nad úrovní 30 °C, což z hlediska vývoje včelího plodu je nutná podmínka. Průkazné rozdíly byly zjištěny mezi skupinou 0 (vnější teploty pod 10 °C) a všemi ostatními skupinami. Dále mezi skupinou 1 (vnější teploty od 10,1 °C do 19,9 °C) a skupinami 2 a 3. Rozdíl mezi skupinami 2 (teploty od 20 °C do 29,4 °C) a 3 (teploty nad 29,5 °C) nebyl statisticky průkazný (Tabulka 4).

Z uvedených teplotních rozdílů vyplývá, že v případě teplot, které jsou vhodné již pro snubní prolety matky (20 °C) či vyšších teplot není průkazný rozdíl a plodovací aktivita matky bude stálejší. Zjištěná plodovací aktivita včelí královny odpovídá teplotám, která je popsána autory SAMMATAREM et AVITABILEM, (2011), a VESELÝM et al. (2013).

Podle ZACEPINSEHO et al. (2016) existuje také vztah vnitřní teploty úlu (resp. teploty v plodišti) a v rojení včelstva, kdy přibližně 10-20 minut před vlastním rojením dojde ke zvýšení teploty o 1,5-3,4 °C (až k 37-38 °C) v horní části úlu.

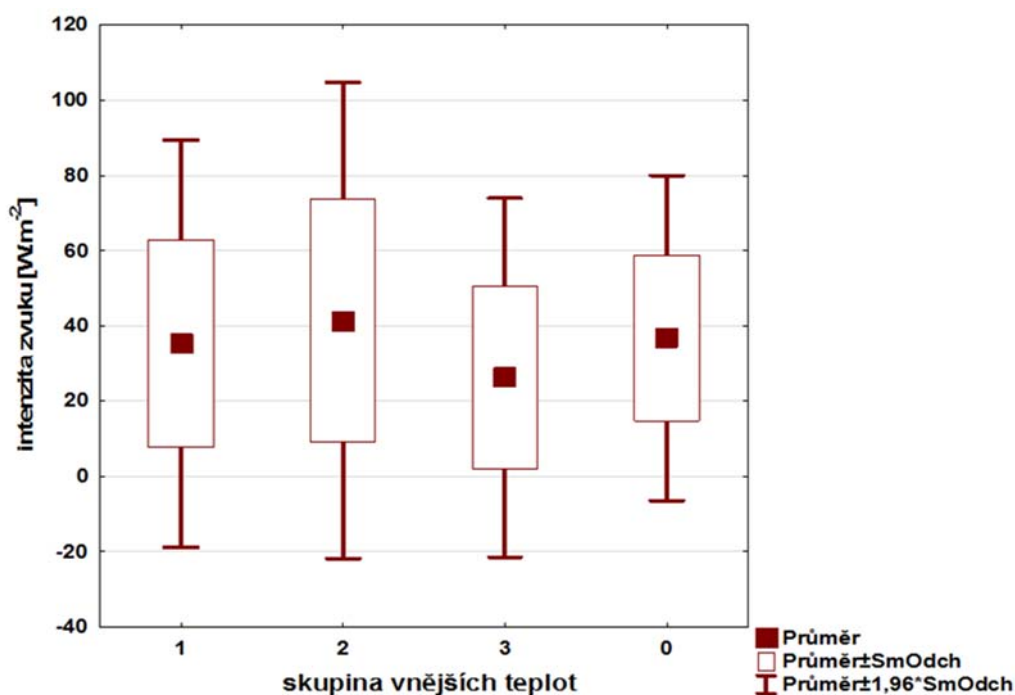
V případě intenzity zvuku, vyjádřené jako zvukový výkon na jednotku plochy (tabulka 4), byl průkazný rozdíl zjištěný mezi skupinou 0 (36,71 W.m<sup>-2</sup>) a 3 (26,25 W.m<sup>-2</sup>). Dále mezi skupinou 1 (35,22 W.m<sup>-2</sup>) a 2 (41,43 W.m<sup>-2</sup>), resp. 3 (26,25 W.m<sup>-2</sup>). Průkazný rozdíl byl zjištěný i mezi teplotními skupinami 2 a 3. Ve skupině 3 byla zjištěna nejnižší úroveň intenzity zvuku, 26,25 W.m<sup>-2</sup>. Citované práce WOODA (1957); ROHRSEITZE et TAUTZE (1999); JINDRY (2016) řeší především vztah zvukové frekvence případně určitého frekvenčního pásma a projevů včel.

**Tabulka 4: Porovnání vybraných ukazatelů mezi teplotními skupinami**

skupina	veličina	Teplota uvnitř plodiště (°C)	Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )
skupina 0 (n = 63)	$\bar{x}$	30,69	36,71
	$s_x$	1,14	22,07
skupina 1 (n = 1954)	$\bar{x}$	30,99	35,22
	$s_x$	3,45	27,63
skupina 2 (n = 1269)	$\bar{x}$	32,00	41,43
	$s_x$	2,46	32,28
skupina 3 (n = 69)	$\bar{x}$	31,81	26,25
	$s_x$	3,29	24,35
P (<0,05)		0:1,2,3; 1:2,3	0:3; 1:2,3 2:3

Na grafu 3 je grafické znázornění vnějších teplotních skupin a naměřené intenzity zvuku. Z údajů na grafu vyplývá, že s rostoucí vnější teplotou dochází k vyššímu stupni vnitřní tepelné regulace uvnitř úlu a včelstvo tak reaguje na změny vnějších podmínek. Čím se více vychylují vnější teploty v okolí úlů od optimálních teplot pro správný vývoj včelího plodu, tím je měřena vyšší intenzita zvukového projevu včelstva. U teplotních skupin 0 (vnější teploty pod 10 °C), 1 (vnější teploty od 10,1 °C do 19,9 °C) a 2 (teploty od 20 °C do 29,4 °C) byla naměřena nejvyšší intenzita zvuku. Včely pro správný vývoj včely udržují teploty okolí včelího plodu 33-36 °C.

**Graf 3: Porovnání vnějších teplotních skupin a intenzity zvuku**



Posouzení vztahů mezi teplotou uvnitř plodiště, resp. intenzitou zvuku, se sledovanými ukazateli v rámci celého sledovaného souboru je uvedeno v tabulce 5. Všechny uvedené hodnoty korelačních koeficientů byly statisticky průkazné ( $P < 0,05$ ). Z uvedených hodnot je patrné, že ohledně teplot byla nejvyšší korelace zjištěna u teploty pod úlovým víkem, a to na úrovni  $r = 0,312$ . U venkovních klimatických parametrů je korelace velice nízká  $r = 0,180$  u teploty;  $r = -0,074$  v případě relativní vzdušné vlhkosti. U intenzity zvukových projevů včelstva byly všechny zjištěné korelace nízké, a to i v případě vztahu intenzita zvuku – teplota uvnitř plodiště, kdy korelační koeficient dosáhl úrovně  $r = 0,150$ .

**Tabulka 5: Korelace mezi teplotou plodiště, intenzitou zvuku a sledovanými ukazateli (n = 3355)**

Ukazatel	Teplota uvnitř plodiště (°C)	Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )
Teplota víko (°C)	0,312	0,106
Vlhkost víko (%)	-0,211	-0,191
Teplota uvnitř plodiště (°C)	1,000	0,150
Teplota venkovní (°C)	0,180	0,090
Vlhkost venkovní (%)	-0,074	-0,152
Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )	0,150	1,000

Další částí práce bylo stanovení výše uvedených vztahů v rámci jednotlivých teplotních skupin. Z uvedených výsledků v tabulce 6 (uvedené korelační koeficienty jsou statisticky průkazné  $P < 0,05$ ) vyplývá podobný trend v celém souboru (tj. pozitivní, ale nízká korelace mezi teplotou uvnitř plodiště a intenzitou zvuku) se projevil v případě teplotní skupiny 1 ( $r = 0,106$ ) a hodnota korelačního koeficientu s rostoucí teplotní skupinou stoupala. Korelační koeficient mezi teplotou uvnitř plodiště a intenzitou zvuku u skupiny 2 byl  $r = 0,203$  a u skupiny 3  $r = 0,429$ . Negativní korelace byla zjištěna v rámci skupiny 0, kdy korelační koeficient dosáhl hodnoty  $r = -0,460$ . Opačný trend pak byl sledovaný ve vztahu mezi teplotou uvnitř plodiště a teplotou pod víkem úlu. U skupiny 0 ( $r = 0,555$ ) a 1 ( $r = 0,463$ ) lze hovořit o střední závislosti, v případě skupiny 2 ( $r = 0,193$ ) a 3 ( $r = 0,213$ ) pak lze korelační závislost posuzovat jako nízkou (viz tabulka 6).

**Tabulka 6: Korelace mezi teplotou plodiště, intenzitou zvuku a sledovanými ukazateli v rámci teplotních skupin (0 – 3)**

Korelační ukazatelé	Teplota uvnitř plodiště (°C)	Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )	Teplota uvnitř plodiště (°C)	Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )
Sledované ukazatele	skupina 0 (n = 63)		skupina 1 (n = 1954)	
Teplota víko (°C)	0,555	-0,031	0,463	0,105
Vlhkost víko (%)	0,507	-0,883	-0,086	-0,168
Teplota uvnitř plodiště (°C)	1,000	-0,460	1,000	0,106
Teplota venkovní (°C)	-0,231	0,440	0,104	0,005
Vlhkost venkovní (%)	0,171	-0,527	0,108	-0,133
Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )	-0,460	1,000	0,106	1,000
Sledované ukazatele	skupina 2 (n = 1269)		skupina 3 (n = 69)	
Teplota víko (°C)	0,193	0,069	0,213	0,293
Vlhkost víko (%)	-0,298	-0,188	-0,587	-0,014
Teplota uvnitř plodiště (°C)	1,000	0,203	1,000	0,429
Teplota venkovní (°C)	0,097	0,137	-0,248	-0,339
Vlhkost venkovní (%)	0,052	-0,181	0,080	0,278
Intenzita zvuku (W.m <sup>-2</sup> )	0,203	1,000	0,429	1,000



Pozorované projevy včelstva na změny vnějších teplot odpovídají zjištěným výsledkům CRAILSHEIMA et al. (1999); STABENTHEINERA et al. (2003); BECHERA et al. (2010). Ze zjištěných teplotních závislostech vyplývá, že s rostoucí vnější teplotou dochází k vyššímu stupni vnitřní tepelné regulace uvnitř úlu a včelstvo tak reaguje na změny vnějších podmínek.

## **6.2 Kvalita mikroklimatu a návrh postupu ke stanovení THI indexu**

Cílem sledování mikroklimatu včelí kolonie, bylo zjistit a vyhodnotit z naměřených hodnot teplot, vzdušné vlhkosti vzduchu a rosného bodu uvnitř i vně úlu optimální podmínky, které pro včelstvo nejsou stresové.

Odlišné podmínky utvářené stanovištěm (množství nektarodárných plodin, stín, zdroje vody apod.) ovlivňují hodnoty fyzikálních veličin, ze kterých jsou poté THI indexy vypočteny. Z toho důvodu je vhodné dlouhodobé sledování těchto hodnot ve více lokalitách tak, aby se dalo podchytit dostatečné množství údajů pro správnou interpretaci teplotně-vlhkostního indexu pro včely.

Studie v této oblasti naprosto chybí, sledovanými veličinami bývají pouze teplota a relativní vlhkost vzduchu. Včely na změny teploty a relativní vlhkosti vzduchu reagují různou intenzitou zvuku. Změny sledovaných hodnot ovlivňují i množství nakladených vajíček včelí královnou ve včelstvu. Dlouhodobým sledováním zmíněných veličin, nám může pomoci sestavit THI index u včel. Výzkum v oblasti včel se v současné době zaměřuje primárně na omezení vlivu parazitů či chorob na včelstva. Tyto poznatky mohou být využity v praxi z hlediska vhodnosti stanovišť pro včelstva, a také použití vhodných druhů úlů i materiálů pro jejich výrobu.

Byly vytvořeny 4 skupiny teplot pro každé sledované stanoviště (KM1, KM2, JČU); (1. skupina 10,0-19,9 °C; 2. skupina 20-29,4 °C; 3. skupina 29,5-34,3 °C a 4. skupina nad 34,4 °C), ke kterým byly přiřazeny příslušné hodnoty teplot, relativní vzdušené vlhkosti, rosného bodu a dále byly dpočítány směrodatné odchylky.

