

Povijesni pregled razvoja biotehničkih metoda u suzbijanju varooze kod medonosne pčele

Matković, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:508269>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-18**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Matej Matković

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Modul Lovstvo i pčelarstvo

**POVIJESNI PREGLED RAZVOJA BIOTEHNIČKIH METODA
U SUZBIJANJU VAROOZE KOD MEDONOSNE PČELE**

Diplomski rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI U OSIJEKU

Matej Matković

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Modul Lovstvo i pčelarstvo

**POVIJESNI PREGLED RAZVOJA BIOTEHNIČKIH METODA
U SUZBIJANJU VAROOZE KOD MEDONOSNE PČELE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof.dr.sc. Tihomir Florijančić, predsjednik
2. prof.dr.sc. Zlatko Puškadija, mentor
3. doc.dr.sc. Marin Kovačić, član
4. izv.prof.dr.sc. Ivica Bošković, zamjenski član

Osijek, 2024.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	ŽIVOTNI CIKLUS VAROE.....	2
2.1.	Povijest nametnika	3
3.	BIOTEHNIČKE METODE U SUZBIJANJU VAROOZE	5
3.1.	Primjena oksalne kiseline	5
3.2.	Primjena mravlje kiseline	7
3.3.	Primjena mliječne kiseline.....	7
3.4.	Izrezivanje trutovskog legla.....	8
3.5.	Razrojavanje	10
3.6.	Prekid legla	12
3.6.1.	Vađenje kompletnoga poklopljenog legla iz zajednice	12
3.6.2.	Izdvajanje matice u jednookvirni izolator	13
3.6.3.	Blokiranje matice u kavezu.....	15
4.	IZDVAJANJE ZAJEDNICA S BRŽIM RAZVOJEM VAROE	18
5.	UZGOJ I SELEKCIJA PČELA TOLERANTNIH NA VAROOZU	19
5.1.	Gotlandske pčele	20
5.2.	Kefusove pčele.....	21
5.3.	Blacquiéreove pčele	21
5.3.1.	Darwinova crna kutija	22
6.	BIOLOŠKI AGENSI SUZBIJANJA <i>Varroa destructor</i>	24
7.	TRETMAN TOPLINOM.....	26
7.1.	Hankova termo kocka.....	28
7.2.	Termo zvono	28
7.3.	Kamlerova i Pastorova termo-kutija.....	28
7.4.	Dvořákova termo-solarna košnica.....	29
7.5.	Varoa Terminator	29
7.6.	Rašnova termosolarna tehnologija	30
8.	TRETMAN ZAMRZAVANJA LEGLA	31
9.	KORIŠTENJE ETERIČNIH ULJA I BILJNIH EKSTRAKATA	33
10.	ZAKLJUČAK.....	34
11.	POPIS LITERATURE	35
12.	SAŽETAK.....	48
13.	SUMMARY	49
14.	POPIS SLIKA	50

Temeljna dokumentacijska kartica

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Zlatku Puškadiji koji mi je pomagao prilikom izrade diplomskog rada i prenio svoje znanje na mene.

Posebna zahvala mojoj zaručnici Heleni i obitelji koji su me bodrili i bili sa mnom kroz sve uspone i padove tijekom mog obrazovanja.

1. UVOD

Varooza je nametnička bolest uzrokovana ektoparazitom *Varroa destructor* (Anderson i Trueman, 2000.). *V. destructor* je kroz povijest pa sve do danas najveći uzročnik gubitaka pčelinjih zajednica u svijetu (Brodschneider i sur., 2018.). Nametnik je koji se dobro prilagođava svakom tretmanu suzbijanja te je do danas varoa razvila rezistenciju točnije razvila je otpornost na mnoge preparate koji bi je trebali uništiti. Prenesena je sedamdesetih godina dvadesetoga stoljeća s područja gdje obitavaju azijske vrste pčela (Oldroyd, 1999.). Reproductivna biologija *Varroe* istraživana je osamdesetih i devedesetih godina prošlog stoljeća, te je po tom principu stvorena osnova za kasnije modele istraživanja ovog nametnika. Ubrzo je fokus istraživanja pomaknut s biologije varoe na njezinu povezanost s virusima. Danas je europska pčela slabije otporna na varou nego azijska vrsta pčele koja se bolje prilagodila te stekla određene mehanizme obrane na varou (Noel, 2020.). U posljednjih nekoliko desetljeća invazija varoe je prouzročila gubitke velikog broja pčelinjih zajednica (na milijune) (Prisco, 2016.) što je za posljedicu imalo i preispitivanje dosadašnjih metoda suzbijanja ovog parazita. U tom procesu preispitivanja velike se nade polažu na biotehničke metode koje ćemo u ovom diplomskom radu pokušati opisati.

2. ŽIVOTNI CIKLUS VAROE

Životni ciklus ženke varoe dijeli se na dva dijela pa tako prolaze kroz foretičko razdoblje i reproduktivno. Foretičko razdoblje je razdoblje kada varoe parazitiraju na odraslim pčelama, točnije prebacuje se s jedne na drugu pčelu. Općenito ih se može naći na abdominalnim segmentima pčela tako da se kandžama pričvrsti i ostane na pčeli. U ovoj fazi varoa ostaje pričvršćena na pčelama u prosjeku oko tjedan dana kada u košnici postoji leglo. Ukoliko u košnici nema pčelinjeg legla foretička faza se može produžiti na 5 do 6 mjeseci. Varoa se širi putem grabeži i zalijetanjem.

Reproduktivno razdoblje je period kada varoe parazitiraju u poklopljenom leglu. Glavni razlog zašto varoa napada pčele je njeno razmnožavanje. Što prije pronade leglo prije će početi i njeno razmnožavanje. Grinji varoe privlačne su samo ličinke koje su pred poklapanjem. Takvo leglo izlučuje kairomone, kemijski signal-feromon, koji varoa prepoznaje s pomoću njuha i ulazi u stanicu legla.

Ženka varoe najčešće ulazi u trutovsko leglo no može ulaziti i u stanice radilica kod vrste *Apis mellifera*. Postoji više razloga zašto je grinji varoe 8 do 10 puta privlačnije trutovsko od radiličkog legla. Prvi razlog je taj što je trutovsko leglo jače i kroz duži period izlučuje feromone koji privlače varou. Drugi razlog je da hraniteljice više obilaze trutovsko leglo zbog veće ishrane. Te treći razlog je duži razvojni ciklus truta.

Foretička ženka grinje mora ući u nepoklopljene stanice legla kako bi se hranila na pčelama koje su još u razvoju, točnije njihovom bjelančevinasto-masnim tkivom (Ramsey i sur., 2019.); i položila jajašca. Odrasle grinje ulaze u leglo 15 do 20 sati prije zatvaranja radiličkog legla, odnosno 40-50 sati prije zatvaranja trutovskog legla.

U istu stanicu saća može ući i parazitirati više ženki grinje odjednom. Majka varoa počet će polagati jajašca u onom trenutku kada je stanica saća u kojoj se nalazi poklopljena i to već 30 sati nakon zaklapanja legla. Ženka varoe u radiličkom leglu odloži do pet, a u trutovskome leglu do šest jajašaca (Martin, 1995.).

Prvo jajašce koje položi je uvijek neoplođeno i to je zapravo muška jedinka koja se razvija da bi mogla oploditi preostala jajašca koje će majka položiti, a polaže svakih 30 sati po jedno novo jajašce. Iz preostalih jajašaca će se razviti ženke grinje varoe (Ifantidis, 1990.).

Varoa se uvijek hrani progrizajući hitinsku ovojnicu na zatku ličinke, točnije na petome članku kukuljice, kako ne bi oštetila ličinku koja se mora razviti i izleći. Zadržava se u

stanici poklopljenog legla onoliko dugo koliko i traje razvoj poklapanja do izlaska jedinke iz stanice. Poslije parenja muška će jedinka uginuti, dok će mlade ženke varoe i majka izaći iz stanice s mladom pčelom. Tijekom prvih dana života ženke grinje hrane se parazitirajući uglavnom na odrasloj pčeli hraniteljici. Tim činom počinje foretička faza gdje odrasle grinje varoe traže stanice legla pred poklapanjem i ponavlja se cijeli životni ciklus varoe.

Broj varoa u pčelinjoj zajednici varira od nekoliko grinja do nekoliko tisuća jedinki. U radiličkom leglu od 1 varoe, kroz 150 dana razvije se preko 1.400 potomaka. U trutovskom leglu od 1 varoe, kroz 150 dana razvije se preko 6.000 potomaka.



Slika 1. Životni ciklus Varoe

Izvor:

<https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/20220500/Varroa/Mite%20Cycle%20Reproduction/varroa-bienen-bei-der-arbeit%20PNG.png>

2.1. Povijest nametnika

Prvo otkriće uzročnika varooze je opisao A. C. Oudemans prije 120 godina na indijskoj pčeli (Hymenoptera: Apidae, *Apis cerana* F.) točnije 1904. godine na Indonezijskom otoku Javi. Oudemans je uzročnika varooze nazvao prema istraživaču Jacobsonu koji je našao četiri ženke na indijskoj pčeli i poslao ih na dar Zoološkom muzeju u Leydenu. Postoje zapisi u Japanu iz 1909. godine da se nametnik pojavio na azijskim pčelama, ali tek 1958. godine je utvrđeno da se proširio i na uvezene pčele iz Europe. Varoa je također prvo opisana na indijskoj pčeli 1950. godine u azijskom dijelu bivšeg Sovjetskog saveza, a

zatim 1965-e i na europskoj medonosnoj pčeli (Hymenoptera: Apidae, *Apis mellifera*). U Bugarskoj se varooza pojavila već 1967., potom u Srbiji 1976. godine odakle se proširila u Hrvatsku.

U Hrvatskoj je nametnik otkriven 1970. godine, a na otocima Visu i Hvaru varooza je utvrđena 1978. godine (Sulimanović, 1985.). Nakon tri godine, točnije 1981. godine varooza se proširila i na Slavoniju, te 1988. prouzročila najveće štete.

Varooza je danas proširena na sve europske zemlje, uključujući i otočnu državu Veliku Britaniju koja ima stroge veterinarske nadzore i zapravo je najdulje (do 1993. godine) sprječavala prodor ove grinje. Interkontinentalno se varooza prenijela u Južnu i Sjevernu Ameriku pomoću prodaje matica i rojeva.

Kako je varooza postala veliki problem, istraživale su se mogućnosti njenog suzbijanja. Bolest se suzbija prema zakonu. Na osnovi istraživanja biologije *V. jacobsoni* razvijeno je nekoliko osnovnih načina tretiranja: kemoterapija, biološkim i kombiniranim biološko-kemijskim načinom (Belčić i sur., 1985.).

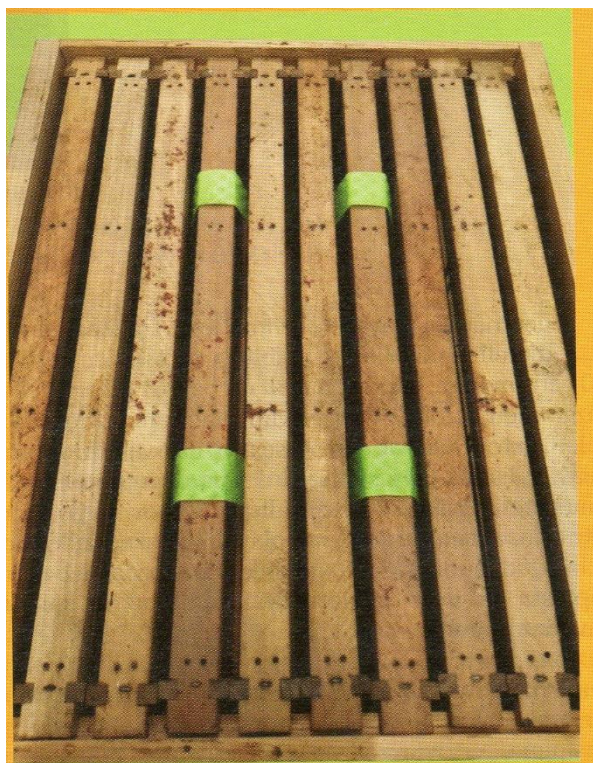
3. BIOTEHNIČKE METODE U SUZBIJANJU VAROOZE

Biotehničke metode podrazumijevaju tehnološke zahvate u zajednici koji pčelama omogućavaju brži razvoj dok usporavaju razvoj varoe. Ogromna prednost biotehničkog pristupa u pčelarenju je očuvanje najvišeg standarda kvalitete i sigurnosti pčelinjih proizvoda. Ove metode se koriste u pašnoj sezoni kada je neprimjereno korištenje akaricida. Kemijski akaricidi imaju negativan utjecaj jer ostavljaju rezidue u pčelinjim proizvodima, te utječu na rezistentnost varoe. Biotehničke metode su: izrezivanje trutovskog legla razrojavanje, prekid legla, izdvajanje zajednica s bržim razvojem varoe, uzgoj i selekcija pčela tolerantnih na varoozu, primjena oksalne, mravlje i mliječne kiseline te biološki agensi suzbijanja *Varroa destructor*.

