

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4103 Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Technické a alternativní metody k šetrnému tlumení varroózy

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.

Konzultant: Ing. Václav Křišťůfek CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Josef Novotný

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Josef NOVOTNÝ
Osobní číslo: Z17028
Studijní program: N4103 Zootechnika
Studijní obor: Zootechnika
Téma práce: Technické a alternativní metody k šetrnému tlumení varroózy
Zadávací katedra: Katedra zootechnických věd

Zásady pro vypracování

Včelařská veřejnost v posledních více než třiceti letech hledá možnosti tlumení kleštika včelího. V Evropě se využívá široké množství chovatelských zásahů. Novinkou je pak ošetření včelstev technickými prostředky (ultrazvukem), které by měly bránit rozvoji kleštika a přitom neškodit samotnému včelstvu a nezanechávat svá rezidua ve včelích produktech.

Cílem diplomové práce je ověřit funkčnost metody ultrazukového ošetřování včelstev, kterou používají komerčně nabízená technická zařízení k šetrnému tlumení varroózy.

V teoretické části práce se zaměříte na biologii kleštika včelího a včely medonosné. Popíšete fáze vývoje včelího plodu z hlediska napadení tímto parazitem a možnosti jeho tlumení, včetně šetrných způsobů zahrnujících chovatelské zásahy.

Ve vybraném chovu včel vytvoříte pokusnou skupinu a kontrolní skupinu včelstev, přičemž kontrolní skupina bude ošetřována běžnými způsoby. Pokusná skupina bude navíc ošetřována technickým zařízením využívajícím stejnou metodu jako komerčně nabízené přístroje.

Z obou skupin budete odebírat vzorky včel pro možnost diagnostiky napadení včelstva kleštikem včelím.

Zároveň zaznamenáte klimatické podmínky stanoviště a vybrané chovatelské parametry sledovaných včelstev.

Získaná data zpracujete a roztrídíte vhodným způsobem tak, aby bylo možné provést jejich vyhodnocení pomocí příslušných statistických metod.

Zjištěné výsledky použijte k vyhodnocení závěrů a doporučení pro chovatelskou praxi.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Katedra zootechnických věd

Rozsah pracovní zprávy: 40 – 60 stran
Rozsah grafických prací: 5 tabulek, 5 grafů
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

Veselý V. et al. (2013): Včelařství. Praha: Brázda, 270 s. ISBN 978-80-209-0399-0.
Dietemann et al. (2013): Standard methods for varroa research. Journal of Apicultural Research, 52(1): 1-54.
Human H. et al. (2013): Miscellaneous standard methods for Apis mellifera research. Journal of Apicultural Research, 52(4): 1-53.
Kamler F., Veselý V., Titěra D. (2017): Celý rok proti varroáze: podle metodik Výzkumného ústavu včelařského v Dole. Dol u Libčic nad Vltavou: Výzkumný ústav včelařský. 36 s. ISBN 9788087196229
Pohl F., Aumeier P. (2008): Varroáza: jak ji poznat a úspěšně potírat. Líbeznice: Víkend. ISBN 978-80-86891-90-3.
Rosenkranz P., Aumeier P., Ziegelmann B. (2010): Biology and control of Varroa destructor. Journal of Invertebrate Pathology, 103: S96-S119.
Čermák K. et al. (2016): Včelařství I. České Budějovice: PSNV. 180 s. ISBN 9788026090908.
Odborné články týkající se sledované problematiky v časopisech Journal of Apicultural Research, Plos One, Apidologie, Research in Veterinary Science, Journal of Insect Physiology, Včelařství, Moderní včelař a dále ve sbornících z odborných konferencí, aj.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luboš Zábanský, Ph.D.
Katedra zootechnických věd

Konzultant diplomové práce: RNDr. Václav Křišťůfek, CSc.
Přírodovědecká fakulta

Datum zadání diplomové práce: 12. prosince 2019

Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2021

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1656, 370 05 České Budějovice

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. prosince 2019

Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum.....

Podpis studenta.....

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Luboši Zábranskému, Ph.D., za ochotu a trpělivost. Dále chci poděkovat své ženě a rodině za podporu a motivaci k dokončení této práce i přes doprovodné potíže. Zvláštní poděkování také patří mému tchánovi, který mi celou dobu ochotně radil a pomáhal s technickým řešením mých prototypů a jejich umístění a napájení ve včelstvech.

Abstrakt:

Varroóza je nemoc sužující včelstva na všech kontinentech vyjma Austrálie. Od roku 2000 je znám pravý původce této nemoci, roztoč *Varroa destructor*. Cílem diplomové práce je shrnutí poznatků o tomto parazitovi a o metodách jeho tlumení a provedení pokusu s cílem ověřit takzvanou „ultrazvukovou“ metodu, prováděnou přístrojem Varroa-Killer-Sound. Pro možnost vyhodnocení výsledků, byly ze dvou skupin včelstev odebrány vzorky včel a ty byly následně pomocí metody cukerného smyvu vyšetřovány na kvantitativní přítomnost samiček *Varroa destructor*. První skupinu tvořily včely pokusné, které byl ošetřovány „ultrazvukovou“ metodou. Druhou skupinu tvořila včelstva kontrolní, kde k tomuto experimentálnímu léčení nedošlo. Dále byly na pokusném stanovišti kontinuálně zaznamenávány teplota, relativní vlhkost a rosný bod vnějšího prostředí. Pomocí programu STATISTICA 12 byly poté statisticky vyhodnoceny výsledky práce.

Klíčová slova: včela, včelaření, parazit, ultrazvuk, Varroa-Killer-Sound, *Varroa destructor*

Abstract:

Varroosis is a disease afflicting beehive on every continent except for Australia. Since 2000 the disease is known to be caused by the *Varroa destructor* mite. This thesis' first goal was to summarize information about this parasite and the methods limiting its impact. The second goal was to prepare and conduct a test verifying the effectiveness of the ultrasound method, which was carried out with the Varroa-Killer-Sound device. In order to enable the analysis, bee samples from two hives were chosen and those were then tested for the quantity of Varroa destructor females using the sugar shake method. The first sample group consisted of bees treated with the ultrasound method, the latter were control beehives, which were not experimentally treated. Furthermore, other factors were continually measured: temperature, relative humidity, and dew point of the external environment. The results of the research were analyzed by the STATISTICA 12 program.

Key words: bee, beekeeping, parasite, ultrasound, Varroa-Killer-Sound, *Varroa destructor*

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Literární přehled.....	12
2.1.	Taxonomické zařazení včely medonosné.....	12
2.1.1.	Obecná morfologie včely medonosné	12
2.1.2.	Oběhová soustava	14
2.1.3.	Ontogeneze včely.....	15
2.2.	Varroóza.....	16
2.2.1.	Historie varroózy	16
2.2.2.	Morfologie a ontogeneze <i>Varroa destructor</i>	17
2.2.3.	Šíření roztoče mezi včelstvy	19
2.2.4.	Způsob parazitace a poškozování včel	20
2.2.5.	Diagnostika přítomnosti roztoče <i>Varroa destructor</i>	22
2.2.6.	Léčba a tlumení varroózy	24
2.2.7.	Léčba a tlumení varroózy bez syntetických léčiv	25
2.2.8.	Léčení a tlumení varroózy biomechanickými metodami	27
3.	Metodika a materiál.....	30
3.1.	Příprava experimentu	30
3.1.1.	Výběr stanoviště a včelstev.....	30
3.1.2.	Příprava včelstev.....	31
3.1.3.	Experimentální prototypy.....	31
3.1.4.	Technická řešení prototypu vyvíječe a jeho napájení.....	32
3.2.	Experimentální design.....	34
3.2.1.	Další faktory sledované během experimentu.....	35
3.2.2.	Odběr vzorků pomocí cukerného smyvu	35
3.3.	Zootechnické zásahy	36
4.	Výsledky a diskuse.....	38
4.1.	Vyhodnocení pokusného ošetřování.....	38
4.2.	Porovnání pokusné a kontrolní skupiny v jednotlivých cyklech.....	39

4.3.	Porovnání originálního přístroje Varroa-Killer-Sound a sestrojených prototypů	43
4.4.	Korelace doplňujících faktorů	47
4.5.	Technické změny oproti doporučení výrobce Varroa-Killer-Sound	50
4.6.	Doporučení pro praxi.....	51
5.	Závěr	52
6.	Použitá literatura	53
7.	Seznam internetových citací.....	59
8.	Seznam tabulek.....	61
9.	Seznam grafů a obrázků.....	62

1. Úvod

V současné době prožívá zájem o včelaření svou „renesanci“. Středem zvýšeného zájmu se stává vliv včelstev na okolní krajinu a biodiverzitu, stejně jako nepostradatelná role opylovačů kulturní zemědělské krajiny. Udržení dobrého zdravotního stavu našich včelstev je zásadní předpoklad pro dobré fungování ekologie i ekonomiky ve všech regionech této planety.

Vlivem činnosti člověka jsou však včelstva vystavovaná extrémnímu množství stresu a často nepůvodních parazitů v čele s *Varroa destructor*. S intenzitou zemědělství stoupá i intenzita včelaření samotného, tím nutíme včely žít v nepřirozené hustotě a prostředí, které jim volíme. Všechny tyto faktory poškozují přirozenou obranyschopnost a celkovou životaschopnost včel a zároveň vytváří ideální podmínky pro jejich nemoci a parazity, kteří následně získávají převahu. Proto je pro udržení fungujícího chovu včel nutné pomáhat našim včelstvům v boji proti parazitům a nemocím.

Tato práce je zaměřena na boj s protivníkem, který se v naší oblasti vyskytuje od konce 70. let minulého století a je mu připisováno zásadní procento úhynů včelstev po celém světě, na boj s roztočem *Varroa destructor*.

Po více jak 40 letech ošetřování našich včelstev především syntetickými akaricidy se zdá, že navrch má stále *Varroa destructor*. Za tuto dobu si vybudoval alespoň částečnou rezistenci proti většině těchto syntetických látek a v celku úspěšně odolává i novým léčivům založeným na bázi organických látek.

Další problém léčení včelstev syntetickými a organickými prostředky představuje dopad na ošetřované včelstvo. V případě syntetických akaricidů je problematické zanechávání reziduí ve včelstvu a včelích produktech. Organické kyseliny jsou zase velice náročné na manipulaci, aplikaci a také jsou náchylné na nežádoucí vlivy vnějšího prostředí.

Všechny tyto nevýhody se snaží odstranit metody na principu fyzikálně-mechanických ošetření včelstev. Tyto metody mají však většinou velice komplikovaný způsob provedení a výsledky ošetřování jsou diskutabilní.

Tato práce je v pokusné části zaměřena na takzvané „ultrazvukové“ ošetření včelstev s důrazem na přístroj Varroa-Killer-Sound. Podle stránek výrobce má tento přístroj potenciál stát se konečným řešením v boji proti roztoči.

2. Literární přehled

2.1. Taxonomické zařazení včely medonosné

Druh včela medonosná (*Apis mellifera*) se řadí do kmene členovců. Tato skupina se vyznačuje rozdělením těla na hlavu, hrud' a zadeček. Kmen členovci se dále dělí do několika podkmenů. Včela patří do podkmenu šestinohých (*Hexapoda*) a dále do třídy hmyz (*Insecta*). Úzká vazba včely na krytosemenné rostliny, která se vyvíjí od konce druhohor, napovídá zařazení včely do řádu blanokřídlých (*Hymenoptera*). Dále včely spadají do podřádu štíhlopasí (*Apocrita*), nadčeledi včely (*Apoidea*), čeledi včelovití (*Apidea*), rodu včela (*Apis*).

Geografický původ včely medonosné (*Apis mellifera*) se nejspíše nachází v Africe. Z Afriky se tento druh rozšiřoval dvěma cestami. Jedna vedla přes Pyrenejský poloostrov a druhá přes Blízký východ. To dalo vzniknout čtyřem vývojovým skupinám, které zahrnují mnoho včelích plemen. Na našem území se původně vyskytovala včela tmavá (*Apis mellifera mellifera*), ta byla následně postupně nahrazena včelou kraňskou (*Apis mellifera carnica*) (Daníhlík et al., 2016).

2.1.1. Obecná morfologie včely medonosné

Ve včelstvu se vyskytují tři kasty včelích jedinců: dělnice, trubci a matka. Základní morfologii mají tyto kasty totožnou a liší se pouze v některých orgánech, které mají specifikované pro svůj úděl ve včelím společenstvu (Ritter, 2018).

Tělo včely medonosné se skládá z hlavy, hrudě a zadečku (Svoboda, 1968). Vnější plášť těla je tvořen vnější kostrou (Ritter, 2018). Ta je tvořena třemi vrstvami pokožky: kutikulou, epidermis a podstavnými blánami. Hlavní složka kutikuly je chitin, polysacharid s obsahem dusíku. Tyto tři vrstvy dávají pokožce dostatečnou pevnost, pružnost a celkovou odolnost proti vnějším podmínkám. Hlava a hrud' obsahují i kostru vnitřní, ke které se upínají svaly především pohybového aparátu. V zadečku vnitřní kostra chybí, svaly se upínají přímo na jednotlivé články vnější kostry, a proto je zadeček velmi flexibilní (Daníhlík et al., 2016).

Hlavu tvoří jednotný silně chitinizovaný vnější a vnitřní krunýř nesoucí ústní ústrojí, oči a tykadla (Toporčák, 1999). Na hrud' je napojena úzkým kožovitým pohyblivým krkem (Lampeitl, 1996). Tykadla jsou vkloubena do čela těsně nad čelním štítkem (Veselý, 2013).

Dalším smyslovým orgánem nacházejícím se na hlavě jsou oči. Na hlavě včely medonosné najdeme tři jednoduchá očka a dvě očka složená (Sammataro, 2011). Jednoduchá očka jsou umístěna na temeni hlavy (Ritter, 2018). Nemají pohyblivou čočku a včely je využívají hlavně k rozpoznávání intenzity slunečního světla. Složené oči se skládají z jednotlivých facet (*omatidium*) tvaru jehlanu. Každé *omatidium* funguje zcela samostatně. Počet *omatidii* se pohybuje od 3500 do 9500 podle toho, k jaké včelí kasty jedinec náleží (Daníhlík et al., 2016).

Ústní ústrojí je tvořeno z horního pysku, kusadel a sosáku. Horní pysk kryje seshora začátek kusadel a část ústního otvoru. Kusadla jsou napojena na líce a čelní štítek kloubním spojem (Ritter, 2018). Pohyb kusadel ovládají dva mohutné svaly upínající se na vnitřní kostru hlavy. Sosák vznikl z čelistí a spodního pysku a slouží především k příjmu potravy. Stejně jako kusadla vznikly čelisti a spodní pysk z přetvořených končetin. Proto se skládají z řady článků za sebou spojenými pomocí kloubů (Veselý, 2003).

Hrud' včely se skládá ze tří původně hrudních článků (předohrud', středohrud', zadohrud') a prvního zadečkového článku (bedro), který v larválním vývoji pevně přimkl k hrudním článkům a vytvořil tak zadní část hrudi (Toporčák, 1999). Nejdůležitější pohybové orgány včely jsou všechny umístěny právě na hrudi, proto jsou články spojeny pevně, ale na rozdíl od hlavy jsou od sebe dobře rozlišitelné. Tato místa jsou spojena velice pružně. Každý článek je tvořen z části hřbetní a břišní, ty jsou společně spojeny částí boční (Daníhlík et al., 2016).

Dva páry blanitých křídel jsou pokryty jemnými chloupky pro člověka neviditelnými. Křídla nejsou u včely končetiny, ale vznikly jako vychlípeniny pokožky. Do křídel procházejí přes spojení s hrudí vzdušnice a nervy, podél nichž proudí hemolymfa. Vzdušnice křídla vyztužují a tvoří jejich typickou žilnatinu (Veselý, 2003). Koordinace obou párů křídel zajišťují háčky na předním okraji zadního křídla a žlábký na zadním okraji předního křídla. Při letu se křídla spojují a dosahují tak lepší efektivity letu než samostatně (Lampeitl, 1996). Svalstvo zajišťující pohyb křídel je uloženo v hrudi a zabírá tak skoro celý její objem (Pinc, 1980).

Tři páry nohou se nacházejí každý zvlášť na samostatném hrudním článku mezi břišní a hřbetní částí (Veselý, 2013). Nohy se skládají z šesti jednotlivých částí, spojených klouby. Svaly pohybující nohami jsou umístěny přímo v některých člancích. Nohy dělnic jsou na rozdíl od matky a trubců uzpůsobeny pro častý pohyb

a sběrací funkci (Lampeitl, 1996). První pár je uzpůsobený k čištění tykadel. Na druhém páru vyrůstá trn, kterým dělnice vypichují pylové rousky nasbírané na pylové košíčky na třetím páru nohou (Sammataro, 2011).

Většina orgánů je u včely uložena v největší části, a to v zadečku (Sammataro, 2011). Nachází se zde větší část trávicího ústrojí, vyměšovacího ústrojí, pohlavní, část nervové a cévní soustavy, vzdušnice a vzdušné vaky a další orgány (Veselý, 2013). Vnější kostra zadečku je tvořena páry břišních a zádových článků, které spojuje intermediální membrána (Ritter, 2018). Takovýto systém spojení je velice pružný a umožňuje včelám stahování a roztahování zadečku, čehož se využívá například při dýchání (Toporčák, 1999). S hrudí je zadeček spojen tenkou, krátkou stopkou, což včele umožňuje pohybovat s ním ve všech směrech (Lampeitl, 1996).