Tabulky 7, 8 a 9 zobrazují průměrné hodnoty teplot, vlhkosti a rosného bodu stanovišť KM1, KM2 a JČU, která jsou rozdělena do čtyř teplotních skupin. Teplota a relativní vzdušná vlhkost byly měřeny uvnitř i vně úlů v období duben 2014 – duben 2015. Nejvhodnější teploty pro rozvoj včelstva patří do teplotní skupiny 3 (29,5-34,3 °C) a 4 (teploty nad 34,4 °C). Z hlediska vlhkosti je nejvhodnější teplotní skupina 2 (20-29,4 °C) a 3 (29,5-34,3 °C). Relativní vzdušná vlhkost je jeden

z významných faktorů, který ovlivňuje život uvnitř úlu – kolonie a jako optimální se jeví 75 % (ELLIS et al., 2008). Právě vzdušná vlhkost je jeden z faktorů, který odlišuje různá stanoviště včelstev mezi sebou.

Naměřené hodnoty relativní vzdušné vlhkosti na stanovištích KM1, KM2 a JČU nejlépe odpovídají teplotní skupině 2 (20-29,4 °C) a 3 (29,5-34,3 °C). Nejvhodnější vlhkosti ve sledovaném období bylo dosaženo u stanoviště 3 (JČU), u teplotní skupiny 2. Vlhkost dosahovala hodnot u vnitřního měření 75,95 % a vnějšího měření 75,59 %. Nelze ovšem opomenout fakt, že pro vlastní rozvoj včelstva (kam patří i prolety vlastních včel ať už při hledání zdrojů snůšky, tak i nutnost vyprázdnění výkalového vaku apod.) jsou důležité i teploty patřící do skupiny 1 a 2. „Proletovou teplotou“ (10 °C) resp. snůškovým teplotním „minimem“ lze charakterizovat skupinu č. 1.

S ohledem na optimální vzdušnou vlhkost uvnitř včelí kolonie (ELLIS et al., 2008) a poměrně vysokou teplotu v plodišti v rozsahu 33-36 °C (GRODZICKI et CAPUTA, 2005) a kolem medných zásob (OHTANI, 1992) je také nutné tento fakt zohlednit při hodnocení výsledků.

**Tabulka 7: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 1 (KM1)**

stanoviště	teplotní skupina	měření	teplota (°C)			vlhkost (%)			rosný bod		
			$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$
KM1	1	vnitřní	3,28	$\pm$	4,21	87,97	$\pm$	8,98	1,38	$\pm$	4,07
		vnější	3,18	$\pm$	4	90,64	$\pm$	5,44	1,75	$\pm$	3,82
	*2	vnitřní	14,24	$\pm$	2,77	77,73	$\pm$	14,67	10,06	$\pm$	3,24
		vnější	14,94	$\pm$	2,89	83,25	$\pm$	10,56	11,95	$\pm$	3,24
	*×3	vnitřní	23,6	$\pm$	2,58	54,52	$\pm$	11,96	13,49	$\pm$	3,23
		vnější	24,2	$\pm$	2,68	75,3	$\pm$	13,6	19,23	$\pm$	3,54
	×4	vnitřní	31,88	$\pm$	1,74	36,35	$\pm$	6,37	14,81	$\pm$	2,07
		vnější	32,22	$\pm$	1,78	62,81	$\pm$	9,88	23,96	$\pm$	2,65

\* Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřené vlhkosti pro rozvoj včelstev

× Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřených teplot pro rozvoj včelstev

**Tabulka 8: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 2 (KM2)**

stanoviště	teplotní skupina	měření	teplota (°C)	vlhkost (%)	rosný bod
------------	------------------	--------	--------------	-------------	-----------

			$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$
KM2	1	vnitřní	2,77	$\pm$	5,56	87,54	$\pm$	11,17	1,19	$\pm$	4,13
		vnější	3,47	$\pm$	3,85	87,73	$\pm$	6,22	1,6	$\pm$	3,72
	*2	vnitřní	14,28	$\pm$	2,74	78,63	$\pm$	14,18	10,3	$\pm$	3,23
		vnější	14,86	$\pm$	2,74	82,11	$\pm$	10,08	12,01	$\pm$	3,21
	*×3	vnitřní	23,32	$\pm$	2,47	56,9	$\pm$	12,28	13,89	$\pm$	3,08
		vnější	24,02	$\pm$	2,74	71,02	$\pm$	12,68	17,07	$\pm$	3,63
	×4	vnitřní	31,86	$\pm$	1,74	36,46	$\pm$	6,02	14,87	$\pm$	1,99
		vnější	32,06	$\pm$	1,68	57	$\pm$	12,14	21,92	$\pm$	4,13

\* Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřené vlhkosti pro rozvoj včelstev

× Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřených teplot pro rozvoj včelstev

**Tabulka 9: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 3 (JČU)**

stanoviště	teplotní skupina	měření	teplota (°C)			vlhkost (%)			rosný bod		
			$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$	$\bar{x}$	$\pm$	$s_x$
JČU	1	vnitřní	4,1	$\pm$	3,97	83,71	$\pm$	10,93	1,52	$\pm$	4,04
		vnější	3,94	$\pm$	3,93	81,78	$\pm$	7,36	1,04	$\pm$	3,74
	*2	vnitřní	14,5	$\pm$	2,76	75,95	$\pm$	15,25	9,9	$\pm$	3,82
		vnější	14,88	$\pm$	2,87	75,59	$\pm$	11,3	10,38	$\pm$	3,3
	*×3	vnitřní	23,57	$\pm$	2,57	53,72	$\pm$	14,26	12,77	$\pm$	3,91
		vnější	24,16	$\pm$	2,67	62,69	$\pm$	13,13	16,21	$\pm$	3,48
	×4	vnitřní	32,86	$\pm$	2,39	34,19	$\pm$	7,4	14,51	$\pm$	2,6
		vnější	32,42	$\pm$	2,2	50,99	$\pm$	11,77	20,53	$\pm$	3,43

\* Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřené vlhkosti pro rozvoj včelstev

× Nejvhodnější teplotní skupiny z hlediska naměřených teplot pro rozvoj včelstev

### 6.3 Výsledky reprodukce pozorovaných včelstev z jednotlivých stanovišť

Naměřená data přístrojem Humidity/Temperature Datalogger Model RHT10 byla zaznamenávána v hodinových intervalech. Z naměřených hodnot byly vytvořeny průměry hodnot za sedm dnů. Míra zaklazenosti buněk na včelím rámcu včelí královnou byla pozorována v týdenních intervalech. Zaklazenost buněk byla přepočtena na počet buněk rozměru včelího rámcu.

### **Stanoviště 1 - Kamenný Malíkov (KM1)**

Statistické ukazatele změřených, pozorovaných a vypočtených hodnot jsou znázorněny v tabulce 10. Naměřená minimální vnitřní teplota v roce 2014 a 2015 byla 13 a 11 °C. V roce 2016 byla naměřena minimální vnitřní teplota 4 °C. Tyto hodnoty odpovídají tvrzení VESELÝ et al. (2013), kteří uvádějí při zimování včelstva na dvou nástavcích i záporné teploty. Tyto výsledky měření jsou dány pohybem včelího hnízda (hroznu) v úlu. Reprodukce včelstva je ovlivněna především vnější teplotou okolí a délkou dne a noci.

Minimální teplota pro let včel je 10-12 °C. Tato teplota umožňuje včelím dělnicím přinášet do úlu vodu a potravu z okolní krajiny. Tímto začíná docházet k tzv. rozvoji včelstev.

Včelí královnou bylo zakladeno v letech 2014 a 2015 v průměru 7367 a 8022 buněk na rámcích v týdenních intervalech. V roce 2016 (březen až květen) bylo pozorováno v průměru množství zaklazených buněk v týdenních intervalech okolo 2718. Menší množství zjištěných buněk odpovídá období pozorování prvních jarních měsíců. Zjištěné množství včelího plodu odpovídá podmínkám mírného klimatického pásu (včelí královna naklade až 1500 vajíček/den), které jsou také popsány VESELÝM et al. (2013); TAUTZEM et HEILMANNOVOU (2007).

Průměrná vnitřní vlhkost vzduchu se pohybuje ve sledovaném období v rozmezí 73 až 80 %. Naměřené hodnoty odpovídají tvrzení FLORESE et al. (1996); ELLIS et al. (2008): Optimální vlhkost vzduchu v okolí vývoje včelího plodu je udržována včelami na hodnotách okolo 75 %.

**Tabulka 10: Popisné statistiky na stanovišti 1 (KM1)**

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Medián	Modus	Četnost (modu)	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
KM1	2014	Ptvne	23	16,2	16,0	15,0	4,0	9,0	23,0	15,2	3,9
		Ptvni	23	20,0	20,0	23,0	5,0	13,0	26,0	12,5	3,5
		Pvne	23	74,0	74,0	Vícenás.	2,0	47,0	88,0	88,1	9,4
		Pvni	23	78,5	77,0	88,0	3,0	57,0	97,0	120,5	11,0
		PRBvne	23	10,8	11,0	8,0	5,0	5,0	15,0	8,3	2,9
		PRBvni	23	15,6	16,0	Vícenás.	3,0	9,0	21,0	10,9	3,3
		Nramku	23	4,9	5,0	4,0	5,0	2,0	8,0	3,3	1,8
		Nbunek	23	7367,4	6800,0	6800,0	2,0	700,0	13200,0	12756047,4	3571,6
KM1	2015	Ptvne	25	15,4	14,0	Vícenás.	3,0	1,0	26,0	34,8	5,9
		Ptvni	25	22,4	24,0	Vícenás.	3,0	11,0	32,0	45,2	6,7
		Pvne	25	72,2	76,0	Vícenás.	3,0	48,0	94,0	112,3	10,6
		Pvni	25	73,8	73,0	Vícenás.	3,0	59,0	88,0	86,3	9,3
		PRBvne	25	9,7	10,0	13,0	5,0	1,0	14,0	14,8	3,8
		PRBvni	25	17,3	19,0	21,0	5,0	5,0	25,0	36,6	6,1
		Nramku	25	5,4	6,0	6,0	5,0	1,0	10,0	6,1	2,5
		Nbunek	25	8022,0	8700,0	Vícenás.	2,0	1200,0	15200,0	19770433,3	4446,4
KM1	2016	Ptvne	8	6,9	6,0	Vícenás.	2,0	1,0	16,0	26,7	5,2
		Ptvni	8	11,4	11,5	12,0	2,0	4,0	22,0	29,4	5,4
		Pvne	8	77,6	78,0	82,0	2,0	67,0	92,0	72,3	8,5
		Pvni	8	81,3	80,0	88,0	2,0	73,0	88,0	30,8	5,5
		PRBvne	8	3,0	1,5	Vícenás.	2,0	0,0	11,0	14,3	3,8
		PRBvni	8	8,1	7,5	Vícenás.	1,0	2,0	19,0	26,1	5,1
		Nramku	8	3,3	3,5	4,0	3,0	1,0	5,0	1,6	1,3
		Nbunek	8	2718,8	2575,0	Vícenás.	1,0	800,0	5600,0	2108526,8	1452,1

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočtené množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

## Stanoviště 1 - Kamenný Malíkov (KM1)

V tabulce 11 jsou znázorněny korelace mezi naměřenými hodnotami v pozorovacím období 2014 až 2016. Z tabulky je vidět, že průměrná vnější teplota má negativní korelaci s průměrnou vlhkostí vnější ve všech třech letech. Tato korelace je statisticky významná na hladině  $P < 0,05$ . Tato korelace byla nejvyšší v roce 2015. Korelační koeficient činil  $r = -0,767$ . Rok 2016 byl podobný. Nejnižší korelační koeficient byl v roce 2014,  $r = -0,570$ . Z těchto korelací je vidět, že rok 2015 byl nejteplejším pozorovaným obdobím na stanovišti 1 v Kamenném Malíkově.

V jarním období mohou ve včelstvu vyšší hodnoty vnějších teplot ušetřit námahu včelích dělnic s regulací vnitřní teploty a vlhkosti. Dojde i k rychlejšímu rozvoji včelstva. Naopak v letním období mohou vnější vysoké teploty způsobovat přehřívání úlu. Včelí dělnice musejí přinášet více vody do úlu a ochlazovat prostředí v okolí včelího plodu. U vnitřní teploty uvnitř úlu je korelace s vnitřní vlhkostí vzduchu pozitivní. Korelace je statisticky nevýznamná na hladině  $P < 0,05$ .

Průměrné množství zakladených buněk zjištěných v týdenních intervalech má pozitivní korelace s průměrnými teplotami vnějšími i vnitřními. Nejvyšší korelační koeficient byl dosažen u průměrných teplot vnějších v roce 2015 ( $r = 0,799$ ). Nejnižší byl korelační koeficient zjištěn u průměrných teplot vnějších v roce 2014 ( $r = 0,427$ ).

Počty zakladených buněk mají statisticky významné negativní korelace na hladině  $P < 0,05$  u průměrné vlhkosti vnější i vnitřní. Čím více je zakladených buněk v úle a tím i rámků, tím usilovněji musejí včelí dělnice udržovat správnou teplotu i vlhkost pro správný vývoj včely v buňkách rámků.