3.1. Primjena oksalne kiseline

Oksalna kiselina ukoliko se pravilno primjenjuje u pčelarstvu spada u jedan od najučinkovitijih i najbezopasnijih zimskih tretmana varooze u svijetu. *Varroa* ne stječe nikakav imunitet na oksalnu kiselinu. Oksalna kiselina je prirodni akaricid, a protiv varoe je u uporabi od 1980-ih. Metoda primjene oksalne kiseline je jedna od najduže korištenih sredstava za borbu protiv varoe u Europi, upotrebljava se već više od tri desetljeća. Inače, oksalnu kiselinu je otkrio Scheele, 1776. god. Ona se prirodno nalazi u velikom broju biljaka i njihovim plodovima, dio je naše prehrane te je konzumiramo preko biljaka u znatnoj količini tako da je naš metabolizam u dobroj korelaciji s oksalatima. Nalazi se prirodno i u ljudskom organizmu i u medu. Oksalna kiselina nije lipofilna, ne topi se u masti i kumulativno se ne nakuplja u vosku, za razliku od sintetičkih miticida. U SSSR-u je uvedena u široku primjenu u pčelarstvo početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća, a u zemljama EU masovnija primjena je počela 1995. god. Glavna veterinarska uprava SSSR-a je 1983. god. donijela uputstvo o suzbijanju varoe s 2 – postotnom otopinom oksalne kiseline. Većina pčelarskih instituta EU je nakon temeljitih ispitivanja preporučila koncentraciju od 2 – 3 %. Centar za istraživanje u pčelarstvu, Bern, Švicarska, izdao je preporuku za korištenje oksalne kiseline za centralnu Europu (Pčelar 09/04) u kojoj je navedeno da se otopina pravi miješanjem 35 g dihidrata oksalne kiseline i 1 litra šećernog sirupa 1:1. Količina otopine-po ulici pčela je 5 - 6 ml ili 30 ml za malo malu zajednicu, 40 ml za zajednicu srednje veličine i 50 ml za veće zajednice. Tretman se provodi u jesen kada nema pčelinjeg legla, na temperaturi od 0 do 4° C (Radivojac, 2012.). Tretmanom oksalne kiseline ne dolazi do kontaminacije voska, učinkovito ubija izložene disperzivne

grinje, ali ne može prodrijeti u leglo. Terenskim ispitivanjima Maggi i sur. (2016.) pokazali su da učinkovitost ovog tretmana iznosi 93,1 %. Način na koji oksalna kiselina djeluje na varou je još nejasan, ali se zaključilo da dolazi do kontakta grinje s kristaliziranim česticama kiseline, što dovodi do nemogućnosti parazita da prijanja na podlogu. U intenzivnim terenskim istraživanjima i tretmanima tijekom osam godina nije uopće primijećena otpornost varoe na kiselinu. (Milanović, 2022.) U istraživanju je potvrđeno da je primjena oksalne kiseline najučinkovitija iznad točke smrzavanja (+5 °C) jer niske temperature mogu izazvati prehladivanje ili čak smrzavanje pčela tretiranih rastvorom oksalne kiseline (Nanetti, 1999.; Stanimirović i Dobrić, 2002.; Stanimirović i sur, 2003c). Postoji više načina aplikacije: prskanje pčela finim aerosolom rastvora oksalne kiseline, nakapavanje oksalne kiseline špricom po ulicama pčela ili produženi tretman otapanjem oksalne kiseline u glicerolu i njezino nanošenje na neki medij, primjerice celulozne krpe. Za cjelogodišnju primjenu na tržištu se pojavio ekološki prihvatljiv preparat u obliku krpa oksalne kiseline, čijom se primjenom uz pomoć nosača otopine kiseline unosi u plodište te ondje dugotrajno uništava varou (Milanović, 2023.).



Slika 2. Trake oksalne kiseline

Izvor: Milanović, V., 2023.

3.2. Primjena mravlje kiseline

Prva kiselina koja se koristila je mravlja kiselina. Mravlja kiselina je jedina do sada znana tvar sposobna uništiti reproduktivne i disperzne grinje unutar stanica legla (Milanović, 2022.). Tekuću mravlju kiselinu pčelari koriste od 1970-ih za suzbijanje grinja varoe, dobila je ime od latinske riječi *formica*, što znači mrav, zahvaljujući svom otkriću 1671. godine kao tvar koju prskaju mravi braneći svoje zajednice od napada (Bell, 2022.). Kako ni oksalna kiselina, ni mravlja kiselina ne stvara otpornost kod varoe, mravlja kiselina kratkoročno zaustavlja aktivnost legla, osobito ako se primjenjuje u udarnim dozama. Jajašca, mlade ličinke i mlade pčele pretrpjet će velika oštećenja, ali to će se uskoro nadoknaditi novim leglom. Kada je riječ o manjim zajednicama i košnicama na visokim temperaturama zraka, potreban je veliki oprez kako ne bi došlo do predoziranja kiselinom. Kiselina se ne smije primijeniti po kišovitu vremenu i velikoj vlažnosti zraka ni istodobno davati tekuću hranu (Pohl, 2016.). Po izvještaju Liebig-a (1985.) mravlja kiselina djeluje i na varoe u poklopljenom leglu uništavajući ih. Međutim, po navodima Koenigera i sur. (1987.) istraživanja u pčelarskom institutu u Oberurselu su pokazala da je granica između djelovanja na varoe i oštećenja legla izuzetno mala (Todorović, 1989.). Mravlja kiselina se primjenjuje isparavanjem i nakapavanjem, koristi se desetljećima unazad a i danas. Tretman mravljom kiselinom se vrši nakon glavnim pčelinjih paša na temperaturama od 12-25 °C. Postoji više tretmana, a svi su bazirani na postepeno isparavanje mravlje kiseline unutar same košnice. Tretman se vrši isparivačima mravlje kiseline, natapanje spužvastih krpa koje se stavljaju na podnice ili direktno na okvire, pa čak i između samih okvira (Karlović, 2009.).

3.3. Primjena mliječne kiseline

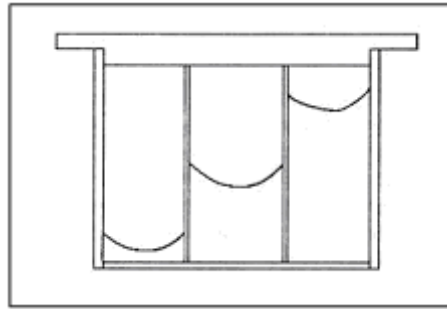
Mliječna kiselina je prirodni organski tretman u borbi protiv parazita *Varroa destructor*. Njena upotreba u suzbijanju varoe ima dugu povijest. Godine 1980-e mliječna kiselina je postala jedna od alternativa koja se počela testirati (Rosenkranz i sur., 2010.). Godine 1990-e u Njemačkoj i Skandinaviji mliječna kiselina je počela dobivati veću pažnju kao prirodan tretman protiv varoe. Pčelari su koristili 15-20 % otopinu mliječne kiseline, koja se primjenjivala prskanjem direktno na pčele u trenutku kada je broj varoa bio visok. Prema Liebig, G. (1997.), uglavnom se koristila zimi ili kasno u jesen, kada u košnicama nema legla, što omogućava učinkovito uništavanje varoe koja se nalazi na odraslim pčelama. Kako su studije pokazale (Charrière i Imdorf, 2002.) učinkovitost mliječne kiseline u suzbijanju varoe, njena je upotreba postala raširenija. Postupak je relativno

jednostavan, zahtijeva manju količinu kemikalija i minimalno šteti pčelama i okolišu. U kombinaciji s drugim biotehničkim metodama, poput odstranjivanja zaraženog trutovskog legla ili upotrebe oksalne kiseline, mliječna kiselina postaje dio integriranih programa kontrole varoe. Mliječna kiselina se nalazi u mlijeku i mnogim drugim namjernicama. Ova metoda remeti kiselo-baznu ravnotežu varoe, što dovodi do njihovog ugibanja. Najučinkovitija je iznad 15 °C te se može primijeniti kada ima zatvorenog legla.

3.4. Izrezivanje trutovskog legla

Prva biotehnička metoda koja se koristila za suzbijanje varooze bila je uklanjanje trutovskog legla. Metoda uklanjanja trutovskog legla kao biotehnička metoda u suzbijanju varooze postala je poznata i primjenjivana tijekom 1980-ih godina. Točan datum ili godina kada je prvi puta korištena nije poznat. Varoa je globalno raširena u drugoj polovici 20-tog stoljeća pa je ova metoda razvijena i implementirana kao odgovor na problem varooze (Mancuso i sur., 2020.). Od svih bioloških metoda suzbijanja varoe jedna od najzastupljenijih je izrezivanje trutovskog legla. Kako je poznato da se varoa najviše nastanjuje u trutovskom leglu na dnu stanice dok se hrani ličinkom truta, pčelari izrezuju trutovsko leglo te ga odstranjuju kako bi zajedno s njim odstranili i veliki broj jedinki varoe što se pokazalo učinkovito. Vjerojatnost da će trutovsko leglo biti zaraženo grinjama je 6-11 puta veća nego radiličko leglo iz vjerojatno nekoliko razloga (Beetsma i sur., 1999.; Fuchs, 1990.). Razvoj trutova traje dva dana dulje, dajući grinjama više vremena za reprodukciju (Boot i sur., 1995.). Postoji dva do tri puta veća vjerojatnost da će trutovsko leglo biti posjećeno od strane pčela njegovateljica koje mogu nositi na sebi grinje (Calderone & Kuenen, 2003.). Uzimajući u obzir sve razloge, uklanjanje trutovskog legla čini učinkovitim alatom za suzbijanje grinja varoe kada se integrira kao mjera za suzbijanje parazita (Evans i sur., 2016.; Whitehead, 2017.). Dobri rezultati mogu se postići kada se tijekom sezone ukloni 4 do 5 okvira sa poklopljenim leglom (Charrière i sur., 2003.). Vrijedno je napomenuti da ovu metodu uglavnom koriste mali pčelari u Europi i da se drugdje smatra radno intenzivnim ili nedovoljno učinkovitim kao pojedinačni tretman (Evans i sur., 2016.; Whitehead, 2017.). Također postoji rizik od brzog širenja varoe ako se okviri građevnjaci ne uklone na vrijeme (Jack & Ellis, 2021.). Okviri građevnjaci se sve više koriste u suzbijanju varoe. Građevnjaci se koriste sve dok u košnici ima trutovskog legla te korištenje okvira samo u proljeće nije dovoljno, krpelji koji ostanu u gnijezdu ubrzavaju proces razmnožavanja, a na jesen zajednice imaju isti stupanj zaraze kao i društva u kojima nije primijenjena ova biotehnička metoda protiv ovog nametnika. Okvir

građevnjak se stavlja u sredinu legla, a ne na rubovima. Nakon dva do tri tjedna vade se iz košnice te se stavljaju u zamrzivač, gdje se ubija varroa grinja što sam naveo u podnaslovu ispod (tretman zamrzavanja legla protiv *Varroa destructor*). U borbi protiv suzbijanja varooze koristili su se trutovski mamci, točnije češljevi za hvatanje varoe, čime se postiže visoka učinkovitost u zajednici koja nema legla. Kao mamac koriste se okviri TIT-3 koji predstavljaju okvir klopku, koriste se u jakim društvima četiri tjedna prije rojenja.



Slika 3. TIT-3 okvirna shema (Bosca, 1994.)

Izvor: <https://www.pcela.iz.rs/wp-content/uploads/2013/11/slika1.png>

Okviri se stavljaju između okvira s leglom u slabijim pašama ili slabijim društvima koji su zaraženi varroom. Iz prvog polja se reže trutovsko leglo, točnije saće te nakon 7 dana iz drugog, a nakon 7 dana iz trećeg, točnije osam dana od dana ubacivanja okvira TIT-3 u zajednicu. Oslobađa se jedno od tri polja nakon rezanja saća te nakon toga okvir se okrene za 180 stupnjeva i postavi na isto mjesto. Ovaj ciklus se ponavlja sve dok postoji trutovsko leglo. Metoda klopke je najučinkovitija biotehnička metoda jer eliminira preko 80 % varoe. mamcem. Ova metoda sprječava neželjeno prirodno rojenje, prekida pčelinje leglo, ali i leglo varoe i njeno daljnje razmnožavanje. Primjenom ove metode pčelinje zajednice mogu se sačuvati do tri godine bez ikakvog tretmana, nakon čega se mora primijeniti druga metoda suzbijanja varoe (toplinska ili kemijska) (Stanimirović i sur., 2007.). U Republici Hrvatskoj 2022./2023. tijekom zime 234 pčelara su ispunila upitnik te 39 % pčelara je koristilo metodu izrezivanja trutovskog legla za uklanjanje varoe (Filipi, 2024.).



Slika 4. Varoa na ličinki truta

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/oddballwalking/4621903755>

3.5. Razrojavanje

Razrojavanje pčela podrazumijeva formiranje umjetnih rojeva pčelinjih zajednica, tzv. nukleusa čime dovodimo pčelinju zajednicu na umjetan načinu u stanje u kakvom se nalazi nakon prirodnog rojenja. još se naziva i rojenje. Rojenje je prirodan način razmnožavanja pčelinjih zajednica u prirodi. Jedna pčelinja zajednica stvara novu zajednicu kojom proširuje svoju brojnost. Kod prirodnog rojenja pčelinja zajednica dijeli se na dva približno jednaka dijela. U novoformiranom roju nalaze se pčele svih uzrasta, veći broj trutova i matica. U košnici iz koje je roj izašao ostaje veliki broj pčela radilica svih uzrasta, ali i veliki broj trutova te zatvorenih matičnjaka iz kojih će se izleći matica. Dok se još pčelarilo pletarama, daščarama i sličnim košnicama, taj ostatak pčela nazivao se „starac“. Prirodno rojenje je biološki rezultat razvoja pčelinje zajednice. Promatrajući pčele, ljudi iz staroga Egipta su još i prije 4000 godina, čak i više, koristili rojenje pčela za uzgoj i proširenje svojih pčelinjaka prema prvim zapisima o pčelarstvu. Tadašnji pčelari su imali jednostavne košnice izrađene od blata i trske, poneki čak i od životinjske balege. S takvim košnicama nije bilo lako rukovati zato što su bile dosta teške, gotovo nepomične, pa su se ljudi dosjetili kako iskoristiti prirodno rojenje čekajući da pčele same napuče svoje košnice. Postoje i zapisi o pčelarstvu u antičkoj Grčkoj i Rimu gdje je grčki filozof Aristotel u 4.-tom stoljeću prije Krista promatrao ponašanje pčela i njen proces rojenja (Aristotel, Gotthelf, 2002.). Kasnijim razvojem pčelarstva i izumom prvog poznatog američkog pčelara Lorenza Lorraine Langstrotha 1851. godine počelo je razdoblje kontroliranog rojenja pčela. Langstroth je izumio moderne košnice s pomičnim okvirima. Bilo je to revolucionarno otkriće jer je omogućilo ostalim pčelarima lakšu manipulaciju pčelinjim zajednicama. Inovacija je također omogućila pčelarima da otvore košnice i pregledaju istu

bez ometanja pčela. Pošto je proces razmnožavanja bio kontroliran nije više bilo potrebe čekati prirodan proces rojenja već su zajednicu mogli umjetno razdvojiti. Produktivnost i broj košnica se povećavao umjetnim rojenjem kojim se zajednica podijeli na dva dijela ili više i stvori novi roj (Langstroth, 1853.).