2.1.2. Oběhová soustava

Oběhová soustava včely je takzvaně otevřená, tvořena srdcem, aortou, krátkými slepě zakončenými cévami a několika pomocnými strukturami (Daníhlík et al., 2016). Tekutina nazývaná hemolymfa protéká srdcem a hlavní cévou, jejím otevřeným koncem se pak vylévá do všech tělních dutin a obtéká všechny orgány v hlavě, hrudí, zadečku a vlévá se i do končetin a křídel (Spürgin, 2013). Srdce je uložené pod tergity ve hřbetní části přesně uprostřed zadečku, těsně pod chitinovou vnější kostrou (Svoboda, 1968). Skládá se z pěti komor, které rozdělují chlopně. Hemolymfa je otvory v srdci nasávána z oblasti žaludku a postupuje dále do aorty, odkud pokračuje až do oblasti mozku (Toporčák, 1999). Tady se aorta otevírá a zásobuje hemolymfou přednostně mozek, poté se hemolymfa rozlévá celým tělem zpátky do zadečku, kde je nasávána opět srdcem. Aby bylo zásobeno celé tělo, část hemolymfy se vylévá krátkými cévami vedoucími ze srdce. Proud hemolymfy je dále usměrňován svalovými blankami v zadečku a pulzačními váčky na bázích končetin (Daníhlík et al., 2016). Zplodiny z metabolismu jsou zachytávány Malpighiho trubicemi (Veselý, 2013).

Hemolymfa je uzpůsobena k přenosu živin a metabolitů, neslouží však na rozdíl od krve obratlovců k přenosu kyslíku (Ritter, 2018). Na rozdíl od savců tak hemolymfa neobsahuje červené krvinky (Pinc, 1980). Proto je barva hemolymfy žlutozelená (Toporčák, 1999). Hemolymfa obsahuje několik druhů buněk neboli hemocytů. Transport živin je zajišťován málo reaktivními molekulami, jako jsou trehalóza a diacylglyceroly. Další hemocyty slouží podobně jako v krvi k tvorbě zátky

při poškození pokožky (Daníhlík et al., 2016). Teplota hemolymfy je proměnlivá podle vnější teploty ovzduší (Pinc, 1980).

Nadbytečné živiny jsou hemolymfou soustřeďovány v tukovém tělesu ve formě tukových kapének (Veselý, 2013). Funkce tukového tělesa je především zásobní a metabolická. Tukové těleso je tvořeno skupinami buněk, které se vyskytují převážně v zadečku pod kutikulou na hřbetní i břišní straně. Nejrozvinutější je tukové těleso u zimní generace včel a u larev v období metamorfózy (Daníhlík et al., 2016). Enormně velké tukové těleso u zimní generace včel je způsobeno zvýšenou konzumací pylu a později jim umožňuje kvalitní nakrmení první jarní generace včel (Lampeitl, 1996).

2.1.3. Ontogeneze včely

Vývoj včelího jedince začíná oplozením vajíčka spermií uvnitř matky a následným naklazením do buňky. Zde probíhá proces rýhování embrya. Vajíčko má tyčinkovitý tvar, je mírně prohnuté a v hlavové části mírně ztlustělé. Za optimálních podmínek se z včelího vajíčka vylíhne larvička za tři dny (Ritter, 2018). Při poklesu teploty se vývoj zpomaluje a při poklesu pod 9 °C se proces úplně zastavuje. Takto embryo může přežít až týden (Daníhlík et al., 2016).

Larva včely medonosné *Apis mellifera* má hlavu a třináct tělních článků. Většinu larvy zabírá žaludek a tukové těleso, jelikož je včelí larva specializovaná hlavně na příjem potravy. Vývoj dělníčí larvy trvá šest dní. U trubců je to dní sedm a u matek dnů jen pět (Toporčák, 1999). Během této doby se larva čtyřikrát svléká, jelikož tuhá kutikula růst nedokáže.

Jaký dospělec se vyvine z larvy, záleží již na procesu kladení, při kterém se vajíčko oplozuje. Z neoplozeného vajíčka vždy vyroste trubec, kdežto z vajíčka oplozeného může vzniknout buďto dělnice anebo včelí matka. Tutu diferenciaci ovlivní složení potravy a její množství právě v larválním vývoji (Daníhlík et al., 2016).

Po šesti dnech larva přechází do vzpřímené polohy a začíná kolem sebe spřádat kokon z hedvábného vlákna z pyskových žláz. V tomto období se utvoří spojení mezi střevem a konečníkem a larva poprvé vylučuje svoje výkaly na dno buňky (Ritter, 2018). V zátočku vývoj jedince pokračuje stádiem předkukly a kukly. Předkukla je klidové stádium před započítím dokonalé přeměny. V kukle dochází k přeměně larvy v dospělce. V době vzpřimování larvy, včelí dělnice zavíčkují buňku s plodem

prodyšným voskovým víčkem. Těsně před vylíhnutím se včela naposledy svlékne, a poté prokouše kusadly voskové víčko a buňku opouští (Daníhlík et al., 2016). U dělničího plodu trvá celková doba od položení vajíčka až po vylíhnutí 21 dní u trubců 24 a u budoucí matky 16 dní (Ritter, 2018).

2.2. Varroóza

Varroóza včel neboli kleštíkovitost je parazitální onemocnění včelího plodu a dospělých včel. Původce tohoto onemocnění je roztoč kleštík včelí *Varroa destructor*. Tomuto roztoči se připisuje hlavní role v hromadném vymírání včelích společenstev na celém světě někdy nazývaného jako syndrom CCD (colony collapse disorder) (Titěra, 2017).

Stejně jako jeho hostitel včela medonosná (*Apis mellifera*), patří kleštík včelí (*Varroa destructor*) v taxonomickém zařazení do kmenu členovců (*Arthropoda*). Dále se řadí do podkmene klepítkatci (*Chelicerata*), třídy pavoukovci (*Arachnida*), podtřídy roztoči (*Acari*), řádu čmelíkovití (*Dermanyssidae*) a čeledi kleštíkovití (*Varroidae*) (Anderson a Trueman, 2000).

2.2.1. Historie varroózy

V roce 1904 byl objeven roztoč *Varroa jacobsoni* na včele východní *Apis ceranae* na ostrově Jáva (Oudemans, 1904). Zde působil včelám jen malé škody (Čermák et al., 2016). Posun v rozšíření roztočů nastal vlivem umělé migrace včelstev do oblasti Asie, přesněji do východního Ruska, na Dálný východ a na zpět (Oldroyd, 1999). Tím byli roztoči v osmdesátých letech dvacátého století zaznamenáni téměř po celém světě (De Guzman a Rinderer, 1999). Pomocí molekulární genetiky byl v roce 2000 objeven skutečný původce varroózy druh *Varroa destructor* (kleštík včelí) (Čermák et al., 2016). Do tohoto roku, tedy před zmíněnou umělou migrací včelstev, napadal tento roztoč výhradně včelu východní (Ritter, 2018). *Varroa destructor* úspěšně přešel na včelu *A. mellifera*, která na rozdíl od *A. cerana* postrádá přirozené obranné mechanismy (Rath, 1999). V současnosti právě tento druh způsobuje úhyny včely medonosné *Apis mellifera* po celém světě (Sammataro, 2011). Proto je v současnosti velmi obtížné, mimo izolované Austrálie, najít včelstvo neinfikované roztočem *Varroa destructor* (De la Rúa et al., 2009).

Na území tehdejšího Československa byl poprvé objeven roztoč *Varroa destructor* v roce 1978 MVDr. Hankem při systematické kontrole zimní měli. Nález

byl posléze prokázán i v terénu v obcích Vyšné Německé a Ruský Hrabovec. V srpnu 1978 bylo známo už 15 ohnisek v pohraničním okrese Humnné. Všechna včelstva s pozitivním nálezem byla utracována. Později byla utracována i všechna včelstva v ochranných pásmech. I přes tato tvrdá represivní ochranná opatření se varroóza rozšířila po celém území tehdejší republiky, s čímž prvotní ohniska nesouvisela. Následně se od utrácení včelstev upustilo a přešlo se k tlumení varroózy pomocí léčiv (Čermák et al., 2016).

2.2.2. Morfologie a ontogeneze *Varroa destructor*

Tělo kleštíka vykazuje zřetelný sexuální dimorfismus (Ifantidis, 1983). Trup samičky měří 1,5-1,9 mm na šířku a 1,1-1,5 mm na délku. Povrch kutikuly je barvou přizpůsoben pro splnutí s tělem včely, proto je zbarvena do hnědé až černohnědé barvy a na celém povrchu je lesklá (Kohfink, 2016). Plochý tvar těla společně s hustým ochlupením a čtyřmi páry končetin zakončenými přísavkami, umožňují samičce roztoče, pevně se přichytit ke včele (Ritter, 2018). Končetiny samičky jsou tlusté a krátké se specializovanými strukturami. Tělo samečka je mnohem menší než tělo samičky, a to ve všech vývojových fázích (Alberti a Hänel, 1986). Tělo měří asi 0,8 mm a je stejně jako u samičky okrouhlé, avšak kutikula je méně pevná a její zbarvení je bílé až průhledné (Čermák et al., 2016). Celý hřbet tvoří po dozrání kutikuly tvrdý krycí štít pokrytý chloupky, stejně jako zbytek celého těla. Ze spodní strany těla vyrůstají 4 páry končetin, které mají přichytné drápky a přísavné polštářky. To roztoči umožňuje udržet se na včele dokonce i za letu (Pohl, 2008). Ostré ústní ústrojí slouží k nabodávání měkkých tkání na vnější schránce včel nebo včelích larev (Titěra, 2017). Na ústním ústrojí a na prvním páru končetin se nachází většina smyslových orgánů roztoče. Na živočicha živícího se výhradně jako parazit je *Varroa destructor* vzhledem k tělu svého hostitele jeden z největších zevních parazitů (Pohl, 2008).

Životní cyklus roztoče je naprosto synchronizován a spojen s životním cyklem hostitele, kterým je včela medonosná (Kuenen a Calderone, 1997). Život roztoče můžeme dělit na období embryonální, postembryonální a období dospělého jedince. V každém tomto jednotlivém období lze odlišit mobilní a imobilní stádium (Čermák et al., 2016). Život roztoče má dvě fáze, zaprvé jde o období foretické, kdy roztoči zůstávají na včele a živý se její hemolymfou, a za druhé o období reprodukční, které probíhá uvnitř buněk včelího plodu (Donzé a Guerin, 1994).

U dělničího plodu přechází jedna nebo i více samiček *Varroa destructor* do plodové buňky 20 hodin před zavíčováním, u trubčího plodu až 50 hodin před víčkováním plodu. Roztoč tyto larvy s ideální dobou před zavíčováním rozeznává podle typického pachy, výběr hostitele ovlivňují i faktory jako je teplota, výdej CO₂ nebo pohyby larvy. Pokud samička roztoče nenajde larvu ve vhodné fázi, zůstává na včele (Pohl, 2008).

Když úspěšně najde vhodného hostitele, nechá se společně se včelí larvou zavíkovat a ukryje se na dně buňky, kde zůstane zafixovaná v mateří kašičce, dokud mateří kašičku včelí larva nespotřebuje a tím roztoče uvolní. Díky speciálnímu orgánu (*peritrema*) podobnému potápěčskému šnorchlu, může samička roztoče dýchat i v těchto podmínkách (Ritter, 2018). Samička poté přežije na tělo larvy a začíná se krmit z larvy. Zhruba 60 hodin od zavíkování napadené buňky, opouští samička roztoče tělo kukly a klade první vajíčko na stěnu buňky včely blízko víčka (Urban, 2018). Z tohoto vajíčka se vždy líhne haploidní sameček roztoče. Za dalších 30 hodin klade samička první oplozené vajíčko, z kterého se vylíhne samička (Flottum, 2015). Následně je v intervalu přibližně 30 hodin nakladeno i více než pět oplozených vajíček tak, aby je včelí larva, respektive kukla netísnila. Z vajíček roztoče se po stádiu larvy vyvíjí dvě stádia nymf (protonymfa a deutonymfa), poté se vyvíjí dospělí jedinec (Ritter, 2018).

Během svého vývoje v buňkách preferují samičky roztoče *Varroa destructor* teplotu mezi 26 °C až 33 °C (Rosenkranz, 1988). Přežít může ovšem i ve vyšších teplotách v závislosti na ročním období. V létě se teplota plodu pohybuje mezi 32 °C a 37 °C. Samička roztoče po celou dobu udržuje otvor v kutikule včelí kukly, který slouží jako zdroj potravy pro její potomky. Počet dospělých samiček roztoče *Varroa destructor* závisí na druhu včelího plodu. V dělničím plodu se stihnou dovyvinout maximálně tři dospělé samičky (Flottum, 2015). Trubčí plod se vyvíjí o tři dny déle, umožňuje tedy vyvinutí čtyř dcer, a proto je upřednostňován (Calderone a Lin, 2001). Tento maximální počet se obvykle v buňce nevyskytne, jelikož včely pravděpodobně nejnapadenější plod ruší a vynášejí jej ven z úlu před jejich vylíhnutím. V plodové buňce budoucí včelí matky se nestihá vyvinout žádná dcera, proto není obvykle ani napadána (Ritter, 2018). Než se včela vylíhne z buňky, nachází se společně s ní v buňce „matka“ *Varroa destructor*, sameček a několik dospělých dcer, které se společně se samečkem shromažďují u výkalů roztočí „matky“ a páří se (Čermák et al., 2016). Jelikož jsou samičky roztoče oplodňovány výhradně vlastními

bratry, variabilitu genomu zajišťuje hlavně přirozená mutace (Ritter, 2018). K oplození samiček dochází vpravením spermatoforu (Titěra, 2017). Vpravení spermatoforu do těla samiček umožňuje samečkům modifikované ústní ústrojí zvané chelicery. Vlivem transformace ústního ústrojí pro rozmnožovací funkci, není sameček schopen přijímat potravu (Ritter, 2018). Oplozená samička postupně oplodňuje svá vajíčka spermii ze spermatéky, podobně jako včelí matka (Titěra, 2017). Zhruba po 300 hodinách se včela začíná líhnout a společně s ní opouští buňku „matka“ a několik spářených dcer. Nedospělé dcery a sameček v buňce hynou (Čermák et al., 2016).

Oplozené samičky migrují na těle včel všude po včelstvu (Kohfink, 2015). Čerstvě vylíhnuté včely jsou méně atraktivní pro napadení roztočem než včely staré a střední generace. Ty bývají nejvíce zamořenou generací (Steiner, 1993). Díky zalétávání dělnic i trubců cestují i mezi včelstvy (Kohfink, 2015). V době plodování je až 90 % samiček ukryto v zavíčkovaném plodu a zbývající samičky jsou přímo na včelách (Urban, 2018). Přes zimu žijí samičky roztoče na včelách až 200 dnů. V největším reprodukčním období se samičky dožívají zhruba dvou měsíců (Titěra, 2017).

Jedna generace roztoče *Varroa destructor* je závislá na čase samičky stráveného na dospělých včelách. Když mladá oplozená samička roztoče vyleze ze své mateřské včelí buňky, trvá její pobyt na dospělé včele šest dní. Všechny následující pobyty na včele mohou trvat jeden až dvaadvacet dnů. Jedna generace tedy trvá 12 až 16 dní. Při obvykle dlouhé včelí sezóně tedy může vzniknout 10 až 12 generací. Ne všechny samičky, které se usadí v buňce, začnou klást vajíčka. U západní včely medonosné neklade vajíčka při premiérovém usazení v plodu až 20 % samiček. Všechny tyto proměnné ovlivňující reprodukci roztoče *Varroa destructor* ovlivňuje mnoho faktorů jako je například plemeno včel, stupeň zamoření nebo klimatické podmínky (Ritter, 2018).

2.2.3. Šíření roztoče mezi včelstvy

Roztoče *Varroa destructor* mohou šířit všechny kasty včel a ve včelstvu způsobit tzv. varroózu. Dělnice roznášejí tuto nákazu několika způsoby. Prvním způsobem přenosu je přirozené zalétávání včel. Včely, které ztratí orientaci se vžebrávají do cizích úlů (Kohfink, 2015). Dělnice s plným medným váčkem nebo s pylými rouskami jsou dobře přijímány v každém včelstvu (Tautz, 2009). Další

přenos probíhá při loupežích včelstev mezi sebou. Takto se může varroóza dostat jak do včelstva vykrádaného, tak do včelstev odkud pocházejí loupeživé dělnice. Také při rojení může vlivem zmatku a zalétávání včel docházet k šíření nákazy (Čermák et al., 2016).

Trubci jsou pro roztoče velice atraktivní přenašeči (Calderone a Kuenen, 2003). Tomuto faktu napomáhá skutečnost, že v reprodukční sezóně včelstva ochotně přijímají cizí trubce (Rinderer et al. 1985). Dalším důvodem, proč jsou trubci dobří přenašeči, je atraktivnost jejich plodu pro samičky. Ty využívají toho, že trubčí plod se vyvíjí nejdéle a to 24 dnů. Právě proto napadají samičky roztoče *Varroa destructor* přednostně trubčí plod. Z toho vyplývá, že trubec, který se vylíhne v napadeném včelstvu, je skoro určitě také napaden a přeletem do jiného úlu roztoče snadno přenese (Ritter, 2018).