**Tabulka 11: Korelace na stanovišti 1 (KM1)**

Označené korelace jsou významné na hladině  $P < 0,05$

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Sm.odch.	Ptvne	Ptvni	Pvne	Pvni	PRBvne	PRBvni	Nramku	Nbunek
KM1	2014	Ptvne	23	16,174	3,892	1,000	0,133	-0,570	-0,084	0,787	0,034	0,505	0,427
		Ptvni	23	19,957	3,535	0,133	1,000	-0,289	-0,366	0,026	0,735	0,318	0,335
		Pvne	23	73,957	9,388	-0,570	-0,289	1,000	0,411	0,045	0,008	-0,768	-0,598
		Pvni	23	78,478	10,979	-0,084	-0,366	0,411	1,000	0,182	0,349	-0,628	-0,656
		PRBvne	23	10,783	2,876	0,787	0,026	0,045	0,182	1,000	0,110	0,038	0,081
		PRBvni	23	15,609	3,299	0,034	0,735	0,008	0,349	0,110	1,000	-0,145	-0,160
		Nramku	23	4,870	1,817	0,505	0,318	-0,768	-0,628	0,038	-0,145	1,000	0,942
		Nbunek	23	7367,391	3571,561	0,427	0,335	-0,598	-0,656	0,081	-0,160	0,942	1,000
KM1	2015	Ptvne	25	15,400	5,895	1,000	0,654	-0,767	-0,304	0,880	0,592	0,816	0,799
		Ptvni	25	22,400	6,721	0,654	1,000	-0,439	-0,348	0,643	0,948	0,846	0,812
		Pvne	25	72,200	10,599	-0,767	-0,439	1,000	0,304	-0,424	-0,355	-0,558	-0,549
		Pvni	25	73,800	9,292	-0,304	-0,348	0,304	1,000	-0,254	-0,035	-0,455	-0,585
		PRBvne	25	9,680	3,848	0,880	0,643	-0,424	-0,254	1,000	0,600	0,777	0,763
		PRBvni	25	17,280	6,052	0,592	0,948	-0,355	-0,035	0,600	1,000	0,747	0,666
		Nramku	25	5,360	2,464	0,816	0,846	-0,558	-0,455	0,777	0,747	1,000	0,972
		Nbunek	25	8022,000	4446,396	0,799	0,812	-0,549	-0,585	0,763	0,666	0,972	1,000
KM1	2016	Ptvne	8	6,875	5,167	1,000	0,909	-0,753	-0,183	0,958	0,904	0,782	0,721
		Ptvni	8	11,375	5,423	0,909	1,000	-0,570	-0,155	0,920	0,988	0,786	0,863
		Pvne	8	77,625	8,501	-0,753	-0,570	1,000	0,620	-0,538	-0,505	-0,659	-0,314
		Pvni	8	81,250	5,548	-0,183	-0,155	0,620	1,000	0,061	-0,006	-0,191	0,107
		PRBvne	8	3,000	3,780	0,958	0,920	-0,538	0,061	1,000	0,947	0,737	0,807
		PRBvni	8	8,125	5,111	0,904	0,988	-0,505	-0,006	0,947	1,000	0,780	0,888
		Nramku	8	3,250	1,282	0,782	0,786	-0,659	-0,191	0,737	0,780	1,000	0,868
		Nbunek	8	2718,750	1452,077	0,721	0,863	-0,314	0,107	0,807	0,888	0,868	1,000

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočtené množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

## **Stanoviště 2 - Kamenný Malíkov (KM2)**

Statistické ukazatele změřených, pozorovaných a vypočtených hodnot stanoviště 2 jsou znázorněny v tabulce 12. Naměřená minimální vnitřní teplota v roce 2014 a 2015 byla 11 a 12 °C. V roce 2016 byla naměřena minimální vnitřní teplota 3 °C. Tyto hodnoty jsou podobné jako u stanoviště 1 (KM1).

Včelí královnou bylo zakladeno v letech 2014 a 2015 v průměru 8442 a 8048 buněk na rámcích v týdenních intervalech. V roce 2016 (březen až květen) bylo pozorováno v průměru množství zakladených buněk v týdenních intervalech okolo 2663. Menší množství zjištěných buněk odpovídá období pozorování prvních jarních měsíců. Zjištěné množství včelího plodu na stanovišti 2, bylo vyšší než u stanoviště 1. Rozdíl mohl být způsoben podmínkami stanoviště. Včelstva na stanovišti jedna jsou umístěná ve včelíně. V jarním období jsou úly ve včelínu více zastíněné. Klazení vajíček včelí královnou je také ovlivněno mnoha faktory uvnitř včelstva, např. kvalita potravy, množství včelích dělnic atd.

Průměrná vnitřní vlhkost vzduchu u pozorovaného včelstva na stanovišti 2 se pohybuje ve sledovaném období v rozmezí 72 až 79 %. Naměřené hodnoty opět odpovídají zjištěným hodnotám okolo 75 % optimální vlhkosti vzduchu v okolí vývoje včelího plodu v úlu (FLORES et al., 1996; ELLIS et al., 2008).



**Tabulka 12: Popisné statistiky na stanovišti 2 (KM2)**

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Medián	Modus	Četnost (modu)	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
KM2	2014	Ptvne	23	15,8	16,0	Vícenás.	4,0	8,0	22,0	14,4	3,8
		Ptvni	23	18,2	18,0	16,0	4,0	11,0	25,0	10,9	3,3
		Pvne	23	78,9	79,0	85,0	3,0	61,0	89,0	59,1	7,7
		Pvni	23	79,3	81,0	Vícenás.	3,0	60,0	90,0	61,8	7,9
		PRBvne	23	11,2	11,0	Vícenás.	4,0	6,0	16,0	8,5	2,9
		PRBvni	23	14,0	14,0	13,0	5,0	9,0	18,0	6,0	2,4
		Nramku	23	5,3	5,0	3,0	5,0	1,0	9,0	5,8	2,4
		Nbunek	23	8441,7	8500,0	Vícenás.	2,0	500,0	15400,0	19124978,7	4373,2
KM2	2015	Ptvne	25	16,0	14,0	14,0	5,0	9,0	26,0	23,5	4,8
		Ptvni	25	21,4	21,0	Vícenás.	3,0	12,0	32,0	44,5	6,7
		Pvne	25	70,3	70,0	78,0	3,0	48,0	83,0	76,5	8,7
		Pvni	25	71,7	75,0	81,0	4,0	51,0	89,0	115,0	10,7
		PRBvne	25	10,6	11,0	12,0	5,0	3,0	15,0	11,8	3,4
		PRBvni	25	15,6	16,0	Vícenás.	3,0	5,0	24,0	30,7	5,5
		Nramku	25	5,5	6,0	6,0	6,0	0,0	11,0	7,8	2,8
		Nbunek	25	8048,0	8700,0	10800,0	2,0	0,0	15400,0	24080100,0	4907,1
KM2	2016	Ptvne	8	8,3	9,0	9,0	3,0	2,0	15,0	17,6	4,2
		Ptvni	8	10,6	11,0	11,0	2,0	3,0	20,0	31,7	5,6
		Pvne	8	76,8	78,5	79,0	2,0	69,0	84,0	33,1	5,8
		Pvni	8	79,5	79,5	Vícenás.	2,0	73,0	85,0	15,1	3,9
		PRBvne	8	4,1	4,0	Vícenás.	2,0	0,0	11,0	13,3	3,6
		PRBvni	8	7,0	6,5	Vícenás.	1,0	1,0	16,0	28,0	5,3
		Nramku	8	3,3	3,5	Vícenás.	3,0	0,0	5,0	2,2	1,5
		Nbunek	8	2662,5	2700,0	Vícenás.	1,0	0,0	5600,0	2622678,6	1619,5

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočet množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

## Stanoviště 2 - Kamenný Malíkov (KM2)

V tabulce 13 jsou znázorněny korelace mezi naměřenými hodnotami v pozorovacím období 2014 až 2016. Z tabulky je vidět, že průměrná teplota vnější má negativní korelaci s průměrnou vlhkostí vnější ve všech třech letech. Tato korelace je statisticky významná na hladině  $P < 0,05$  jen v roce 2015, kdy korelační koeficient dosáhl hodnoty  $r = -0,522$ . Ve zbylých dvou letech sledování se korelační koeficient přibližoval hladině  $P < 0,05$ .

Z korelací je vidět, že rok 2015 byl také nejteplejším pozorovaným obdobím na stanovišti 2 v Kamenném Malíkově. Mírný rozdíl je vidět na korelačních koeficientech mezi průměrnou vnější teplotou a průměrnou vnější vlhkostí. Důvodem je místo umístění včelstev, kdy úly jsou chráněny porostem remízku.

V jarním období může mít zastínění úlů stromy, negativní vliv na rozvoj včelstva. Klazení vajíček včelí královnou může být nižší a může se projevit negativně na produkci medu. Naopak v letním období je výhoda vegetace v okolí úlů. Vegetace (stromy, keře) zabrání přehřívání úlů. Včelí dělnice musejí přinášet více vody do úlu a ochlazovat prostředí v okolí včelího plodu. U průměrné vnitřní teploty uvnitř úlu je korelace s průměrnou vnitřní vlhkostí vzduchu negativní. Korelace je statisticky významná na hladině  $P < 0,05$  v roce 2015  $r = -0,510$ . V pozorovaném včelstvu musela být v určitém měsíci vegetačního období zřejmě vyšší teplota a tím byla i nižší vlhkost. Včely se proti vyšším teplotám uvnitř úlu brání ochlazováním pomocí vody.

Průměrné množství zakladených buněk zjištěných v týdenních intervalech má pozitivní korelace s průměrnými teplotami vnějšími i vnitřními. Nejvyšší korelační koeficient byl dosažen u průměrných teplot vnějších v roce 2016 ( $r = 0,873$ ). Nejnižší byl korelační koeficient u průměrné teploty vnější v roce 2014 ( $r = 0,557$ ).

Počty zakladených buněk mají statisticky významné negativní korelace na hladině  $P < 0,05$  u průměrné vlhkosti vnější i vnitřní v letech 2014 a 2015. V roce 2016 je korelace nevýznamná. Mezi stanovištěm 1, kterým je včelín jsou vidět rozdíly v korelačních koeficientech se stanovištěm 2, kterým je remízek. Obě stanoviště jsou umístěné v katastrálním území obce Kamenný Malíkov.

**Tabulka 13: Korelace na stanovišti 2 (KM2)**

Označené korelace jsou významné na hladině  $P < 0,05$

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Sm.odch.	Ptvne	Ptvni	Pvne	Pvni	PRBvne	PRBvni	Nramku	Nbunek
KM2	2014	Ptvne	23	15,826	3,798	1,000	0,246	-0,483	-0,325	0,536	0,092	0,624	0,557
		Ptvni	23	18,217	3,302	0,246	1,000	-0,279	-0,418	0,169	0,515	0,410	0,423
		Pvne	23	78,913	7,687	-0,483	-0,279	1,000	0,581	0,007	-0,192	-0,809	-0,832
		Pvni	23	79,348	7,860	-0,325	-0,418	0,581	1,000	0,076	-0,058	-0,654	-0,640
		PRBvne	23	11,217	2,923	0,536	0,169	0,007	0,076	1,000	0,078	0,055	0,004
		PRBvni	23	13,957	2,440	0,092	0,515	-0,192	-0,058	0,078	1,000	-0,036	0,031
		Nramku	23	5,304	2,401	0,624	0,410	-0,809	-0,654	0,055	-0,036	1,000	0,978
		Nbunek	23	8441,739	4373,211	0,557	0,423	-0,832	-0,640	0,004	0,031	0,978	1,000
KM2	2015	Ptvne	25	15,960	4,843	1,000	0,665	-0,522	-0,516	0,739	0,523	0,795	0,844
		Ptvni	25	21,440	6,671	0,665	1,000	-0,303	-0,510	0,736	0,924	0,884	0,833
		Pvne	25	70,280	8,749	-0,522	-0,303	1,000	0,636	-0,233	-0,074	-0,454	-0,443
		Pvni	25	71,680	10,723	-0,516	-0,510	0,636	1,000	-0,305	-0,146	-0,473	-0,565
		PRBvne	25	10,560	3,429	0,739	0,736	-0,233	-0,305	1,000	0,698	0,793	0,833
		PRBvni	25	15,640	5,537	0,523	0,924	-0,074	-0,146	0,698	1,000	0,804	0,696
		Nramku	25	5,520	2,786	0,795	0,884	-0,454	-0,473	0,793	0,804	1,000	0,927
		Nbunek	25	8048,000	4907,148	0,844	0,833	-0,443	-0,565	0,833	0,696	0,927	1,000
KM2	2016	Ptvne	8	8,250	4,200	1,000	0,995	-0,458	-0,350	0,941	0,971	0,857	0,873
		Ptvni	8	10,625	5,630	0,995	1,000	-0,414	-0,277	0,950	0,988	0,831	0,866
		Pvne	8	76,750	5,751	-0,458	-0,414	1,000	0,849	-0,155	-0,357	-0,492	-0,251
		Pvni	8	79,500	3,891	-0,350	-0,277	0,849	1,000	-0,106	-0,167	-0,469	-0,214
		PRBvne	8	4,125	3,643	0,941	0,950	-0,155	-0,106	1,000	0,949	0,731	0,829
		PRBvni	8	7,000	5,292	0,971	0,988	-0,357	-0,167	0,949	1,000	0,762	0,820
		Nramku	8	3,250	1,488	0,857	0,831	-0,492	-0,469	0,731	0,762	1,000	0,911
		Nbunek	8	2662,500	1619,469	0,873	0,866	-0,251	-0,214	0,829	0,820	0,911	1,000

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočtené množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

### **Stanoviště 3 – Zemědělská fakulta (JČU)**

Statistické ukazatele změřených, pozorovaných a vypočtených hodnot stanoviště 3 jsou znázorněny v tabulce 14. Naměřená minimální vnitřní teplota v roce 2014 a 2015 byla 14 a 12 °C. V roce 2016 byla naměřena minimální vnitřní teplota 4 °C. Tyto hodnoty jsou podobné na stanovištích 1 a 2. Tyto výsledky měření jsou dány opět pohybem včelího hnízda (hroznů), v úlu. Reprodukce včelstva je ovlivněna především vnější teplotou okolí stanoviště včelstev a délkou dne a noci.