Razlika između prirodnog i umjetnog rojenja je ta da do prirodnog rojenja dolazi samo kada pčelinja zajednica postigne određene uvjete kao što je prenapučenost košnice pčelama i leglom, nedostatak prostora za skladištenje meda, peluda ili nedostatak saća sa stanicama u koje bi matica mogla polagati jajašca a umjetno rojenje obavljamo sami. Umjetno rojenje se može provoditi na više načina jer postoji mnogo metoda koje možemo koristiti u tom postupku. Odabiru se jake zajednice koje imaju minimalno osam okvira s leglom i iz njih uzmemo tri ili četiri okvira poklopljenog legla i barem dva okvira s medom i peludom. Okvire s leglom stavljamo u srednji dio košnice, a okvire s medom i peludom stavljamo do okvira s leglom sa lijeve i desne strane, naravno na okvirima se nalaze pčele. Kod umjetnog rojenja moramo pripaziti da ne prenesemo maticu u novoformiranu košnicu. Novoformirani roj u sebi sadrži mladu pčelu koja nije sposobna za let i prinose nektara, stoga je takvu zajednicu potrebno prihranjivati šećernim sirupom jedno desetak dana. Ukoliko novoformirana košnica nema dovoljan broj pčela, barem 4,5 ulica onda možemo dodati još pčele iz prve košnice koju smo i razrojavali. Neki pčelari ostavljaju otvoreno leglo sa jajašcima starim do 3 dana da pčele samo izvuku matičnjake i stvore maticu, a neki pčelari ubacuju oplodenu maticu preko kaveza da nema praznog hoda. Svakako ovu priliku možemo iskoristiti i ne ubacivati maticu prerano u svrhu suzbijanja varoe, jer kada nema legla varoa je izložena vanjskim utjecajima pa možemo vršiti tretmane koji će biti mnogo učinkovitiji. Prema tome razlikujemo prirodno i umjetno rojenje pčela. Kako varoa polaže jajašca u pčelinje stanice uz pčelinju ličinku prirodnim rojenjem, kada matica prekida sa zalijeganjem, *Varroa* nema mjesto gdje bi ostavila jajašca te se i slabije razmnožava. Takve varoe se lijepo za odrasle pčele koje ih mogu lakše ukloniti jer su vidljive i izložene vanjskim utjecajima. Samim razrojavanjem, košnica ostaje bez legla te ju je lakše tretirati lijekovima protiv *Varroae*.



Slika 5. Prirodni roj

Izvor: Autor (Matej Matković), 2024.

3.6. Prekid legla

Prekid legla podrazumijeva upotrebu prirodnog mehanizma pčela u borbi protiv bolesti. Metoda prekida legla je biotehnička strategija koja se koristi kako bi se smanjila populacija *Varroa destructor* unutar pčelinje zajednice. Povijest korištenja ove metode seže nekoliko desetljeća unatrag, kada su pčelari počeli tražiti alternativne nekemijske metode za suzbijanje varoe. Ideja u prekidanju legla kao strategije u suzbijanju varoe potječe iz opažanja da se varoa prvenstveno razmnožava unutar poklopljenog pčelinjeg legla. Ove su spoznaje znanstvenici i pčelari, poput Rosenkranza i Rittera, počeli intenzivno istraživati krajem 20. stoljeća, kada su kemijske metode suzbijanja počele pokazivati ograničenja zbog prilagodbe i razvoja otpornosti varoe na akaricide. Godine 1980. u Europi su započeli prvi organizirani eksperimenti, osobito u Austriji i Njemačkoj. Pčelari su primijetili da se tijekom prirodnog prekida legla smanjuje i populacija varoe. Prekidanje legla se provodi rojenjem ili našim utjecajem što ću pojasniti u podnaslovima ispod. Ako se primijeni na vrijeme tijekom sezone, omogućava razvoj zdravih zimskih pčela gdje ćemo smanjiti zimske gubitke. Prekidanjem legla, točnije upotrebom izolatora ili blokatora u vrijeme glavne paše dobivamo i veće prinose jer pčele nisu opterećene brigom o leglu te su nam prinosi veći, a i samim time sprječavamo rojenje.

3.6.1. Vađenje kompletnoga poklopljenog legla iz zajednice

Metoda vađenja kompletnog poklopljenog legla iz pčelinje zajednice kao metoda za suzbijanje varoe ima dugu povijest i razvila se kao biotehnička strategija koja pomaže pčelarima kontrolirati populaciju *Varroa destructor*. Jedna je od najstarijih i najprirodnijih metoda suzbijanja varoe. Ova metoda je jako bitna u ekološkom pčelarenju jer se ne koriste nikakva kemijska sredstva koja bi kontaminirala pčelinje proizvode. Nakon širenja varoe na *Apis mellifera* (europsku medonosnu pčelu), pčelari su počeli eksperimentirati s

različitim biotehničkim metodama kako bi kontrolirali parazita. Tijekom ovog razdoblja, pčelari su primijetili da vađenje poklopljenog legla (posebno trutovskog legla, gdje se varoa najčešće razmnožava) može smanjiti brojnost varoe u zajednici (Rosenkranz i sur., 2010.). Varoa preferira trutovsko leglo jer tamo ima više vremena za reprodukciju zbog dužeg trajanja razvoja trutova u usporedbi s radilicama (Fuchs, 1990.). Tijekom 1990-ih, pčelari u Europi, posebno u Njemačkoj i Švicarskoj, razvili su metodu vađenja kompletnog trutovskog legla. Tijekom 2000-ih, metoda je proširena na vađenje kompletnog poklopljenog radiličkog legla u posebnim situacijama, kada je populacija varoe u zajednici izrazito visoka. Ova metoda koristi se u kombinaciji s drugim tehnikama, poput tretmana oksalnom kiselinom, nakon što se ukloni leglo, kako bi se uništila varoa koja se nalazi na odraslim pčelama. Pčelari su počeli koristiti okvire s posebnim stanicama za trutove, koji se nakon zatvaranja vade iz košnice i uništavaju, čime se smanjuje broj varoa koje bi inače nastavile ciklus reprodukcije. Ova tehnika postala je popularna jer nije uključivala uporabu kemijskih sredstava, čime je postala atraktivna za ekološke pčelare. Kompletno poklopljeno leglo se vadi iz zajednice u kasno proljeće ili u rano ljeto, a s leglom se uklanja i većina varoe, također se može provoditi više puta tijekom sezone (Charrière i sur., 1998.; Charrière i sur., 2003.). Ova metoda je izrazito zahvalna jer se obavlja brzo i lako, nije potrebno pronaći maticu već se sve pčele stresu ili ometu natrag u košnicu. Još jedan okvir prvoga poklopljenog legla se izvadi nakon sedam dana od prošloga vađenja poklopljenog legla te se na ovaj način ukloni ukupno oko 95 % varoe. Vađenjem kompletnog poklopljenog legla smanjuje se brojnost pčelinje zajednice te kako ne bi došlo do grabeži na pčelinjaku ovu metodu valja provoditi za vrijeme posljednje paše. Ukoliko zajednica nema pašu za vrijeme svog oporavka potrebna joj je prihrana. Manu ove metode predstavlja prilično slabljenje zajednice (Engels i sur., 1984.) pošto u košnici ostaju pčele oštećene razvojem varoe, isto tako ova metoda uzima puno vremena jer je potrebno redovito uklanjati okvire s trutovskim leglom.

3.6.2. Izdvajanje matice u jednookvirni izolator

Metoda upotrebe jednookvirnog izolatora (Slika 6.) razvijena je i opisana 1988. godine (Maul i sur., 1988.). Klopku za varou čini jedan formirani zalegnuti okvir na koji varoa dolazi dobrovoljno puna entuzijazma što je pronašla uopće jedino otvoreno leglo pred poklapanje u košnici. Jednookvirni izolator predstavlja matičnu rešetku koja prožima jedan okvir praznog izgrađenog saća. Matična rešetka služi odvajanju matice od ostatka košnice ali su pčele i dalje u kontaktu s maticom i brinu za leglo unutar okvira. Sami izolator može

biti izrađen od raznog materijala, primjerice može biti u potpunosti od plastike, te drveni ili plastični okvir sa žičanom ili plastičnom matičnom rešetkom. Vijek trajanja izolatora je više godina i može se koristiti više puta tijekom pašne sezone. Primjena mu je i prije, tijekom ili nakon glavne ljetne pčelinje paše. Ako se rabi u vrijeme glavne paše (Büchler i sur., 2020.) neke od prednosti jednookvirnog izolatora su:

- suzbija varoozu na prirodan način
- sprječava se rojenje pčela
- povećava se prinos meda
- povećava se kvaliteta pčelinjih proizvoda jer se ne rabe lijekovi
- lakše se kontrolira stanje u košnici
- varoa ne stvara rezistentnost



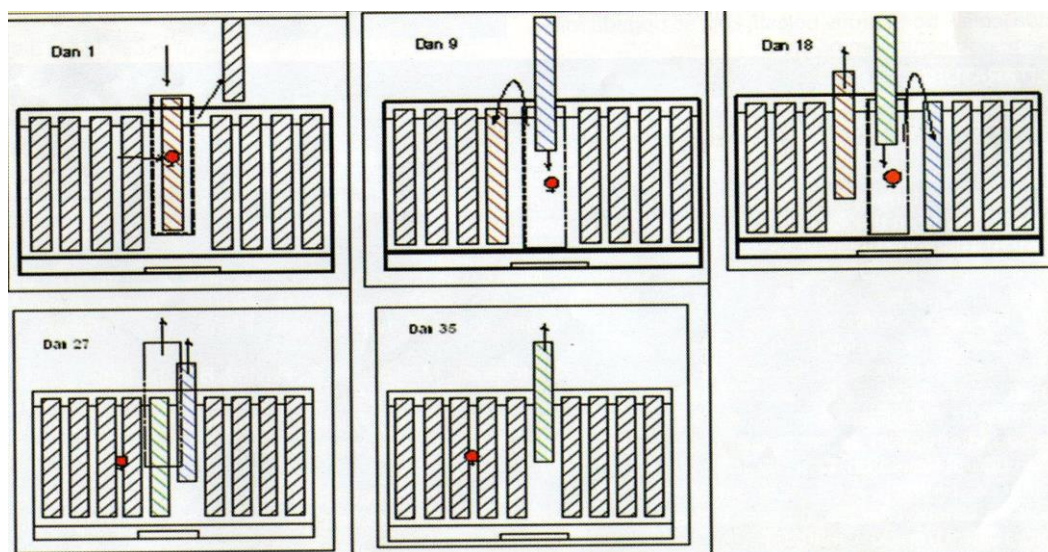
Slika 6. Jednookvirni izolator matice

Izvor: <https://kosnica.eu/wp-content/uploads/2019/05/03.jpg>

Nedostatak primjene metode jednookvirnog izolatora glasi da će se brojčano smanjiti zajednica i pčelari će morati povećati svoj udio posla u pčelinjaku.

Zbog širine samog izolatora iz nastavka košnice je potrebno izvući jedan okvir kako bi na to mjesto umetnuli izolator. Sveukupni broj okvira u košnici mora biti 9 s uključenim okvirom u izolatoru. Blokator odnosno izolator u kojemu je matica se primjenjuje za vrijeme ciklusa razvoja pčele i to svaki deveti dan tijekom tri tjedna (3 x 9) ili svaki sedmi dan tijekom četiri tjedna (4 x 7). Matica se blokira u izolatoru na jednom okviru praznog izgrađenog radiličkog saća u koji slobodno zaliježe jajašca. Okvir radiličkog saća se vadi iz izolatora nakon sedam ili devet dana, te dodatnih sedam ili devet dana (ukupno 14 ili 18 dana) ostaje sa strane u košnici, dok u izolator postavljamo sljedeći okvir s praznim izgrađenim saćem i maticom (Slika 7.). Matica ponovno zaliježe okvir u izolatoru, okvir

izvlačimo i stavljamo pored izolatora te se postupak ponavlja ukupno tri ili četiri puta i riješili smo do 98 % grinja varoe iz pčelinje zajednice bez uporabe tretmana protiv varoe.



Slika 7. Shematski prikaz metode jednookvirnog izolatora svakih devet dana

Izvor: Filipi i Kezić, 2020.

3.6.3. Blokiranje matice u kavezu

Prva primjena blokiranja matice u kavezu za suzbijanje varooze datira iz 1980-ih a dokumentirana i zabilježena je 1988. godine, samim time ta godina je značajna za razvoj i širenje ove metode u pčelarstvu. Ova metoda je poznata i kao „queen caging“. Koristi se kako bi se izazvao prekid legla u pčelinjim zajednicama čime se smanjuje populacija varoe jer se grinja ne može razmnožavati bez prisustva legla (Gregorc i sur., 2017.).

Veličina kaveza koji se koristi za blokiranje matice iznose 5 x 7,5 centimetara, također s matičnom rešetkom s obju strana kao i kod prethodne metode. Matica se stavlja u kavez koji se pričvršćuje unutar saća na okvir s leglom. Matica ostaje u blokatoru tijekom 25 dana jer u tom periodu nema više poklopljenog legla te se sva varoa, koja je sada u foretičkoj fazi, nalazi na pčelama (Gregorc i sur., 2017.). Samo držanje matice u kavezima, bez ikakvih veterinarsko-medicinskih pripravaka (VMP-a), može smanjiti populaciju *Varroe* do 40,6 % (Giacomelli i sur., 2016.). Smatra se da je glavni razlog povećanja smrtnosti *Varroe* preduga foretska faza te samim time nema mogućnost razmnožavanja. Tek kada su foretične varoe na pčelama, mogu se primjenjivati sredstva za suzbijanje varooze poput oksalne kiseline ili timola čime se povećava učinkovitost do 97 % (Giacomelli i sur., 2016.). Danas se metoda blokiranja matice u kavezu koristi širom