Těmito přirozenými způsoby se nákaza šíří 5-10 km za rok podle reliéfu terénu. Mnohem větší rychlostí se varroóza rozšířila kvůli převozům nemocných včelstev člověkem. Na největší vzdálenosti se roztoči šíří díky zasilání matek. Samotná matka je napadána nejméně ze všech včel, ale právě její doprovod v podobě dělnic tvoří častého přenašeče. Šíření nemoci jiným blanokřídlým hmyzem nebyl dokázán. Přenos roztoče mimo úl ze včely na včelu například na květu nebo na matku při snubním proletu také dosud nebyl zaznamenán (Čermák et al., 2016).

Roztoč se může šířit i bez přímé přítomnosti živých včel. Na plodových plástech samička přežívá až 40 dní. Na uhynulých včelách přežije samička 16-17 dnů. Za příznivých podmínek dokáže samička přežít i mimo včelu nebo plod 6-7 dnů (Veselý, 2018).

2.2.4. Způsob parazitace a poškozování včel

Na dospělých jedincích se roztoč uchycuje na úrovni vyústění voskových žláz, které se nachází na prstencích zadečku. Zde je pro včely prakticky nedosažitelný. Také právě mezi články na zadečku je včelí kutikula tenká, čehož samička *Varroa destructor* využívá a vykousává právě tam ránu, z které se krmí hemolymfou. Na larvě se samičky pohybují po celém zadečku, jelikož jim v uzavřené buňce nic nehrozí (Ritter, 2018).

Napadení jedním roztočem dospělého včelího jedince většinou nijak neohroží (Pohl, 2008). Ztráta hemolymfy v průběhu dvou hodin činí 9,1 mg. To je asi 0,5 % celkové hmotnosti včely. Často včela zvládne i zárodky virových onemocnění, které

se dostávají do ran od roztočů, díky dobrému imunitnímu systému včel. Když však včelu napadne více než jeden roztoč, včelu to výrazně oslabí (Ritter, 2018).

Zdravé včelstvo s dostatkem kvalitní potravy je schopno odolávat poměrně velkému množství roztočů (Čermák et al., 2016). Hlavním problémem pro včelstva i včelaře se ovšem v napadeném včelstvu stanou virové infekce, které roztoči pomáhají roznášet (Švamberský, 2017). Před rozšířením varroózy se u nás virové infekce považovaly za bezvýznamné (Kohfing, 2015). Ve většině případů nedochází k infekci jen jednoho viru, ale spíše dochází k takzvané superinfekci, kdy je včela infikována komplexem virů (Čermák et al., 2016). Takto infikované včely během vývoje v buňce jsou již trvale a nenávratně poškozené, a to způsobuje jejich krátkověkost (Kohfing, 2015).

Na rozdíl od skupiny paralytických virů či viru deformovaných křídel, u kterých jsou dobře pozorovatelné projevy, se většina infekcí nikterak neprojevuje po fyzické stránce včel ani změnami jejich normálního chování ve včelstvu. Krátkověkost infikovaných včel není ze začátku vidět ani na fungování celého včelstva. Po vytočení medu včely obvykle bez problémů zpracují podávané zásoby. Již v září a říjnu se ale oslabení a krátkověkost včel začne projevovat úbytkem včel v úlu. Za teplého podzimu s častými prolety většina nemocných včel odlétá z úlu a hyne venku (Čermák et al., 2016).

Krátkověkost včel kromě virových infekcí dále může způsobovat nedostatečná velikost tukového tělíska (Čermák et al., 2016). To způsobují roztoči, kteří sají hemolymfu a tím i živiny v ní, čímž dojde k oslabení hostitele (Welch et al., 2009). Živiny pak chybí na vytvoření zásob v podobě tukového tělesa. Jeden roztoč dokáže zmenšit objem tukového tělíska o 22 % a dva roztoči dokonce až o 40 %. Autoři článku „Roztoč *Varroa* včelám krev nepije“ dokonce uvádějí, že roztoč *Varroa destructor* saje přímo tukové tělísko (Ramsay et al., 2019). Takto postižená včelstva můžeme na konci podzimu a začátkem zimy najít zcela prázdné bez včel. Jestliže jsou stále ještě teploty umožňující venkovní aktivitu včel, dochází k loupežím u kolabujících včelstev. Pokud nastane masivnější úhyn včel až v období nižších teplot, nacházíme úly infikovaných včelstev plné mrtvolek (Čermák et al., 2016).

Klinické příznaky varroózy se projevují spíše pomocí již zmíněných virových infekcí, kteří varroózu doprovázejí. Po dně úlu se objevují včely se zkráceným zadečkem a deformovanými křídly. Včely mohou před úl vynášet podobně

deformované nedovyvinuté jedince (kukly). To může mít za následek mezerovitost plodu. Dalšími nefyziologickými projevy včelího plodu vlivem napadení varroózou jsou propadlá a nerovnoměrná víčka. Měnit se může také samotné chování včelstva. Včelí dělnice mohou být více rozrušené a při manipulaci s rámkou, opouštějí svá místa a rozlétávají se. Dělnice často vylétávají z úlu a už se nevrací. Ve včelstvu pak zůstávají jen matka a pár posledních včel. Při teplotách nad 10 °C jen výjimečně nacházíme mrtvolky včel v úlu (Ritter, 2018).

Podle monitorování prováděném po celém Německu uhynie přes zimu 20 % včelstev, které jsou napadeny v koncentraci 10 napadených včel ze 100. V poměru 20 napadených ze 100 je toto číslo již na 50 %. Navíc i přeživší včelstva si sebou vláčejí subletální škody (Kohfink, 2016).

2.2.5. Diagnostika přítomnosti roztoče *Varroa destructor*

Existuje několik způsobů, jak sbírat roztoče *Varroa destructor*. Některé metody poskytují dospělé samičky roztoče neznámého věku, ty se používají hlavně jako diagnostické. Jiné metody mohou být zdrojem roztočů určitého stáří, a proto se poté mohou používat na experimenty (Dietemann et al., 2013).

Základní diagnostika se provádí průkazem samiček roztoče v měli. V období, kdy není ve včelstvu plod, přežívají samičky *Varroa destructor* na včelách. V tomto období podléhají i roztoči přirozenému úhynu a padají na dno včelího úlu, kam včelaři vkládají podložky. Jelikož panují nízké teploty, včely nevynášejí měl, zbytky z víček na zásobách, ani uhynulé samičky ven z úlu (Veselý, 2013). Měl z podložky se přeseje přes materi mřížku anebo přes síto, které nesmí být hustější než 4 mm, aby se měl zbavila mrtvolek včel (Veselý, 2003). Dále jsou vzorky odevzdány do laboratoře.

V laboratoři k diagnostikování počtu samiček *Varroa destructor* používají takzvanou flotační metodou, u které se využívá rozdílná hustota roztočů a vosku. Vzorek měli se přesype do nádoby o objemu 250 ml. Přidá se flotační tekutina. Obsah se třikrát po 30 sekundách promíchá. Po posledním míchání se nechává vzorek v klidu odstát asi pět minut. Roztoči díky menší hustotě vyplavou na hladinu tekutiny a nechají se snadněji spočítat.

Tato metoda má ovšem mnoho negativ. První z problémů této metody je chybovost flotačního vyšetření. Mnoho samiček totiž vyplave na hladinu až po

opakované flotaci, a tak vzniká nepřesnost ve vyšetření. Dalším zásadním nedostatkem je doba vyšetření. Jelikož se odběr vzorků měli provádět v zimě, výsledek vyšetření nám sděluje spíše účinnost podzimního ošetření než jarní vývoj napadení včelstev. Přesto se právě podle tohoto vyšetření určuje doporučení pro včelaře zahájit podle výsledku jarní ošetřování včelstev. Toto vyšetření bylo koncipováno pro zimování v jednoprostorových úlech, kde včely obsedaly, téměř celý prostor úlu. Dnes se však převážně zimuje ve vícenástavkových systémech, kde vzniká mnoho volného prostoru pod zimním chomáčem včel. Tady se potom odpadlé samičky zachytávají na loučky a padají do otevřených buněk plástů. Tento fakt pak velmi zkresluje výsledek vyšetření. Asi největším negativem tohoto vyšetření je ovšem skutečnost, že se vzorky od jednotlivých včelstev sbírají do jednoho souhrnného vzorku z celého stanoviště. Jedno silně napadené včelstvo pak může zkreslit výsledek jinak zdravého stanoviště, a naopak dostatečně velké stanoviště může zcela skrýt pár nakažených včelstev. V konečném důsledku to pak může vést k nadměrnému používání léčiv, anebo nedostatečnému zásahu (Čermák et al., 2016).

Varroa destructor napadá trubčí plod až 10x více než plod včelí dělnice. Proto má vyšetření trubčího plodu vysokou vypovídající hodnotu. Vyšetřuje se oblast zavičkovaného trubčího plodu o rozloze 1 dm³. To by mělo odpovídat zhruba 200 buňkám trubčího plodu. Při vyšetření se z buněk odstraní víčka a vyjmou se trubčí kukly. Tento způsob vyšetření umožňuje diagnostiku jak dospělých jedinců, tak vývojových stádií roztoče. Problém této metody je v její časové náročnosti (Čermák et al., 2016). Při těžkém napadení včelstva varroózou najdeme v každé plodové buňce dvě roztočí samičky. Mírná hladina napadení je diagnostikována při nálezu pěti samiček na sto plodových buněk (Sammataro, 2011).

Další metoda se nazývá smyv roztočů z dospělých včel. Smyv se provádí pomocí různých detergentů. Při shromažďování živých roztočů pro výzkumné účely se používá moučkový cukr (Macedo et al., 2002). Ani včely, z kterých je smyv prováděn nehynou, proto je tato metoda šetrná ke včelstvu (Pohl, 2008).

Při této metodě se odebírá 300-500 včel, vloží se do nádoby a zasypou se 50 g práškového cukru. Poté se nádoba důkladně protřepe, aby moučkový cukr důkladně obalil všechny včely a také roztoče na nich přítomné. Následně se včely s cukrem prosejí hustým sítem, aby propadl jen cukr se samičkami varroózy. Takto získaný vzorek se dále může prosít přes velice jemné sítko, anebo rozpustit cukr a poté roztok přecedit přes kávový filtr (Macedo et al., 2002).

2.2.6. Léčba a tlumení varroózy

Jak už bylo zmíněno dříve, podle četných studií přispěl roztoč *Varroa destructor* k výraznému úhynu včelích kolonií téměř po celém světě (Guzmán-Novoa et al., 2005). Většina včelstev by bez pravidelného ošetření uhynula mezi 2.-3. rokem existence. Roztoč *Varroa destructor* působí nemalé škody včelstvům a jejich mednému výnosu (Needham, 1988). Možností pro tlumení varroózy je poměrně velké množství. V praxi se jich však prosadilo ve větší míře jen málo (Giusti et al., 2017). Míra uplatnění různých možností záleží především na pracnosti, ceně, ovlivnění včelích produktů a také efektivitě (Čermák et al., 2016). Jejich účinnost je také závislá na expozici roztočů ve včelstvu (Botías et al., 2012). Všechna registrovaná syntetická léčiva jsou založena na podobných syntetických sloučeninách, tedy na organofosfátovém coumafosu, formamidinamitrazu a některých pyrethroidech. Za posledních 25 let nebyla registrována žádná nová látka s kladným účinkem na tlumení roztoče. V důsledku toho se roztoči stali velmi rezistentními (Mutinelli, 2016).

Syntetická léčiva na bázi akaracidů se používají od 80. let 20. století. Pro jejich účinnost a jednoduchost použití se jejich používání rozšířilo po celém světě. Poměrně brzy se začaly objevovat náznaky rezistentních populací roztočů *Varroa destructor* na tyto účinné látky (Ritter, 2018). Pravidelná léčba zapříčiňuje zvyšující se náklady na ošetření včelstva a v neposlední řadě vzniká i riziko chemických reziduí nejen v medu, ale i ostatních včelích produktech (De la Rúa et al., 2009).

V České republice je systém na tlumení varroózy založen právě na těchto syntetických akaricidech. V jarním období se aplikuje přípravek s označením M-1 AE s účinnou látkou tau-fluanátem. Přípravek se aplikuje v podobě emulze nátěrem na zavíčkovaný plod. Toto ošetření se podmiňuje intenzitou napadení u jednotlivých chovatelů, která vychází z vyšetření zimní měli. Ošetření zavíčkovaného plodu nátěrem, musí být doplněno fumigačním ošetřením a provedeno do 15. dubna (Čermák et al., 2016).

V letním období se provádí sledování přirozeného spadu roztoče. Při denním spadu přesahující pět samic se provádí ošetření dlouhodobým nosičem označovaným jako Gabon PF90 s účinnou látkou tau-flavinát nebo Gabon PF92 s účinnou látkou acrinathrin (Pohl, 2008). Tyto nosiče představují dýhové plátky napuštěné účinnou látkou, které se vkládají mezi rámky blízko plodového hnízda.

Kontaktem mezi nosiči a včelami se roznáší účinná látka do prostoru celého úlu (Titěra, 2017). Nosiče jsou ve včelstvu přítomné 25-28 dní, potom se musí ze včelstev odstranit, aby nedocházelo k urychlování vzniku rezistencí na účinné látky. Dalším přípravkem, který se používá v letním období je Formidol s účinnou látkou kyselinou mravenčí. Jako jediný nepodléhá veterinárnímu předpisu (Pohl, 2008).

Jako hlavní léčení v systému České republiky je vnímáno ošetřování fumigací případně aerosolem v podzimním a zimním období. Fumigací nazýváme ošetření formou zápalného knotu s nakapaným přípravkem Varidol 125, který nese účinnou látku amitraz. K fumigaci se při velkém zamoření včel přistupuje i při jarním ošetření společně s nátěrem plodu (Titěra, 2017). Zapálením knotu se účinná látka roznáší po úle společně s kouřem. Fumigace se musí provádět při teplotách vyšších 10 °C. Ošetření aerosolem může nahradit ošetření fumigací. Účinná látka, kterou je M-1 AER, je aplikována do včelstva formou aerosolu pomocí speciálního zařízení. Toto ošetření má tu výhodu, že lze provádět při nižší venkovní teplotě umožňující efektivní aplikaci v době plodové pauzy (Čermák et al., 2016). Nevýhodou obou těchto metod je, že nepronikají do zavíčkovaného plodu včelstva, kde se roztoči rozmnožují (Titěra, 2017).

2.2.7. Léčba a tlumení varroózy bez syntetických léčiv

Vedle systému založeného na syntetických léčivech se hojně využívají přípravky na bázi organických látek. Využívány jsou kyselina mravenčí, šťavelová, mléčná, a navíc i éterický olej thymolu (Pohl, 2008). Tyto látky nezanechávají svá rezidua ve vosku a ostatních včelích produktech (Bacandritsos et al., 2007). Kyselina mravenčí byla jednou z prvních látek, která se začala používat v boji s varroózou. Její účinek, stejně jako u dalších kyselin, je založen na toxickém poškození roztočů. Nejlépe účinkuje na samičky *Varroa destructor*, které parazitují na dospělých včelách. Byla však prokázána i částečná účinnost na roztoče schované v zavíčkovaném plodu (Čermák et al., 2016).

Kyselina mravenčí tedy jako jediná organická kyselina proniká víčky včelího plodu a usmrcuje nebo poškozuje roztoče na včelích larvách (Kohfink, 2016). Pro aplikaci kyseliny mravenčí se používají krátkodobé a dlouhodobé odpařovací systémy. V obou těchto systémech se pracuje s koncentrací kyseliny 85 % nebo slabší variantou 65 %. Optimální teplota na aplikaci se pohybuje v rozmezí 15-25 °C (Čermák et al., 2016). Při této teplotě je nejmenší riziko poškození samotných včel.

Při aplikaci se také musí zohlednit snůšková sezona, aby nedocházelo ke kvalitativnímu a senzoričkému poškození medu. Dále se musí zohledňovat úlový systém a síla včelstva (Ritter, 2018).

Největší výhodou této kyseliny je, jako u ostatních kyselin, její přírodní původ. Přírodně se vyskytuje v mnohých potravinách, a to i v medu (Ritter, 2018). Po kyselině mravenčí nezůstávají v úlu žádná její rezidua na rozdíl od syntetických léčiv. Další výhodou společnou pro organické kyseliny představují jejich dezinfekční účinky proti některým bakteriím a houbám napadající včelstva (Titěra, 2008). Při nárazovém ošetření zastavuje kyselina mravenčí krátkodobě plodování a zároveň poškozuje nejmladší larvy a právě vylíhnuté včely. Tuto ztrátu však zdravé včelstvo rychle nahradí (Pohl, 2012). Giacobino a kol. (2017) uvádějí, že míra zamoření roztočem *Varroa destructor* závisí na přírodních podmínkách, stejně jako účinnost následného ošetření nejvíce závisí na povětrnostních podmínkách v době jeho aplikace ve včelstvu. Mezi hlavní negativa patří také složitější aplikace a její načasování vzhledem k možnému poškození samotných včel, které hodně závisí na teplotních a vlhkostních podmínkách vnějšího prostředí (Čermák et al., 2016).