Včelí královnou bylo zakladeno v letech 2014 a 2015 v průměru 7424 a 8176 buněk na rámcích v týdenních intervalech. V roce 2016 (březen až květen) bylo pozorováno v průměru 4238 zakladených buněk v týdenních intervalech. Množství zakladených buněk bylo v roce 2016 na stanovišti 3 z pozorovaných stanovišť nejvyšší. Je to dáno umístěním stanoviště a nadmořskou výškou.

Průměrná vnitřní vlhkost vzduchu u pozorovaného včelstva na stanovišti 3 se pohybovala ve sledovaném období v rozmezí 68 až 73 %. Rok 2014 a 2015 byly naměřené téměř stejné průměrné hodnoty vlhkosti uvnitř pozorovaného úlu okolo 68 %. Tyto dva roky byly z pozorovaných období nejteplejší. Po dobu těchto dvou let byla včelstva umístěna na střeše budovy Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity. Z důvodu opravy budovy Zemědělské fakulty, byla včelstva v roce 2016 umístěna na pastvině vedle budovy. V tomto roce byla naměřena průměrná vlhkost 73 %. Střecha budovy se negativně odráží na vnitřní vlhkosti úlů. Včelstvo je nuceno v okolí plodu zvyšovat vlhkost přinášením vody z okolí stanoviště.

**Tabulka 14: Popisné statistiky na stanovišti 3 (JČU)**

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Medián	Modus	Četnost (modu)	Minimum	Maximum	Rozptyl	Sm.odch.
JČU	2014	Ptvne	23	16,9	16,0	16,0	4,0	10,0	24,0	15,1	3,9
		Ptvni	23	21,4	22,0	23,0	5,0	14,0	31,0	16,2	4,0
		Pvne	23	74,6	75,0	69,0	3,0	60,0	86,0	43,3	6,6
		Pvni	23	67,6	66,0	64,0	3,0	55,0	81,0	59,7	7,7
		PRBvne	23	11,7	12,0	Vícenás.	3,0	5,0	16,0	10,3	3,2
		PRBvni	23	14,7	15,0	16,0	7,0	7,0	20,0	8,2	2,9
		Nramku	23	5,8	6,0	6,0	7,0	3,0	8,0	1,7	1,3
		Nbunek	23	7423,9	7600,0	Vícenás.	2,0	3700,0	12250,0	4984515,8	2232,6
JČU	2015	Ptvne	25	17,8	17,0	16,0	4,0	10,0	27,0	24,7	5,0
		Ptvni	25	19,7	20,0	Vícenás.	3,0	12,0	29,0	23,9	4,9
		Pvne	25	66,5	66,0	72,0	4,0	49,0	80,0	67,1	8,2
		Pvni	25	67,0	68,0	Vícenás.	2,0	50,0	82,0	63,8	8,0
		PRBvne	25	10,4	11,0	11,0	5,0	3,0	16,0	13,7	3,7
		PRBvni	25	12,6	12,0	Vícenás.	4,0	6,0	19,0	14,6	3,8
		Nramku	25	5,5	5,0	3,0	4,0	1,0	10,0	6,8	2,6
		Nbunek	25	8176,0	7700,0	14200,0	2,0	900,0	15500,0	19974400,0	4469,3
JČU	2016	Ptvne	8	9,3	9,5	11,0	2,0	4,0	15,0	15,1	3,9
		Ptvni	8	16,5	17,0	Vícenás.	2,0	4,0	28,0	78,9	8,9
		Pvne	8	71,0	70,5	68,0	2,0	58,0	82,0	54,3	7,4
		Pvni	8	73,1	73,5	Vícenás.	1,0	66,0	79,0	20,1	4,5
		PRBvne	8	3,4	3,0	1,0	3,0	1,0	8,0	6,8	2,6
		PRBvni	8	11,5	11,5	Vícenás.	1,0	1,0	23,0	76,6	8,8
		Nramku	8	4,0	4,0	Vícenás.	2,0	1,0	6,0	2,9	1,7
		Nbunek	8	4237,5	4500,0	Vícenás.	1,0	800,0	6900,0	3954107,1	1988,5

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočet množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

### Stanoviště 3 – Zemědělská fakulta (JČU)

V tabulce 13 jsou znázorněny korelace mezi naměřenými hodnotami v pozorovacím období 2014 až 2016. Z tabulky je vidět, že průměrná teplota vnější má negativní korelaci s průměrnou vlhkostí vnější ve všech třech letech. Tato korelace je statisticky významná na hladině  $P < 0,05$ . V roce 2016 korelační koeficient dosáhl hodnoty  $r = -0,734$ . Ve zbylých dvou letech sledování byly korelační koeficienty nižší (viz tabulka 13). Je zřejmé, že průměrné vnější teploty v roce 2016 na stanovišti 3 byly nejvyšší.

Na stanovišti 1 bylo v roce 2016 dosaženo podobné korelace  $r = -0,753$ . Na stanovišti 2 byl korelační koeficient mezi průměrnou vnější teplotou a průměrnou vnější vlhkostí v roce 2016 nejnižší  $r = -0,458$ . Zde se nám potvrzuje na korelačních koeficientech vliv stanoviště na umístění úlů se včelstvy v krajině.

U průměrné vnitřní teploty uvnitř úlu je korelace s průměrnou vnitřní vlhkostí vzduchu negativní v letech 2014 a 2015. Korelace je statisticky významná na hladině  $P < 0,05$  v roce 2014  $r = -0,610$  a v roce 2015  $r = -0,603$ . V roce 2016 byl korelační koeficient kladný, ale nevýznamný  $r = 0,070$ . Vlhkost uvnitř úlů byla udržována včelami na vyšších hodnotách, tak aby došlo ke správnému vývoji včelího plodu.

Průměrné množství zakladených buněk zjištěných v týdenních intervalech má pozitivní korelace s průměrnými teplotami vnějšími i vnitřními. Nejvyšší korelační koeficient byl dosažen u průměrných teplot vnějších v roce 2016 ( $r = 0,970$ ). Nejnižší byl korelační koeficient u průměrné teploty vnější v roce 2014 ( $r = 0,581$ ). Počty zakladených buněk mají statisticky významné negativní korelace na hladině  $P < 0,05$  u průměrné vlhkosti vnější v pozorovaném období 2014 až 2016.

U korelačního koeficientu mezi průměrnými počty zakladených buněk a průměrnou vnitřní vlhkostí jsou korelace negativní a statisticky nevýznamné na hladině  $P < 0,05$ . Nejvyšší korelační koeficient byl v roce 2015  $r = -0,460$  a přibližoval statisticky významné hladině  $P < 0,05$ . Snaha včelích dělnic je udržovat optimální podmínky uvnitř úlu, aby došlo k správnému vývoji včelích jedinců, především včelích dělnic.

Tabulka 15: Korelace na stanovišti 3 (JČU)

Stanoviště	Rok	Sledovaný ukazatel	Počet pozorování	Průměr	Sm.odch.	Ptvne	Ptvni	Pvzne	Pvni	PRBvne	PRBvni	Nramku	Nbunek
JČU	2014	Ptvne	23	16,870	3,888	1,000	0,143	-0,510	0,193	0,902	0,351	0,511	0,581
		Ptvni	23	21,391	4,031	0,143	1,000	-0,213	-0,610	0,029	0,880	0,378	0,295
		Pvzne	23	74,565	6,584	-0,510	-0,213	1,000	0,165	-0,123	-0,186	-0,711	-0,729
		Pvni	23	67,565	7,727	0,193	-0,610	0,165	1,000	0,330	-0,181	-0,341	-0,337
		PRBvne	23	11,652	3,214	0,902	0,029	-0,123	0,330	1,000	0,279	0,283	0,339
		PRBvni	23	14,696	2,867	0,351	0,880	-0,186	-0,181	0,279	1,000	0,284	0,199
		Nramku	23	5,783	1,313	0,511	0,378	-0,711	-0,341	0,283	0,284	1,000	0,885
		Nbunek	23	7423,913	2232,603	0,581	0,295	-0,729	-0,337	0,339	0,199	0,885	1,000
JČU	2015	Ptvne	25	17,800	4,967	1,000	0,619	-0,530	-0,326	0,892	0,568	0,873	0,884
		Ptvni	25	19,720	4,886	0,619	1,000	-0,297	-0,603	0,576	0,902	0,831	0,831
		Pvzne	25	66,480	8,191	-0,530	-0,297	1,000	0,267	-0,098	-0,222	-0,371	-0,398
		Pvni	25	67,000	7,990	-0,326	-0,603	0,267	1,000	-0,243	-0,208	-0,469	-0,460
		PRBvne	25	10,360	3,695	0,892	0,576	-0,098	-0,243	1,000	0,561	0,836	0,829
		PRBvni	25	12,560	3,820	0,568	0,902	-0,222	-0,208	0,561	1,000	0,761	0,763
		Nramku	25	5,480	2,600	0,873	0,831	-0,371	-0,469	0,836	0,761	1,000	0,982
		Nbunek	25	8176,000	4469,273	0,884	0,831	-0,398	-0,460	0,829	0,763	0,982	1,000
JČU	2016	Ptvne	8	9,250	3,882	1,000	0,791	-0,734	-0,240	0,890	0,761	0,936	0,970
		Ptvni	8	16,500	8,880	0,791	1,000	-0,751	0,070	0,600	0,991	0,895	0,864
		Pvzne	8	71,000	7,368	-0,734	-0,751	1,000	0,268	-0,348	-0,707	-0,791	-0,787
		Pvni	8	73,125	4,486	-0,240	0,070	0,268	1,000	-0,175	0,198	-0,188	-0,300
		PRBvne	8	3,375	2,615	0,890	0,600	-0,348	-0,175	1,000	0,584	0,776	0,818
		PRBvni	8	11,500	8,751	0,761	0,991	-0,707	0,198	0,584	1,000	0,860	0,816
		Nramku	8	4,000	1,690	0,936	0,895	-0,791	-0,188	0,776	0,860	1,000	0,973
		Nbunek	8	4237,500	1988,494	0,970	0,864	-0,787	-0,300	0,818	0,816	0,973	1,000

Ptvne – průměrná teplota vnější; Ptvni – průměrná teplota vnější; Pvzne – průměrná vlhkost vnější; Pvni – průměrná vlhkost vnitřní; PRBvne – průměrný rosný bod vnější; PRBvni – průměrný rosný bod vnitřní; Nramku – počet rámků zakladených; Nbunek – přepočtené množství buněk na rámcích v týdenních intervalech

### 6.3.1 Grafické porovnání stanovišť

Na grafu 4 jsou graficky porovnána stanoviště 1, 2 a 3 s množstvím zakladených rámků za sledované období 2014, 2015, 2016. V průměru byl nejmenší počet zakladených rámků (3 - 5) ve sledovaném období na stanovišti 1. Důvodem mohlo být horší oplodnění včelí královny spermatem trubců. Důležitá je také správná výživa včelí královny během vývoje tak, aby byla správně vyvinuta pohlavní soustava včelí královny.