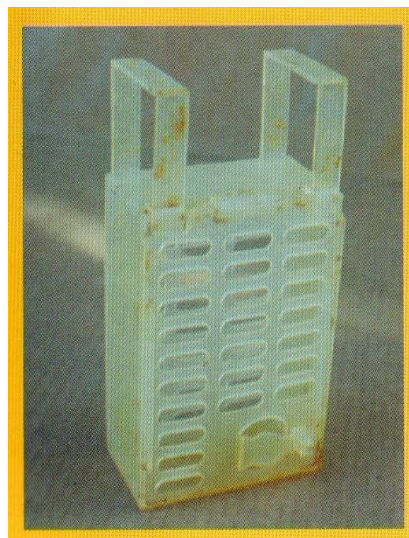
svijeta, posebno u ekološkom pčelarstvu, gdje je cilj smanjiti upotrebu kemijskih sredstava i otrovnih preparata za suzbijanje varooze. Postoje i negativne strane ove metode, držanje matice 25 dana u malom kavezu može uzrokovati ozbiljne negativne nuspojave na zajednicu, a i na samu maticu (uginuće matice unutar kaveza, odbacivanje matice od strane zajednice ili zamjena matice). Sve to bi negativno utjecalo jer je već dovoljno vremena prošlo bez mladog legla pa bi to moglo znatno oslabiti zajednicu ili je uništiti ako sve bude na staroj pčeli, jedino pčelar koji ima rezervnu maticu u takvim slučajevima može dobro proći. U dvogodišnjem pokusu u Austriji, držanje matice u kavezima i naknadno tretiranje oksalnom kiselinom ljeti je rezultiralo gubitkom 33 od 193 matice (17,1 %). U alternativnoj skupini (140 matice bez kaveza plus dva tretmana sa mravljom kiselinom u zajednicama s leglom) izgubljene su samo 3 matice (2,1 %) (Ribarits i sur., 2020.). Jack i dr. (2020.) izvijestili su da je držanje matice u kavezima radi prekida legla u ranu jesen, u kombinaciji sa sublimacijom oksalne kiseline dovelo do visoke smrtnosti zajednica i loše kontrole varoe. Vrijeme kada bi se matica trebala izolirati ne može se odrediti točno u dan jer to ovisi o području na kojem se pčelari; vrijeme izolacije matice u središnjoj Hrvatskoj je različito u odnosu na vrijeme u drugim područjima, za primjer imamo planinski dio, priobalje ili otoke. Vrijeme cvatnje trava i drveća također utječe na vrijeme izolacije. Matica se blokira kada je najezda varoe najveća, točnije krajem lipnja i početkom srpnja. Ukoliko maticu izoliramo prerano moglo bi doći do reinvazije varoe, a ako ju izoliramo prekasno, može se dogoditi da matica nakon oslobađanja neće stići izleći dovoljan broj jajašaca zimskih pčela. Bez obzira na to što danas toplije vrijeme traje duže nego što je trajalo prije 10 godina matice i pčele znaju kad i što treba raditi. Postupkom izoliranja matice rješavamo varoe u najkritičnijem vremenu, kada u zajednici ima najviše varoe. Ne upotrebljavaju se nikakva kemijska ni ekološka sredstva, tek oksalnu kiselinu, što je zanemarivo. Ovom metodom se smanjuju novčani izdatci za lijekove gotovo na nulu. Dobit će se proizvod bez ikakvih kemijskih primjesa, ni dopuštenih ni nedopuštenih, budući da nema lijeka, nema ni predoziranja. Nema agresije na pčele te im nikako ne štetimo, ne treba voditi računa o visini vanjske temperature jer ona ne utječe na ovu metodu. Velika prednost ove metode je što pčele radilice pojačano unose nektar za vrijeme izolacije, te ne hrane pomladak, pa sav pelud i med ostaju u košnici za prihranu umjesto šećernog sirupa. Loše strane ove metode koje i nisu tako opasne jesu da kavezi za blokiranje matice nisu baš jeftini, no oni se kupuju jednom i traju nekoliko godina. Dosta vremena i napora se utroši na traženje i zatvaranje matice u kavez (slika 8. i slika 9.). Ova metoda je pogotovo teška pčelarima koji pčelare LR (Langstroth-Rootovim) košnicama,

moraju upotrijebiti dosta snage jer se ovaj postupak provodi kada su nastavci dosta teški (Krnić, 2022.).



Slika 8. Izolator za maticu, kavez,
drveno-metalni

Izvor: Krnić, 2022.



Slika 9. Izolator za maticu, kavez,
plastični

Izvor: Krnić, 2022.

4. IZDVAJANJE ZAJEDNICA S BRŽIM RAZVOJEM VAROE

Izdvajanje zajednica s bržim razvojem varoe je tehnika koja se koristi u pčelarstvu kako bi se identificirale i izdvojile pčelinje zajednice koje su više podložne razvoju varooze. Cilj metode je suzbijanje širenja parazita i smanjenje populacije varoe u košnici. Razvoj ove metode je počeo 1980-te godine. Nakon što je varoa postala ozbiljan problem širom svijeta pčelari istraživači su počeli identificirati zajednice u kojima se varoa brže razmnožavala. Ove su zajednice bile više podložne varoozi pa su ih pčelari izdvajali kako bi spriječili daljnje širenje grinje. Godine 1990. i 2000. tehnika izdvajanja zajednica je napredovala. Pčelari su postali efikasniji u identifikaciji zajednica s bržim razvojem varoe uz pomoć boljih dijagnostičkih alata i tehnika praćenja. Analiza nivoa zaraze i tehnike poput testova na otpornost pčela su postale standardne u mnogim pčelinjacima. Danas u modernoj praksi pčelari koriste kombinaciju genetskog selekcioniranja gdje se dobivaju pčele otporne na varou (Dietemann i sur., 2012.).

5. UZGOJ I SELEKCIJA PČELA TOLERANTNIH NA VAROOU

Potruga za otpornim medonosnim pčelama traje od 1980. i nastavlja se u Europi i cijelom svijetu. Otpornost na *V. destructor* zabilježen je u različitim regijama i vrstama medonosnih pčela (Locke 2016.; Oddie i sur. 2017.; Guichard i sur. 2020.; Le Conte i sur. 2020.; Mondet i sur. 2020.; Spivak i sur. 2021.). Prirodnom selekcijom razvija se otpornost na varrou u zajednicama *A. Cerana* u Aziji, ali i u nekim populacijama podvrste *A. mellifera*. Kroz istraživanja je utvrđeno da se pčele mogu izabrati prema njihovoj većoj biološkoj otpornosti prema parazitima (Dražić i sur., 2001.). Pčela je u stanju prepoznati odraslu varou, ali nažalost samo mali broj zajednica je prepoznata kao neprijatelj i uklanjaju. Takve pčele su razvile obrambene mehanizme protiv varroe. Selekcija je dugotrajan proces te još nije u potpunosti dovršena. Prirodna obrana protiv varroe je pčelino samočišćenje te tako vrši obranu protiv varroe, no nažalost taj je nagon kod europske pčele slabije izražen dok je dobro razvijen kod azijske pčele (*Apis cerana*). U procesu samočišćenja pčele s pomoću nogu skidaju varou sa svoga tijela ili tijela drugih pčela te najčešće odgrizu prvi par nogu grinja. Prvi par nogu je jako bitan varoi jer joj služe kao ticala, te zbog toga i ugiba jer bez ticala se ne može orijentirati u košnici. Pčele s visokim higijenskim osobinama imaju sposobnost ukloniti varou čak i iz poklopljenog legla s pomoću svojih ticala otkriju i izgrizu rupu kroz voštani poklopac, te pčele čistačice uklanjaju zaraženo leglo. Pčele tako ne ubiju varou, nego samo prekidaju rasplodni ciklus, te kada varoa pređe na pčelu čistačicu nakon čišćenja stanica ona se pokušava vratiti u stanice saća u potrazi za leglom. U toj fazi pčele ju mogu uočiti kako se kreće po košnici te ju napadaju i pokušavaju ozlijediti. Ovo higijensko ponašanje se naziva (varroa sensitive hygiene – VSH). Pčele s izraženim higijenskim ponašanjem kod uklanjanja legla invadiranog varoom nazvane su VSH pčele. To je svojstvo pčela gdje one prekidaju ciklus razmnožavanja varroe otklapajući i uklanjajući invadirano leglo iz stanica saća (Harbo i Harris, 2009.). Zajednice s izraženim VSH svojstvom imaju manji broj nametnika od zajednica sa svojstvom higijenskog ponašanja (Delaplane i sur, 2005., Ibrahim i Spivak, 2006.). Pčele uzgajane na VSH svojstvo pokazale su i izraženo higijensko ponašanje iako nisu selekcionirane na njega. Istraživanje koje su proveli Ibrahim i Spivak (2005.) pokazalo je kako su pčele s VSH svojstvom očistile 98,6 % stanica legla usmrćenih smržavanjem. U uzgojni program sive pčele (*Apis mellifera carnica*, Pollmann) udruge uzgajivača selekcioniranih matica pčela Hrvatske iz 2005. godine uključeno je praćenje higijenskog

ponašanja pčela putem pin testa i praćenje populacije varoe. Umjetnom masovnom selekcijom otpornost je postignuta u Švedskoj (pčele Gotland), Francuskoj (pčele Kefuss) i Nizozemskoj (pčele Blacquiére), pri čemu je kao selekcijski kriterij korišten opstanak zajednica. Ovaj pristup je nazvan "bond test" (live and let die!). U Švedskoj i Francuskoj "Darwinian black box" selekcija otpora u Nizozemskoj, jer temeljni mehanizmi otpora ostaju nejasni. Glavni ciljevi u uzgoju medonosnih pčela otpornih na grinju su smanjeni gubici zajednica, smanjenje troškova liječenja za pčelare i manje opterećenje, veće prinose u poljoprivredi zbog većeg oprašivanja i visokokvalitetni proizvodi.

5.1. Gotlandske pčele

Jedan od primjera populacije medonosnih pčela otpornih na varou koja je rezultat „Bondovog testa“ nalazi se u Švedskoj na malom poluotoku Gotland, gdje pčela preživljava od 1999. bez liječenja. Za izvorni "Bond test", 150 zajednica osnovali su švedski istraživač Ingemar Fries i njegovi kolege, kako bi proučavali stope preživljavanja netretiranih zajednica i razvoj populacije parazita u skandinavskim klimatskim uvjetima (Fries i sur., 2006.). Zajednice bi bile umjetno zaražene varoom te se ne bi vršili tretmani protiv suzbijanja istog nego su se uzimali uzorci i pratilo se stanje takve zajednice u istim vremenskim razmacima. Takvim zajednicama koja su bila prepuštena sami sebi je bilo omogućeno prirodno rojenje te ih se nije sprječavalo u tome. Roj takve zajednice bi se uhvatio i smjestio u drugu košnicu na pokusnom pčelinjaku. Nakon tri godine, godišnja stopa smrtnosti zajednica porasla je za 80 %. Nakon šest godina postotak smrtnosti zajednica se smanjila čak ispod 20 % (Fries i sur., 2006.). Slični rezultati su bili i kod odraslih pčela na jesen, postotak invadiranosti zajednice isprva je dramatično porasla, ali nakon četiri godine se znatno smanjila. Iako nije utvrđeno da često rojenje zajednica ima značajan učinak na nakupljanje štetnih razina grinja (Fries i sur., 2003.), čini se da su se otporne zajednice prilagodile i razvile otpornost na varou, te su im te karakteristike omogućile ograničavanje širenja i razmnožavanja varoe, te su takve zajednice imale znatno manji broj grinja nego zajednice koje su redovito tretirane (Fries i Bommarco, 2007.). Osim toga, u usporednoj analizi uzoraka legla, neplodnih grinja i grinja s mrtvim potomcima je bilo više u otpornim zajednicama nego u zajednicama koje su bile redovno tretirane (Locke i Fries, 2011.). Grinje u populaciji Gotlanda također su pokazivale znakove kasnijeg polaganja jajašca, za što se pretpostavlja da je rezultat potencijalne inhibicije polaganja jaja, možda kroz hlapljive tvari kukuljice (Locke i sur., 2012.).

5.2. Kefusove pčele

John Kefuss i suradnici (2004.) započeli su svoj prvi Bond test 1993. godine u 12 sati ujutro. Pčelinje zajednice podvrste *Apis mellifera intermissa* za koje se zna da su otporne na varou u Tunisu (Ritter, 1990.). Ove su pčele uvezene iz Tunisa u Francusku, blizu Toulousea. Otpornost ovih pčela uspoređena je sa zajednicama koje su osjetljive na varou nakon izlaganja teškim zarazama varoom. Samo zajednice koje su uvezene iz Tunisa su preživjele. Te su se pčele prilagodile s lokalnom populacijom pčela, a većina hibrida preživjela je zarazu grinjama, što ukazuje na genetsku komponentu otpornosti. Godine 1999. proveden je terenski test preživljavanja na 268 izvornih europskih pčelinjih zajednica. Nakon gubitka više od dvije trećine zajednica, od preživjelih su stvorene nove zajednice. Godine 2002. genetski materijal ovih preživjelih uzgojen je u neovisnu skupinu od 60 zajednica. U 2013. godini 519 netretiranih zajednica iz obje skupine koristilo se za komercijalno pčelarstvo, a populacije grinja bile su vrlo niske. Od 1999. Kefuss i sur. nisu koristili nikakav tretman protiv varoe u njihovom profesionalnom pčelarenju (Kefuss i sur., 2015.). Od ove prirodno preživjele pčele, oni naknadno odabiru svoje rasplodne zajednice zbog ekonomskih svojstava. Najbolje zajednice se zatim testiraju na higijensko ponašanje (upotrebom testa smrzavanjem ubijenog legla) i na zarazu varoom. Osim jedne godine, gubici njihovih zajednica usporedivi su s drugim pčelarima u regiji koji još uvijek tretiraju svoje košnice akaricidima. Zaraženost odraslih pčela obično ostaje ispod 5 %, prema njihovom izvješću, ekonomski ne opravdava upotrebu kemijskih sredstava. Temeljni mehanizmi su nepoznati, ali je nedavna studija identificirala gen induciran ekdizonom koji je značajno povezan s otpornošću; ekdizon inicira metamorfozu kod pčela i reprodukciju kod varoe (Conlon i sur., 2019.). Ovo ukazuje da se u komercijalnim uvjetima pčelarenja mogu koristiti jednostavne metode za selekciju smanjene populacije grinja.