Další alternativou z řad organických kyselin je kyselina mléčná. Její aplikace je o něco složitější, než u kyseliny mravenčí a šťavelové, tudíž není tak hojně využívána a zůstává tak jako rezerva do budoucna (Pohl, 2008). Aplikace probíhá rozprašovačem ve formě aerosolu, zpravidla při koncentraci kyseliny 15 %. Kyselinu je potřeba aplikovat přímo na všechny dospělé včely, a proto je použití kyseliny mléčné velice časově i technicky náročné. Venkovní teplota by při aplikaci neměla klesnout pod 6 °C (Ritter, 2018). Na rozdíl od kyseliny mravenčí nezastavuje plodování a je méně stresující pro včely. Hlavní nevýhoda tkví právě v náročnosti ošetření, proto se tato kyselina využívá hlavně u oddělků a usazených rojů (Pohl, 2012).

Třetí organickou kyselinou používanou k tlumení varroózy je kyselina šťavelová. Ta je hojně využívána kvůli své vysoké účinnosti v boji proti varroóze, která činí kolem 90 %, a nízkému riziku kontaminace úlu. Při užití léčby kyselinou v plodovém období, je její účinnost kolem 60 % (Rademacher a Harz, 2006). Nejčastěji se aplikuje buďto sublimací nebo pokapem s cukerným roztokem. Kvůli schopnosti vyvazovat vápník z organismu a tvořit nerozpustné šťavelany se doporučuje léčit jednu generaci včel touto látkou jen jednou (Čermák et al., 2016). Pohl (2008) udává důraz na ošetřování včelstev v bezplodovém období. Léčba není schopna proniknout

do uzavřených buněk plodu (Imdorf et al., 2003). Kyselina šťavelová dobře působí i na včely v oddělcích bez plodu, rojovém chomáči nebo smetenci (Pohl, 2015). Pro ještě lepší účinnost v chomáči se doporučuje používat zahřátý roztok kyseliny šťavelové. Ten se v chomáči lépe rozšíří a pomůže tak k lepší efektivitě ošetření (Kohfink, 2016). Tato kyselina je velice náročná na ochranu včelaře, který provádí léčení (Ritter, 2018).

Kromě organických kyselin se na tlumení varroózy používají také přípravky na bázi thymolových silic. V České republice se používají dva přípravky s thymolem a to Thymovar a Apiquard. Přípravky jsou určeny primárně pro použití v letním období pro ochranu zimní generace včel (Čermák et al., 2016). Teplota okolí má být po celou dobu aplikace nad 15°C. Vážnou nevýhodou těchto přípravků je silný zápach a s ním spojené riziko poškození kvality medu. Právě proto se i s přípravky na bázi thymolových silic léčí až po poslední snůšce (Ritter, 2018). S tím je ovšem spojený další problém, při přítomnosti těchto přípravků včely neochotně přijímají krmivo, což může být v bezsnůškovém období na konci léta problém (Pohl, 2012).

Podle Ziegelmann a kol. (2018), bylo jako nový slibný zdroj léčení navržena léčba RNA. Chlorid lithný stejně jako jeho další sloučeniny byl použit k vysrážení RNA a zabíjení roztočů *Varroa destructor* během toho, co se krmí od svých hostitelů. Umělé roje vykazují dobrou snášenlivost včel na užití lithia jako činidla na zabíjení roztočů. Chlorid lithný tedy představuje slibnou budoucnost snadno použitelné metody pro ošetření včelstev vůči *Varroa destructor* s minimálním zásahem ve včelstvu.

Další možností v boji proti kleštíkoví včelímu jsou fyzikální metody tlumení. V současné době se prakticky využívá jen léčba teplem. Ta spočívá v menší tepelné odolnosti kleštíka včelího, než má včela (Ritter, 2018).

2.2.8. Léčení a tlumení varroózy biomechanickými metodami

Biochemické adaptivní mechanismy roztočů jim umožňují přizpůsobit se velkému množství dnes používané léčby. Proto je snaha nalézt takovou metodu, které by se přizpůsobit nedokázali (Garrido et al., 2018). Biotechnické metody tlumení varroózy mají velký význam zvláště v preventivním boji proti nákaze. Při silné invazi roztoče tyto metody nestačí na efektivní tlumení (Lappeitl, 1996). Preferenci roztoče *Varroa destructor* k trubčímu plodu, lze využít k tlumení jeho rozvoje ve včelstvu. Běžně včelaři vyřezávají divokou stavbu a stavební rámky s trubčím

plodem, které vkládají včelaři prázdné na okraje nástavků (Flottum, 2015). Stavební rámky s trubčím plodem je nejefektivnější odstranit, až když jsou celé zakladené a hlavně zavíčkované. Tímto způsobem se odstraní nejvyšší počet roztočů, kteří by se jinak nadále množili (Kohfink, 2016).

Trubčí plod lze použít i jako past na roztoče. Aby do trubčího díla byly zachyceny hned první nové generace roztočů v jarním období, vkládá se v době před doplňováním zásob na zimu plást s trubčím dílem vedle plodového hnízda. Směrem ven se vkládá ještě plást pylových zásob, aby byl podpořen odchov trubčího plodu na vloženém plástu. Na konci března se pak tento plást s trubčím plodem odebere před vylíhnutím prvních trubců (Pohl, 2012).

Metodu s likvidací trubců používá na tlumení reprodukce roztoče *Varroa destructor* i původní hostitel východní včela medonosná. Vlivem nákazy se oslabení včelí trubci nedokážou prokousat hrubým víčkem své mateřské buňky a hynou společně s roztoči. Tyto buňky pak včely potahují propolisem, aby buňku konzervovaly (Ritter, 2018).

Tato metoda lze využít i pro ozdravení oddělků. Do oddělků se musí vložit již zakladený, ale nezavíčkovaný plást s trubčím plodem, jelikož oddělek většinou nevytváří příliš trubčího plodu. Po zavíčkování se opět vyjme a vhodně zlikviduje trubčí plod i s roztoči. Taková varianta se používá u oddělků, které jsou určeny k mednému výnosu v současné sezóně, a proto se u nich nemůže použít chemické léčivo (Pohl, 2008).

K tlumení varroózy se používá i dělníčí plod na podobném principu. Využívá se navíc izolace matky na určitých rámečcích. Tato metoda se však moc nepoužívá pro svou náročnost na práci a čas. Navíc izolace matky ovlivňuje vývoj včelstva a může negativně ovlivnit medný výnos (Pohl, 2012).

Revolucí v potírání roztočů měla být nová léčebná metoda založená na ozvučování včelstev zvukem o vysoké frekvenci. Pro včely je nezávadná, bez reziduí v medu a ostatních včelích produktech, použitelná i během snůšky a velmi jednoduchá na obsluhu. Prvním typem byl vyvíječ vysoké frekvence nazvaný „Shallomat“ představený v 90. letech. Léčba trvala 28 dní a včelstva při ní byla ozvučována frekvencí 12 000 Hz. Tato metoda byla později označena jako neúčinná. Posléze byla zdokonalena a přístroj pojmenován jako Varroa-Sound-Killer, který byl v roce 2016 uveden na trh. Jejím vynálezcem byl včelařský mistr Krüger z Německa. Léčení trvalo 25 až 30 dní a ozvučeno 15 000 Hz (Berg a Höcherl, 2018). Frekvence

15 000 Hz je pro většinu lidí přesahující věk 25 let už neslyšitelná, stále se však nepohybuje v ultrazvukovém pásmu, které začíná od 20 000 Hz. [1]

Metoda ošetřování včelstev vysokofrekvenčním zvukem, také nazývaná „ultrazvuková“ si zakládá na úhynu roztočů po 10-20 dnech v důsledku jejich vyrušování při příjmu potravy. Podle údajů výrobce by měla všechna včelstva být léčená během jednoho léčebného cyklu, neboť zvuk o této vysoké frekvenci působí také na plod včel. Nejvhodnější dobou léčby je období od února do půli dubna a následně od července do srpna (Berg a Höcherl, 2018).

Termická metoda je založena na principu ohřátí včelstva na takovou teplotu, kterou roztoči již nepřežijí a včelám, matce ani jejich plodu neublíží (Titěra, 2017). Tato metoda uskutečňována pomocí proudění horkého vzduchu byla při 43-48 °C a době působení 5-15 minut všeobecně uznávána jako strategie kontroly roztočů (Karpov a Zabelin, 1978). Tepelný stres při 50 °C způsobil 100% úhyn roztočů ze včel, a dokonce i v samotných buňkách plodu. Při vystavení včelstva 40 °C zemřeli roztoči přítomní na těle včely, nikoliv uvnitř zavíčkovaného plodu. (Becher a Moritz, 2009) Bauer a kol. (2018) uvádějí, že odstraňování zamořeného plodu je závislé na kolísání teplot za přítomnosti roztoče *Varroa destructor*. Za kritickou teplotu je tedy považována teplota 50 °C, působící po dobu 5 minut. Tato metoda je spolehlivá na 100 %, avšak těší se jen malé oblibě, neboť včely mají snahu klimatizovat úl na ideálních 35 °C. Není tedy vůbec jednoduché, docílit potřebného přehřátí. V knize Dalibora Titěry s názvem Včely zdravé a nemocné byl uveden experiment zahřívání úlu, o které se měl postarat horký vzduch, který by cirkuloval mezi rozšířenými uličkami. Střed hnízda měl ovšem stále pouze 35 °C, i když na krajích plástů kapal roztavený vosk. Bylo proto nutné izolovat včely od všech dřevěných částí úlu a zabránit jim tak v ochlazování a následně ošetřit úl i včely samostatně, a to v celokovovém děrovaném otáčivém koši. K ohřevu celého úlu se využívá i princip solárního ohřevu (Titěra, 2017).

3. Metodika a materiál

3.1. Příprava experimentu

3.1.1. Výběr stanoviště a včelstev

Stanoviště včelstev vybraných k provedení experimentálního léčení vysokofrekvenčním zvukem se nacházelo v obci Dobšice v bývalém vojenském prostoru na kočovném voze vlastní konstrukce (Obr. 1).

Obrázek 1: Umístění pokusného stanoviště



[2]

Na toto stanoviště bylo umístěno 20 včelstev na kočovném voze, tím pádem jedna polovina včelstev směřovala česny na východ a druhá polovina na západ. Úly se včelstvy byly postaveny na železném podstavci cca 30 cm nad podlahou kočovného vozu. Mezi úly je rozestup zhruba 10 centimetrů. Ze stran byly úly kryty palubkovou stěnou s otvorem na dno úlu. Střecha zakrývá většinu plochy kočovného vozu kromě průchozí uličky ve středu.

Stanoviště bylo vybráno k experimentu z důvodu nejvyšší uniformity včelstev jak z pohledu zootechnického (síla, plocha plodu, stáří matky), tak z pohledu technického (typ nástavků a den). Před zahájením experimentu obsedala všechna včelstva dva celodřevěné nástavky s rámkovou mírou 39x24 vlastní výroby. Nástavky stály na dřevěných dnech s vysokým podmetem. Strop úlů kryjí dřevěná víka izolovaná 6 centimetry styroduru. Z technických důvodů (umístění včelstev v

kočovném voze) a i kvůli dobré přehlednosti byla skupina 10 pokusných včelstev vybrána na východní straně kočovného vozu a kontrolní skupina na straně západní. Včelstva byla označena čísly 1-20, přičemž 1-10 tvoří pokusnou skupinu a 11-20 tvoří skupinu kontrolní. Ve včelstvu označeném číslem 1 je vložen originální přístroj Varroa-Killer-Sound. Ve včelstvech 2-10 jsou umístěny sestrojené přístroje podle vzoru.

3.1.2. Příprava včelstev

Pro sjednocení síly a vývoje sledovaných včelstev byla 11.3.2018 provedena kontrolní jarní prohlídka včelstev. Při prohlídce byla ověřena přítomnost otevřeného plodu, celkový zdravotní stav a dostatečné množství zásob. Pro vyrovnání rozvoje bylo u všech včelstev kladoucích v dolním nástavku přesunuto jejich plodové těleso do nástavku horního, a naopak zásoby do nástavku spodního. Všechna včelstva na vybraném stanovišti měla 4-6 rámků s plodem. Včelstva nevykazovala projevy špatného zdravotního stavu a byla celkově velice vitální.

Dále bylo připraveno páteřní vedení společně se zdrojem a napájením. Následně byl umístěn na všechna včelstva jeden nástavek s připraveným nosičem vysokofrekvenčního vyvíječe.

3.1.3. Experimentální prototypy

Podle stránek výrobců Varroa-Killer-Sound je jejich systém ošetřování včelstev založen na vystavení na včele krmících se roztočů vysoké frekvenci o hodnotě kolem 15 000 Hz. Pro ověření této teorie byl zakoupen jeden přístroj Varroa-Killer-Sound.

Kvůli finanční náročnosti na pořízení dostatečného počtu originálních Varroa-Killer-Sound přístrojů bylo navrženo a sestrojeno 9 pokusných prototypů tak, aby vykazovaly totožné hodnoty jako originál.

Výrobce Varroa-Killer-Sound dále doporučuje zakoupit ke svému přístroji i gelovou 12 V baterii nabízenou na jeho stránkách. Přístroj se má dle pokynů výrobce na baterii přilepit a položit přímo nad plodové hnízdo do prázdného nástavku, Takto se přístroj nachází přímo nad plodovým hnízdem zhruba 10 centimetrů vysoko.

V tomto pokusu byl přístroj vložen do upraveného rámků, a zavěšen do doporučené výšky 10 centimetrů nad plodové hnízdo. Napájení bylo zajištěno páteřním vedením mezi všemi přístroji, napájené z dvou gelových baterií.

3.1.4. Technická řešení prototypu vyvíječe a jeho napájení

Originální přístroj Varroa-Killer-Sound byl měřen pomocí profesionálních přístrojů DT-8850, RC OWON B35T a MINI DS21. Z výsledků měření vyplývá, že zařízení Varroa-Killer-Sound vytváří zvuk o frekvenci 14,352 KHz \pm 0,05 KHz. Akustický tlak ve vzdálenosti 10 cm je 85 dB, s přesností \pm 1,5dB. Tyto hodnoty jsou průměrem deseti měření. Přístroj je navržen pro napájení z gelové baterie 12 V. Podle stavu baterie přístroj odebírá proud od 6 mA do 11 mA dle napětí.

Pro samotnou realizaci bylo rozhodující vytvoření 9 kusů zařízení se shodnými vlastnostmi jako má originální přístroj Varroa-Killer-Sound. Frekvenční pásmo 14,35 KHz je těsně nad hladinou slyšitelného pásma, proto byl použit návrh tónového generátoru s obvodem NE555. Pro zajištění stabilního provozu, je napájení všech devíti zařízení, realizováno pomocí páteřního vedení 12 V napájeného z dvou Pb akumulátorů, které jsou napájeny pomocí solárního regulátoru 10 A Epsolar LS1024BPD a FV panelu o výkonu 10 W. Frekvence 14 352 Hz je dosaženo pomocí IO-NE 555 vi. Obrázek 2.

Obrázek 2: Technické schéma prototypu

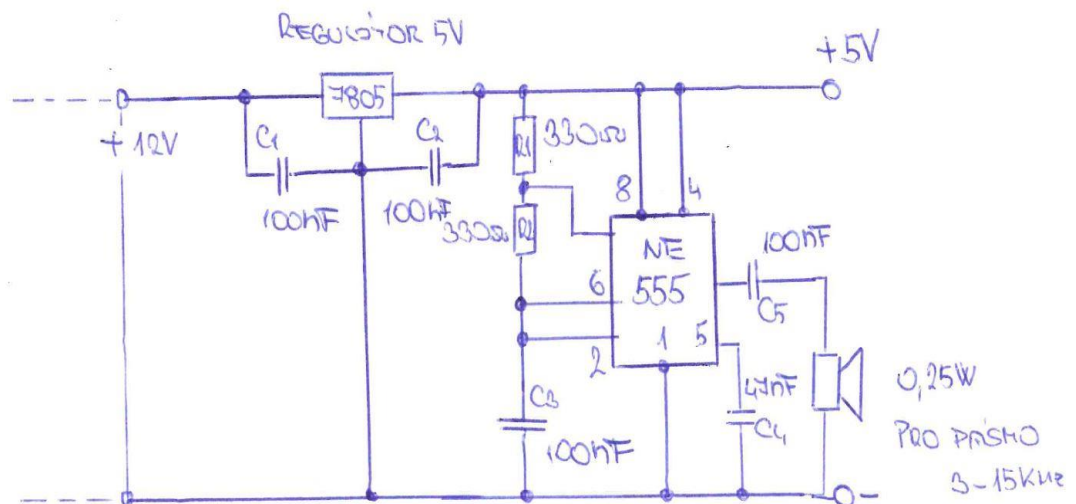


Foto: Novotný, 2018

Zařízení je vybaveno integrovaným regulátorem napětí 7805, který zajišťuje ze vstupního napájení, které může dle stavu Pb akumulátoru kolísat od 10,5V až k 14,5V konstantní napájecí napětí 5 V. Díky této koncepci napájení, je zajištěno, že každé zařízení bude dosahovat stabilní výstupní frekvence 14,352 KHz. Samotný regulátor je vybaven dvojicí kondenzátorů C1 a C2 o hodnotě 100nF které zabraňují

rozkmitání obvodu a zvyšují tedy odolnost a spolehlivost zařízení stejně jako C1 a C2 působí i C4 umístěný u NE 555. Samotná frekvence tohoto astabilního klopného obvodu je dána součástkami R1 a R2 + C3 v návrhu se počítá s hodnotou R1 a R2 330 Ohmu, C3 100 nF. Při praktické realizaci bylo zjištěno, že nejlepší výsledků je dosaženo při hodnotách R1 a R2 = 5 K Ohmu a C3 = 10nF.