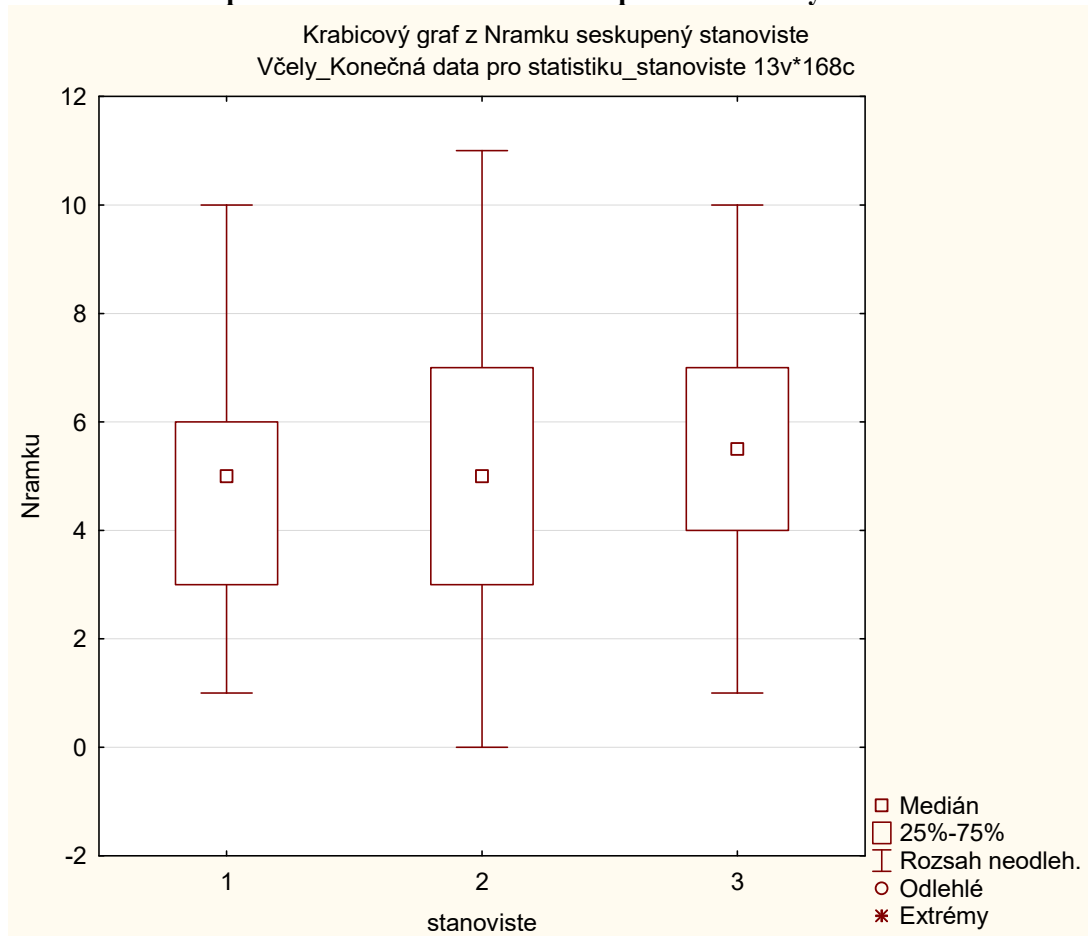
Vědci z několika vědeckých týmů zjistili, že vliv na oplodnění včelí královny mají správně vyvinuté spermie u trubců. Bylo zjištěno, že chemické látky používané v ochraně zemědělských plodin negativně ovlivňují vývoj spermií u trubců (BURLEY et al., 2008; JOHNSON et al., 2013; ROSSEAU et al., 2015).

Na stanovišti 2 byl v průměru rozsah zakladených rámků v rozmezí 3 až 7 během pozorovaných let. Včelí královna zakladla větší množství rámků na stanovišti 2 oproti stanovišti 1. Důvodem je vliv stanoviště, teploty a vlhkosti vnějšího prostředí. Dalším faktorem může být i správný vývoj včelí královny a dostatečné množství kvalitního spermatu trubců během spáření se včelí královnou během snubních letů.

Na stanovišti 3 byl v průměru počet zakladených rámků 4 – 7 v období pozorování 2014, 2015, 2016. Z hlediska počtu rámků bylo toto stanoviště vyrovnanější. Změřených teplotně vlhkostních ukazatelů je patrný vliv stanoviště. Rozvoj včelstva je ovlivněn příznivějšími teplotami v jarním období (nadmořská výška, střecha budovy, městská aglomerace).



**Graf 4: Grafické porovnání stanovišť z hlediska počtu zakladených rámků**



Na grafu 5 jsou graficky znázorněna stanoviště 1, 2 a 3 s průměrným počtem zakladených buněk na rámcích v týdenních intervalech během pozorování v letech 2014, 2015 a 2016.

Na stanovišti 1 bylo v průměru zakladeno včelí královnou necelých 3000 buněk v týdenním intervalu na počátku jara. Včelí královnou bylo zakladeno během vegetačního období v průměru něco málo přes 10 000 buněk na rámcích pozorovaných v týdenních intervalech.

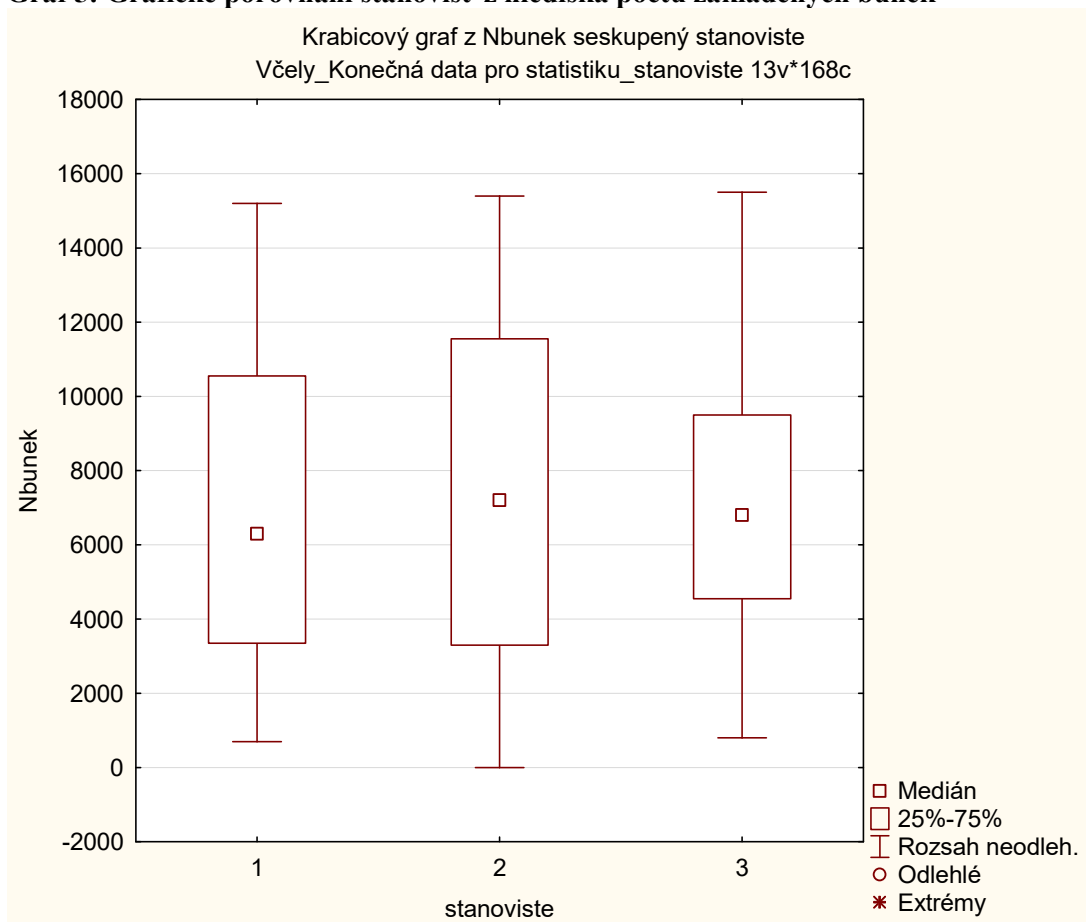
Na stanovišti 2 bylo pozorováno během pozorovacího vegetačního období 2014 až 2016 nejvyšší počet zakladených buněk různého stáří. V roce 2014 bylo při týdenních prohlídkách pozorovaného včelstva zjištěn nejvyšší počet zakladených buněk v počtu cca 11 800.

Na stanovišti 3 byl počet zakladených buněk včelí královnou nejmenší. Tento počet byl v průměru necelých 10 000 zakladených buněk na rámcích v týdenních intervalech. Příčinou může být menší množství potravy, které je včelími

dělnicemi přinášeno do úlu během vegetačního (snůškového) období (konec července, srpen). Je to dáno tím, že stanoviště 3 je umístěno ve městě.

Stanoviště 1 a 2 se nacházejí na území vesnice, kde jsou poměrně rozsáhlé lesy louky, rybníky a také pole s nektarodárnými plodinami. Během vegetačního období je zabezpečena rovnoměrnost potravy pro včely v okolní krajině. Pestrost okolní krajiny ve městech v určité fázi vegetačního období může včelám chybět a odráží se v reprodukci včelí královny.

**Graf 5: Grafické porovnání stanovišť z hlediska počtu zakladených buněk**



## 7 ZÁVĚR

Ve sledovaném období 2014 až 2016 byly pozorovány tři stanoviště včelstev s odlišnými podmínkami (budova, včelín, remízek). Na každém stanovišti bylo pozorováno jedno včelstvo s měřicí technikou. Pozorovaná včelstva byla s množstvím včel podobně silná. Včelí královny byly věkově stejně staré. Na stanovišti 3 (JČU) byly sledovány pomocí úlové sestavy zvuk a později ještě hmotnost úlu.

1. Měřenými hodnotami byly vnitřní a vnější teplota, vnitřní a vnější relativní vlhkost a rosný bod. Průměrné hodnoty pozorovaných vnějších ukazatelů mají významný vliv na vnitřní pozorované hodnoty teplot, relativní vlhkosti i rosného bodu. Statisticky vyhodnocené ukazatele poukázaly na rozdíly mezi pozorovanými stanovišti.

Největší rozdíl byl zaznamenán u průměrné vnitřní vlhkosti vzduchu v úlu sledovaných stanovišť. Na stanovištích 1 a 2 byla naměřena průměrná vnitřní vlhkost vzduchu vždy přes 70 % ve sledovaném období 2014 - 2016. Vlhkost vzduchu se blížila k optimální hodnotě 75 %, která je vhodná pro správný vývoj včelího plodu.

Na stanovišti 3, byl zaznamenán rozdíl v průměrné vnitřní vlhkosti vzduchu, mezi střechou budovy Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity a pastvinou vedle budovy. U pozorovaného včelstva umístěného na střeše dosahovala průměrná vnitřní vlhkost v roce 2014 hodnoty 67,6 % a v roce 2015 obdobné hodnoty 67 %. V roce 2016 byla včelstva umístěna mimo budovu na pastvinu z důvodu rekonstrukce. V tomto roce byla naměřena průměrná vnitřní vlhkost vzduchu 73 %.

2. Korelační koeficienty mezi vnitřní teplotou a vnitřní vlhkostí byly negativní a také pozitivní. Tyto korelace byly nevýznamné na hladině  $P < 0,05$ . Z těchto výsledků vyplývá, že včelstvo je schopné snižovat respektive zvyšovat vlhkost i teplotu vzduchu uvnitř úlu pro správný vývoj včelího plodu. Velkou roli hraje ve vegetačním období dostupnost povrchových zdrojů vody v okolí stanoviště včelstev.

3. V případě intenzity zvuku, vyjádřené jako zvukový výkon na jednotku plochy byl průkazný rozdíl zjištěný mezi skupinou 0 ( $36,71 \text{ W.m}^{-2}$ ) a 3 ( $26,25 \text{ W.m}^{-2}$ ). Dále mezi skupinou 1 ( $35,22 \text{ W.m}^{-2}$ ) a 2 ( $41,43 \text{ W.m}^{-2}$ ), resp. 3 ( $26,25 \text{ W.m}^{-2}$ ).

Průkazný rozdíl byl zjištěný i mezi teplotní skupinou 2 a 3. V případě skupiny 3 byla zjištěna nejnižší úroveň intenzity zvuku,  $26,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

**4.** Z korelačních koeficientů v rámci jednotlivých teplotních skupin (0-3) a intenzitou zvuku vyplývá, že s rostoucí vnější teplotou dochází k vyššímu stupni vnitřní tepelné regulace uvnitř úlu. Včelstvo tak reaguje na změny vnějších podmínek.

**5.** Nejvhodnější podmínky pro rozvoj včelstva, z hlediska teplotního rozmezí byly pro skupinu 3 ( $29,5\text{-}34,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a 4 (teploty nad  $34,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Pro relativní vzdušnou vlhkost je nejvhodnější teplotní skupina 2 ( $20\text{-}29,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a 3 ( $29,5\text{-}34,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Vlhkostní optimum pro včely ve sledovaném období bylo dosaženo u stanoviště 3 (JČU) u teplotní skupiny 2. Vlhkost dosahovala hodnot u vnitřního měření  $75,95 \%$  a vnějšího měření  $75,59 \%$ .