5.3. Blacquiérove pčele

Tjeerd Blacquiére i sur. (2019.) započeli su selekciju za preživjele zajednice 2007. i 2008., na dvije izolirane lokacije u Nizozemskoj. Zajednice Tiengemetena djelomično potječu po majci od zajednice Gotlanda (Švedska) (Fries i sur., 2006.). Populacija Amsterdamse Waterleidingduinen populacija je „hibridnih“ nizozemskih zajednica, osnovanih sa 70 zajednica 2008., od kojih je 20 korišteno kao kontrola, a 50 kao početna skupina za odabir otpornosti. Kontrola varoe nije provedena od 2007. u Tiengemetenu i od 2008. u Amsterdamse Waterleidingduinenu (Kruitwagen i sur., 2017.). Glavne značajke selekcije korištene u njihovom pristupu bile su sposobnost zajednica da prežive zimu unatoč

prisutnosti varroe, a zatim da se ponovno razvijaju u proljeće. Stoga su samo te zajednice zadržane i dopušteno im je proizvesti sljedeću generaciju koja je preživjela zimu, povećala se u broju pčela i proizvela trutove u proljeće (Kruitwagen i sur., 2017.). Različite skupine zajednica držane su u udaljenim područjima tijekom parenja (na otoku Tiengemeten ili na Amsterdamse Waterleidingduinen u Lelystadu). Nakon značajnih gubitaka tijekom prvih nekoliko godina, veličina netretiranih populacija postala je stabilna i zajednice sada imaju konzistentno niske razine zaraženosti grinjama, koje variraju između 5 % i 13 % foretskih grinja u uvjetima bez legla (Kruitwagen i sur., 2017.). Mehanizmi otpornosti grinja u tim populacijama još uvijek nisu jasni. Proučavano je njegovanje i VSH ponašanje ovih preživjelih zajednica i neodabranih kontrolnih pčela. Kruitwagen i sur. (2017.) istraživali su ponašanje dotjerivanja na razini pojedinca, skupine i zajednice, ali nisu pronašli razlike između dvije odabrane populacije i kontrolne populacije. Panziera i sur. (2017.) proučavali su ponašanje VSH i otkrili da se VSH snažno povećao u jednoj od odabranih populacija, gdje je uklonjeno do 40 % zaraženih stanica s grinjama i kukuljicama. Međutim, razina zaraženosti se smanjila u populaciji Tiengemeten u usporedbi s kontrolnim zajednicama. Različiti VSH odgovori između dviju odabranih otpornih populacija medonosnih pčela dovode do zaključka da se više od jednog mehanizma otpornosti moglo razviti kao odgovor na selekcijski pritisak grinja varroe. Nakon 10 godina tako uspješnog programa, Blacquièere i sur. (2019.) objavili su svoju selekcijsku shemu koju su nazvali selekcijom "Darwinove crne kutije" za otpornost, tako da je mogu koristiti drugi znanstvenici ili pčelari i promovirati su korištenje prirodne otpornosti medonosnih pčela u pčelarstvu (Blacquièere i Panziera, 2018.).

5.3.1. Darwinova crna kutija

Protokol nazvan 'Darwinova crna pčelinja kutija' (engleski DBBB) izveden je iz 10 godina ranijeg rada (Panziera i sur., 2017.; Kruitwagen i sur., 2017.). Shema se temelji na načelima evolucije prirodnom selekcijom: zajednice koje mogu preživjeti i uspješno se razmnožavati prenose svoje gene sljedećoj generaciji. Učestalost alela gena koji kodiraju svojstva koja pridonose preživljavanju postupno će rasti, dok će štetni ili neutralni aleli postati rjeđi. Poput Darwinovih opažanja, moguće je promatrati prilagodbe bez razumijevanja temeljnih mehanizama. Ovdje se koristimo analogijom crne kutije iz koje sadržaj ostaje skriven, a očiti učinci tog sadržaja ipak su jasni i vidljivi. Štoviše, ruta ne kvalificira unaprijed određene osobine za koje se smatra da su korisne, već samo slijedi prirodu do ishoda preživljavanja i reprodukcije. Unutar crne kutije, aleli povezani s

uspješnim fenotipom su očuvani i postojat će u sljedećoj generaciji. Prirodna selekcija je stoga prisutna i veoma korisna jer održava genetsku raznolikost držeći sve preživjele fenotipove u crnoj kutiji, uključujući moguće rijetke alele korisne za otpornost na parazite i patogene (Delaplane i sur., 2015.). Ciljani selektivni programi uzgoja, po definiciji smanjuju genetsku raznolikost odabirom iz preživjelih fenotipova samo onih za koje preferiraju odabrana svojstva, čime se potencijalno isključuju mnogi fenotipovi unatoč njihovoj prikazanoj sposobnosti preživljavanja (Uzunov i sur., 2017.). DBBB selekcija slijedi prirodni sezonski ciklus reprodukcije pčelinjih zajednica, oponašajući rojenje razdvajanjem zajednica. Posljedično, populacija ne samo da čuva svoju genetsku raznolikost, već i svoj pridruženi raznoliki biom (i povoljne i nepovoljne povezane organizme; bakterije, kvasci, gljivice, viruse, grinje...) koji potiče razvoj manje virulentnih odnosa domaćin-parazit (Neumann i Blacquièrè 2017.; Blacquièrè i Panziera, 2018.). Ovo također sprječava da se matica sljedeće generacije suoči s potpuno novim biotičkim okolišem. Obrnuto, sprječava izlaganje potomaka zajednice stranoj mladoj matici.

6. BIOLOŠKI AGENSI SUZBIJANJA *Varroa destructor*

Prema navodima Kovačića i sur. (2021.) biološke mjere suzbijanja štetnika podrazumijevaju korištenje njihovih prirodnih neprijatelja, takozvanih „bioloških agensa“ (Trdan i sur., 2020.). *Varroa* nema zabilježenih prirodnih neprijatelja, to je jedan od razloga koji doprinose njezinu eksponencijalnom razvoju u pčelinjoj zajednici (Rangel i Ward, 2018.). *Varroa* se razvija na Azijskoj pčeli ali u tom broju da ne stvara prirodne neprijatelje što bi značilo ne u velikom broju. Pčelinje zajednice su obrambeno nastrojene, čiste te uz antibiotsko djelovanje propolisa i matične mliječi sigurne od prirodnih neprijatelja koji bi mogao naštetiti *Varroi* stoga je nametnik dobro zaštićen u košnici. Kleespies i sur. (2000.) pronašli su u košnici virusima slične organizme koji smanjuju životni vijek varoe bez utjecaja na pčele, međutim do danas nisu utvrđeni prirodni neprijatelji varoe koji mogu značajno smanjiti njezinu populaciju u pčelinjim zajednicama. Entomopatogeni mikroorganizmi često imaju univerzalni spektar štetnoga djelovanja za različite vrste štetnika. Entomopatogene nematode su jednostavni organizmi koji u sebi nose simbiotske bakterije. One parazitiraju nametnike tako što uđu u njihovu tjelesnu šupljinu ili kroz prirodne otvore: usta, traheje ili anus. Varou napadaju nematode, virusi, gljive, bakterije i protozoe (Morse i Flottum, 2013.).



Slika 10. Entomopatogena nematoda, ženka

Izvor: https://www.shutterstock.com/shutterstock/photos/70434394/display_1500/stock-photo-entomopathogenic-nematodes-females-and-invasive-juvenile-70434394.jpg

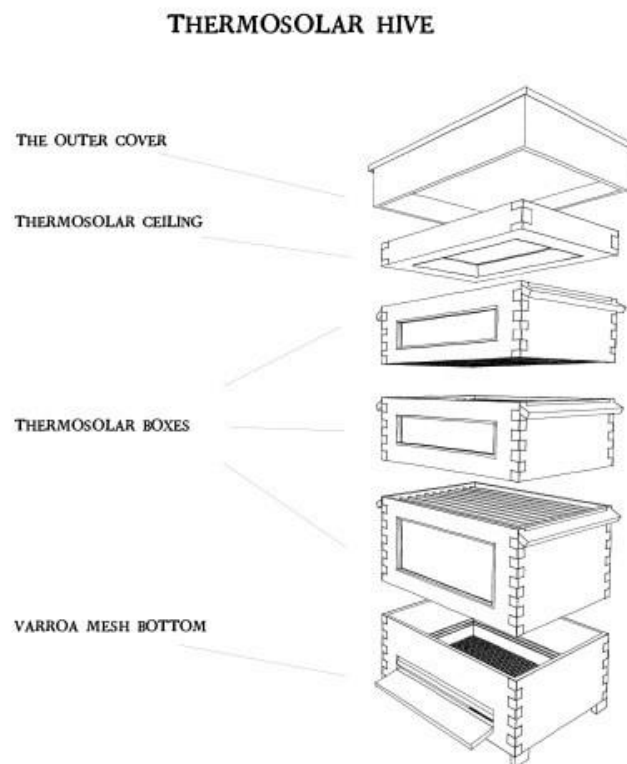
Entomopatogene gljive su se pokazale najučinkovitije protiv suzbijanja varoe čak 95 %. Biološki pesticidi koji se temelje na prirodnim mikrobima koji inficiraju neke vrste štetnika već su desetljećima dostupni uzgajivačima u SAD-u i na svjetskim tržištima, ali nisu uspjeli pronaći široku primjenu (Glare, 2012.). U usporedbi s tradicionalnim kemijskim sintetičkim pesticidima, mikrobnim biopesticidima općenito imaju vrlo nisku toksičnost za ljude i druge kralježnjake, brzu razgradnju koja dovodi do smanjenih ostataka i onečišćenja okoliša i visoku specifičnost vrste koja dovodi do smanjenih neciljanih učinaka (Leahy, 2014.). Iako biopesticidi čine sve veći postotak globalne upotrebe pesticida, općenito nisu uspjeli zamijeniti tradicionalne sintetičke pesticide izvan određenih tržišnih niša (Damalas, 2018.). Jedan od razloga je taj što je učinkovitost mikroba u kontroli štetočina često ograničena osjetljivošću mikroba na temperaturu, pH, ultraljubičasto zračenje ili druge abiotičke čimbenike (Roberts i Campbell, 1977.; Lovett i St. Legger, 2015.; Ortiz-Urquiza i sur., 2015.). Nedostatak primjene bioagensa su sigurnost pčelinje zajednice i različiti rezultati istraživanja kako gljive utječu na pčelinju zajednicu i *Varrou*.

7. TRETMAN TOPLINOM

Tretman toplinom protiv *Varroa destructor* predstavlja nekemijsku metodu za smanjenje populacije grinje u pčelinjim zajednicama. Za razliku od drugih biotehničkih metoda suzbijanja, ne smanjuje prinos meda i može se koristiti tijekom cijele godine (Cadosch, 2014.). Eksperimentiranje s ovom metodom započelo je krajem 1970-ih godina u Europi. Prvi pokušaji korištenja tretmana toplinom istraživani su posebno u Njemačkoj i Švicarskoj. Znanstvenici i istraživači navedenih zemalja su tražili alternative kemijskim tretmanima za suzbijanje grinje varoe. Njemačka je bila među prvima gdje su znanstvenici i pčelari počeli koristiti metodu topline u suzbijanju varoe. Prvi znanstvenici koji su počeli eksperimentirati s tretmanom toplinom protiv varooze bili su dr. Stefan Hoppe i dr. G. Liebig iz Njemačke tijekom 1980-ih godina. Dr. Stefan Hoppe, sa Sveučilišta Hohenheimu u Njemačkoj, jedan je od pionira u istraživanju tretmana toplinom. Njegovo istraživanje je bilo usmjereno na identificiranje optimalnih temperatura i vremenu trajanja tretmana koji bi učinkovito uništavali varou bez da šteti pčelama (Hoppe, 1989.; Sandrock i sur., 2024.; Goras i sur., 2018.). Zajedno s dr. G. Liebigom, pčelarskim stručnjakom iz Njemačke, proveli su niz pokusa kako bi optimizirali ovaj pristup. Istraživanja su pokazala da grinje ne podnose temperaturu veću od 40 °C, dok pčele mogu izdržati i veće temperature u kraćim periodima (Rosenkranz i sur., 2010.). U tu svrhu su razvijeni posebni uređaji za zagrijavanje košnica i legla. Ova metoda je ubrzo testirana i u Srednjoj Europi ali osobito u kontekstu ekološkog pčelarstva. U tim istraživanjima je bio cilj precizno odrediti temperature i vrijeme trajanja tretmana kako bi se maksimalno smanjio broj grinja, a minimalno štetilo pčelama i leglu. Metoda suzbijanja varoe toplinom se temelji na činjenici da su grinje osjetljive na povišenu temperaturu za razliku od pčela, zagrijavanjem košnice grinje ugibaju ili se zaustavlja njihov razvoj dok pčele ostaju neozlijeđene. Tretman toplinom se najčešće provodi tako da se termalna košnica (Porporato i sur., 2022.) ili samo zaraženo leglo zagrijava na temperature od 40 i 47 °C tijekom određenog razdoblja (oko 2-3 sata) (Rezende i sur., 2014.). Ovaj tretman ne koristi kemikalije, što je posebno važno za pčelare koji izbjegavaju kontaminaciju meda i pčelinjih proizvoda pesticidima. Metoda je prihvatljiva u ekološkom pčelarstvu i ne ostavlja ostatke ili nečistoće u pčelinjim proizvodima. Otpornost grinje se ne može razviti na fizičke tretmane poput topline što dugoročno osigurava učinkovitost metode. Nedostaci tretmana toplinom su tehnička složenost, održavanje temperature od 40-47 °C je ključ uspjeha. Ako temperatura pređe granicu, može doći do stresa ili čak uginuća pčela, tretman

zahtjeva precizne uređaje za kontrolu temperature (Oliver, 2021.). Drugi nedostatak je ograničena učinkovitost metode. Tretman toplinom uglavnom je učinkovit na zrele grinje na odraslim pčelama, dok grinje skrivene u zatvorenom leglu mogu preživjeti. Stoga postoji mogućnost da metoda možda neće eliminirati cijelu populaciju varoe u košnici i može biti potrebna ponovljena primjena. Metoda toplinom isto tako može oštetiti nezrelo leglo ako se ne primjenjuje pažljivo te samim time smanjiti produktivnost zajednice. Kod tretmana toplinom je potrebno više vremena za provođenje istog u usporedbi s primjenom kemijskih tretmana što predstavlja izazov za velike komercijalne pčelare.

Kao što je navedeno u tekstu iznad, tretman toplinom je veoma pogodan za ekološko pčelarenje jer ne koristi kemijske tvari i nema rizika od kontaminacije pčelinjih proizvoda (Sandrock i sur., 2024.). Pčelari koji slijede ekološke standarde često koriste ove metode kako bi osigurali čiste i prirodne proizvode. U konvencionalnom pčelarenju ovaj tretman može biti dodatna metoda za uobičajene kemijske tretmane. Tretman zahtjeva više vremena i rada stoga mnogi konvencionalni pčelari i dalje preferiraju kemijske tretmane kao primarno rješenje.



Slika 11. Termosolarna košnica

Izvor: <https://theprospectofbees.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/05/thermosolarhive.jpg>

7.1. Hankova termo kocka

Od najranijih ispitivanja započelih 1981. do danas varoa je prvi put otkrivena u Čehoslovačkoj 1978. godine blizu granice sa Sovjetskim Savezom. U početku, 1981. godine, pojavila se Hankova termo- kocka. Hankova termo-kocka konstruirana je 1981., tri godine nakon što je *V. destructor* prvi put otkriven u Čehoslovačkoj, i smatra se najstarijim čehoslovačkim uređajem koji se koristi za toplinsku obradu pčela (Ambruš i Ľubomír, 1983.). Nažalost, prema autorovom najboljem saznanju, crteži ove toplinske kutije nisu dostupni. Termo-kocka je napravljena od akrilnog stakla koje bi povećalo unutarnju temperaturu ako bi se pravilno postavila na sunčevu svjetlost. Termo-kocka je sadržavala manju unutarnju šupljinu izrađenu od žičane mreže. Oko 300 zaraženih pčela bi se stavilo u ovu šupljinu tijekom tretmana. Termo kocka bi bila izložena na sunčevoj svjetlosti 20 minuta. Temperatura unutar termo kocke bi porasla i iznad 45 °C (Hanko, 1983.). Termo kocka nije bila praktična za toplinsku obradu cijele zajednice ali se mogao koristiti u dijagnostičke svrhe. Ovaj dizajn je dao ideju nizu sličnih toplinskih kutija različitih veličina i oblika koje su proizvedene.