Jako poslední část zařízení je měnič elektrické signálu na akustickou energii (reproduktor) vzhledem k použití byl zvolen miniaturizovaný reproduktor s plastovou membránou odolný vlhku a teple, který je připojen k 5. vývodu NE 555, přes ochranný kondenzátor 100 nF, který slouží k oddělení stejnosměrné složky signálu od střídavé (Obr. 3). Každý vyrobený kus byl následně změřen a sladěn korekcí odporů R1 a R2 na optimální frekvenci 14,352 KHz. U všech těchto devíti kusů se podařilo dosáhnout stejného výsledku jako u zakoupeného vzorku.

Celé zařízení je zapouzdřeno do plastové krabičky o rozměrech 20 x 40 x 100 mm vyrobené pro tento účel z odolného ABS plastu, pomocí 3D tisku.

Pro realizaci byla použita povrchová montáž součástek na desku plošných spojů. Deska plošných spojů je vyrobena pomocí leptání v roztoku FeCl₃. Následně osazena pomocí takzvané povrchové montáže. Protože zařízení je provozováno v prostředí s vysokou vlhkostí bylo potřeba součástky i desku před tímto korozivním prostředím ochránit. Proto byl přístroj natřen lakem, vyjma membrány na reproduktoru (Obr. 4).

Obrázek 3: Osazená deska plošných spojů

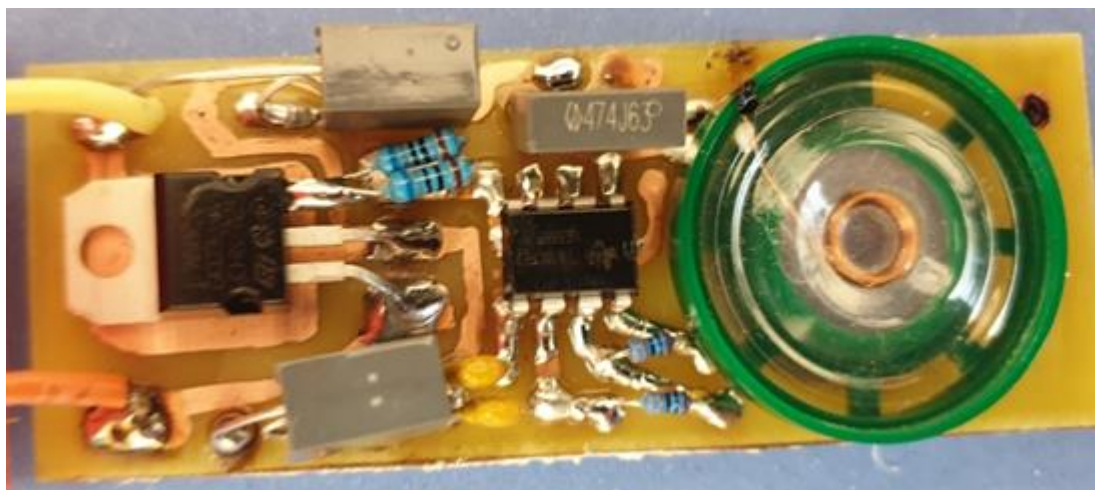


Foto: Novotný, 2018

Obrázek 4: Hotový prototyp ve voděodolném pouzdře

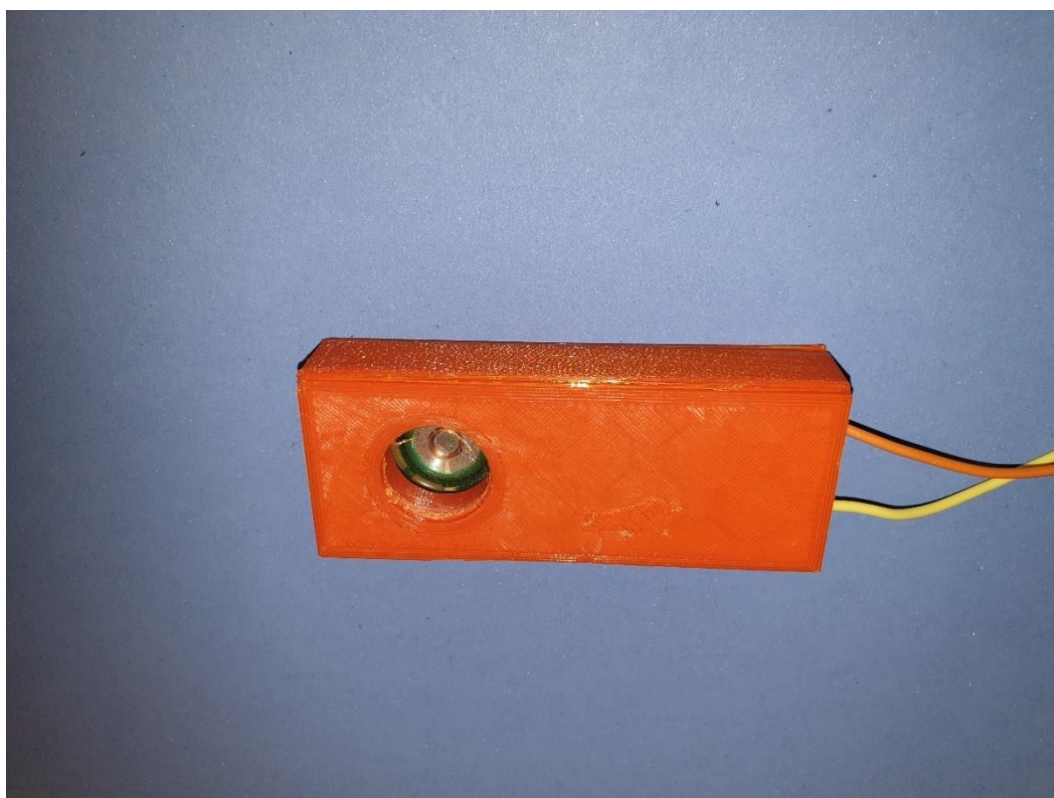


Foto: Novotný, 2018

3.2. Experimentální design

Tento pokus byl navržen pro zjištění vlivu vysokofrekvenčního zvuku používaného u komerčně vyráběného přístroje Varroa-Killer-Sound na stav napadení včelstva varroózou a na chování samotného včelstva. Další měřenou proměnnou byl vliv teploty a vlhkosti na oba zmíněné faktory. Pro doplnění informací byl také sledován počet obsazených rámků a nástavků.

Experimentální design zahrnoval tři čtyřicetidenní cykly s dvacetidenní přestávkou mezi jednotlivými cykly. Během každého ze tří pokusných cyklů probíhalo ve vybraných včelstvech experimentální ošetřování vysokou frekvencí shodnou s frekvencí využívanou k tlumení varroózy přístrojem Varroa-Killer-Sound. První pokusný cyklus probíhal v období od 7.4. 2018 do 17.5. 2018. Následoval druhý cyklus od 7.6. 2018 do 17.7. 2018. Poslední pokusný cyklus probíhal od 2.8. 2018 do 11.9. 2018

Během tří pokusných cyklů byly z pokusných i z kontrolních včelstev odebrány vzorky včel přímo z plástů v blízkosti plodového hnízda. Tyto vzorky byly následně

diagnostikovány pomocí metody smyvu práškovým cukrem. Touto diagnostickou metodou byl zjištěn počet roztočů v jednotlivých vzorcích, to umožnilo následné porovnání pokusné a kontrolní skupiny.

První odběr vzorků proběhl vždy před spuštěním experimentálního ošetřování. Hned po prvním odběru bylo tedy zahájeno spuštění přístrojů vyvíjející požadovanou frekvenci. Následně se v prvním pokusném cyklu odebíraly vzorky po 10 dnech až do jeho skončení. Poté byly vypnuty vyvíječe vysokofrekvenčního zvuku. Po dvaceti dnech bez experimentálního ošetřování byly opět odebrány vzorky a poté byl zahájen druhý pokusný cyklus. Po další dvacetidenní pauze byl stejným způsobem proveden i třetí cyklus. Během tří pokusných cyklů bylo uskutečněno 15 sérií odběrů po 20 vzorcích.

Tento časový harmonogram byl zvolen, z důvodu možnosti porovnat účinky vysokofrekvenčního ošetření v různých fázích včelařského roku. Dalším kritériem pro tyto termíny byla potřeba odebírání vzorků z včelstev, s co nejmenším nepříznivým vlivem na daná včelstva. Také proto se zvolily termíny pokusných cyklů v období s příznivějšími venkovními teplotami.

3.2.1. Další faktory sledované během experimentu

Při provádění odběrů vzorků ze včelstev byly sledovány a zaznamenávány další doprovodné faktory. U každého včelstva byly hodnoceny vlastnosti včelstva, které by mohly souviset s pokusným ošetřováním. Sledována byla mírnost a sezení včel podle plemenářské příručky práce Českého svazu včelařů z roku 2019 čísla od 1 do 4. Dále bylo evidováno množství obsednutých rámků a nástavků, pro hrubé vyhodnocení aktuální síly včelstva.

Pro zjištění aktuálních klimatických podmínek při odběrech byl na stanoviště umístěn dataloger Comet R3120, který kontinuálně zaznamenával teplotu, vlhkost a rosný bod vnějšího prostředí.

3.2.2. Odběr vzorků pomocí cukerného smyvu

Odběry probíhaly podle metodiky, kterou vydal Výzkumný ústav včelařský v Dole v roce 2015 [3]. Z každého z dvaceti včelstev na stanovišti bylo odchyceno a odměřeno 200 ml včel. Včely se odebíraly vždy z rámků okolo plodového hnízda. Včely na těchto rámcích se pomocí rychlého trhnutí směrem dolů skleply do

průhledné plastové nádoby. Z nádoby byly včely nasypány do odměrky. Pomocí odměrky bylo odebráno přesně 200 ml a zbytek ihned vrácen do úlu. Z odměrky byly včely rychle přesypány do, v našem případě, speciálního dvojkyblíčku se společným dnem v podobě hrubého síta. Ze strany, kam bylo nasypáno 200 ml (cca 600 včel) včel se nádoba uzavře víčkem a z druhé strany se do uvězněných včel nasype 50 g extra jemného práškového cukru. Poté se nádoba uzavře i z druhé strany a včely jsou důkladně promíchány s nasypaným cukrem. Po třech minutách po promíchání byla nádoba otočena nahoru částí se včelami a důkladně vytřepán práškový cukr s odpadlymi roztoči do spodní části nádoby.

Takto připravený vzorek byl přesypán do předem připravené a označené (1-20) transportní uzavíratelné nádobky. Po odebrání všech dvaceti experimentálních včelstev byly vzorky odvezeny na důkladné vyšetření do laboratoře. V laboratoři byly vzorky přesety přes jemné sítko a posléze propláchnuty vodou k odstranění zbývajícího cukru. Poté byl obsah síta vysypán na bílou podložku a důkladně spočítány samičky *Varroa destructor*.

3.3. Zootechnické zásahy

Ve všech dvaceti včelstvech probíhaly zootechnické zásahy ve stejné dny a se stejným postupem pro zachování stejných podmínek pro všechna včelstva a minimalizaci ovlivnění výsledků této práce.

Po březnové přípravné prohlídce následovala jarní prohlídka, která proběhla 4.4.2018. Kontroloval se opět zdravotní stav včelstev a přítomnost dostatečného množství zásob. Dále byly vyjmuty 2-3 nejtmavší souše a nahrazeny připravenými mezistěnami.

Rozšiřování včelstev probíhalo s ohledem na přítomnost vyvíječů vysokofrekvenčního zvuku. Toto rozšíření bylo u všech včelstev provedeno 1.5. 2018. Do již připraveného třetího nástavku byly vloženy vedle rámku s vyvíječem vysokofrekvenčního zvuku tři plodové plásty z horního nástavku, současného plodiště. Dále byly přendány plásty s čerstvými mednými zásobami, které byly vloženy po krajích třetího nástavku. Odebrané rámky z plodiště se doplnily mezistěnami a žemlovými soušemi. Připravený třetí nástavek nebo také „medník“ byl doplněn vhodnými soušemi ze skladu a umístěn nad plodiště včelstva.

Některá včelstva vyčnívala v medné produkci natolik, že bylo nutno přistoupit k přidání čtvrtého nástavku neboli k druhému medníku. U pěti včelstev byly tedy odebrány plné zásobní plásty z prvního medníku a vloženy do nového nástavku ke stranám. Zbytek volného prostoru se doplnil opět soušemi ze skladu. Nový nástavek byl následně umístěn na čtvrtou pozici ode dna.

První medobraní proběhlo 30.5.2018 a včelstvům se odebraly všechny plástve s mednými zásobami a nahradily se čerstvě vytočenými soušemi. Druhé medobraní z pokusného stanoviště se uskutečnilo 29.6.2018. Následovalo konečné odebrání medníků a ponechání jen nástavku s nosičem vysokofrekvenčního vyvíječe 19.7. 2018. Hned po odebrání posledních medných zásob bylo zahájeno doplňování sacharidových zásob včelstvům. Každé čtyři dny byla vložena sklenice s cukerným roztokem do nástavku s nosičem.

Až do ukončení pokusu nebyla včelstva ošetřována jinými prostředky proti varroóze. Tento rok bylo naplánováno až podzimní povinné léčení.

4. Výsledky a diskuse

4.1. Vyhodnocení pokusného ošetřování

Hlavním cílem této práce bylo ověření prokazatelného účinku „ultrazvukové“ metody na vývoj stavu populace roztočů *Varroa destructor* ve včelstvu v návaznosti na vývoj včelstva během aktivní sezóny a vnějších klimatických faktorech. Všechna data získaná během pokusu byla vyhodnocena pomocí programu STATISTIKA 12.

Účinnost vysokofrekvenčního ošetřování vyplývá z rozdílu počtu nalezených dospělých samic *Varroa destructor* v pokusné a kontrolní skupině včelstev. Tento rozdíl byl hodnocen pomocí jednofaktorové ANOVy z hlediska počtu roztočů. Rozdíl mezi skupinami nebyl statisticky prokázán (p-hodnota > 0,05) (Tab. 1), (Graf 1). Tímto byla potvrzena nulová hypotéza (H_0), která říká, že se porovnávané skupiny statisticky neliší. Jak lze vidět v Tabulce č. 2, v pokusné skupině včelstev byl průměr nálezu roztoče 4,02 u kontrolní skupiny 4,34.

Tabulka 1: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (hladina významnosti p-hodnota <0,05)

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro počet roztočů				
	SČ	Stupně (volnosti)	PČ	F	p
Absolutní člen	5142,97	1	5142,96	81,49	0,000
Skupina	7,72	1	7,71	0,12	0,726
Chyba	18428,36	292	63,11		

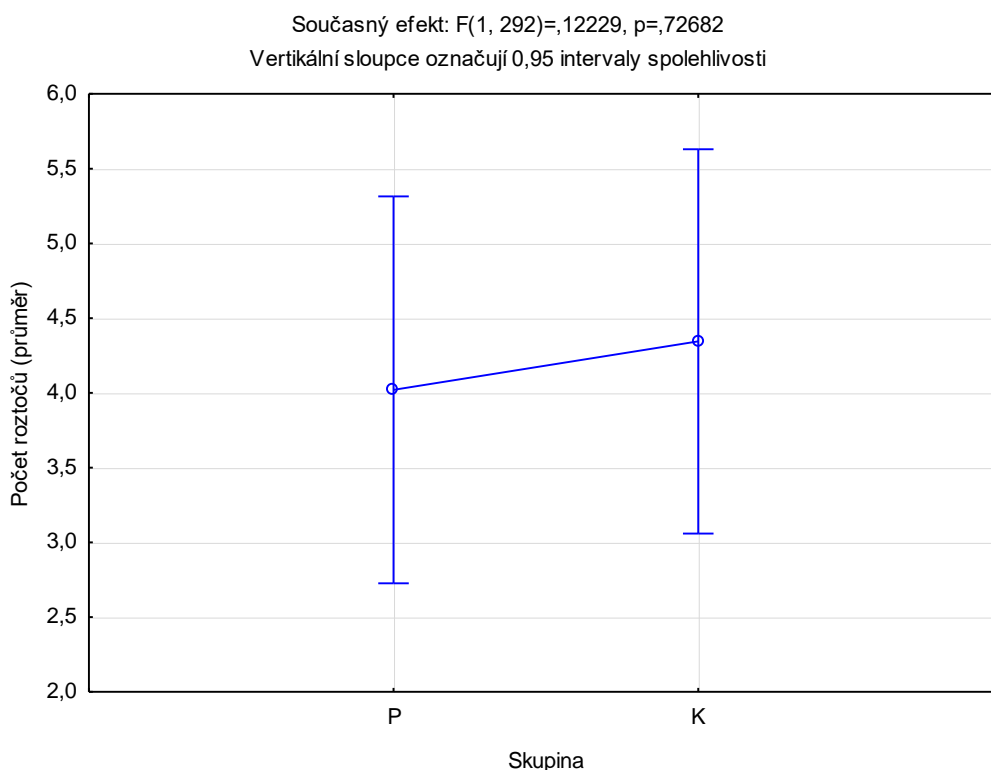
SČ – součet čtverců; PČ – počet čtverců; F – hodnota F testu

Tabulka 2: Průměrné počty roztočů u sledovaných skupin (P = pokusná, K = kontrolní)

Skupina	Počet roztočů (Průměr)	Počet roztočů (Sm.Ch.)	Počet roztočů (-95,00%)	Počet roztočů (+95,00 %)	N
P	4,02	0,65	2,72	5,31	146
K	4,34	0,65	3,05	5,62	148

N – počet pozorování

Graf 1: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (P = pokusná, K = kontrolní)



Výzkumný ústav včelařský v Dole také testoval „ultrazvukové“ ošetřování včelstev, konkrétně přístroj Varroa-Killer-Sound. Stejně jako v této práci byl výsledek testování negativní a neprokázal účinek takzvaného „ultrazvukového“ ošetřování na vývoj populace roztoče včelího ve včelstvech (Kamler, 2018).