**6.** Nejnižší reprodukce včelstva ohledně počtu zakladených rámků (3 - 5) včelí královnou ve sledovaném období 2014 až 2016 byla na stanovišti 1. Na stanovišti 3 byl průměrný počet zakladených rámků 4 – 7 v období pozorování 2014, 2015, 2016. Z hlediska počtu rámků bylo toto stanoviště vyrovnanější. Důvodem může být umístění stanoviště na střeše Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity a také nadmořská výška stanoviště 3 oproti stanovištím 1 a 2. Vyšší teploty jsou příznivější pro rozvoj včelstva v jarním období.

**7.** Počet zakladených buněk včelí královnou byl nejvyšší na stanovišti 2 ve sledovaném vegetačním období 2014, 2015 a 2016. Na stanovišti 3 byl průměrný počet zakladených buněk včelí královnou nejnižší ze sledovaných stanovišť. Příčinou může být menší množství potravy, které je včelími dělnicemi přinášeno do úlu během vegetačního (snůškového) období. Dalším negativním vlivem mohlo mít na reprodukci včelí královny pozorovaného včelstva na stanovišti 3 sušší a výrazně teplotně vyšší vegetační období sledovaných let 2014 až 2016.

**8.** Včelaření na střeších budov je možné. Z hlediska vysokých teplot, které v posledních letech nastávají v jarních i letních měsících je potřeba ochránit úly včelstev. Pokud to konstrukce střech budovy umožňuje, je vhodné nad úly vytvořit přístřešek, který by chránil úly před slunečními paprsky a vysokými teplotami. Pokud nedojde ke kvalitnímu oplodnění včelí královny trubci, může dojít k nedostatečnému vylíhnutí počtu včelích dělnic pro přezimování včelstva.

**9.** Dálkové zjišťování sledovaných ukazatelů stanovišť včelstev je možné provádět nejen v dostupných, ale i v poměrně nedostupných lokalitách díky technickým řešením, která v případě vhodně zvolených sledovaných ukazatelů,

nemusejí být finančně náročná. Sledování teploty v plodišti včelstva je jedním ze základních předpokladů pro stanovení počátečního rozvoje včelstva v předjaří. Díky tomu lze minimalizovat počet zásahů do včelstva a udržet požadovaný přirozený rozvoj, což je vhodné pro stále více se rozmáhající tzv. víkendové včelaření, kterému se věnují především různí hobby chovatelé.

Výsledky práce přinášejí nové informace o včelstvech, které mohou přispět k problematice chovu včelstev. Závěry z vyhodnocených výsledků lze použít pro chovatelskou praxi pro výběr vhodnosti stanoviště ve svém bydlišti. Výběr stanoviště je velmi důležitý pro chovaná včelstva. V dnešní době, kdy včelařství zažívá renesanci v České republice, je správný výběr stanoviště pro včelstva stále málo diskutovaným tématem.

Současné ubývání přirozeného prostředí, má velký vliv na chovaná včelstva. Je potřeba pomocí techniky získat data v co nejdelším časovém horizontu, tak aby mohly být potvrzeny některé teorie negativního vlivu vnějšího prostředí na rozvoj a fungování včelího společenstva.

## **8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. ARMSTRONG, D. V. (1994): Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*, 77, 2044-2050.
2. BANKOVA, V., POPOVA, M., BOGDANOV, S., SABATINI, A. G. (2002): Chemical Composition of European Propolis: Expected and Unexpected Results. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 57, 530-533.
3. BECHER, M. A., HILDENBRANDT, H., HEMELRIJK, C. K., MORITZ, R. F. A. (2010): Brood temperature, task division and colony survival in honey bees: A model. *Ecological Modelling*, 221, 769-776.
4. BIENEFELD, K., PIRCHNER, F. (1990): Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). *Apidologie* 21, 175-183.
5. BOHMANOVÁ, J., MISZTAL, I., COLE, J. B. (2007): Temperature humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90, 1947 – 1956.
6. BOURAOUI, R., LAHMAR, M., MAJDOUB, A., DJEMALI, M., BELYEA, R., (2002): The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research*, 51, 479 – 491.
7. BRASCAMP, E.W., WILLAM, A., BOIGENZAHN, Ch., BIJMA, P., VEERKAMP, R.F. (2016): Heritabilities and genetic correlations for honey yield, gentleness, calmness and swarming behaviour in Austrian honey bees. *Apidologie* 47, 739-748.
8. BURLEY, L. M., FELL, R. D., SAACKE, R. G. (2008): Survival of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Spermatozoa Incubated at Room Temperature from Drones Exposed to Miticides. *Journal of Economic Entomology*, (101), 4, 1081-1087.
9. BÜCHLER, R. (1996): Selektion auf Bruthygiene in der Kirchhainer Population. *Apidologie*, 27, 280.
10. CIMALA, P. (2012): Vliv oplozovacího stanoviště na čistotu chovu. *Věda a výzkum včelařské praxi*, Twin s.r.o., Olomouc. p. 30 s.
11. COBEY, S. W. (2007): Comparison studies of instrumentally inseminated and naturally mated honey bee queens and factors affecting their performance. *Apidologie* .38, 390–410.
12. CUTÁKOVÁ, Z., KLÍMA, Z. (2014): Za slavnými včelařskými malbami: Cuevas de la Araña. *Moderní včelař*. PSNV-CZ, 5, 24-25.

13. CRAILSHEIM, K., EGGENREICH, U., RESSI, R., SZOLDERITS, M. (1999a): Temperature preference of honey bee drones (*Hymenoptera: Apidae*). *Entomologia Generalis*, 24, 37-47.
14. CRAILSHEIM, K., STABENTHEINER, A., HRASSNIGG, N., LEONHARD, B. (1999): Oxygen consumption at different activity levels and ambient temperatures in isolated honeybees (*Hymenoptera: Apidae*). *Entomologia Generalis*, 24, 001–012.
15. ČAVOJSKÝ, V., HARAGSIM, O., HARAGSIMOVÁ, L., KRESÁK, M., MAČIČKA, M. (1981): *Včelárstvo. Příroda*, Bratislava, 628 s.
16. ČERMÁK, K. (1989): Hodnocení medné užítkovosti včely medonosné. (Kandidátská disertační práce). Vysoká škola zemědělská v Praze, 72 s. In: *Selekce a plemenitba zaměřená na mednou užítkovost včely medonosné*. Mendelova univerzita v Brně. Brno, p. 7. Dostupné z <<http://mendelu.apridal.cz/skripta/obsah.htm>>.
17. DE VECCHI, E., DRAGO, L. (2007): Propolis antimicrobial activity: what's new? *Le Infezioni in Medicina*, 1, 7-15.
18. DIETEMANN, V., ELLIS, J. D., NEUMANN, P. (eds.); (2013): *The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for Apis mellifera research*. Journal of Apicultural Research, 52. Treforest: IBRA, International Bee Research Association.
19. DOSTÁL, M. (2017): Termosolární úl – praktické zkušenosti. *Včelařství*, 70 (7), 226-228.
20. DOULL, K. M. (1976): The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie*, 7, 61–66.
21. DRAŠAR, J., BACÍLEK, J., PROCHÁZKA, O., VANČURA, J. (1987): *Včelařství. Státní zemědělské nakladatelství*. Praha, p. 312.
22. ELLIS, M. B., NICOLSON, S. W., CREWE, R. M., DIETEMANN, V. (2008): Hygropreference and brood care in the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, 54 (12), 1516-1521.
23. ESCH, H. (1960): Über die Körpertemperaturen und den Wärmehaushalt von *Apis mellifica*. *Vergleichende Physiologie*, 43, 305-335.
24. ESKOV E. K. (2013): *Generation, Perception, and Use of Acoustic and Electric Fields in Honeybee Communication*. Russian State Agrarian Correspondence University, Balashikha, Moscow Region, 143900 Russia, 827-836.
25. FAHRENHOLZ, L., LAMPRECHT, L., SCHRICKER, B. (1989): Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and

winter and heat production of members of different bee castes. *Journal of Comparative Physiology*, B159, 551 – 560.

**26.** FERRARI, S., SILVA, M., GUARINO, M., BERCKMANS, D. (2008): Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period. *Science Direct*, 64, 72-77.

**27.** FLORES, J. M., RUIZ, J. A., RUZ, J. M., PUERTA, F., BUSTOS, M., PADILLA, F., CAMPANO, F. (1996): Effects of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions. *Apidologie*, 2, 185–192.

**28.** GEISLER, V., BERÁNEK, V., LISÝ, E. (1956): *Včelařská encyklopedie*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, p. 815.

**29.** GRODZICKI, P., CAPUTA, M. (2005): Social versus individual behaviour: a comparative approach to thermal behaviour of the honey bee (*Apis mellifera L.*) and the American cockroach (*Periplaneta americana L.*). *Journal of Insect Physiology*, 51, 315 - 322.

**30.** GROH, C., TAUTZ, J., RÖSSLER, W. (2004): Synaptic organization in the adult honey bee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(12), 4268-4273.

**31.** HAHN, G. L. (1999): Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*, 77, 10 - 20.

**32.** HAN, X., SHEN, T., LOU, H. (2007): Dietary Polyphenols and Their Biological Significance. *International Journal of Molecular Science*. 8, 950-988.

**33.** HANDL, B. (1991): *Včelí produkty ve výživě člověka a v lékařství*. Základní organizace Českého svazu včelařů, Kunštát. p. 23.

**34.** HARRISON, J. M. (1987): Roles of individual honeybee workers and drones in colonial thermogenesis. *Journal of Experimental Biology*, 129, 53–61.

**35.** HEATH, L. A. F. (1982): Development of chalk brood in a honeybee colony: a review. *Bee World*, 63, 119-135.

**36.** HEINRICH, B. (1974): Thermoregulation in endothermic insects. *Science*, 185, 747–756.

**37.** HEINRICH, B. (1979a): Thermoregulation of African and European honeybees during foraging, attack, and hive exits and returns. *Journal of Experimental Biology*, 80, 217–229.



38. HEINRICH, B. (1979b): Keeping a cool head: honeybee thermoregulation. *Science*, 205, 1269 – 1271.
39. HEINRICH, B. (1980a): Mechanisms of body-temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera*. I. Regulation of head temperature. *Journal of Experimental Biology*, 85, 61–72.
40. HEINRICH, B. (1980b): Mechanisms of body-temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera*. II. Regulation of thoracic temperature at high air temperature. *Journal of Experimental Biology*, 85, 73–85.
41. HEINRICH, B. (1993): *The Hot-Blooded Insects. Hot-Headed Honeybees.* Harvard University Press, Cambridge, pages 292–322.
42. HEINRICH, B. (1996): How the honey bee regulates its body temperature. *Bee World*, 77, 130–137.
43. HERAN, H. (1952): Untersuchungen über den Temperatursinn der Honigbiene *Apis mellifica* unter besonderer Berücksichtigung der Wahrnehmung strahlender Wärme. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 34, 179-206.
44. HIMMER, A. (1927): Ein Beitrag zur Kenntnis des Wärmehaushaltes im Nestbau sozialer Hautflügler. *Vergleichende Physiologie*, 5, 375-389.
45. HRUŠKA, L. (2015): Pevnosti proti medvědům aneb Jak brání své včelnice severošpanělsí včelaři. *Moderní včelař. PSNV-CZ*, 5, 38-41.
46. HUMAN, H., NICOLSON, S. W. (2006): Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry*, 67, 1486-1492.
47. HUMAN, H., NICOLSON, S. W., DIETEMANN, V. (2006): Do honeybees, *Apis mellifera* *scutellata*, regulate humidity in their nest? *Naturwissenschaften*, 93, 397-401.
48. HUMAN, H., NICOLSON, S. W. STRAUSS, K., PIRK, C. W. W., DIETEMANN, V. (2007): Influence of pollen quality on ovarian development in honeybee workers (*Apis mellifera* *scutellata*). *Journal of Insect Physiology*, 53, 649-655.
49. HUNTH, G. J., PAGE, R. E., FONDRK, M. K., DULLUM, C. J. (1995): Major quantitative trait loci affecting honey bee foraging behavior. *Genetics*. (4), 141, 1537–1545.
50. JINDRA J. Využití akustické technologie pro vyhodnocování stavu včelstev. Available from [http://jivcela.sweb.cz/Poslouchame\\_vcely.html](http://jivcela.sweb.cz/Poslouchame_vcely.html) (accessed May 10, 2017).