7.2. Termo zvono

Nakon termo kocke 1983. godine još jednu sličnu toplinsku kutiju konstruirali su Ambruš i Ľubomír koja se naziva termo zvono. Uređaj je sadržavao šuplju strukturu u obliku zvona opremljene žičanom šupljinom. Oko 200 zaraženih pčela bi se smjestilo u tu šupljinu te bi se zvono uronilo u vodu na temperaturu od (60 – 70 °C) tako su šuplje stijenke zvona ispunjene vrućom vodom, ali je unutarnja šupljina ostala suha. Nakon sedam minuta zvono je uklonjeno iz vodene kupelji. Temperatura unutar zvona bi se povećala na više od 45 °C. Ovaj uređaj je bio 95,7 % učinkovit u uklanjanju ili ubijanju grinja *Varroa*. Kako navode autori, iako je radno intenzivna, ova metoda bi ipak mogla naći primjenu danas u dijagnostičke svrhe za procjenu stope zaraženosti zajednice.

7.3. Kamlerova i Pastorova termo-kutija

Tri godine poslije termo zvona 1986. godine Kamler i Pastor (1986.) patentirali su toplinsku kutiju „Thermobox“. Razvoj toplinske kutije datira prije 1982. godine, a poboljšava se 1990.-ih godina (BRI., 1991.). Kutija se sastojala od rotirajuće okrugle šupljine smještene unutar veće kutije. Izvor topline bi se postavio ispod veće kutije (plamenik), zaražene pčele bi bile smještene u unutarnju šupljinu koja se zagrijava na 50°C. Kako bi se sve pčele podjednako zagrijale šupljina bi se okretala. Temperatura bi

tijekom ovog tretmana trebala biti održavana između 46 i 48 °C, a tretman ne smije trajati duže od 10 minuta. Prednost ove naprave je da ne treba električno napajanje za grijanje te je posebno pogodna za tretiranje pčela kada u zajednici nema legla.



Slika 12. Kamlerova i Pastorova termo-kutija

Izvor: <https://encrypted->

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRITWaJVfDYwO046jgfF608qihs4K_5NCvGQQ](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRITWaJVfDYwO046jgfF608qihs4K_5NCvGQQ&s)
&s

7.4. Dvořákova termo-solarna košnica

Postoji više dizajna termalnih košnica no svi se oni temelje na opremanju košnice reflektirajućim površinama kako bi se sunčeve zrake usmjerile na određeni dio pčelinje zajednice. Kako cijela zajednica ne bi bila pod stresom zagrijavao bi se samo jedan dio košnice. Ne postoje podaci o testiranju ove tehnologije (Dvořák, 2014.). Usprkos tome, ova utjecajna publikacija povećala je svijest o toplinskoj metodi među češkim pčelarima i inspirirala niz novih dizajna košnica.

7.5. Varoa Terminator

Početkom 2010.-ih, slovačka tvrtka Hivet predstavila je Varou Terminator na tržište. Varoa Terminator je elektronički uređaj koji toplinski obrađuje leglo. Sastoji se od dva panela od 120 W koji su postavljeni iznad i ispod legla. Nakon uključivanja uređaja temperatura u košnici ubrzano raste te zagrijava leglo u kojem se nalazi varroa. Donja ploča ima poseban izlaz koji omogućuje pčelama i matici da napuste ugrijanu kutiju te da se skupe na vanjskoj stijenci košnice. Grinje koje otpadnu su mrtve jer padnu na vruću površinu ugrijane donje ploče ili su uhvaćene u posebne zamke (Knight, 2014.). Unatoč tim prednostima, liječenje

obično oduzima puno vremena; može trajati do 3 h za tretiranje jedne zajednice (Kuchár, 2015.).



Slika 13. Varoa terminator

Izvor: https://www.hivet.sk/images/products/vt/New_VT_profil4_small.jpg

7.6. Rašnova termosolarna tehnologija

Detalji o termosolarnoj košnici Rašnov prvi put su objavljeni 2013. godine (Linhart, 2013.). Košnica potječe iz grada Rašnova, po čemu joj je i ime. Košnica je opremljena prozirnim komponentama koje mogu povećati temperaturu unutar košnice pod izravnim sunčevim svjetlom. Poklopac košnice i okviri košnice opremljeni su "prozorima" koji kada se otvore, omogućavaju prolaz svjetlosti u košnicu i zagrijavaju je. Preporučuje se da jedna seansa hipertermije traje 120-150 minuta kada se košnica zagrije iznad 40 °C. Ponekad pčele mogu postati nadražene i pokušati smanjiti temperaturu u košnici, ali njihovi napori su neučinkoviti. Anegdotska opažanja pokazuju da je Rašnova termosolarna tehnologija učinkovita u povećanju i održavanju temperatura znatno iznad 45 °C (Tomčala, 2015.). Visok pad grinja nakon sesija hipertermije također je prijavilo nekoliko pčelara (Tomčala, 2015.). Anegdotska zapažanja pokazuju da se pčelinje zajednice dobro razvijaju u termosolarnoj košnici Rašnov (Kabelová, 2015.; Meduna, 2014b). Jedina mana košnice je što joj je za funkcioniranje potrebna izravna sunčeva svjetlost i temperatura iznad 20 °C. Nedavno je postavljen eksperiment za usporedbu termodinamike Rašnov termosolarne košnice s drugim tipovima košnica (Meduna, 2014a).

8. TRETMAN ZAMRZAVANJA LEGLA

Tretman zamrzavanja legla je relativno nova i specifična tehnika kontrole parazita koja je postala popularnija tek u posljednjim desetljećima. Krajem 20-og stoljeća sa sve većim problemima povezanim s kemijskom kontrolom varoe pčelari istraživači počeli su istraživati biotehničke metode. U tom razdoblju tretman zamrzavanja legla još nije bio prisutan ni u teoriji ni u praksi, jer su se istraživanja usmjeravala na razumijevanje same biologije varoe i pčela. Temelj za kasniji razvoj ovog tretmana bile su tehnike poput uklanjanja trutovskog legla iz selektivnog uzgoja otpornih pčela. Tretman zamrzavanja legla protiv varoe se pojavio u počecima 21-og stoljeća sa sve većom zabrinutošću zbog utjecaja na zdravlje pčela i med. Ovaj tretman se počinje spominjati kao eksperimentalna tehnika. Naučnici i pčelari su počeli eksperimentirati s metodom zamrzavanja okvira s leglom kako bi se varoa eliminirala bez upotrebe kemijskih sredstava. U ovom razdoblju metoda nije bila široko primijenjena zbog nedostatka adekvatne opreme i tehničkih izazova. Tijekom 2010-e godine pa nadalje tretman zamrzavanja legla počinje stjecati popularnost među pčelarima koji se bave organskim ili ekološkim pčelarstvom. Tehnika postaje jedan od načina za smanjenje populacije varoe bez korištenja kemijskih sredstava. Godine 2010-e pa nadalje pojavljuju se i prva istraživanja koja potvrđuju efikasnost tretmana zamrzavanja legla u suzbijanju varoe, uz minimalne negativne posljedice za pčelinju zajednicu. Metoda postaje sve popularnija među pčelarima u razvijenim zemljama s pristupom naprednoj opremi kao što su specijalni zamrzivači. Samim razvojem tehnologije oprema postaje dostupnija što omogućuje veću primjenu ove metode. Tretman zamrzavanja legla danas je manje popularan u odnosu na druge biotehničke metode, ali se koristi u nekim ekološkim pčelinjacima. Predstavlja inovativan način suzbijanja varooze bez upotrebe kemijskih sredstava. Metoda se i dalje istražuje s ciljem da se unaprijedi proces zamrzavanja kako bi bio što efikasniji i manje stresan za pčele. Tretman zamrzavanja legla se provodi tako da pčelar prvo identificira okvire koji sadrže pčelinje leglo (posebno trutovsko leglo, jer varoa preferira trutove). Ti okviri se uklanjaju iz košnice i zamrzavaju. Okviri s leglom se zamrzavaju na temperaturi ispod 0 °C, obično između -20 °C i -30 °C. Tako niska temperatura ubija varoe koje se nalaze unutar saća ali ne šteti saću ili strukturi košnice. Nakon što se okviri izvade iz zamrzivača vraćaju se na sobnu temperaturu te se zatim vraćaju u košnicu. Pčele prepoznaju mrtvo leglo i prirodno ga uklanjaju iz saća, čime se čisti i saće i košnica od parazita. Ovaj tretman direktno ubija varou unutar legla. Pčele ne trpe štetu zbog zamrzavanja legla, jer se samo varoa uništava a

saće ostaje funkcionalno. Može biti efikasan dio strategije za suzbijanje varoe u kombinaciji s drugim biotehničkim metodama, kao što su uklanjanje trutovskog legla i prekid legla.

9. KORIŠTENJE ETERIČNIH ULJA I BILJNIH EKSTRAKATA

Ova metoda se temelji na upotrebi prirodnih tvari koje su manje štetne za pčele, a učinkovite protiv *Varroa destructor* te ima dugu povijest u borbi protiv ovog nametnika, osobito u ekološkom pčelarstvu. Najviše se koristilo ulje timijana, lavande i eukaliptusa. Prvi eksperimenti su pokazali da ulje timijana može biti djelotvorno protiv varoe jer sadrži timol, spoj koji pomaže smanjenju populacije varoe bez oštećenja pčelinje zajednice. Za nekoliko komponenti dobivenih iz biljaka, uključujući biljna ulja, dokazano je biocidno djelovanje (Masry i sur., 2020.; Sabahi i sur. 2020.). Otprilike 150 eteričnih ulja procijenjeno je u laboratorijskim testovima (Imdorf i sur., 2006.; Bava i sur., 2023.), no vrlo malo njih se pokazalo uspješnim u kontroli *V. destructor* kada su testirani u terenskim ispitivanjima. Toksičnost eteričnih ulja za grinje i pčele procijenjena je u laboratorijskim i terenskim uvjetima (Ghasemi i sur., 2016.; Hýbl i sur., 2021.) kao i repelentni ili privlačni učinak ovih ekstrakata prema grinjama, te njihovi učinci na razmnožavanje grinja (Colin, 1990.; Imdorf i sur., 1995.; Imdorf i sur., 1999.; Elzen i sur., 2000.; Aljedani, 2021.).

10. ZAKLJUČAK

Varooza je nametnička bolest uzrokovana ektoparazitom *Varroa destructor*. Biotehničke metode su vrlo korisne u ekološkom pčelarstvu jer ne ostavljaju nikakve tragove u pčelinjim proizvodima, a parazit ne može razviti otpornost na njih. Ove metode su dosta uznapredovale posljednjih stoljeća te se koriste i dan danas. Danas uz sve prisutnu tehnologiju lakše je koristiti ove tretmane i manje nam oduzimaju vremena. Biotehničke metode suzbijanja varooze su isto tako manje opasne za same pčelare koji ih koriste, uz dobru sigurnosnu opremu koja se razvila s godinama.

11. POPIS LITERATURE

1. Aljedani D.M. (2021.): Controlling varroa mites infesting honey bees (*Apis mellifera* L.) using some essential oils and Amitraz under colony conditions. *J. Entomol. Zool. Stud.*; 9(6):1–7. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i6a.8870>
2. Ambruš, Š., & Ľubomír, K. (1983.): Termodiagnostika varoatózy a jej využitie pri kontrole liečby včelstev [Thermal diagnostics and its use in determining Varroa treatment efficiency]. In: J. Hanko (Ed.), *Zborník referátov na sympóziu o varoatóze včelstiev* [Proceedings of the conference on varroosis] (pp. 40–46). Košice: Dom techniky ČSVTS.
3. Anderson, D. L., Trueman, J. W. H. (2000.): *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & applied acarology*, 24(3), 165-189.
4. Aristotel, Gotthelf, A. (2002.): "Historia Animalium" (the History of animals), Volume 1, Books I-X. Book IX. Cambridge University Press
5. Bava R, Castagna F, Palma E, Marrelli M, Conforti F, Musolino V, Carresi C, Lupia C, Ceniti C, Tilocca B, Roncada P, Britti D, Musella V. (2023.) Essential oils for a sustainable control of honey bee varroosis. *Vet. Sci.* 10 (5) :308. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050308>
6. Beetsma, J., Boot, W. J., & Calis, J. (1999.). Invasion behaviour of *Varroa jacobsoni* Oud.: from bees into brood cells. *Apidologie*, 30, 125–140. <https://doi.org/10.1051/apido:19990204>
7. Belčić, J., Katalinić, J., Loc, D., Lončarević, S., Peradin, L., Sulimanović, Đ., Šimić, F., Tomašec, I. (1985): *Pčelarstvo*, Nakladni zavod Znanje, Zagreb.
8. Bell, H. B. (2022.): A Brief History of Formic Pro. <https://www.apiaristsadvocate.com/post/a-brief-history-of-formic-acid> (pristupljeno dana 10.9.2024.)
9. Blacquièrè, T.; Panziera, D. (2018.): A Plea for Use of Honey Bees' Natural Resilience in Beekeeping. *Bee World*, 95, 34–38. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1430999>
10. Blacquièrè, T.; Boot, W.; Calis, J.; Moro, A.; Neumann, P.; Panziera, D. (2019.): Darwinian black box selection for resistance to settled invasive *Varroa destructor* parasites in honey bees. *Biol. Invasions*, 21, 2519–2528. <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02001-0>