Podle soukromého testování výrobce a prodejce Rainera Krügera se účinnost jeho přístroje pohybuje mezi 92-100 %. Pokud plodiště včelstva zabírá dva nástavky, měla by účinnost klesat k 80 %. Tyto tvrzení jsou, v přímém rozporu s touto prací a neshodují se ani s testy zařízení provedené v VÚVD.

4.2. Porovnání pokusné a kontrolní skupiny v jednotlivých cyklech

Porovnání bylo provedeno pomocí dvoufaktorové ANOVy s faktory cyklus a skupina. Statisticky významný rozdíl mezi skupinami z hlediska počtu roztočů opět nebyl potvrzen (p -hodnota $> 0,05$). Mezi jednotlivými cykly z hlediska počtu roztočů byl na druhou stranu prokázán vysoce významný statistický rozdíl (p -hodnota $< 0,01$) (Tab. 3).

Tabulka 3: Výsledky dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu (hladina významnosti p-hodnota <0,05)

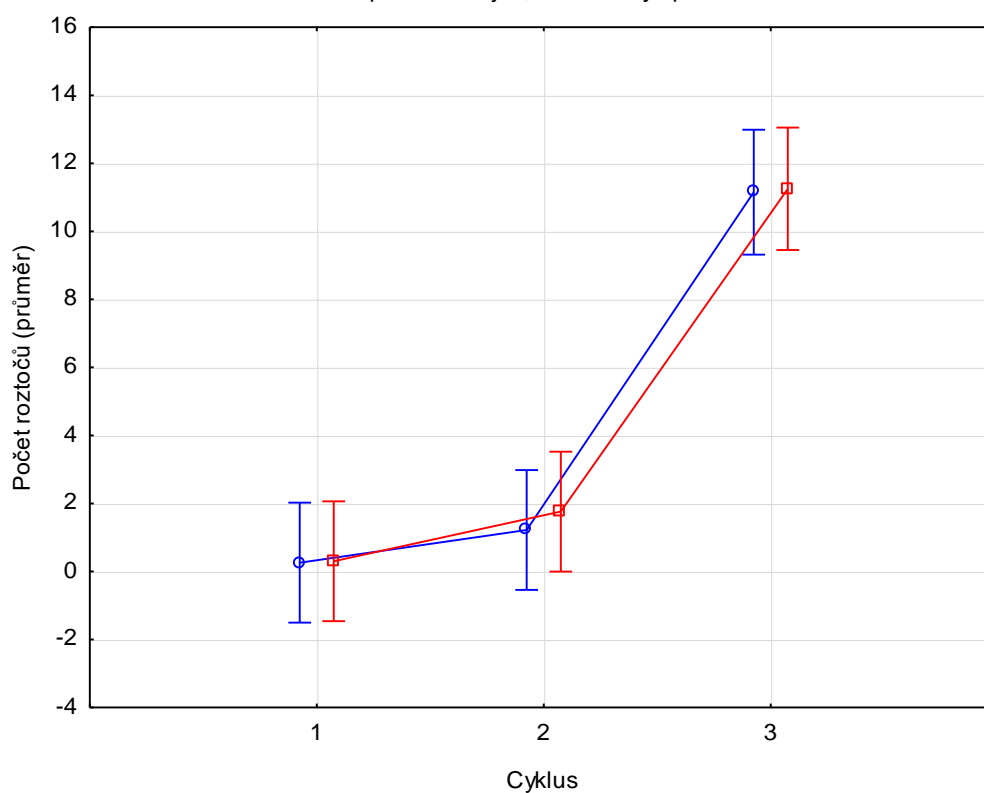
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro počet roztočů				
	SČ	Stupně (volnosti)	PČ	F	p
Absolutní člen	5490,60	1	5490,60	136,92	0,000
Skupina	3,75	1	3,74	0,09	0,760
Cyklus	6876,30	2	3438,15	85,73	0,000
Skupina*Cyklus	3,72	2	1,85	0,04	0,954
Chyba	11548,75	288	40,10		

SČ – součet čtverců; PČ – počet čtverců; F – hodnota F testu

Průběh křivky sledující počet nalezených roztočů ze skupiny pokusné a kontrolní, můžeme pozorovat v Grafu 2.

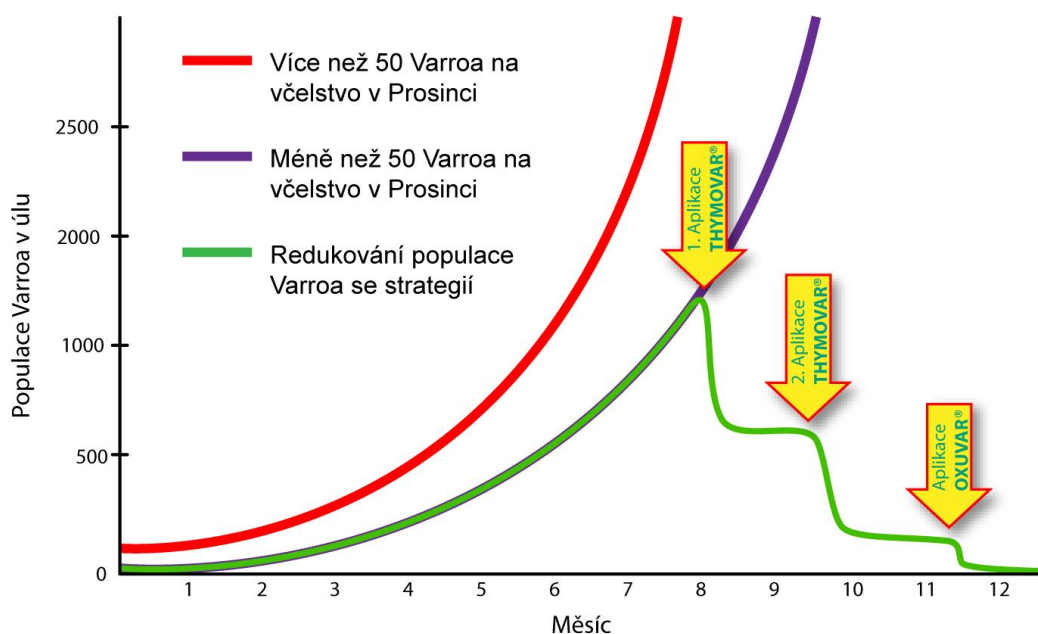
Graf 2: Grafické znázornění výsledků dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu

Současný efekt: $F(2, 288) = 0,04632$, $p = 0,95474$
 Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti



Tento jev vysvětluje Pohl (2008), ve své knize uvádí největší nárůst populace *Varroa destructor* ve včelstvu právě v období letních měsíců. Jako vrchol populační křivky roztoče uvádí měsíce srpen a září. Toto období odpovídá třetímu pokusnému cyklu v této práci, který dosáhl v počtu nalezených roztočů nejvyšších hodnot. Pohl dále dodává, že takto se populační křivka roztoče chová v případě, kdy včelař neprovádí žádná účinná ošetření tlumící varroózu. V případě, kdy včelař zahájí ošetření včelstev účinnou metodou, měly by stavy roztočů, a i jejich populační křivka, klesat jako v Grafu 3.

Graf 3: Grafické znázornění populační křivky *Varroa destructor* při tlumení během sezóny THYMOVAREM



[4]

Lampe (2015) uvádí totožný vývoj přirozené křivky populace roztoče *Varroa destructor* a dále tvrdí, že právě v tomto období zároveň již výrazně klesá populace včely *Apis mellifera* ve včelstvu. [5] Takový vývoj ve včelstvu potom logicky způsobuje stále se zvyšující počet roztočů *Varroa destructor* v námi odebíraném vzorku (cca 600 včel).

Následně bylo provedeno mnohonásobné porovnání pomocí Tukeyův HSD testu, jehož výsledky jsou uvedeny v Tabulce č. 4. U prvního cyklu výskyt roztoče nebyl téměř zaznamenán, průměrný nález v odebraných vzorcích byl 0,28. V druhém cyklu byl nález 1,49. U třetího cyklu odběrů byl sledován nárůst na průměrnou hodnotu 11,2. Mezi prvními dvěma cykly nebyl prokázán statisticky významný

rozdíl (p -hodnota $> 0,05$). Třetí cyklus se statisticky vysoce významně lišil od prvního i druhého cyklu (p -hodnota $< 0,01$), sledovaný nárůst činil v průměru 10 roztočů ve vzorku. Tyto výsledky také korespondují s tvrzeními Pohla (2008) a Lampeho (2015) zmiňovanými výše.

Tabulka 4: Tuckeyův HSD test výsledků dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu

Tukeyův HSD test; proměnná počet roztočů			
cyklus	{1} (,28)	{2} (1,49)	{3} (11,20)
1		0,36	0,00
2	0,36		0,00
3	0,00	0,00	

Je nutné dodat, že průměrný počet nalezených roztočů v třetím pokusném cyklu byl negativně ovlivněn úhynem tří včelstev, z kterých dvě uhynula v pokusné skupině a jedno ve skupině kontrolní. Jelikož tato včelstva měla nejvyšší hodnoty nalezených roztočů, dá se předpokládat, že jejich úhyn způsobila právě varroóza a další nemoci s varroózou spojené. U všech tří včelstev nastal úhyn náhle bez výrazných projevů postupného oslabování včelstva.

Za těchto okolností sehrávají výrazný podíl na úhynu včelstev virová onemocnění v čele s DWV (Deformed Wing Virus), kterým jedinci *Varroa destructor* slouží jako nezbytný vektor k šíření. [6]

Podrobné výsledky lze vidět v Tabulce 5, kde je uvedeno srovnání pokusné a kontrolní skupiny v jednotlivých cyklech. Z výsledných čísel je patrné, že průměrné hodnoty obou skupin se v jednotlivých cyklech liší jen minimálně. Pouze třetí cyklus se u obou skupin včelstev statisticky liší od předchozích. Jak je ale patrné, od sebe navzájem se statisticky významně neliší a jejich průměry se liší jen o jednu desetinu.

Tabulka 5: Podrobně rozepsaný Tukeyův HSD test výsledků dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu

Tukeyův HSD test; proměnná počet roztočů							
Skupina	Cyklus	{1} (,26)	{2} (1,22)	{3} (11,15)	{4} (,30)	{5} (1,76)	{6} (11,25)
P	1		0,97	0,00	1,00	0,84	0,00
P	2	0,97		0,00	0,98	1,00	0,00
P	3	0,00	0,00		0,00	0,00	1,00
K	1	1,00	0,98	0,00		0,86	0,00
K	2	0,84	1,00	0,00	0,86		0,00
K	3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	

4.3. Porovnání originálního přístroje Varroa-Killer-Sound a sestrojených prototypů

Kvůli vysoké pořizovací ceně originálního přístroje Varroa-Killer-Sound bylo přistoupeno ke koupi jednoho originálního přístroje a dalších devět přístrojů bylo vyrobeno podle jeho vzoru.

Následující výsledky porovnaly pozorovaná data právě mezi zakoupeným přístrojem Varroa-Killer-Sound a skupinou vyrobených prototypů. Porovnání bylo provedeno k ověření stejného působení originálního přístroje a prototypu na včelstva.

Jednofaktorová ANOVA nepotvrdila statisticky významný rozdíl mezi přístroji (p -hodnota $> 0,05$) (Tab. 6), přestože průměrné hodnoty skupiny Po (originální přístroj) se výrazně liší od obou skupin (Tab. 7). Hlavním důvodem nenalezení rozdílu je zřejmě nízký počet opakování sledování měření u originálního přístroje, jelikož byl tento přístroj používán jen v jednom včelstvu.

Tabulka 6: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska počtu roztočů

Jednorozměrné testy významnosti pro počet roztočů					
Proměnná	SČ	Stupně - volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	2846,32	1,00	2846,32	45,45	0,00
Skupina	210,90	2,00	105,45	1,68	0,19
Chyba	18225,19	291,00	62,63		

SČ – součet čtverců; PČ – počet čtverců; F – hodnota F testu

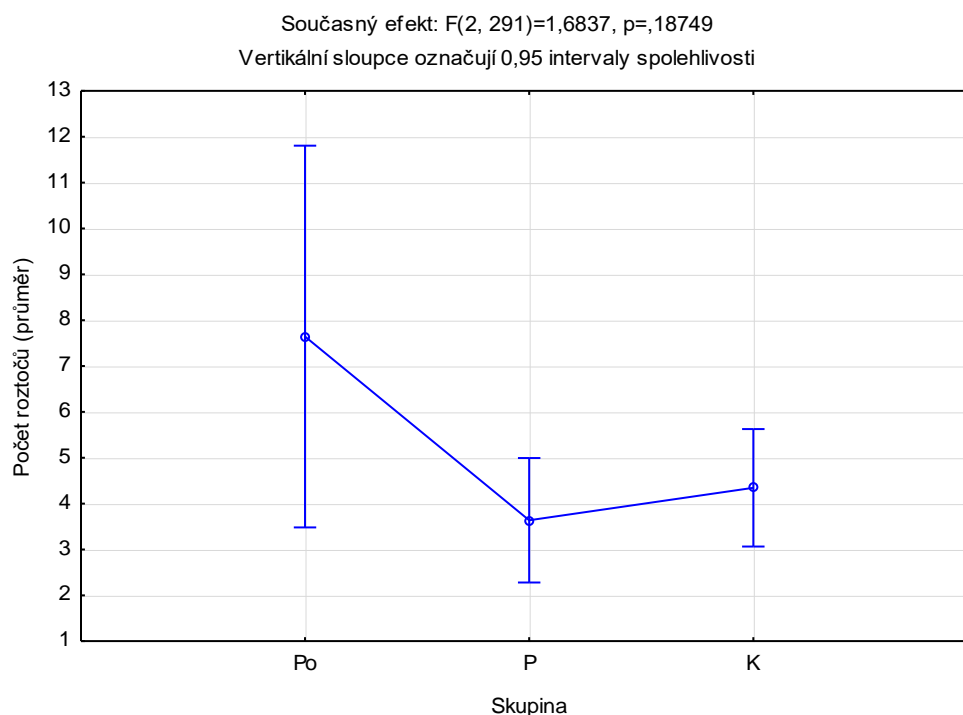
Tabulka 7: Nevážené průměry tří skupin porovnávané jednofaktorovou ANOVou z hlediska počtu roztočů (Po – originální přístroj, P – pokusná skupina, K- kontrolní skupina)

Nevážené průměry					
Skupina	Počet roztočů – Průměr	Počet roztočů – Sm.Ch.	Počet roztočů - -95,00 %	Počet roztočů - +95,00 %	N
Po	7,64	2,12	3,48	11,81	14
P	3,64	0,69	2,28	4,99	132
K	4,34	0,65	3,06	5,62	148

N – počet pozorování

To je velice dobře znázorněno v Grafu 4, kde můžeme pozorovat výrazný rozdíl mezi skupinou Po a zbylými dvěma skupinami. Právě kvůli malému počtu pozorování, pozorujeme u této skupiny nejširší interval spolehlivosti, který je v Grafu 4 znázorněn vertikálním sloupcem.

Graf 2: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (Po-originální přístroj, P-pokusná skupina, K – kontrolní skupina)



Včelstvo ošetřované originálním přístrojem Varroa-Killer-Sound mělo průměrnou hodnotu roztočů nalezených ve vzorku 7,64 (Tab. 7). Tato hodnota je ovšem také silně negativně ovlivněná absencí posledního odběru, zapříčiněnou úhynem včelstva.

Stejně tak čísla pokusné skupiny jsou ovlivněna vyňatým včelstvem, které bylo ošetřováno originálním přístrojem Varroa-Killer-Sound a jeho výsledky v tomto statistickém porovnávání byly vyhodnocovány zvlášť.

Tyto výsledky jsou v rozporu s udávanými údaji výrobce Krügera. Ten uvádí účinnost ošetření i v letním období minimálně 80 %. To znamená, že by stavy nalezených samiček roztoče *Varroa destructor* musely také v naší studii rapidně klesat. Včelstvo ošetřované přístrojem Varroa-Killer-Sound nicméně vykazovalo stále rostoucí počet nalezených roztočů a průměrný nález byl dokonce vyšší než u ostatních devíti včelstev ošetřovaných našimi prototypy.

Dále byly porovnávány tři skupiny (Po, P, K) z hlediska mírnosti pozorovaných včelstev. Pomocí jednofaktorové ANOVy byl zjištěn velmi významný statistický rozdíl mezi skupinami (p-hodnota < 0,01) (Tab.8).