- 51.** JOHANSSON, T. S. K., JOHANSSON, M. P. (1978): Providing honeybees with water. *Bee World*, 59, 11–17.
- 52.** JOHNSON, R. M., DAHLGREN, L., SIEGFRIED, B. D., ELLIS, M. D. (2013): Effect of in-hive miticides on drone honey bee survival and sperm viability. *Journal. apiculture. Research*, 52, 88-95.
- 53.** JONES, J. C., HELLIWELL, P., BEEKMAN, M., MALESZKA, R., OLDROYD, B. P. (2005): The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology*, 191, 1121-1129.
- 54.** KAIRO, G., PROVOST, B., TCHAMITCHIAN, S., ABDELKADER, F. B., et al. (2016): Drone exposure to the systemic insecticide Fipronil indirectly impairs queen reproductive potential. *Nature, Scientific reports*, 6, 1-12.
- 55.** KAMLER, F., TITĚRA, D., VESELÝ, V. (1999): Získávání a zpracování včelích produktů. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, Nové město nad Cidlinou. p. 49.
- 56.** KAŠPAR, F., TITĚRA, D. (2017): Jaké včely chováme v České republice? *Včelařství*, 70, (2), 60-61.
- 57.** KERNBACH, S., THENIUS, R., KERNBACH, O., SCHMICKL, T. (2009): Re-embodiment of honey bee aggregation behaviour in an artificial micro-robotic swarm. *Adaptive Behaviour*, 17, 237-259.
- 58.** KLEINHENZ, M., BUJOK, B., FUCHS, S., TAUTZ, J. (2003): Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. *Journal of Experimental Biology*, 206, 4217-4231.
- 59.** KOVAC, H., STABENTHEINER, A., SCHMARANZER, S. (2010): Thermoregulation of water foraging honeybees—Balancing of endothermic activity with radiative heat gain and functional requirements. *Journal of Insect Physiology*, 56, 1834 – 1845.
- 60.** KRAUS, B., and VELTHUIS, H. H. W. (1997): High humidity in the honey bee (*Apis mellifera* L.) brood nest limits reproduction of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* oud. *Naturwissenschaften*, 84, 217–218.
- 61.** KÜHNHOLZ, S., SEELEY, T. D. (1997): The control of water collection in honey bee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41, 407–422.
- 62.** LAMPEITL, F. (1996): Chováme včely. BLESK. Ostrava, p. 173.

63. LAPIDGE, K., OLDROYD, B., SPIVAK, M. (2002): Seven suggestive quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. *Naturwissenschaften*, 89, 565-568.
64. LENDELOVÁ, J., BOTTO, L. (2011): Evaluation of thermal-humidity index in animal housing. Šiška, B. – Hauptvogel, M. – Eliašová, M. (eds.). *Bioclimate: Source and Limit of Social Development International Scientific Conference*.
65. LINDAUER, M. (1952): Ein Beitrag zur Frage der Arbeitsteilung im Bienenstaat. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 34, 299–345.
66. LINDAUER, M. (1955): The water economy and temperature regulation of the honeybee colony. *Bee World*, 36, 62–72; 81–92; 105–111.
67. LINHART, R. (2013): Termosolární úl, metla na varroázu. *Včelařství*, 66 (5), 166-167.
68. LODESANI, M., COSTA, C. (2016): Bee breeding and genetics in Europe. *International Bee Research. Bee World* 84 (2), 69-85.
69. MANDÍK, J., PELEŠKA, R. (2011): Šlechtitelský program Českého svazu včelařů, o.s. uznaného chovatelského sdružení včely medonosné kraňské. *Český svaz včelařů, o.s.* 1 -3.
70. MARAI, I. F. M., HABEED A. A. M., GAD, A. E. (2002): Rabbits' productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livestock Production Science*, 78, 71-90.
71. MATHWORKS (2017): Fast Fourier transform. Available from <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html#buuuty-6> (accessed May 10, 2017).
72. MEDUNA, J. (2014): První zkušenosti s vlivem termosolárního úlu na rozvoj včelstev a medný výnos. *Včelařství*, 67, (4), 85.
73. MENDES POSSAMAI, M., HONORIO-FRANCA, A. C., BARCELOS REINAQUE, A. P., LUZIA FRANCA, E., DE SOUZA SOUTO, P. C. (2013): Brazilian propolis: a natural product that improved the fungicidal activity by blood phagocytes. *BioMed Research International*, 9, 1-10.
74. MICHENER, C. D. (2000): *The Bees of the world*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. p. 953.
75. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Vyhláška č. 43/2005 Sb., která se stanovuje požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa

s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony [online]. 2005 [cit. 2017 – 01 – 23]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/chronologicky-prehled.html>>.

**76.** MOMOT, J. P. ROTHENBUHLER, W. C. (1971): Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. VI. Interactions of age and genotype of bees, and nectar flow. *Journal. apiculture. Research.* (1), 10, 11-21.

**77.** MOORE, P. A., WILSON, M. E., SKINNER, J. A. (2015): Honey Bee Queens: Evaluating the Most Important Colony Member. Department of Entomology and Plant Pathology, The University of Tennessee. p. 24.

**78.** NAVRÁTIL, S., KLÍMA, Z., PALÍKOVÁ, M. Choroby včel – multimediální pomůcka [online]. 2014 [cit. 2015 – 01 – 29]. Ústav veterinární ekologie a ochrany životního prostředí FVHE VFU Brno. Dostupné z <<http://soubory.vfu.cz/fvhe/choroby-vcel/>>.

**79.** NIEVA MORENO, M. I., ISLA, M. I., CUDMANI, N., VATTUONE, M. A., SAMPIETRO, A. R. (1999): Screening of antibacterial activity of Amaiha del Valle (Tucumán, Argentina) propolis. *Journal of Ethnopharmacology*, 1 (68), 97-102.

**80.** NOWOTTNICK, K. (2005): Včely a jeskynní malby v prehistorické době jako ukázka života své doby. *Včelařství, Český svaz včelařů (ČSV)*, 9, 48-50.

**81.** ODOUX, J. F., FEUILLET, D., AUPINEL, P., LOUBLIER, Y., TASEI, J. N., MATEESCU, C. (2012): Territorial biodiversity and consequences on physico-chemical characteristics of pollen collected by honey bee colonies. *Apidologie*, 43, 561-575.

**82.** OHTANI, T. (1992): Spatial distribution and age-specific thermal reaction of worker honey bees. *Humans and Nature*, 1, 11-25.

**83.** PAGAČ, M. (2012): Včela jako symbol. *Včelařství. Český svaz včelařů (ČSV)*, 12, 49.

**84.** PALACIO, M. A., FIGINI, E. E., RUFFINENGO, S. R., RODRIGUEZ, E. M., DEL HOYO, M. L., BEDASCARRASBURE, E. L. (2000): Changes in population of *Apis mellifera* L. selected for hygienic behaviour and its relation to disease tolerance. *Apidologie*, 31, 471- 478.

**85.** PANASIUK, B., SKOWRONEK, W., BIEŃKOWSKA, M. (2008): Influence of genotype and method of brood killing on brood removal rate in honey bee. *Journal apiculture Science*, 52, 55-65.

- 86.** PARK, O.W. (1946): Activities of honeybees. In: Grout RA (ed) The hive and the honeybee. Dadant & Sons, Hamilton, IL, 125–206.
- 87.** PŘIDAL, A. (2003): Včelí produkty. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. p. 102.
- 88.** PŘIDAL, A. (2005): Včelí produkty, dotisk. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. p. 102.
- 89.** PŘIDAL, A. (2009): Vlivy působící na kondici včel. Sborník V. Včelařská akademie (Včela je dar naší přírody pro naše zdraví. Český svaz včelařů o.s., 12 -16.
- 90.** PŘIDAL, A. (2013): Vznik, získávání, zpracování a kontrola medu. Mendelova univerzita v Brně. Brno, p. 90.
- 91.** PŘIDAL, A. (2017): Selekcce a plemenitba zaměřená na mednou užitkovost včely medonosné. Mendelova univerzita v Brně. Brno, p. 7. Dostupné z <<http://mendelu.apridal.cz/skripta/obsah.htm>>.
- 92.** QANDOUR A., AHMAD I., HABIBI D., LEPPARD M. (2014): Remote beehive monitoring using acoustic signals. Centre for Communications and Electronics Research (CCER), Edith Cowan University, Australia, 1-6.
- 93.** QUIROGA, E. N., SAMPIETRO, D. A., SOBER\_ON, J. R., SGARIGLIA, M. A., VATTUONE, M. A. (2006): Propolis from the northwest of Argentina as a source of antifungal principles. Journal Applied Microbiology, 101, 103-110.
- 94.** ROBERTS, W. C., and MACKENSEN, O. (1951): Breeding improved honey bees. American Bee Journal. 91, 473–475.
- 95.** ROBINSON, G. E., UNDERWOOD, B. A., HENDERSON, C. E. (1984): A highly specialized watercollecting honey bee. Apidologie, 15, 355–358.
- 96.** ROHRSEITZ, K. and TAUTZ, J. (1999): Honey bee dance communication: waggle run direction coded in antennal contacts? J. Comp. Physiol. A 184, 463–470.
- 97.** ROUSEAU, A., FOURNIER, V., GIOVENAZZO, P. (2015): *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) drone spermqualityin relation to age, genetic line, and time of breeding. The Canadian Entomologist, (147), 6, 702-711.
- 98.** ROUSSEAU, A., GIOVENAZZO, P. (2016): Optimizing Drone Fertility With Spring Nutritional Supplements to Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies. Journal of Economic Entomology, 1-6.

- 99.** ROTHENBUHLER, W. C. (1964): Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. I. Responses of four inbred lines to disease killed brood. *Animal Behavior*, 12, 578-583.
- 100.** SAKAGAMI S. F. (1953): Untersuchungen über die Arbeitsteilung in einem Zwergvolk der Honigbiene. *Japanese Journal of Zoology*, 11, 117-185.
- 101.** SAMMATARO, D., AVITABILE, A. (2011): *The Beekeeper's Handbook*. Cornell University Press. Ithaca and London, p. 307.
- 102.** SAMPIETRO, D. A., SAMPIETRO VATTUONE, M. M., VATTUONE, M. A. (2016): Immunomodulatory activity of *Apis mellifera* propolis from the North of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 9-15.
- 103.** SEELEY, T. D. (1982): Adaptive significance of the age polyethism schedule in honey bee colonies. *Behavioural Ecology and Sociobiology*, 11, 287-293.
- 104.** SEELEY, T. D. (1986): Social foraging by honeybees: how colonies allocate foragers among patches of flowers. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 19, 343-354.
- 105.** SEELEY, T. D. (1995): *The wisdom of the hive*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- 106.** SFORCIN, J. M., FERNANDES, A., LOPES, C. A., BANKOVA, V., FUNARI, S. R. (2000): Seasonal effect on Brazilian propolis antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 73, 243-249.
- 107.** SCHELLER, S., GAZDA, G., PIETSZ, G., GABRIS, J., SZUMLAS, J., ECKERT, L., et al. (2003): The ability of ethanol extract of propolis (EEP) to protect mice against gamma irradiation. *Zeitschrift für Naturforschung C. A Journal of Biosciences*, 44, 1040-1052.
- 108.** SCHMICKL, T., HAMANN, H. (2011): BEECLUST: A swarm algorithm derived from honey bees. In Xiao, Y; Hu F (Eds). *Bio-inspired computing and communication networks*. Routledge; UK. P. 95-137.
- 109.** SOCHOR, J. Včelařství [online]. 2014 [cit. 2015 – 05 – 23]. Mendelova universita. Dostupné z <[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2541](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2541)>.
- 110.** SOUTHWICK, E. E., MORITZ, R. F. A. (1987): Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 33, (9), 623-626.

- 111.** SOUZA, E. A., ZALUSKI, R., VEIGA, N., ORSI, R.O. (2016): Effects of seasonal variations and collection methods on the mineral composition of propolis from *Apis mellifera* Linnaeus Beehives. *Brazilian Journal of Biology*, (76), 2, 396-401.
- 112.** SPIVAK, M., REUTER, G. S., LAMB, M. (1995): Frequency of hygienic behavior in naturally mated daughters of a hygienic breeder. *Aminal. Bee Journal*, (12), 135, 830.
- 113.** SPIVAK, M., REUTER, G. S. (1998): Performance of hygienic honey bee colonies in a commercial apiary. *Apidologie*, 29, 291-302.
- 114.** STABENTHEINER, A., PRESSL, H., PAPST, T., HRASSNIGG, N., CRAILSHEIM, K. (2003): Endothermic heat production in honey bee winter clusters. *Journal of Experimental Biology*, 206, 353-358.
- 115.** STABENTHEINER, A., KOVAC, H., BRODSCHNEIDER, R. (2010): Honey bee colony thermoregulation-Regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. *PLoS ONE* 5: e8967.
- 116.** STEWART, TABORI, CHANG. (2011): *The beekeeper's bible*. ABRAMS. New York. p. 420.
- 117.** STROB, M., KAŠPARŮ, M. (2016): *Beehive Electronic Measuring System of Faculty of Mechanical Engineering*. Poster 2016, Czech Technical University in Prague, Prague.
- 118.** SZOLDERITS, M. J., and CRAILSHEIM, K. (1993): A comparison of pollen consumption and digestion in honeybee (*Apis mellifera carnica*) drones and workers. *Journal Insect Physiology*. 39, 877–881.
- 119.** SZOPEK, M., SCHMICKL, T., THENIUS, R., RADSPIELER, G., CRAILSHEIM, K. (2013): Dynamics of Collective Decision Making of Honeybees in Complex Temperature Fields. *PLoS ONE*, (8), 10: e76250. 1-11.
- 120.** ŠKROBAL, D., PROCHÁZKA, F., ADÁMEK, F. (1970): *Včelařův rok*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha, p. 336.
- 121.** ŠVANTNER, V. (2015): Plemenářský zákon. *Moderní včelař*, 5, 44.
- 122.** TARPY, D. R., PETTIS, J. S. (2013). Genetic diversity affects colony survivorship in commercial honey bee colonies. *Naturwissenschaften*, 100 (8), 723-728.