11. Boot, W. J., Schoenmaker, J., Calis, J. N. M., & Beetsma, J. (1995.). Invasion of *Varroa jacobsoni* into drone brood cells of the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 26, 109–118. <https://doi.org/10.1051/apido:19950204>
12. BRI. (1991.): Tepelná komora k léčení varroózy včel [Treating Varroosis with the Thermobox]. Unpublished manuscript.
13. Brodschneider, R., Gray, A., Adjlane, N., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., ... i Danihlík, J. (2018.): Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 452-457 <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1460911>
14. Büchler, R., Uzunov, A., Kovačić, M., Prešern, J., Pietropaoli, M., Hatjina, F., Pavlov, B.; Charistos, L.; Formato, G.; Galarza, E.; Gerula, D.; Gregorc, A.; Malagnini, V.; Meixner, M. D.; Nedić, N.; Puškadija, Z.; Rivera-Gomis, J.; RogeljJenko, M.; Smodiš Škerl, M. I.; Vallon J.; Vojt, D.; Wilde J.; Nanetti, A. (2020.): Summer brood interruption as integrated management strategy for effective *Varroa* control in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 764-773. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1793278>
15. Cadosch, O. (2014.): Verein *Varroa* hyperthermie [Varroa Hyperthermia]. *Schweizerische Bienen-Zeitung*, 3, 19.
16. Calderone, N. W., & Kuenen, L. P. S. (2003.): Differential tending of worker and drone larvae of the honey bee, *Apis mellifera*, during the 60 hours prior to cell capping. *Apidologie*, 34, 543–552. <https://doi.org/10.1051/apido:2003054>
17. Charrière, J.D., Imdorf, A., Bachofen, B., Tschan, A. (2003.): The removal of capped drone brood: an effective means of reducing the infestation of *Varroa* in honey bee colonies. *Bee World*. 84(3), 117–124
18. Charrière, J.D., Imdorf, A., Fluri, P. (1998.): Potentiel et limites de l'acaricide oxalique pour lutter contre *Varroa*. *Rev. Suisse d'apic.* 95(8), 311–316
19. Charrière, J. D., & Imdorf, A. (2002.): Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa* destructor: recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. *Bee World*, 83(2), 51–60. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2002.11099541>

20. Colin M.E. (1990.): Essential oils of Labiatae for controlling honey bee varroosis. *J. App. Ent.* 110 :19–25. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1990.tb00091.x>
21. Conlon, B.H.; Aurori, A.; Giurgiu, A.-I.; Kefuss, J.; Dezmirean, D.S.; Moritz, R.F.A.; Routtu, J. (2019.): A gene for resistance to the Varroa mite (Acari) in honey bee (*Apis mellifera*) pupae. *Mol. Ecol.*, 28, 2958–2966. <https://doi.org/10.1111/mec.15080>
22. Damalas, C. A. & Koutroubas, S. D. (2018.): Current status and recent developments in biopesticide use. *Agriculture* 8, 1–6.
23. Delaplane, K.S., Berry, J.A., Skinner, J.A., Parkman, J.P., Hood, W.M. (2005.): Integrated pest management against Varroa destructor reduces colony mite levels and delays treatment threshold. *Journal of Apicultural Research*, 44(4): 157-162
24. Delaplane KS, Pietravalle S, Brown MA, Budge GE (2015.): Honey bee colonies headed by hyperpolyandrous queens have improved brood rearing efficiency and lower infestation rates of parasitic Varroa mites. *PLoS ONE* 10(12):e0142985. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142985>
25. Dietemann, V., Pflugfelder, J., Anderson, D., Charrière, J. D., Chejanovsky, N., Dainat, B., ... Neumann, P. (2012.): Varroa destructor: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 125–132. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.1.15>
26. Dražić, Marica Maja; Bubalo, Dragan; Berg, Stefan; Buchler, Ralph; Pechhacker, Hermann; Kezić, Nikola (2001.): Selekcija pčela tolerantnih na varoozu // 37. Znanstveni skup hrvatskih agronoma, zbornik sažetaka / Kovačević, Vlado (ur.). Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, str. 291-292-x
27. Dvořák, M. (2014.): Termoterapie sluncem Varroa destructor [Thermosolar Treatment of Varroa destructor]. *Včelařství*, 148, 352–353.
28. Eliyah Radzyner (2023.): Heat Treatment for Varroa: History and Advancements You Need to Know <https://beewise.ag/blog/heat-treatment-for-varroa> (pristupljeno stranici dana 7.5.2024.)

29. Elzen P.J, Baxter J.R, Elzen G.W, Rivera R, Wilson W.T. (2000.): Evaluation of grapefruit essential oils for controlling *Varroa jacobsoni* and *Acarapis woodi*. *Am. Bee. J.*; 140(8):666–668.
30. Engels, W., Rosenkranz, P., Hertl, F., Staemmler G., (1984.): Effect of drone brood removal on *Varroa* infested honey bee colonies. *Apidologie*. 15(3), 246–248
31. Evans, J., Müller, A., Jensen, A. B., Dahle, B., Flore, R., Eilenberg, J., & Frøst, M. B. (2016.): A descriptive sensory analysis of honeybee drone brood from Denmark and Norway. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2, 277–283. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0014>
32. Filipi (2024.): Praćenje gubitaka pčelinjih zajednica- kontrola varoe u Europi i kod nas. *Časopis Hrvatska pčela*, 143(4): 126-128.
33. Fries, I.; Hansen, H.; Imdorf, A.; Rosenkranz, P. (2003.): Swarming in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* population development in Sweden. *Apidologie* , 34 , 389-397. <https://doi.org/10.1051/apido:2003032>
34. Fries, I.; Imdorf, A.; Rosenkranz, P. (2006.): Survival of mite infested (*Varroa destructor*) honey bee (*Apis mellifera*) colonies in a Nordic climate. *Apidologie*, 37, 564–570. <https://doi.org/10.1051/apido:2006031>
35. Fries, I.; Bommarco, R. (2007.): Possible host-parasite adaptations in honey bees infested by *Varroa destructor* mites. *Apidologie*, 38, 525–533. <https://doi.org/10.1051/apido:2007039>
36. Fuchs, S. (1990.): Preference for drone brood cells by *Varroa jacobsoni* Oud. in colonies of *Apis mellifera carnica*. *Apidologie*. 21(3), 193–199 <https://doi.org/10.1051/apido:19900304>
37. Ghasemi V, Moharramipour S, Tahmasbi G.H. (2016.): Laboratory cage studies on the efficacy of some medicinal plant essential oils for controlling varroosis in *Apis mellifera* (Hym.: Apidae) *Sys. App. Acar.*; 21(10):1681–1692. <https://doi.org/10.11158/saa.21.12.9>
38. Giacomelli, A., Pietropaoli, M., Carvelli, A., Iaconi, F., Formato, G. (2016.): Combination of thymol treatment (Apiguard®) and caging the queen technique to fight *Varroa destructor*. *Apidologie*. 47(4), 606-616

39. Glare, T. R. et al. (2012.): Have biopesticides come of age?. *Trends Biotechnol.* 30, 250–258 DOI: 10.1016/j.tibtech.2012.01.003
40. Goras G., Tananaki C. H., Gounari S., Dimou M., Lazaridou E., Karazafiris E., Kanelis D., Liolios V., F. El Taj, H., & Thrasyvoulou A. (2018.): Hyperthermia -a non-chemical control strategy against varroa. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(4), 249–256. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15869>
41. Gregorc, A., Alburaki, M., Werle, C. i sur. (2017.): Brood removal or queen caging combined with oxalic acid treatment to control varroa mites (*Varroa destructor*) in honey bee colonies (*Apis mellifera*). *Apidologie* 48, 821–832. <https://doi.org/10.1007/s13592-017-0526-2>
42. Guichard, M., Dietemann, V., Neuditschko, M., Dainat, B. (2020.): Three decades of selecting honey bees that survive infestations by the parasitic mite *Varroa destructor*: outcomes, limitations and strategy. <https://bibba.com/wp-content/uploads/2020/05/Varroa-Paper.pdf>. (pristupljeno dana 6.9.2024.)
43. Hanko, J. (1983.): Termozaridenia na ošetrenie varoatóznych včelstiev [Devices used to heat treat varroosis]. In: J. Hanko (Ed.), *Zborník referátov na sympóziu o varoatóze včelstiev [Proceedings of the conference on varroosis]* (pp. 40–46). Košice: Dom techniky ČSVTS.
44. Harbo, J.R., Harris, J.W. (2009.): Responses to *Varroa* by honey bees with different levels of *Varroa* Sensitive Hygiene. *Journal of Apicultural Research* 48(3): 156-161
45. Hoppe, S., Liebig, G. (1989.): "Thermal treatment as a means of controlling *Varroa jacobsoni*". *Apidologie*.
46. Hýbl M, Bohatá A, Rádsetoulalová I, Kopecký M, Hoštic̣ková I, Vaníc̣ková A, Mráz P. (2021.): Evaluating the efficacy of 30 different essential oils against *Varroa destructor* and honey bee workers (*Apis mellifera*) *Insects*. 12(11):1045. <https://doi.org/10.3390/insects12111045>
47. Ibrahim, A., Spivak, M. (2006.): The relationship between hygienic behavior and suppression of mite reproduction as honey bee (*Apis mellifera*) mechanisms of resistance to *Varroa destructor*. *Apidologie*, 37: 31

48. Ifantidis, M. D. (1990.): Re-examination of some parameters concerning reproduction of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. U: Proceedings of the International Symposium on Recent Research on Bee Pathology, pp. 20-26, Gent, Belgija.
49. Imdorf A, Bogdanov S, Kilchenmann V, Maquelin C, Apilife V.A.R. (1995.): A new varroacide with thymol as main ingredient. *Bee. World*; 76(2):77–83.
50. Imdorf A, Bogdanov S, Ochoa R.I, Calderone N.W. (1999.): Use of essential oils for the control of *Varroa jacobsoni* in honey bee colonies. *Apidologie.*; 30(23):209–228. <https://doi.org/10.1051/apido:19990210>
51. Imdorf A, Bogdanov S, Kilchenmann V, Berger T. (2006.): Toxic effects of essential oils and some of their components on *Varroa destructor* oud and *Apis mellifera* L. under laboratory conditions. *Agroscope Liebefeld-Posieux. ALP. Sci.*; 495:1–18
52. Jack, C. J., & Ellis, J. D. (2021.): Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the Most Damaging Pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) Colonies. *Journal of Insect Science*, 21(5). <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab058>
53. Kabelová, L. (2015.): Naše letošní zkušenosti s Termosolárním úlem [Our current experience with the Rašnov thermos-solar hive]. Manuscript submitted for publication.
54. Karlović, A. (2009.): Bolesti i liječenje pčela. Mravlja kiselina (formic acid). <https://pcelarstvo.hr/bolesti-i-lijecenje-pcela/mravlja-kiselina-formic-acid/?v=fd4c638da5f8> (pristupljeno stranici dana 20.7.2024.)
55. Kamler, F., & Pastor, Z. (1986.): Patent No. 235489. Prague, ČSSR: Úřad pro vynálezy a objevy.
56. Kefuss, J.; Vanpoucke, J.; De Lahitte, J.D.; Ritter, W. (2004.): *Varroa* tolerance in France of intermissa bees from Tunisia and their naturally mated descendants: 1993–2004. *Am. Bee J.*, 144 (7), 563–568.
57. Kefuss, J.; Vanpoucke, J.; Bolt, M.; Kefuss, C. (2015.): Selection for resistance to *Varroa destructor* under commercial beekeeping conditions. *J. Apic. Res.*, 54 (5), 563–576. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1160709>

58. Kleespies, R. G., Radtke, J., & Bienefeld, K. (2000.): Virus like particles found in the ectoparasitic bee mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 75(1), 87-90. <https://doi.org/10.1006/jipa.1999.4890>
59. Knight, M. (2014.): Testing hyperthermia as a chemical free way to exterminate *Varroa destructor*. *Gwent Beekeepers Association Newsletter*, 4, 3–5.
60. Kovačić, M., Sarajlić, A., Puškadija, Z., Kanižai Šarić, G., Laznik, Ž., Jakovljević, I., ... Majić, I. (2021.): Biološki agensi za suzbijanje grinje *Varroa destructor*, parazita medonosne pčele (*Apis mellifera*). *Poljoprivreda*, 27 (1), 44-51. <https://doi.org/10.18047/poljo.27.1.6>
61. Krnić, L. (2022.): Ekološka metoda suzbijanja varoe. *Časopis Hrvatska pčela*, 141(3): 86-88.
62. Kruitwagen, A.; van Langevelde, F.; van Dooremalen, C.; Blacquiere, T. (2017.): Naturally selected honey bee (*Apis mellifera*) colonies resistant to *Varroa destructor* do not groom more intensively. *J Apic Res* 56:354–365. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1329797>
63. Kuchár, A. (2015.): Prakticky použiteľný spôsob včelárenia bez použitia chémie [A practical approach of treating varroosis without the use of chemicals]. Manuscript submitted for publication.
64. Langstroth (1853.), Northampton: Hopkins, Bridgman i Company: Langstroth on the Hive and the Honey-Bee, A Bee Keeper's Manual by Rev. L.L. Langstroth <https://archive.org/details/langstrothonhiv00lang>
65. Le Conte, Y., Meixner, M. D., Brandt, A., Carreck, N. L., Costa, C., Mondet, F., Büchler, R. (2020.): Geographical Distribution and selection of European honey bees resistant to *Varroa destructor*. *Insects*. 11(12), 873
66. Leahy, J., Mendelsohn, M., Kough, J., Jones, R. & Berckes, N. (2014.): Biopesticide oversight and registration at the US Environmental Protection Agency. In *Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities* (eds Gross, A. D. et al.) 3–18 (American Chemical Society Symposium Series).