Tabulka 8: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska mírnosti

Jednorozměrné testy významnosti pro mírnost					
	SČ	Stupně – volnosti	PČ	F	p
Absolutní člen	571,95	1,00	571,96	1539,90	0,00
Skupina	7,78	2,00	3,89	10,48	0,00
Chyba	108,08	291,00	0,37		

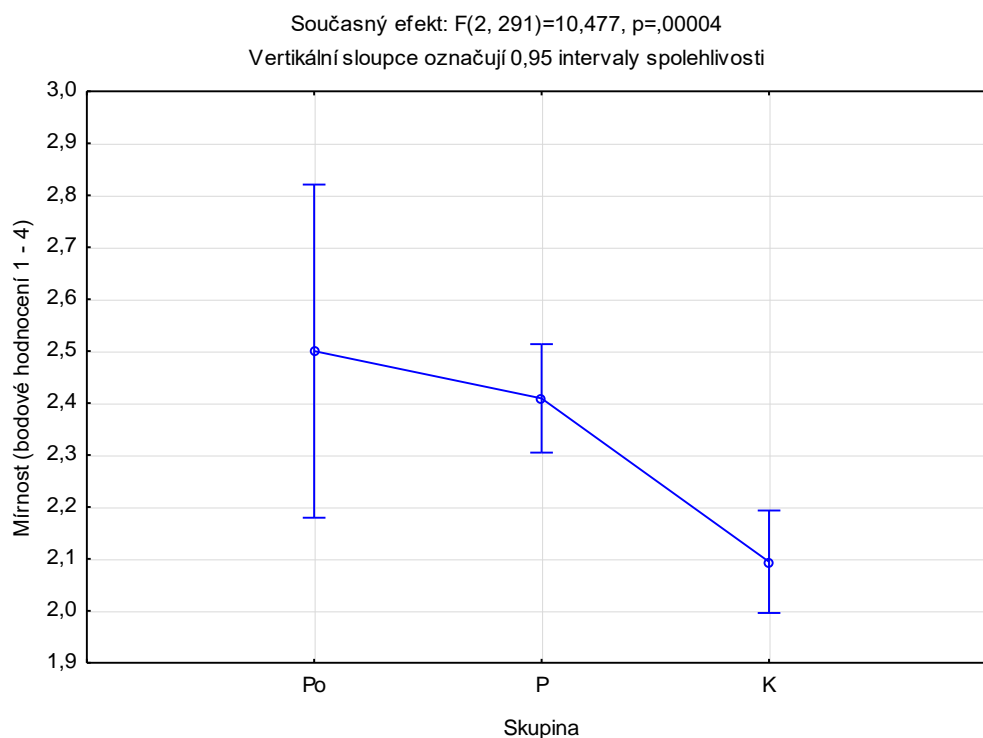
SČ – součet čtverců; PČ – počet čtverců; F – hodnota F testu

V Tabulce 9, lze vidět, že kontrolní skupina se statisticky vysoce významně liší od skupiny pokusné (p-hodnota < 0,01). Přestože u skupiny Po rozdíl statisticky nevyšel, má nejvyšší průměrné číselné hodnocení 2,50, což je o 9 setin vyšší hodnota než u skupiny pokusné. Tento jev je opět způsobený širokým intervalem spolehlivosti znázorněném v Grafu 5.

Tabulka 9: HSD test při nesterjých N tří sledovaných skupin z hlediska mírnosti (Po- originální přístroj, P- pokusná skupina, K - kontrolní skupina)

HSD test při nesterjých N s proměnnou mírnost			
Skupina	{1} - 2,50	{2} - 2,41	{3} - 2,09
Po		0,92	0,18
P	0,92		0,00
K	0,18	0,00	

Graf 3: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska mírnosti (Po-originální přístroj, P-pokusná skupina, K-kontrolní skupina)



Z těchto výsledků by bylo možné odvozovat negativní vliv „ultrazvukového“ ošetřování na mírnost včelstev. Na druhou stranu by však včela neměla být schopna slyšet zvuk o takto vysoké frekvenci. Slyšitelný rozsah pro včelu *Apis mellifera* by měl být v rozmezí 1000-3000 Hz. Zvuk o těchto frekvencích se totiž dobře šíří pevnými předměty v úlu například rámkou (Čavojský et al.,1981).

Další faktor, který hovoří proti možné rušivosti těchto zařízení na včelstvo, je subjektivní forma hodnocení tohoto faktoru. Ač jsme postupovali a hodnotili mírnost včelstev podle Příručky plemenářské práce ČSV [7], je toto hodnocení silně subjektivní, tudíž je zatíženo velkou chybou. Včelstva byla také hodnocena postupně, to znamená každé včelstvo před provedením cukerného smyvu. Proto se u včelstev, které jsme vyhodnocovali jako poslední mohla zhoršovat mírnost, kvůli zvýšení stresu v důsledku naší činnosti u předešlých včelstev.

V Tabulce 9 jsou rozepsané průměrné hodnoty mírnosti. U žádné sledované skupiny tento průměr neklesá pod hodnotu 2. To značí nižší mírnost včelstev na stanovišti, která mohla být dána z větší části geneticky. Na to může poukazovat i fakt, že v dokumentu Šlechtitelský program ČSV [8] je udávána horní hranice pro výběr včelstev plemenářské základny na hodnotu 1,5.

4.4. Korelace doplňujících faktorů

U další skupiny dat (Tab. 10) byly vyhodnoceny korelace doprovodných sledovaných faktorů. Dle předpokladu pozitivní statisticky středně významná korelace vyšla mezi faktory „Mírnost“ a „Sezení“, jelikož oba faktory byly hodnoceny subjektivně před odběry vzorků ze včelstev. Mírnější včely totiž nejsou tak agresivní a méně odlétávají z plástů

Další korelace vyšly mezi průměrnými hodnotami teploty, relativní vlhkosti a rosného bodu. Stejně tak u teploty, relativní vlhkosti a rosného bodu v době odběru. Tyto korelace byly očekávané kvůli fyzikální a výpočetní závislosti těchto faktorů.

Relativní vlhkost vyjadřuje nasycení vzduchu vodní parou. Je definovaná jako poměr skutečné hustoty vodní páry a hustoty vodní páry ve vzduchu nasyceném vodní parou při dané teplotě. Rosný bod je pak definován jako teplota, při ní se vlhký vzduch o dané hodnotě směšovacího poměru vodní páry stane nasyceným, vzhledem k vodě následkem izobarického ochlazování. Při poklesu teploty pod hodnotu rosného bodu dochází poté ke kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu a vzniká rosa nebo mlha [9].

Dále vyšly dvě mírně významné korelace u faktoru sezení. Tento faktor mírně koreloval s průměrnou denní teplotou a relativní vlhkostí v době odběru. U průměrné denní teploty to může být způsobené ovlivňováním nálady a míry stresu u včelstva teplotou vnějšího prostředí. Jelikož je korelace kladná, dá se předpokládat právě zvyšování ochoty zůstat sedět na plástech při klimaticky příznivých podmínkách pro včelstvo během dne. To samé by mohlo platit u relativní vlhkosti během odběru. Jelikož jsou ale korelace jen mírně významné, je zde možnost náhodné korelace. Tomu napovídá i fakt, že faktor mírnost, který jak se prokázalo úzce souvisí s faktorem sezení, tyto korelace neprokázal.

Faktor počet roztočů vykázal mírnou korelaci se všemi ostatními faktory krom rosného bodu v době odběru. Díky jen malé významnosti těchto korelací, lze opět usuzovat na náhodné korelace.

Tabulka 10: Výsledné korelační koeficienty hodnotící míru závislosti vybraných parametrů (červeně označené významné korelace s p - hodnotou < 0,05)

Korelace vybraných doprovodných faktorů											
	Průměry	Sm.odch.	Mírnost	Sezení	Průměrná denní teplota	Průměrná denní r. vlhkost	Rosný bod	Teplota v době odběru	Vlhkost v době odběru	Rosný bod v době odběru	Počet roztočů
Mírnost	2,26	0,63	1,00	0,59	0,11	-0,03	-0,02	-0,01	-0,02	-0,04	0,15
Sezení	2,02	0,60	0,59	1,00	0,19	-0,11	0,09	0,11	-0,12	-0,04	0,22
Průměrná denní teplota	19,68	4,74	0,11	0,19	1,00	-0,62	0,68	0,92	-0,69	0,11	0,18
Průměrná denní r. vlhkost	61,05	12,81	-0,03	-0,11	-0,62	1,00	0,01	-0,67	0,97	0,63	-0,16
Rosný bod	10,83	3,61	-0,02	0,09	0,68	0,01	1,00	0,64	-0,13	0,68	0,13
Teplota v době odběru	24,06	5,31	-0,01	0,11	0,92	-0,67	0,64	1,00	-0,72	0,13	0,14
Vlhkost v době odběru	50,81	21,54	-0,02	-0,12	-0,69	0,97	-0,13	-0,72	1,00	0,57	-0,15
Rosný bod	11,85	3,79	-0,04	-0,04	0,11	0,63	0,68	0,13	0,57	1,00	-0,01
Počet roztočů	4,18	7,93	0,15	0,22	0,18	-0,16	0,13	0,14	-0,15	-0,01	1,00

Tabulky 11 a 12 ukazují výsledek korelací mezi počty obsednutých nástavků, rámků a počty roztočů. Jednoznačná korelace vyšla mezi obsednutými rámků a nástavky. Počet nalezených roztočů mírně negativně koreluje s oběma zbylými faktory.

Tabulka 11: Korelace počtu obsednutých nástavků a rámků s počtem roztočů u pokusné skupiny

Proměnná	Skupina P				
	Průměry	Sm.odch.	Počet roztočů	Obsednuté nástavky	Obsednuté rámků
Počet roztočů	4,18	7,93	1,00	-0,33	-0,33
Nástavky	2,43	0,53	-0,33	1,00	1,00
Obsednuté rámků	26,68	5,81	-0,33	1,00	1,00

Tabulka 12: Korelace počtu obsednutých nástavků a rámků s počtem roztočů u kontrolní skupiny

Proměnná	Skupina K				
	Průměry	Sm.odch.	Počet roztočů	Nástavky	Obsednuté rámků
Počet roztočů	4,34	6,88	1,00	-0,36	-0,36
Nástavky	2,42	0,52	-0,36	1,00	1,00
Obsednuté rámků	26,61	5,74	-0,36	1,00	1,00

Korelace mezi obsednutými nástavky a rámků je logicky daná jejich přímým vztahem ve včelařské praxi, kdy se další nástavky umísťují na včelstvo, právě za účelem možnosti přidání dalších rámečků do úlu.

Zajímavá je negativní korelace mezi počty roztočů a obsednutými rámků i nástavky. Dalo by se totiž předpokládat, že včelstvo obsedající větší prostor i plochu je silnější, a tudíž produkuje větší množství plodu, v kterém se roztoč může množit. Korelace však může poukazovat na včelstva, která jsou geneticky odolnější proti *Varroa destructor* a celý rok díky svým vrozeným vlastnostem lépe odolávají tomuto parazitovi, což jim umožňuje dostat se do větší kondice a síly. To by potvrdovalo slova Titěry (2017), který zdůrazňuje důležitost šlechtění právě takovýchto včelstev, pro úspěšný boj proti této nemoci.

Další možností, která by mohla vysvětlovat tuto negativní korelaci, je prostý fakt, že množství včel v takto silném včelstvu je větší a samičky roztoče *Varroa destructor* se tak více rozptýlí a do odebíraných vzorků se jich tak dostane méně.

4.5. Technické změny oproti doporučení výrobce Varroa-Killer-Sound

Při plánování experimentu k této práci, byl kladen důraz na možnost experiment uskutečnit v plném včelařském provozu a simulovat tak nové šetrné ošetřování včelstev proti varroóze. K úspěšnému provedení pokusu, bylo tedy nutné navrhnout různá technická řešení, která se však lišila od doporučení výrobce.

Výrobce na svých stránkách doporučuje přístroj napájet z 12 V gelové baterie, která je umístěna přímo nad rámečky s plodovým hnízdem. Přímo na baterii se pak připevňuje přístroj Varroa-Killer-Sound, aby byl ve výšce 10 cm nad tímto plodovým hnízdem.

Tento způsob napájení a upevnění přístroje je však při běžném včelařském provozu velice nepraktický až neproveditelný. Hlavní problém spočívá v zamezení možnosti plnohodnotně nasadit další nástavek. V období rozvoje včelstva to znamená problém s rozšiřováním a tím i s prevencí proti rojové náladě. Při snůškovém období pak včelstvu nelze poskytnout dostatečný prostor pro ukládání zásob medu

Problém s praktickým umístěním přístroje byl vyřešen úpravou běžného rámečku. Rámek byl opatřen další loučkou, která umožňuje přichycení přístroje ve vhodné výšce nad plodovým hnízdem. Do rámečku byla dále vložena sololitová přepážka, aby nedocházelo k prostavování včelím dílem. Takto upravený rámek dovoluje snadné vložení přístroje do třetího nástavku mezi ostatní běžné rámečky.

Napájení bylo kvůli zjednodušení a odstranění samostatného zdroje přímo v úlu vyřešeno společným páteřním vedením 12 V napájeného z dvou olověných 12 V akumulátorů, které jsou průběžně dobíjeny pomocí solárního regulátoru a FV panelu o výkonu 10 W. Přístroje byly mezi sebou propojeny vedením o průměru 1,5 mm, které vedlo po zadních stěnách nástavků až do podmetu, kde vycházelo zadní stranou podmetů z úlu.

Díky těmto inovacím bylo možno pokusně ošetřovat včelstva kdykoli a příliš tím nekomplikovat běžné včelařské zásahy. Využitelnost tohoto postupu ve včelařské

praxi je však limitována typem úlů a ostatních včelařských technologií, které se mohou u včelařů lišit.

Časový harmonogram zvolený pro tento experiment měl za cíl obsáhnout velkou část aktivního včelařského provozu. Dalším kritériem pro tyto termíny byla potřeba odebrání vzorků z včelstev, s co nejmenším nepříznivým dopadem na daná včelstva. Také proto se zvolily termíny pokusných cyklů na období s příznivějšími venkovními teplotami.

Tyto změny mohly teoreticky ovlivnit zjištěné výsledky a způsobit nefunkčnost „ultrazvukového“ ošetření v našich včelstvech, na rozdíl od udávaných výsledků na stránkách výrobce [10]. Nicméně provedené změny přímo neodporují žádným zásadám v pokynech na použití Varroa-Killer-Sound.

4.6. Doporučení pro praxi

Jelikož experiment provedený v této práci ukazuje na pravděpodobnou nefunkčnost vysokofrekvenčního ošetřování včelstev „ultrazvukovou“ metodou, jeví se koupě přístrojů používající právě tuto metodu nevýhodně, i s ohledem na cenu a praktičnost originálního přístroje Varroa-Killer-Sound.

Na druhou stranu je potřeba stále hledat a zkoušet nové metody, které by mohly nahradit současně nejvíce používaná léčiva na bázi akaricidů, a tím přispět k úspěšnému boji proti roztoči *Varroa destructor* bez zbytečných reziduí ve včelích produktech a maximálně šetrnému k samotným včelám.

5. Závěr

Na úvod literární rešerše byly shrnuty poznatky o včele medonosné s důrazem na oblasti, které souvisí s roztočem *Varroa destructor*. Dále byl popsán sám parazit a způsob jakým napadá včelí kolonie. Ke konci literární rešerše byly popsány a shrnuty nejpoužívanější metody tlumení varroózy, tedy nemoci způsobené tímto roztočem. V závěru rešerše byla popsána nová a v této práci testovaná metoda tlumení nemoci vysokofrekvenčním zvukem zvaná „ultrazvuková metoda“.

Praktická část práce zahrnuje přípravu a postup prováděného pokusu. Součástí metodiky je i postup výroby prototypů ultrazvukového vyvíječe, které vykazovaly stejné výstupné hodnoty jako zakoupený originální přístroj Varroa-Killer-Sound.

Z dat, která byla sbírána během pokusu vyplývá, že „ultrazvuková“ metoda používaná v přístroji Varroa-Killer-Sound nemá negativní účinek na vývoj populace roztoče *Varroa destructor* ve včelstvu. Toto provedení „ultrazvukového“ ošetření navíc podle dalších výsledků této práce zvyšuje stres ve včelstvech a tím zhoršuje mírnost a sezení u právě léčených kolonií. Tento výsledek je ovšem zatížen subjektivním hodnocením těchto faktorů. Dalším negativem doporučované metody od výrobce Varroa-Killer-Sound jsou komplikace v běžných včelařských zásazích ve včelstvech během roku, které jsou způsobeny právě doporučeným umístěním přístroje a jeho zdroje energie. Jelikož se na pokusném stanovišti dále prováděly zootechnické zásahy, bylo nutno umístění a napájení přístrojů vyvíjející vysokofrekvenční zvuk upravit. Diskuse výsledků této práce byla ztížena malým počtem publikovaných podobných testů této metody. Ve včelařské praxi se totiž tato metoda ošetření včelstev zkouší, nicméně výsledky jsou těžko porovnatelné.

Zjištění této práce ukazují na nefunkčnost metody, jakou používá Krüger u svých přístrojů. Ty tak pravděpodobně nenahradí současné metody boje proti roztoči *Varroa destructor*. To dokazuje i ukončení prodeje i výroby přístrojů Varroa-Killer-Sound.

6. Použitá literatura

Alberti, G. and Hänel, H., 1986. Fine structure of the genital system in the bee parasite, *Varroa jacobsoni* (Gamasida: Dermanyssina) with remarks on spermiogenesis, spermatozoa and capacitation. *Exp Appl Acarol* 2, 63-104. <https://doi.org/10.1007/BF01193355>

Anderson, D. L. and Trueman, W. H., 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & Applied Acarology*. 2000, 24(3), 165-189. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>. ISSN 1572-9702.

Bacandritsos, N. I., Papanastasiou, C., Saitanis, A., Nanetti, A., and Roinioti, E., 2007. Efficacy of repeated trickle applications of oxalic acid in syrup for varroosis control in *Apis mellifera*: influence of meteorological conditions and presence of brood. *Veterinary Parasitology* 2, 174-178. DOI: 10.1016/j.vetpar.2007.06.001. ISSN 0304-4017.

Bauer, D. J., Wegener and Bienefel, K., 2018 Recognition of mite-infested brood by honeybee (*Apis mellifera*) workers may involve thermal sensing. *Journal of Thermal Biology*. HohenNeuendorf: Bee Research Institute 74, 311-316. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2018.04.012.

Becher, M. A. and Moritz, R. F. A., 2009 A new device for continuous temperature measurement in brood cells of honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie* 5, 577-584. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido/2009031>.

Berg, S. and Höcherl N., 2018 Varroa-Killer-Sound funktioniert nicht. *Bienen & natur* 29, 19-21.

Berg, S. and Höcherl N., 2018 Varroa-Killer-Sound hat keine Wirkung. *Bienen & natur* 29, 19-21.

Botías, C., Mastín-Hernández, R., Barrios, L., Garrido-Baion, E., Nanetti, A., Meana, A. and Higes, M., 2012 *Nosema* spp. Parasitization decreases the effectiveness of acaricide strips (Apivar®) in treating varroosis of honeybee (*Apis mellifera iberiensis*) colonies. *Environ Microbiol Reports* 4, 57-65. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2011.00299.x>

Calderone, N., W. and Keunen, L. P. S., 2003 Differential tending of worker and drone larvae of the honeybee, *Apis mellifera*, during the 60 hours prior to cell capping. *Apidologie* 34(6), 543-552. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:2003054>.

Calderone, N., W. and Lin, S., 2001 Behavioural responses of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) to extract so flarvae, cocoons and brood food of worker and drone honeybees, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Physiological Entomology* 26(4), 341-350. DOI: 10.1046/j.0307-6962.2001.00254.x.

Čavojský, V. Haragsim, O. Haragsimová, L. Kresák, M. Mačička, M., 1981 *Včelárstvo*. Bratislava: Příroda

Čermák K., Gruna B., Hajdušková J., Holub P., Klíma Z., Kovařík I., Navrátil S., Texl P., Texl F., Rytina L., Tůma Z. 2016 *Všelařství: Svazek I. 1. České Budějovice: Pracovní společnost nástavkových včelařů CZ*, ISBN 978-80-260-9090-8.

Danihlík J., Dlouhá Š., Dostálková S., Kabát M., Hroncová Z., Petřivalský M., Prýmas L. 2016 *Včelářství: Svazek II. 1. České Budějovice: Pracovní společnost nástavkových včelařů CZ*, ISBN ISBN 978-80-270-0776-9.

De Guzman, L. I., and Rinderer, T. E., 1999 Identification and comparison of *Varroa* species infesting honeybees. *Apidologie*. Switzerland: SpringerVerlag 30, 85-95. DOI: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00891570>.

De La Rúa, P., Jaffé, R., Dallolio, R., Munoz, I. and Serrano, J., 2009 Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees: Biodiversité, conservation et menaces actuelles des abeilles domestiques européennes Biodiversität, Natur schutz und aktuelle Bedrohungen der europäischen Honigbienen. *Apidologie* 3, 263-284. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido/2009027>

Dietemann V., Nazzi F., Martin S., J., Anderson D., L., Locke, Delaplane K., Wauquiez Q., Tannahill C., Frey E., Ziegelmann B., Rosenkranz P., Ellis J., D. 2013 Standard methods for varroa research. *Journal of Apicultural Research*. 2013, **52**(1), 1-53. DOI: DOI 10.3896/IBRA.1.52.1.09.

Donzé, G. And Guerin, P. M., 1994. Behavioral attributes and parental care of *Varroa* mites parasitizing honeybee brood. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. Springer-Verlag 34, 305-319. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00197001>. ISSN Print 0340-5443 Online 1432-0762.

Flottum, K., 2015. *Příručka včelaře: návod na chov včel na dvoře, za domem, na střeše či na zahradě*. Praha: Slovart, ISBN 9788073919856.

Garrido, P. M., Porrini, P. M., Damiani, N., Ruffinengo, S., Martín Noél, G. M., Salerno, G. And Eguaras, M. J., 2018 Heat shock proteins in *Varroa destructor* exposed to heat stress and in-hive acaricides. *Experimental and Applied Acarology*. Switzerland: Springer 76, 421-433. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0319-y>.

Giacobino, A., Pacini, A., Moloneri A., et. al., 2017 Environment or beekeeping management: What explains better the prevalence of honeybee colonies with high levels of *Varroa destructor*? *Research in Veterinary Science* 112, 1-6. DOI: [10.1016/j.rvsc.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.001).

Giusti, M. Sabelli C., Di Donato, A., Lamberti, D., Paturzo, C. E., Polignano V., Lazzari, R. and Felicioli, A., 2017. Efficacy and safety of var terminator, a new formic acid medicine against the varroa mite. *Journal of Apicultural Research* 56, 162-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2017.1291207>.

Giusti, M., Sabelli, C., Di Donato, A., Lamberti, D., Elisabetta Paturzo, Ch., Polignano, V., Lazzari, R., Feliciolo, A., 2017 Efficacy and safety of Varterminator, a new formic acid medicine against the varroa mite. *Journal of Apicultural Research* 56(2), 162-167. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1291207>.

Guzman-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G. And Correa-Benitez, A., 2010 *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced population of overwintered honeybee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie* 41, 443-450. DOI: [DOI:10.1051/apido/2009076](https://doi.org/10.1051/apido/2009076).

Ifantidis, M. D., 1983 Ontogenesis of the Mite *Varroa Jacobsoni* in Worker and Drone Honeybee Brood Cells. *Journal of Apicultural Research* 22(3), 200-206. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.1983.111100588>.

Imdorf, A., Charrière, J. D., Bogdanov, V. and Fluri, P., 2003 Alternative strategy in central Europe for the control of *Varroa destructor* in honeybee colonies. *Apiacta* 38, 258-278.

Kamler, F., 2018 Z Výzkumného ústavu včelařského Dol. Včelařství 71 (1), s. 20-21.

Karpov, B. and Zabelin, B., 1975 Heat treatment for the control of *Varroa jacobsoni* infestation in bees. *Vet Mosc.* 5, 121-122.

Kohfink, M., 2016 Přezimování včelstev: vstříc jaru se zdravým a silným včelstvem. Líbeznice: Víkend, ISBN 9788074331459.

Kuenen, L. P. S., and Calderone, N. W., 1997 Transfers of *Varroa* mites from newly emerged bees: Preferences forage- and function-specific adult bees

(Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Behavior*. Springer US 10, 213-228. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02765554>. ISSN Print 0892-7553 Online 1572-8889.

Lampeitl, F., 1996 *Chováme včely: úvod do včelaření*. Ostrava: Blesk, ISBN 8085606968.

Macedo, P. D., Wu, J. and Ellis, M. D., 2002 Using inert dusts to detect and assess varroa infestations in honeybee colonies. *Journal of Apicultural Research* 41, 3-7. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2002.11101062>.

Mutinelli, F., 2016 Veterinary medicinal products to control *Varroa destructor* in honeybee colonies (*Apis mellifera*) and related EU legislation - an update. *Journal of Apicultural Research* 55, 78-88. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1172694>

Needham, G. R., 1988 Status report on *Varroa jacobsoni*. *The American Bee Journal* 128, 106-110.

Oldroyd, B. P., 1999 Co evolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees. *Trends in Ecology&Evolution*. 14(8), 312-315. DOI: 10.1016/s0169-5347(99)01613-4.

Oudemand, A. C., 1904 On a new genus and species of parasitic Acari. *Notes from the Leyden Museum* 24(1), 216--222.

Pinc, K., 1980 *Učíme se včelařit. 3*. Praha: SZN

Pohl, Friedrich a Pia Aumeier., 2008 *Varroáza: jak ji poznat a úspěšně potírat*. Líbeznice: Víkend, ISBN 978-80-86891-90-3.

Pohl, Friedrich., 2012 *Úspěšné včelaření: péče o včelstva a vytváření oddělků*. Líbeznice: Víkend, ISBN 978-80-7433-049-0.

Pohl, Friedrich., 2015 *Včelaření nejen pro začátečníky*. Líbeznice: Víkend, ISBN 978-80-7433-101-5.

Rademacher, E. and Harz, M., 2006 Oxalic acid for the control of varroosis in honeybee colonies - areview. *Apidologie*. Springer Verlag 37, 98-120. DOI: 10.1051 / apido: 2005063.

Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., et. al., 2019 *Varroa destructor* feeds primarily on honeybee fat body tissue and not hemolymph. *Proc Natl Acad Sci USA* 116 (5), 1792-1801. DOI: 10.1073 / pnas.1818371116.

Rath, W., 1999 Co-adaptation of *Apis cerana* Fabr. and *Varroa jacobsoni* Oud: Werner Rath. *Apidologie* 30, 97-110. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:19990202>.

Rinderer, T. E., Hellmich, R. L., Danka, R. G. and Collins, A. M., 1985 Reports Male Reproductive Parasitism: A Factor in the Africa nization of European Honey-Bee Populations. *Science* 228(4703), 1119-1121. DOI: 10.1126/science.228.4703.1119.

Ritter, Wolfgang, 2018 Zdravé včely: Prevencia, diagnostika a liečba chorob. Bratislava: Citadella. ISBN 9788081821042.

Rosenkranz, P., 1988 Temperatur präferenz der Varroa-Milbeund Stock temperaturen in Bienen völkern an Tropen standorten (Acarina: Varroidae/Hymenoptera: Apidae). *Entomologia Generalis* 14(2), 123-132. DOI: 10.1127/entom.gen/14/1988/123.

Rosenkranz, P., Aumeier, P. and Ziegelmann, B., 2010 Biology and control of Varroa destructor. *Journal of Invertebrate Pathology* 103, 96-119.

Sammataro., D. and Avitabile., A., 2011 Thebeekeeper's handbook. 4th ed. Ithaca: Comstock Pub. Associates. ISBN 9780801476945.

Schwenkel, J., and Liebig, G., 2017 Kann wirklich heilende Varoase klingen. *Imkerfreund* 2, 40.

Spürgin, Armin, 2013 Zázračné včely: od včelstva ke včelaření. Líbeznice: Víkend, ISBN 9788074330698.

Steiner, J., 1993 Verteilung von Varroa jacobsoni im drohnen freien Bienen volk (*Apis mellifera carnica*). *Apidologie*. Springer 24, 45-50. DOI: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00891055>.

Svoboda, J., Hanko, J., Haragsim, O., 1968 Nemoci a škůdci včely medonosné. Praha: Státní zemědělské vydavatelství Praha

Švamberk, Václav., 2017 Základy chovu včelstev podle ročních období. V Kožlanech: Máj, spolek pro rozvoj včelařství, ISBN 9788088045045.

Tautz, Jürgen., 2016 Fenomenální včely: biologie včelstva jako superorganizmu. Praha: Brázda, ISBN 978-80-209-0415-7.

Titěra, Dalibor., 2017 Včely zdravé a nemocné. Praha: Brázda, ISBN 9788020904201.

Toporčák, J., Blecha, J., Hakaša, Jendreják, M., R., Mišovic, P., Nagy, J., 1999 SOKOL. Zdravotné včelárskevademecum: Prevencia, diagnostika a liečba chorob. Bratislava: Štátnaveterinárna správa Slovenskej republik, ISBN 8071480274.

Urban, Miroslav., 2018 Včelaření od jara do zimy. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0365-2.

Veselý, Vladimír., 2013 Včelařství. Vyd. 3. Praha: Brázda, ISBN 9788020903990.

Welch, A., Drummond, F., Tewari, S., Averill, A., Burand, J. P., 2009 Presence and Prevalence of Viruses in Local and Migratory Honeybees(*Apis mellifera*) in Massachusetts. *Applied and Environmental Microbiology* 75 (24), 7862-7865. DOI: 10.1128 / AEM.01319-09.

Ziegelmann, B., Elisabeth, A., Hannus, S., Beitzinger, M., Brg, S. and Rosenkranz, P., 2018 Lithium chloride effectively kills the honeybee parasite *Varroa destructor* by a systemic mode of action. *Scientific reports* 1-9. DOI:10.1038/s41598-017-19137-5.

7. Seznam internetových citací

- [1]. *BME: Fyzika ultrazvuku* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: http://www.jtarchitekt.cz/fyzika_ultrazvuku.html
- [2] *Mapa umístění pokusného stanoviště. Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz.a.s., 2017 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka?vlastnibody&x=14.4890048&y=49.2143308&z=18&ut=Nov%C3%BD%20bod&uc=9hKcRxTzas&ud=14%C2%B029%2718.621%22E%2049%C2%B012%2752.953%22N>
- [3] *Monitoring varroázy: Monitoring varroázy metodou posypu včel cukrem. Beedol.cz* [online]. Máslovice: Výzkumný ústav včelařský, 2015 [cit. 2020-01-21]. Dostupné z: <https://www.beedol.cz/monitoring/>
- [4] *Varroáza.cz: Bez chemie* [online]. 2019 [cit. 2020-06-27]. Dostupné z: <http://www.varroaza.cz/lecba-bez-chemie/>
- [5] *Winter Bees & Formic Acid: Used right, a successful combination. Bee Culture: The Magazine of American Beekeeping* [online]. Ohio: BEE CULTURE, A.I. ROOT COMPANY, 2015 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.beeculture.com/winter-bees-formic-acid-used-right-a-successful-combination/>
- [6] *Včelaři sobě: Bude sezóna 2019-2020 ve znamení úhynů a kolapsů?* [online]. Praha, 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.vcelarisobe.cz/2019/11/bude-sezona-2019-2020-ve-znameni-uhynu-a-kolapsu/>
- [7]. *Český svaz včelařů, z. s.: Příručka plemenářské práce* [online]. Praha: Český svaz včelařů, 2019 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.vcelarstvi.cz/dokumenty-cms/prirucka-plemenarske-prace-2019.pdf>
- [8]. *Šlechtitelský program: Českého svazu včelařů, o.s.uznaného chovatelského sdružení včely medonosné kraňské. Www.vcelarstvi.cz: Český svaz včelařů, z. s.* [online]. Praha, 2007 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://www.vcelarstvi.cz/dokumenty-cms/slechtitelsky_program.pdf

[9] Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) [cit 26.06.2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>

[10] *Varroa-Killer-Sound* [online]. Bienen Varroa – Sound, 2016 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.varroa-killer-sound.com>

8. Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (hladina významnosti p-hodnota <0,05).....	38
Tabulka 2: Průměrné počty roztočů u sledovaných skupin (P = pokusná, K = kontrolní)	38
Tabulka 3: Výsledky dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu (hladina významnosti p-hodnota <0,05)	40
Tabulka 4: Tuckeyův HSD test výsledků dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu.....	42
Tabulka 5: Podrobně rozepsaný Tuckeyův HSD test výsledků dvoufaktorové ANOVy porovnávající dvě sledované skupiny z hlediska počtu roztočů a cyklu.....	43
Tabulka 6: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska počtu roztočů.....	43
Tabulka 7: Nevážené průměry tří skupin porovnávané jednofaktorovou ANOVou z hlediska počtu roztočů (Po – originální přístroj, P – pokusná skupina, K- kontrolní skupina)	44
Tabulka 8: Výsledky jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska mírnosti	45
Tabulka 9: HSD test při nestejných N tří sledovaných skupin z hlediska mírnosti (Po- originální přístroj, P- pokusná skupina, K - kontrolní skupina).....	45
Tabulka 10: Výsledné korelační koeficienty hodnotící míru závislosti vybraných parametrů (červeně označené významné korelace s p - hodnotou < 0,05)	48
Tabulka 11: Korelace počtu obsednutých nástavků a rámků s počtem roztočů u pokusné skupiny	49
Tabulka 12: Korelace počtu obsednutých nástavků a rámků s počtem roztočů u kontrolní skupiny.....	49

9. Seznam grafů a obrázků

Graf 1: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (P = pokusná, K = kontrolní)	39
Graf 4: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska počtu roztočů (Po-originální přístroj, P-pokusná skupina, K – kontrolní skupina).....	44
Graf 5: Grafické znázornění výsledků jednofaktorové ANOVy porovnávající tři sledované skupiny z hlediska mírnosti (Po-originální přístroj, P-pokusná skupina, K-kontrolní skupina)	46
Obrázek 1: Umístění pokusného stanoviště.....	30
Obrázek 2: Technické schéma prototypu.....	32
Obrázek 3: Osazená deska plošných spojů.....	33
Obrázek 4: Hotový prototyp ve voděodolném pouzdře	34