- 123.** TAUTZ, J., GROH, C., RÖSSLER, W., BROCKMANN, A. (2003): Behavioural performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(12), 7343-7347.
- 124.** TAUTZ, J., HEILMANN, H. R. (2007): *Phänomen Honigbiene*. Spektrum Akademischer Verlag, Würzburg, p. 288.
- 125.** THOMPSON, V. C. (1964): Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees. III. Effect of age of bees of a resistant line on their response to disease-killed brood. *Journal. apiculture. Research.* (3), 1, 25-30.
- 126.** TITĚRA, D. (2013): *Včelí produkty mýtů zbavené*. Nakladatelství Brázda, s.r.o., Praha. p. 200.
- 127.** VESELÝ, V., BACÍLEK, J., ČERMÁK, K. et al. (2013): *Včelařství*. Nakladatelství Brázda, s.r.o. Praha, p. 272.
- 128.** VOHNOUT, F., ADAMEC, F., BOHÁČ, J. et al. (1925): *Včelařova čítanka I – II*. Tiskem Štorkána a spol. v Žižkově, Praha. p. 812.
- 129.** VOŘECHOVSKÁ, M., TITĚRA, D. (2011): *Český med. Včelařství*, (64), 12, 400-401.
- 130.** WALLER, G. D. (1972): Evaluating Responses of Honey Bees to Sugar Solutions Using an Artificial –Flower Feeder. *Annals of the Entomological Society of America.* (4), 65, 857 – 862.
- 131.** WENNING, R. A. (2005): *Včely jako symboly*. In *Včelařství. Český svaz včelařů (ČSV)*, 10, 46-48.
- 132.** WOOD E. F. (1957): *Means for Detecting and Indicating the Activities of Bees and Conditions in Beehive*. United States Patent Office.
- 133.** WOYKE, J. (1962). Natural and artificial insemination of queen honeybees. *Bee World.* 43, 21–25.
- 134.** YOUSEF, M. K. (1985): *Stress Physiology on Livestock, Vol. 1: Basic Principles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, p. 217.
- 135.** ZACEPINS A. et al. (2016): Remote detection of the swarming of honey bee colonies by single-point temperature monitoring. *Biosystems Engineering*, 148: 76-80.
- 136.** ŽĎÁREK, J. (1997): *Proč vosy, včely, čmeláci, mravenci a termity?* Nakladatelství ÚOCHB, Praha. p. 200.





## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH

Obrázek 1: Taxonomie čeledi Apidae. Podle S. A. Cameron. 1993. Podle mitochondriální sekvence DNA.....	12
Obrázek 2: Vývoj včely od vajíčka po zavíčkovanou larvu .....	19
Obrázek 3: Zastoupení včely kraňské v populaci včel (70-85 %) .....	24
Obrázek 4: Schéma tvorby dvouliniových a víceliniových hybridů.....	25
Obrázek 5: Rozdíl v objemu a koncentraci sladiny přinášené do úlu létavkami včelstev linií selektovaných a neselektovaných na mednou produkci. ....	26
Obrázek 6: Létavka předává sladinu, která je úlovou včelou dále zpracovávána.....	29
Obrázek 7: Včelí plásty v pozorovacím úlu.....	37
Obrázek 8: Včelí aktivity při různých teplotách .....	39
Obrázek 9: Manuální označování tří charakteristik a opakovatelných událostí extrahovaných z audio souborů.....	43
Obrázek 10: Stanoviště 1 Kamenný Malíkov (KM1) .....	50
Obrázek 11: Stanoviště 2 Kamenný Malíkov (KM2) .....	51
Obrázek 12: Stanoviště 3 .....	51
Obrázek 13: Měřák pro měření teploty a vlhkosti – vnitřní.....	52
Obrázek 14: Blokové schéma měřicího systému .....	55
Obrázek 15: Popis nástavkového úlu .....	58
Tabulka 1: Průměrné složení evropského propolisu .....	35
Tabulka 2: Možné významy zvukových projevů včelstva.....	42
Tabulka 3: Popisné statistiky sledovaných ukazatelů ve sledovaném období.....	60
Tabulka 4: Porovnání vybraných ukazatelů mezi teplotními skupinami .....	62
Tabulka 5: Korelace mezi teplotou plodiště, intenzitou zvuku a sledovanými ukazateli (n = 3355) .....	63
Tabulka 6: Korelace mezi teplotou plodiště, intenzitou zvuku a sledovanými ukazateli v rámci teplotních skupin (0 – 3).....	64
Tabulka 7: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 1 (KM1) .....	66
Tabulka 8: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 2 (KM2) .....	66

Tabulka 9: Průměrné hodnoty sledovaných ukazatelů v jednotlivých teplotních skupinách stanoviště 3 (JČU).....	67
Tabulka 10: Popisné statistiky na stanovišti 1 (KM1).....	69
Graf 1: Relativní množství cukru a vody v nektarech a v medu.....	32
Graf 2: Porovnání mezi teplotními skupinami a teplotou uvnitř plodiště.....	61
Graf 3: Porovnání vnějších teplotních skupin a intenzity zvuku .....	63
Graf 4: Grafické porovnání stanovišť z hlediska počtu zakladených rámků.....	81
Graf 5: Grafické porovnání stanovišť z hlediska počtu zakladených buněk .....	82
Příloha 1: Včelí dělnice pečující o různé stádium včelího plodu.....	102
Příloha 2: Zavíčkovaný včelí plod s medovými zásobami.....	102
Příloha 3: Odvíčkovaný včelí plod – pozorování napadení včelího plodu varroázou .....	103
Příloha 4: Větrání úlu včelími dělnicemi v horkých letních měsících.....	103

## 10 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ

### Vědecké publikace s IF

RUTKAYOVÁ, J., VOŘÍŠKOVÁ, J., BENEŠ, K., KAŠPARŮ, M., ŠKRLETA, J., KLEČACKÝ, D. (2018): Dielektrické vlastnosti rozmrazeného rybího masa a využití freshmetru pro detekování zmrazení, Chemické Listy.

### Publikace na konferencích

KAŠPARŮ, M., MARŠÁLEK, M. (2014): Vliv teploty a vlhkosti vnějšího prostředí na rozmnožování včely medonosné (*Apis mellifera*). In: Zootechnika 2014, 20. 6. 2014 JU ZF, 124–128. ISBN 978-80-7394-454-4.

KAŠPARŮ, M., BENEŠ, K., MARŠÁLEK, M. (2015): Vztah teplotních a vlhkostních podmínek k produkci medu. In: Zootechnika 2014, 19. 6. 2015 JU ZF, 55-63. ISBN 978-80-7394-518-3.

KAŠPARŮ, M., BENEŠ, K., STROB, M., MRÁČEK, J., MARŠÁLEK, M. (2016): Mikroklimatické podmínky ve vztahu ke včelstvům a možnosti provádění elektronického sběru dat. In: Zootechnika 2016, 27. 6. 2016 JU ZF, 73-84. ISBN 978-80-7394-579-4.

KAŠPARŮ, M., BENEŠ, K., RUTKAYOVÁ, J., STROB, M., MRÁČEK, J., MARŠÁLEK, M. (2017): Možnosti využití teplotně vlhkostních parametrů a zvuku v chovu včel. In: Zootechnika 2017, 15. 6. 2017 JU ZF, 110-122. ISBN 978-80-7394-641-8.

KAŠPARŮ, M. (2013): Chov ryb v oteplených vodách v uzavřeném recirkulačním akvakulturním systému (RAS). In Sborník ze XIII. Ročníku konference Výstavba a provoz bioplynových stanic 2013, (10.-11. října 2013), Třeboň, 23-31.

KAŠPARŮ, M. (2014): Chov ryb v oteplených vodách v uzavřeném recirkulačním akvakulturním systému (RAS). In Sborník ze XIV. Ročníku konference Výstavba a provoz bioplynových stanic 2014, (9.-10. října 2014), Třeboň, 83-92.

KAŠPARŮ, M., JAKOBARTL, J. (2015): Zkušenosti s pilotním recirkulačním akvakulturním systémem ve firmě AGRICO s.r.o. In Potenciál recirkulačních

akvakulturních systémů (RAS) pro české produkční rybníkářství 2015, (1.-2. září 2015), Vodňany, 21-29. ISBN 978-80-7514-028-9.

KŘIVÁNKOVÁ, J., DOBIÁŠ, P., **KAŠPARŮ, M.**, KUBÍČKOVÁ, S., VILÍM, D. (2018): Znovuvyužití odpadních vod–vývoj pokročilých technologií. In Nové trendy v čistírenství 2018, 13. 11. 2018, Soběslav, 26-32. ISBN 978-80-905059-7-1.

### **Poster**

STROB, M., **KAŠPARŮ, M.** (2016): Beehive Electronic Measuring System of Faculty of Mechanical Engineering. Poster 2016, Czech Technical University in Prague, Prague.

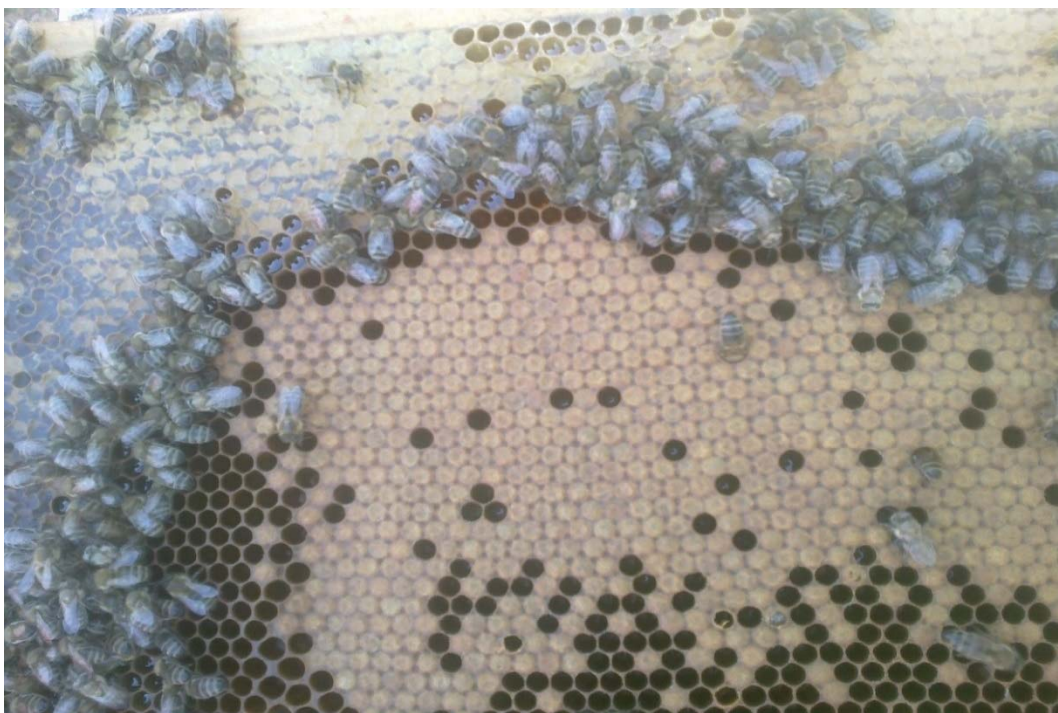
## 11 PŘÍLOHY

**Příloha 1: Včelí dělnice pečující o různé stádium včelího plodu**



(KAŠPARŮ, 2016)

**Příloha 2: Zavíčkovaný včelí plod s medovými zásobami**



(KAŠPARŮ, 2016)



**Příloha 3: Odvíčkovaný včelí plod – pozorování napadení včelího plodu varroázou**



(KAŠPARŮ, 2016)

**Příloha 4: Větrání úlu včelími dělnicemi v horkých letních měsících**



(KAŠPARŮ, 2015)