67. Liebig G (1997.): Alternative Varroabekämpfung. Mit organischen Säuren aus der Krise?, *Bienenwelt* 39, 289-297.
68. Linhart, R. (2013.): Termosolární úl: metla na varroázu [Rašnov thermo-solar hive: a solution to varroosis]. *Včelařství*, 147, 166–167.
69. Locke, B.; Fries, I. (2011.): Characteristics of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in Sweden surviving *Varroa destructor* infestation. *Apidologie*, 42, 533–542. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0029-5>
70. Locke, B.; Le Conte, Y.; Crauser, D.; Fries, I.(2012.): Host adaptations reduce the reproductive success of *Varroa destructor* in two distinct European honey bee populations. *Ecol. Evol.*, 2, 1144–1150. <https://doi.org/10.1002/ece3.248>
71. Locke, B. (2016.): Natural *Varroa* mite surviving *Apis mellifera* honeybee populations. *Apidologie*. 47(3), 467-482
72. Lovett, B. & St. Leger, R. J. (2015.): Stress is the rule rather than the exception for *Metarhizium*. *Curr. Genet.* 61, 253–261 <https://doi.org/10.1007/s00294-014-0447-9>
73. Maggi, M.; Tourn, E.; Negri, P.; Szawarski, N.; Marconi, A.; Gallez, L.; Medici, S.; Ruffinengo, S.; Brasesco, C.; De Feudis, L.; et al. (2016.): A New Formulation of Oxalic Acid for *Varroa destructor* Control Applied in *Apis mellifera* Colonies in the Presence of Brood. *Apidologie*, 47, 596–605.
74. Mancuso T, Croce L, Vercelli M. (2020.): Total Brood Removal and Other Biotechniques for the Sustainable Control of *Varroa* Mites in Honey Bee Colonies: Economic Impact in Beekeeping Farm Case Studies in Northwestern Italy. *Sustainability*; 12(6):2302. <https://doi.org/10.3390/su12062302>
75. Martin, S. (1995.): Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in drone brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental and Applied Acarology*, 19(4), 199-210. <https://doi.org/10.1007/BF00055033>
76. Masry, S.H.D., Abd El-Wahab, T.E. & Rashad, M. (2020.): Evaluating the impact of jatropha oil extract against the *Varroa* mite, *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Arachnida: Acari: Varroidae), infesting honeybee colonies (*Apis mellifera* L.). *Egypt J Biol Pest Control* 30, 91 <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00292-3>

77. Maul, V.; Klepsch, A.; & Assmann-Werthmüller, U. (1988.): Das Bannwabenverfahren als Element Imkerlicher Betriebweise bei starkem Befall mit *Varroa jacobsoni* Oud. *Apidologie*, 19(2), 139-154. <https://doi.org/10.1051/apido:19880204>
78. Meduna, J. (2014a): Dobrá včela aneb cesta k zefektivnění včelařství [Dobrá včela: a way of rationalizing beekeeping]. *Včelařství*, 149, 122–123.
79. Meduna, J. (2014b): První zkušenosti s vlivem termosolárního úlu na rozvoj včelstev a medný rozvoj [First experience with the effect of Rašnov thermo-solar hive and on bee colony development and honey production]. *Včelařství*, 149, 83–84.
80. Milanović, V. (2022.): Znanstveno potvrđene činjenice kao smjernice u pčelarskoj praksi, *Časopis Hrvatska pčela*, 141 (2): 47-50
81. Milanović, V. (2023.): Novi alati i metode procjene veličine populacije varoe na pčelinjaku. *Časopis Hrvatska pčela*, 142 (4): 120-123
82. Mondet, F., Parejo, M., Meixner, M. D., Costa, C., Kryger, P., Andonov, S., Büchler, R. (2020.): Evaluation of Suppressed Mite Reproduction (SMR) Reveals Potential for *Varroa* Resistance in European Honey Bees (*Apis mellifera* L.). *Insects*. 11(9), 595
83. Morse, R. A., & Flottum, K. (2013.): *Honey Bee Pests, Predators and Diseases*. Northern Bee Books.
84. Nanetti, A. (1999.): Oxalic acid for mite control - results and review, FAIR CT97-3686 'Coordination in Europe of integrated control of *Varroa* mites in honey bee colonies', final technical report for the period from 98-01-01 to 99-12-31. 37-42
85. Neumann P, Blacquièere T (2017.): The Darwin cure for apiculture? Natural selection and managed honey bee health. *Evol Appl* 10:226–230 <https://doi.org/10.1111/eva.12448>
86. Noel, A., Y. Le Conte, F. Mondet (2020.): *Varroa destructor*: how does it harm *Apis mellifera* honey bees and what can be done about it?. *Emerg Top Life Sci*. 4, 45–57. DOI: 10.1042/ETLS20190125
87. Normand Mrd (2024.): Organske kiseline u liječenju varoe <https://hr.stopvarroa.com/blogs/news/organic-acids-in-the-treatment-of-varroa> (pristupljeno dana 25.6.2024.)

88. Oddie, M.A., Dahle, B., Neumann, P. (2017.): Norwegian honey bees surviving Varroa destructor mite infestations by means of natural selection. *Peer J.* 5, e3956.
89. Oldroyd, B. P. (1999.): Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees. *Trends Ecol. Evol.* 14, 312–315. DOI: 10.1016/s0169-5347(99)01613-4
90. Oliver R. (2021.): A Test of Thermal Treatment for Varroa Part 2. *Am Bee J.* April <https://scientificbeekeeping.com/a-test-of-thermal-treatment-for-varroa-part-2/> (pristupljeno stranici dana 26.8.2024.)
91. Ortiz-Urquiza, A., Luo, Z. & Keyhani, N. O. (2015.) Improving mycoinsecticides for insect biological control. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99, 1057–1068 90. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6270-x>
92. Panziera, D.; van Langevelde, F.; Blacquiere, T. (2017.): Varroa sensitive hygiene contributes to naturally selected varroa resistance in honey bees. *J. Apic. Res.*, 56(5), 635–642. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1351860>
93. Pohl, F. (2016.): Suvremeno pčelarstvo, njega i razmnožavanje pčelinjih zajednica. Mravlja kiselina (60-85 postotna). Mozaik knjiga d.o.o., 100-101.
94. Porporato M, Manino A, Cuttini D, Lorenzon S, Ciaudano S, Parodi V. (2022.): Varroa Control by Means of a Hyperthermic Device. *Applied Sciences*; 12(16):8138. <https://doi.org/10.3390/app12168138>
95. Prisco, G. D., D. Annoscia, M. Margitta, R. Ferrara, P. Varricchio, V. Zanni, E. Caprio, F. Nazzi, F. Pennacchio (2016.): A mutualistic symbiosis between a parasitic mite and a pathogenic virus undermines honey bee immunity and health. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 113, 3203-3208. DOI: 10.1073/pnas.1523515113.
96. Pro-eco (2015.): Biološko suzbijanje štetnika entomopatogenim nematodama <https://www.proeco.hr/biolosko-suzbijanje-stetnika-entomopatogenim-nematodama/> (pristupljeno stranici dana 27.8.2024.)
97. Radivojac, R. (2012.): Primjena oksalne kiseline za uništavanje varoe. *Pčela časopis saveza pčelara “Kadulja“*, godište 1, broj 2, studeni 2012., 43-45.

98. Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., ... & Hawthorne, D. (2019.): *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792-1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>.
99. Rangel, J., & Ward, L. (2018.): Evaluation of the predatory mite *Stratiolaelaps scimitus* for the biological control of the honey bee ectoparasitic mite *Varroa destructor*. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 425-432. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1457864>.
100. Rezende, E. L., Tejedo, M., and Santos, M. (2011.): Estimating the adaptive potential of critical thermal limits: methodological problems and evolutionary implications. *Funct. Ecol.* 25, 111–121. doi: 10.1111/j.1365-2435.2010.01778.x
101. Ribarits, A. i sur. (2020.) Maßnahmen der imkerlichen Praxis zur Verbesserung der Bienengesundheit in Europa (Abschlussbericht zum Forschungsprojekt Nummer 101232; p. 48–80). BPRACTICES ERA-NET Cofund SusAn Horizon 2020 Grant Agreement n° 696231. https://dafne.at/content/report_release/aaa30e5e-5536-4088-9729-c40149a8b126_0.pdf (pristupljeno stranici dana 28.8.2024.)
102. Ritter, W. (1990.): Development of varroa mite population in treated and untreated colonies in Tunisia. *Apidologie*, 21, 368–370.
103. Roberts, D. W. & Campbell, A. S. (1977.): Stability of entomopathogenic fungi. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Am.* 10(3), 19–76.
104. Rosenkranz, P., Aumeier, P., Ziegelmann, B. (2010.): Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103 (1) : S96-119. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>
105. Sabahi Q, Morfin N, Emsen B, Gashout H.A, Kelly P.G, Otto S, Merrill A.R, Guzman-Novoa E. (2020.): Evaluation of dry and wet formulations of oxalic acid, thymol, and oregano oil for varroa mite (Acari: Varroidae) control in honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *J. Econ. Entomol.* ;2020: 1–7. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa218>
106. Sandrock, C., Wohlfahrt, J., Brunner, W. i sur. (2024.): Efficacy and trade-offs of an innovative hyperthermia device to control *Varroa destructor* in honeybee colonies. *J Pest Sci* 97, 1433–1450. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01709-2>

107. Spivak, M., & Danka, R. G. (2021.): Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. *Apidologie*. 52(1), 1-16
108. Stanimirović, Z., Dobrić, Đ. (2002.): Varooza: Etiologija, biološke i hemijske mere suzbijanja. u: Lazarevic M [ur.] *Clinica Veterinaria*, Zbornik radova IV Savetovanja iz kliničke patologije i terapije životinja, Budva, YU, 105-112.
109. Stanimirović Z., Ćirković, D., Đuričić, B., Stevanović J. (2003c): Preveniranje i kontrola američke kuge, nozemoze i varoze pčela, In: Lazarevic M. (Ed.), Zbornik radova V Savetovanja iz kliničke patologije i terapije životinja *Clinica Veterinaria* 2003, June 9-13, 248-253, Budva, YU.
110. Stanimirović, Z., Ćirković, D., I. Pejin, I., Pejović, D. (2007.): Strategija ekološke kontrole u borbi protiv *Varroa destructor*. *Vet. glasnik* 61 (1-2) 11 – 35. DOI:10.2298/VETGL0702011S
111. Sulimanović, Đ. (1985.): Varooza, pčelarski savez Hrvatske, Zagreb.
112. Sulimanović, Đ., Zeba, Lj., Marković, J. (1995.): Prepoznavanje i suzbijanje pčelinjih bolesti. <https://pcelarenje.com/wp-content/uploads/2020/10/DJuro-Sulimanovic-Prepoznavanje-i-suzbijanje-pcelinjih-bolesti.pdf> (pristupljeno stranici dana 28.5.2024.)
113. Tomčala, T. (2015.): Moje první zkušenost s ohřevem včelstva v termosolárním úlu [My first experience with hyperthermia in the Rašnov thermo-solar hive]. *Včelařství*, 150, 195.
114. Todorović, D. (1989.) : Bolesti trovanja i štetočine pčela. Primena mravlje kiseline i timola. Beograd, 126-128.
115. Trdan, S., Laznik, Ž., Bohinc, T. (2020.): Thirty years of research and professional work in the field of biological control (predators, parasitoids, entomopathogenic and parasitic nematodes) in Slovenia: A Review. *Applied Science*, 10(21), 7468. <https://doi.org/10.3390/app10217468>
116. Uzunov, A., Brascamp, E.W., Büchler, R. (2017.): The basic concept of honey bee breeding programs. *Bee World* 94(3):84–87 <https://doi.org/10.1080/0005772X.2017.1345427>

117. Varroa – Short History. Apis Information Resource Center (2024.)
<https://beekeep.info/a-treatise-on-modern-honey-bee-management/managing-diseases-and-pests/varroa-short-history/> (pristupljeno stranici dana 7.5.2024.)

118. Whitehead, H.R. (2017.): Varroa mite management among small-scale beekeepers: Characterizing factors that affect IPM adoption, and exploring drone brood removal as an IPM tool. Master Thesis. The Ohio State University.

12. SAŽETAK

Varooza je nametnička bolest uzrokovana ektoparazitom *Varroa destructor*. Korištenje biotehničkih metoda u suzbijanju pčelinje bolesti varooze kroz povijest pa do danas. Biotehničke metode su metode koje su se izvodile bez ikakve upotrebe otrova i kemikalija. Ovakve metode su ekološki prihvatljive jer ne ostavljaju tragove u pčelinjim proizvodima, zahtijevaju puno uloženog vremena i truda kod primjene.

Ključne riječi: *Varroa destructor*, biotehničke metode, suzbijanje varooze

13. SUMMARY

Varroosis is an invasive disease caused by the ectoparasite *Varroa destructor*. The use of biotechnical methods in the control of the bee disease varroosis throughout history and up to the present day. Biotechnical methods are methods that were performed without any use of poisons and chemicals. These methods are environmentally friendly because they do not leave traces in bee products, they require a lot of time and effort in application.

Key words: *Varroa destructor*, biotechnical methods, control of varroosis

14. POPIS SLIKA

Slika 1. Životni ciklus Varoe.....	3
Slika 2. Trake oksalne kiseline	6
Slika 3. TIT-3 okvirna shema (Bosca, 1994.)	9
Slika 4. Varoa na ličinki truta.....	10
Slika 5. Prirodni roj.....	12
Slika 6. Jednookvirni izolator matice.....	14
Slika 7. Shematski prikaz metode jednookvirnog izolatora svakih devet dana	15
Slika 8. Izolator za maticu, kavez, drveno-metalni.....	17
Slika 9. Izolator za maticu, kavez, plastični	17
Slika 10. Entomopatogena nematoda, ženka	24
Slika 11. Termosolarna košnica.....	27
Slika 12. Kamlerova i Pastorova termo-kutija	29
Slika 13. Varoa terminator	30

Povijesni pregled razvoja biotehničkih metoda u suzbijanju varooze kod medonosne pčele

Matej Matković

Sažetak: Varooza je nametnička bolest uzrokovana ektoparazitom *Varroa destructor*. Korištenje biotehničkih metoda u suzbijanju pčelinje bolesti varooze kroz povijest pa do danas. Biotehničke metode su metode koje su se izvodile bez ikakve upotrebe otrova i kemikalija. Ovakve metode su ekološki prihvatljive jer ne ostavljaju tragove u pčelinjim proizvodima, zahitjevaju puno uloženog vremena i truda kod primjene.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Zlatko Puškadija

Broj stranica: 50

Broj grafikona i slika: 13

Broj tablica: 0

Broj literaturnih navoda: 118

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: *Varroa destructor*, biotehničke metode, suzbijanje varooze

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof.dr.sc. Tihomir Florijančić, predsjednik
2. prof.dr.sc. Zlatko Puškadija, mentor
3. doc.dr.sc. Marin Kovačić, član
4. izv.prof.dr.sc. Ivica Bošković, zamjenski član

Rad je pohranjen u: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, course (Hunting and beekeeping)**

Graduate thesis

Historical overview of the development of biotechnical methods in the control of varroosis in honey bees

Matej Matković

Abstract: Varroosis is an invasive disease caused by the ectoparasite *Varroa destructor*. The use of biotechnical methods in the control of the bee disease varroosis throughout history and up to the present day. Biotechnical methods are methods that were performed without any use of poisons and chemicals. These methods are environmentally friendly because they do not leave traces in bee products, they require a lot of time and effort in application.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Zlatko Puškadija

Number of pages: 50

Number of figures: 13

Number of tables: 0

Number of references: 118

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: *Varroa destructor*, biotechnical methods, control of varroosis

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. prof.dr.sc. Tihomir Florijančić, president
2. prof.dr.sc. Zlatko Puškadija, mentor
3. doc.dr.sc. Marin Kovačić, member
4. izv.prof.dr.sc. Ivica Bošković, substitute member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek